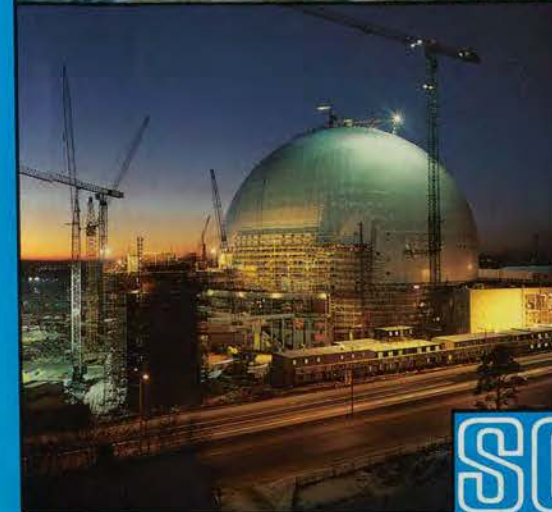
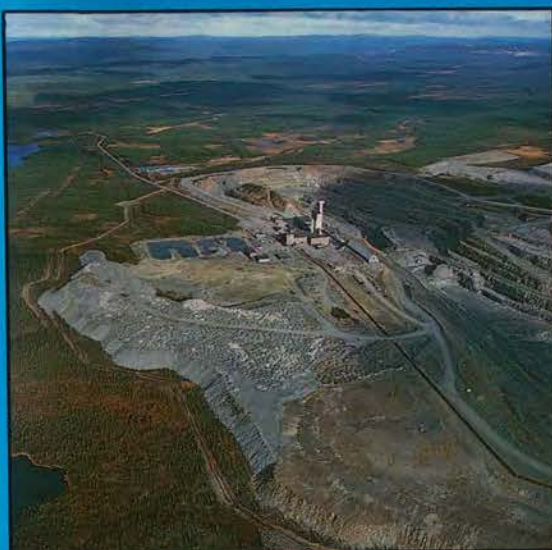
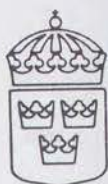


PROSPEKTERINGSPOLITIK

Betänkande av mineralråvarukommittén • Rapportdel





Statens offentliga utredningar
1989:93
Industridepartementet

Prospekteringspolitik

Rapportdel

Betänkande av mineralråvarukommittén
Stockholm 1989

Allmänna Förlaget har utgivit en bibliografi över SOU och Ds som omfattar åren 1981–1987. Den kan köpas från förlagets Kundtjänst, 106 47 Stockholm.
Best. nr. 38-12078-X.

Beställare som är berättigade till remissexemplar eller friexemplar kan beställa sådana under adress:

Regeringskansliets förvaltningskontor

SOU-förrådet

103 33 Stockholm

Tel: 08/763 23 20 Telefotid 8.10–12.00 (externt och internt)

08/763 10 05 12.00–16.00 (endast internt)

1	2
4	3
5	6

Omslagets framsida

Bild 1 Aitik är ett av Europas största dagbrott med produktion av sliger innehållande koppar, guld och silver. (Foto: Boliden Mineral AB)

Bild 2 Via Narvik levereras huvuddelen av LKAB:s järnmalmsprodukter. Hamnen tillåter lastning av fartyg på upp till 350 000 dwt (Foto: Kiruna-Bild)

Bild 3 Vid The London Metal Exchange (LME) sätts dagligen priser för ett antal metaller. (Foto: Boliden Mineral AB)

Mineralindustrins produkter förädlas till bl.a. olika slag av material såsom t.ex. byggnadsmaterial, funktionella material och konstruktionsmaterial. Dessa utgör viktiga förutsättningar för modernt samhällsbyggande. Följande exempel illustrerar detta:

Bild 4 Energiproduktion. (Foto: Sydkraft AB)

Bild 5 Byggnadsverksamhet. (Foto: NCC Nordic Construction Company AB)

Bild 6 Transporter. (Foto: SAS Scandinavian Airlines System)

Bilden på omslagets baksida

Vid Rönnskärsverken produceras ett femtontal olika metaller och kemikalier ur sliger och skrot från Sverige och utlandet. (Foto: Boliden Mineral AB)

ISBN 91-38-10438-5

ISSN 0375-250X

Graphic Systems AB, Göteborg 1990

Förord

Mineralråvarukommittén har bl.a. haft i uppdrag att studera marknadsförutsättningarna för olika mineralråvaror. Kommittén har anlitat ett antal experter för att utarbeta rapporter inom resp. ämnesområde.

De namngivna författarna har haft huvudansvaret för resp. rapport. De har i sitt arbete i varierande grad varit beroende av information från myndigheter, organisationer och företag. Kommittén vill rikta ett tack till alla som har medverkat i arbetet med föreliggande rapporter.

Rapporterna har presenterats för kommittén, men författarna svarar själva för innehållet.

Innehållsförteckning

Bilaga 1	<i>Järnmalm</i>	
	av direktör Rut Götharson, tidigare Malminformation AB	7
Bilaga 2	<i>Koppar</i>	
	av bergsingenjör Mati Sallert, Boliden Mineral AB	89
Bilaga 3	<i>Bly</i>	
	av bergsingenjör Mati Sallert, Boliden Mineral AB	123
Bilaga 4	<i>Zink</i>	
	av bergsingenjör Mati Sallert, Boliden Mineral AB	149
Bilaga 5	<i>Guld</i>	
	av bergsingenjör Mati Sallert, Boliden Mineral AB	177
Bilaga 6	<i>Silver</i>	
	av bergsingenjör Mati Sallert, Boliden Mineral AB	199
Bilaga 7	<i>Platinagruppens metaller</i>	
	av tekn dr Sven Arvidsson, Sveriges geologiska undersökning ...	217
Bilaga 8	<i>Nickel</i>	
	av försäljningsingenjör Mattias Rapaport, Axel Johnson Ore & Metals AB	249
Bilaga 9	<i>Kobolt</i>	
	av bergsingenjör Curt Dahlin och tekn lic Kaljo Käärik, tidigare Sandvik AB	273
Bilaga 10	<i>Volfram</i>	
	av bergsingenjör Curt Dahlin och tekn lic Kaljo Käärik, tidigare Sandvik AB	313
Bilaga 11	<i>Vanadin</i>	
	av civilingenjör Erik Bengtsson, Svenskt Stål AB	357
Bilaga 12	<i>Sällsynta jordartsmetaller – Rare Earths</i>	
	av överingenjör Knut Sörensen, LKAB	389
Bilaga 13	<i>Andalusit, kyanit och sillimanit</i>	
	av FoU-chef Mats Gräsberg, Svenska Mineral AB	413
Bilaga 14	<i>Apatit</i>	
	av civilingenjör Sven-Eric Dahlgren och civilingenjör Bo Hedenäs, Kemira Kemi AB	431

Bilaga 15	<i>Diamant</i>	
	av professor Bertil Aronson, AB Sandvik Hard Materials, och docent Peter Kresten, Sveriges geologiska undersökning,	451
Bilaga 16	<i>Karbonatstenar</i>	
	av docent Erik Högberg, Cementa Mineral AB	469
Bilaga 17	<i>Fältspat</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	499
Bilaga 18	<i>Grafit</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	515
Bilaga 19	<i>Grafit</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	533
Bilaga 20	<i>Kvartsmineral</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	547
Bilaga 21	<i>Litiummineral</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	567
Bilaga 22	<i>Olivin</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	585
Bilaga 23	<i>Talkmineral</i>	
	av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB	601
Bilaga 24	<i>Wollastonit</i>	
	av produktchef Jan-Willy Gustafsson, Ernström Mineral AB	615
Bilaga 25	<i>Faktorer som styr användningen av konstruktionsmaterial</i>	
	av professor Rolf Sandström, Institutionen för materialteknologi, KTH	629
Bilaga 26	<i>Geologiska förutsättningar för utvinning av metallbärande mineral i Sverige</i>	
	av direktör Lars-Göran Ohlsson, Sveriges Geologiska AB	679
Bilaga 27	<i>Geologiska förutsättningar för utvinning av koppar, zink, bly, guld och silver i Sverige</i>	
	av chefsgeolog Ivan Isaksson, Boliden Mineral AB	683
Bilaga 28	<i>Geologiska förutsättningar för utvinning av industriella mineral och bergarter i Sverige</i>	
	av direktör Naz Ahmed Shaikh, Sveriges geologiska undersökning	691

Järnmalm

av direktör *Rut Götharson*, tidigare Malminformation AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktabeskrivningar</i>	9
1.1	Järnmalmsmineral/järnmalm	9
1.2	Tillgång på malm	10
1.3	Användningsområden för järnmalm	11
1.3.1	Malm för järn- och stålframställning	12
1.3.2	Järnmalm för andra ändamål än järn- och stålframställning	12
1.4	Järnmalm som handelsvara	13
1.5	Konkurrerande råvaror/andra Fe-bärare	15
1.6	Ägarestruktur	17
1.7	Prisbildningsmekanismen	17
1.8	Kontraktsformer	18
1.9	Samarbetsorganisationer	19
2	<i>Marknadsutvecklingen fram till aktuell tid och betydelsen därav för den svenska järnmalm</i>	21
2.1	Stålindustrins utveckling – förväntningar och verklighet	23
2.1.1	Den ekonomiska utvecklingen/stålintensiteten	25
2.1.2	Stålkonsumtionen	26
2.1.3	Stålproduktionen	28
2.2	Konsekvenserna för järngruveindustrin av stålproduktionsutvecklingen	34
2.2.1	Malmbehov/-konsumtion	37
2.2.2	Malmutbud/-produktion	38
2.2.3	Internationell handel med järnmalm	41
2.2.4	Prisutvecklingen på järnmalm fram till 1988	50
2.3	Sverige	51
2.3.1	Stålförbrukningen	52
2.3.2	Stål- och råjärnsproduktionen	52
2.3.3	Skrot- och järnmalmskonsumtionen	54
2.3.4	Den mellansvenska gruvdöden efter 1965	55
2.3.5	Järnmalmsexporten	57

3	<i>Prognoser för järnmalmens behovet år 2000</i>	60
3.1	Stål	61
3.2	Malmbehovet och den internationella handeln med järnmalm	62
3.3	Kostnader/konkurrenskraft	67
3.4	Prisprognoser för tiden fram till år 2000	70
4	<i>Den svenska järnmalmens framtida marknadsförutsättningar</i>	73
4.1	Kvaliteter	73
4.2	LKABs framtida kvalitets- och produktval	75
4.3	Priser	76
4.4	Kostnader och lönsamhet	77
4.4.1	Energiförbrukning/-kostnader	79
4.4.2	Effektivisering av underjordsbrytning	80
4.4.3	Miljöproblem vid tillverkning av pellets	82
4.4.4	Lönsamhet	83
5	<i>Järnmalmsspektering</i>	84
6	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	86

1 Faktabeskrivningar

1.1 Järnmalm mineral/järnmalm

Jordskorpan beräknas ha en genomsnittlig järnhalt av ca 4–5 %.

Den rikaste koncentrationen av järn i naturen, ren magnetit, håller drygt 72 % järn, men koncentrationer ned till endast 20–30 % kan röna kommersiellt intresse beroende på tillgängligheten. Begreppet järnmalm är därför delvis en kommersiell definition.

Malmmineralen är en kemisk förening av järn, Fe, och företrädesvis syre. Även andra järnföreningar kan i rikare koncentrationer rubriceras som järnmalm t.ex. karbonater (sideriter) och järnsulfider (pyriter). Även silikater (t.ex. chamonit) hör till järnbärande material. Gemensamt för järnsyreföreningarna är att de ger utrymme för högre koncentrationer Fe än de övriga järnföreningarna.¹

Mer än tre fjärdedelar av världens järnmalmstillgångar utgörs av järnsyreföreningar, med hematitmalm som dominerande. Så t.ex. är malmerna i Brasilien huvudsakligen hematiter liksom i Australien, där också betydande limonitfyndigheter förekommer. De svenska malmer som nu bryts är däremot så gott som uteslutande magnetiter, s.k. svartmalmer.

Mineralerna förekommer sällan i rent tillstånd i naturen. I malmen uppträder regelmässigt andra mineral som kemiska komponenter. Vissa komponenter kan vara uppskattade beroende på sammansättningen av övriga råvaror som den enskilde köparen arbetar med. Ofta är emellertid inslagen av andra beståndsdelar oönskade och betraktas som föroreningar.

Kalk och *kvarts* (kiselsyra) är nödvändiga för slaggbildningen i masugnen. På liknande sätt fungerar *aluminium* och *magnesium*. Generellt kan sägas att dessa slaggbildare är önskvärda i malmen eller oförargliga i måttliga mängder. En brist kan lätt kompenseras med i allmänhet billiga, lättillgängliga tillsatser.

Svavel i malmen har miljöförstörande effekter. Av de svenska malmerna har Dannemora förhållandevis hög svavelhalt. Svavlet är en av svårigheterna att utnyttja malmen i Kaunissaara i Tornedalen.

Klor och *fluor* är andra miljöförstörare (se avsnitt 4.4.3).

Alkali (natrium och kalium) ger driftstörningar i masugnen. De svenska lapplandsmalmerna liksom malmen i Grängesberg håller betydande halter alkali.

¹ Magnetit Fe_3O_4 med teoretiskt max-värde 72,4 % Fe, hematit, Fe_2O_3 med teoretiskt max-värde 69,9 % Fe, götit/limonit, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ med teoretiskt max-värde 62,9 % Fe. Högsta teoretiska järnvärdena hos karbonater, järnsulfider och silikater ligger mellan 42 och 48 %.

Titan och *vanadin* finns i huvudparten av de svenska malmerna i sådan omfattning att malmen är olämplig som råvara för vissa känsliga ståltyper.

De svenska malmerna har endast försumbara halter av andra metaller som t.ex. *koppar*, *bly*, *zink*, *nickel*, *tenn* osv., som är klart oönskade inslag i järnmalmen och svåra att avlägsna. Även om olika metaller senare i stålprocessen tillsätts som legeringsämnen i noga avpassade mängder försvårar eller omöjliggör dessa inslag i malmen en tillverkning av stål i storskalighet.

Fosforhalten i många av de svenska malmerna har spelat en viktig roll på gott och ont. Från att närmare ett sekel ha varit ett plus när fosfor tillvaratogs som ett uppskattat gödningsämne (thomasfosfat) har fosfors roll under de senaste årtiondena åter vänts i negativ riktning bl.a. på grund av miljö- och kvalitetsskäl samt utvecklingen av andra, komplexa gödningsämnen. Vissa spanska och chilenska malmer uppvisar höga fosforhalter. En betydande del av de australiska malmreserverna har fosforhalter som anses ligga på gränsen till vad som kan tolereras. Stora fyndigheter i Algeriets öken ligger outnyttjade bl.a. på grund av fosforhalten.

1.2 Tillgång på malm

Svårigheterna att finna en internationellt enhetlig definition för vad man menar med "malmreserv" gör det omöjligt att med någon större exakthet ange storleken av världens kända malmreserver.

För praktiskt bruk räcker det med att från olika uppskattningar som gjorts i FNs regi och av andra större institutioner konstatera att nu kända tillgångar av järnmalm kommer att räcka minst 200 år.

De senaste större beräkningarna av världens järnmalmstillgångar ger följande fördelning:²

1. Drygt 40 % finns inom de utvecklade marknadsekonomierna.
2. Ca 30 % finns inom Sovjetunionen och de övriga socialistiska länderna i Europa.
3. Närmare 25 % finns inom utvecklingsländerna med marknadsekonomi.
4. Ca 5 % finns inom det socialistiska Asien.

Förutsättningarna att finna nya stora malmreserver inom de avancerade ekonomierna ter sig i dag begränsade. Australien utgör undantag och har under de senaste decennierna bidragit till ökningen av kända reserver, medan t.ex. Europa och Nordamerika ur geologisk synpunkt är tämligen väl kartlagda. Tillgångarna i utvecklingsländerna kan däremot komma att uppvärderas efter noggrannare geologisk kartläggning.

Ny teknik inom brytning, malmbehandling och slutlig järnutvinning liksom inom transportområdet kan komma att omvärdera i dag ointressanta mineraliseringar till potentiella eller för brytning aktuella reserver.

² UNCTAD 1984

Väsentliga faktorer för huruvida bedömningen om en malmkoncentration skall betraktas som intressant är storleken, kvaliteten och tillgängligheten. Enbart storleken av en fyndighet är inte avgörande för att den skall visa sig kommersiellt intressant.

Kvaliteten är ett mångfacetterat begrepp där både malmens kemiska sammansättning och mekaniska beskaffenhet spelar sin roll. Varje transformering av ett icke fullgott material till högre kvalitet innebär som regel kostnader.

Malmens tillgänglighet såväl brytningstekniskt som geografiskt kan avgöra om en mineralkoncentration är brytvärd eller ej.

Synen på det rent geografiska läget har under de senaste decennierna undergått en förändring. Tidigare tydligt regionala bindningar mellan produktionsställe och konsumtionsställe har försvagats med utvecklingen på transportområdet både till lands och sjöss.

Möjligheterna att praktiskt/ekonomiskt utnyttja malmkoncentrationer har därmed undergått stor förändring under kort tid.

Fyndigheter, tidigare ointressanta eller okända på grund av sitt läge, har blivit attraktiva objekt.

Utvecklingen under de senaste årtiondena har generellt sett inneburit att de svenska järnmalmstillgångarna förlorat något av sin tidigare attraktivitet.

Om man strikt går efter definitionen att en mineralisering skall vara av sådan beskaffenhet för att kallas malmreserv att en brytning blir långsiktigt lönsam måste de svenska malmresurserna omvärderas. Malmstillgångarna i Mellansverige betraktas i dag inte längre lönsamma att bryta. Detsamma gäller många av malmkoncentrationerna i Lappland.

Tabell 1:1 Uppskattning av järnmalmstillgångarna i Norrbotten (1986), Mt

Gruva	Magnetiter	% Fe	Hematiter	Malmer på större djup
Kiruna	800	60/64	50	800
Malmberget	200	60	50	100
Svappavaara	250	52/57	90	30
Mertainen/ Ekströmsberg	300	40/60	10	100
Kaunisvaara	100	39		80
Summa	1 600		200	1 100

Reserver klassade som tillredda uppgår i Norrbotten till ca 350 Mt och i Mellansverige till 10 Mt.

1.3 Användningsområden för järnmalm

Järnmalm används så gott som uteslutande för metallurgiska ändamål. Övriga användningsområden måste betraktas som mycket marginella.

Ca 95 % av den totala världskonsumtionen av järnmalm reduceras till

järn i masugnar, ca 3 % används för framställning av järnsvamp (DRI), en allt mindre kvantitet används för färskning och kylning i stålugnar, främst SM-ugnar. Mindre än 1 % finner användning utanför järn- och stålframställningen.

1.3.1 Malm för järn- och stålframställning

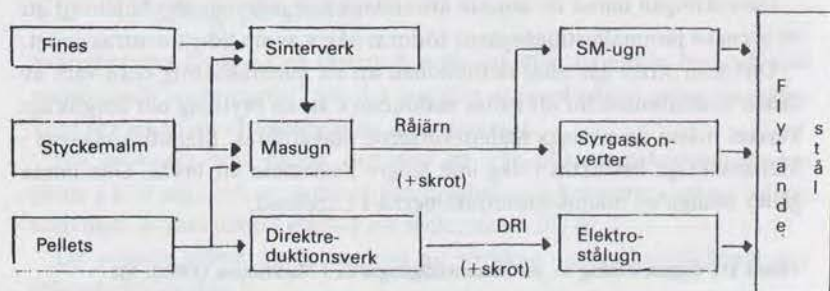
Järnmalm omvandlas till järn antingen i masugn, vilket alltjämt är det helt dominerande förfaringssättet, eller med s.k. direktreduktion.

Järnmalmen tillförs masugnen som styckemalm, sinter eller pellets (se avsnitt 1.4).

Vid direktreduktion övergår malmen aldrig till flytande form utan reduceras vid lägre temperatur. Direktreduktionsmetoderna används företrädesvis där billig naturgas finns att tillgå. Processer baserade på kol har varit mindre framgångsrika.

Direktreduktionsugnarna beskickas med pellets eller styckemalm.

Figur 1:1 Från järnmalm till stål – enkelt flödesschema



1.3.2 Järnmalm för andra ändamål än järn- och stålframställning

Ca hälften av produktionen av tekniskt järnpulver framställs i dag genom reduktion av höganrikad järnmalmsslig. Av reduktionsmetoderna är Höganäs-metoden alltjämt den dominerande. Den svamp som framställs vidarebehandlas i olika steg till press-, svets- och skärpulver. Anläggningen i Höganäs har en kapacitet på ca 200 000 ton järnpulver. LKAB är huvudleverantör av järnråvaran.

Den totala världskapaciteten för järnpulver baserad på höganrikad järnmalmsslig ligger på ca 300 000 ton.

Höganrikad magnetitlig används i begränsade mängder för *suspensionsanrikning* av kol (metoden bygger på att kol och bergart, som har olika täthet, skils åt i en suspension innehållande fina magnetitpartiklar) och för framställning av *katalysatorer för ammoniaksyntes* bl.a. hos Norsk Hydro.

Små mängder järnoxid används vid framställning av *syntetiska material*,

mediciner, tapes av olika slag etc. Förbrukningen av järnråvara för dessa ändamål är helt försumbar kvantitativt sett.

Marknaden för järnmalm som *tungmateriel* är starkt fluktuerande beroende på utbyggnadstakten för oljeplattformar o.d. Gynnsamma år kan försäljningen från svenska gruvor uppgå till inemot 300 000 ton. Järnmalm nyttjas också som strålningsdämpande isoleringsmedel t.ex. för röntgenrum i sjukhus.

LKAB har sedan våren 1988 ett separat dotterbolag för specialprodukter avsedda för andra ändamål än metallurgiska, vari också ingår marknadsföringen av apatit.

1.4 Järnmalm som handelsvara

Malmköparna värderar inte bara malmens kemiska sammansättning. Också malmens styckestorlek har stor betydelse. Alltför finfördelad malm täpper igen masugnen och reduktionsgasen kan inte passera. Motsatt om malmstyckena är för stora kommer gasen inte åt malmens inre. Den svenska malmen är en hård och tät magnetit som medför att reduktionsprocessen blir svårare än för de tropiska, porösa bergarterna. I gengäld kan användarna tillgodoräkna sig det kemiska energiinnehållet som magnetiten ger i sintringsprocessen. Kraven på god analys och rätt styckestorlek hos malmen är en av orsakerna till malmproducenternas ökade investeringar i malmbehandlingsanläggningar.

Järnmalm förekommer i naturen alltifrån hård fast klyft till starkt nedvittrade material. Så gott som all malm undergår någon form av behandling innan den lämnar producenten för leverans till förbrukaren.

Enkla former av malmbehandling vid gruvorna är tvättning, krossning, sovring och siktning.

"Run-of-mine" (direktmalm) är en produkt som i det närmaste obehandlad går vidare till användaren. Från att tidigare ha utgjort en stor del av malm i internationell handel har mängden run-of-mine-malmer successivt minskat på grund av marknadens krav på jämn kvalitet. Som direktmalm uppvisar den de variationer som finns i naturmalmen (med malmbehandling styr man mot jämnare kvaliteter). Numera säras vid siktning *styckemalm* och *mull* (naturliga fines).

Styckemalmen används för uppsättning direkt på masugnen krossad till anpassad styckestorlek (vanligen 6–30 mm) och måste ha god transporthållfasthet, inte alltför snabbt falla sönder i masugnen under reduktionsprocessen men samtidigt vara lättreduceribel. Tillgången på goda styckemalmer i marknaden är begränsad. Högklassig styckemalm från några få gruvor i Australien, Indien och Sydafrika används parallellt med pellets också för direktreduktion.

Från Sverige säljs *fosforlåg* styckemalm endast från Dannemora. *Fosforrik* styckemalm har numera en begränsad marknad inom EG. Smärre kvantiteter säljs också till Polen och Östtyskland och används vid framställning av gjuteritackjärn.

Mull eller naturliga fines är tillsammans med koncentrat råvara för tillverkningen av sinter. I de fall där Fe-halten i råmaterialet är för låg mals materialet ner i kvarnar till sådan kornstorlek att de järnbärande partiklarna blir frilagda och kan säras ut. Är materialet magnetiskt kan detta ske i magnetseparatorer. Omagnetiskt material anrikas med metoder som bygger på olika täthet hos järnkornen och omgivande material. Slutprodukten är ett koncentrat med högre järnhalt. Naturliga fines är i allmänhet grövre i kornstorlek än koncentrat. Mull och koncentrat sintras före uppsättning på masugnen. *Sinter* tillverkas med endast få undantag hos konsumenten, eftersom produkten lätt faller sönder vid transport.

Pellets, kulsinter, är liksom den traditionella sintern ett agglomerat. För pelletisering används mycket finkorniga fines s.k. *pellet feed*, som, generellt sett, inte är lämpade för sintring enligt traditionella metoder. Pellets framställs huvudsakligen hos malmproducenten och kan betraktas som en industriprodukt där producenten inte endast avlägsnat icke önskvärda komponenter i den ingående malmråvaran utan också genom tillsatser av önskade ingredienser kan förbättra produktens egenskaper inom vissa gränser. Sålunda tillverkar LKAB pellets med olivintillsats (ett magnesiumsilikat) som minskar kulornas sönderfall i masugnen (höga mjuknings- och smälttemperaturer), ökar reduktionsgraden och förlänger livslängden på masugnens infordring. Olivinpellets placeras därmed i en klass för sig prismässigt. LKAB är tämligen ensamt om att tillverka olivinpellets. Det dominerande utbudet av pellets på marknaden utgörs av sura silikapellets. Basiska pellets har hittills visat kvalitetsdefekter och har därför en begränsad marknad (t.ex. brasilianska CVRD har i sitt breda sortiment även basiska pellets).

Pellets används både för masugnsbruk och för framställning av järnsvamp. I USA vann pellets insteg som beskickningsmaterial i masugnarna i stor skala under 1950- och 1960-talen, framtvingat av den ytterst finkorniga malmråvaran. Inom den europeiska och japanska ståltillverkningen dominerar alltjämt användningen av traditionell sinter. Pellets betraktades länge som ett komplement när den egna sintringskapaciteten inte var tillräcklig och blev därmed en starkt konjunkturkänslig produkt. Först under senare år har pellets vunnit insteg som basråvara även i europeiska masugnar. I Luleå kör SSAB sina masugnar med 100 % pellets med god ekonomi.

Framställning av pellets hos förbrukaren förekommer i Europa i större skala endast hos det holländska stålverket i Ijmuiden.

LKAB bygger för närvarande ut sin kapacitet till närmare 10,5 Mt, varur 10 Mt prima pellets kan erhållas med viss flexibilitet mellan olivinpellets och DR-pellets. Ytterligare utbyggnad har beslutats.

Pelletisering är en energikrävande process. LKAB har med sitt utvecklingsarbete och med fördelen av att ha en magnetit som rågods kunnat uppnå mycket låg förbrukning av olja vid bränningen av kulorna jämfört med många andra pelletsproducenter. Aktuellt är att också utnyttja kolpulver vilket ytterligare sänker LKABs produktionskostnader.

Pellet feed kan vara ett mycket finkornigt koncentrat eller naturliga "ultrafines" (finns t.ex. i Brasilien). Eftersom huvudparten av pelletspro-

duktionen sker hos producenten är marknaden för pellet feed mycket begränsad, vilket påverkar priset negativt. Produkten kan i undantagsfall i små kvantiteter sättas upp på traditionella sinterband.

1.5 Konkurrerande råvaror/andra Fe-bärare

Vid sidan av råjärn och järnsvamp, framställt ur jungfrulig järnmalm, är skrotet den enda större Fe-råvaran för framställning av stål.

Övriga Fe-bärare består huvudsakligen av cirkulationsgods vid järnverken och av obetydliga mängder Fe ur pyriter och andra järnföreningar som oftast lokalt finns tillgängliga som biprodukter från annan verksamhet. Kravet på effektivitet och kvalitet gör i dag dessa Fe-bärares betydelse i det närmaste försumbar.

Skrotet är i världsekonomin att betrakta som en cirkulationsråvara antingen i direkt omlopp inom stålverken eller med kortare (processskrot) eller längre (insamlingsskrot) tidsmässig fördröjning i cirkulationsförloppet. Grovt skattat återvinns inemot 50 % av stålet/järnet som skrot. Ett effektivare tillvaratagande av skrot skulle sålunda minska järnmalmsbehovet.

Skrotförbrukningen kan i stort utläsas ur relationen mellan produktion av råjärn och råstål. Denna förenklade härledning blir emellertid framöver mindre rättvisande på grund av mängden järnsvamp, som ur användnings-synpunkt är en parallellprodukt till skrot.

Tabell 1:2 Skrotkonsumtionen indikerad ur relationen stål/råjärn. Världen totalt

År	Råjärn Mt	Råstål Mt	Råjärn i % av råstål
1960	232	328	71
1970	439	596	74
1975	465	645	72
1980	508	716	71
1986	488	714	68
1988	532	778	68

Källa: ECE o IISI

Enligt tabell 1:2 skulle tendensen vara att råjärnet får lämna plats för en växande andel skrot/järnsvamp. Ur statistik över skrotkonsumtionen i västvärldens industriländer och Östeuropa inkl. Sovjetunionen kan man emellertid inte utläsa någon förändring av skrotpraxis under den senaste tioårsperioden.

Användningen av skrot varierar mellan olika stålprocesser. Utnyttjandet av martinprocessen, som teoretiskt tillåter en skrotbeskickning upp till 100 %, har i det närmaste upphört i västvärlden medan den fortfarande har en betydande förankring i de planekonomiska länderna. Huvudparten av dagens stål framställs i syrgasblåsta konverterar (LD/BOF) som primärt beskickas med råjärn men som har en tämligen vid variationsmöjlighet när det gäller skrotomsmältning. Slutligen elektrostålet där skrotet dominerar

som råvara vanligen upp till 100 % men regionalt med konkurrens från järnsvamp.

Skrotpriset varierar starkt och förbrukningen påverkas märkbart i hög- resp. lågprislägen.

Cirkulationsskrotet har hittills så gott som uteslutande använts inom det egna verket. Cirkulationsskrotet kan jämföras med DRI-produkter, där hög renhet i stålbadet är ett krav.

Processkrotet är externt skrot med återvinningsvägar ofta av karaktären långsiktiga bindningar. Mängden processkrot är beroende främst av vidarebearbetningsindustrins omfattning. Processkrotet är i allmänhet av hög kvalitet med låg nedsmutsningsgrad.

Insamlingsskrotet, gammalt skrot, är beroende av den teknisk-ekonomiska livslängden hos produkter med stort järninnehåll, konsumtionen av stål vid den tillbakaräknade tidpunkt som skrotcykeln motsvarar, återvinningsmöjligheterna (graden av nedsmutsning kemiskt och mekaniskt såsom legeringar etc.) och kostnaden härför. Utbudet är därmed starkt prisberoende. Kvaliteten på insamlingsskrotet är starkt varierande.

För EG-10 har en skattning angetts med fördelningen 40 % cirkulationskrot, 35 % processkrot och 25 % insamlingsskrot. Fördelningen är grov men visar den ungefärliga styrkefördelningen.

Miljö- och energifrågorna har bidragit till ökat intresse för skrot. Skrotet innehåller redan från tidigare produktionsled ackumulerad energi och är därmed en förhållandevis energisnål råvara, som teoretiskt endast kräver omsmältning.

Den ökade tillämpningen av stränggjutning minskar andelen cirkulationskrot. Andelen stränggjutet stål i västvärlden har ökat från 18 % 1975 till 75 % 1987, i Sverige 83,6 % 1987.

Minskningen i skrotfallet beräknas till 10–15 % vid stränggjutning jämfört med konventionell framställning.

Balansen mellan tillgång och förbrukning av skrot påverkas, sammantaget, främst av:

- totalvolymen av stålproduktionen
- stålproduktionens fördelning på processer
- flexibiliteten råjärn/skrot i syrgasprocesserna
- kvalitetskrav
- andelen stränggjutning
- insamlingsskrotets omloppstid och basvolym
- priset.

Den internationella handeln med skrot har under senare år legat vid 30 M årston.

I Sverige är skrotförbrukningen hög på grund av den höga andelen elektrostat, som svarar för inemot hälften av råståltillverkningen. Skrotimporten har ökat snabbt under de senaste åren. Importen ligger numera runt 900 000 ton om året (1988: 784 000 t). Exportförbud råder (sedan 1927), men en fortsatt anpassning av det svenska näringslivet, inte minst stålindust-

rin till EGs regler kan komma att sätta exportförbudet i fråga. Totalt förbrukar Sverige mer än 3 Mt skrot årligen.

1.6 Ägarestruktur

Ägareförhållandena inom järngruvenäringen undergår ständiga förändringar. Historiskt har en klar bindning funnits mellan producent och konsument. Den stora exploateringsvågen inom exportgruvesektorn under 1950- och 1960-talen flyttade förbrukarnas intressen från hemmagruvorna till nya gruvor i främst Afrika, Latinamerika och Canada. Under 1970-talet kom så ett politiskt/ekonomiskt intresse hos många av utvecklingsländerna att nationalisera bl.a. järngruvenäringen.

I *Västeuropa* ägs så gott som alla järnmalmsgruvor av staten eller via stål företag som i sin tur är helt eller till stor del statsägda. Den enda järnmalmsgruvan i Sverige med privat ägareinslag är numera Dannemora.

I *Nordamerika* är järnmalmsgruvorna ägda av amerikanska och kanadensiska malmförbrukare, i undantagsfall av fristående företag oftast som del i övrig råvaru- och transportverksamhet.

I *Latinamerika* är de statliga intressena dominerande. I Venezuela, Chile och Peru förstatligades gruvorna under 1970-talet. I Brasilien dominerar Rio Doce-koncernen (till 60 % statsägt) direkt eller indirekt över en stor del av malmproduktionen. Vid sidan därom förekommer förbrukarägda gruvor liksom gruvor med diversifierad ägarstruktur.

I *Afrika* är järngruveindustrin numera statligt dominerad antingen helägd eller genom en majoritetsandel. I Liberia finns en gruva med konsumentintresse från europeiska stålindustrins sida.

I *Australiens* gruvor förekommer inget statligt ägande. Vid sidan av den inhemska Broken Hill-koncernen finns vissa smärre konsumentintressen från den japanska stålindustrins sida. I övrigt är gruvindustrin fristående.

Ca två tredjedelar av världens järnmalmsproduktion kan uppskattas ske i statligt ägardominerade gruvor. Även i privatägda gruvor förekommer statligt inflytande med direkta eller vägledande direktiv (t.ex. i Goa och Australien). Den nordamerikanska gruvindustrin får betraktas som den från statligt inflytande mest fristående.

I alla länder finns en lagstiftning som tillvaratar det allmännas intresse.

1.7 Prisbildningsmekanismen

Priset på järnmalm fastställs helt övervägande direkt mellan säljare och köpare (se avsnitt 1.8). Eventuella mellanhänder är oftast knutna till endera parten.

För den europeiska marknaden har under de senaste decennierna prismönstret på fines räknat c&f Rotterdam varit normgivande för övrig prisbildning. Fram till mitten av 1970-talet var det den svenska malmens pris i Rotterdam som utgjorde basen för kalkylerna för andra malmer. Från

mitten av 1970-talet är det brasilianska fines som fungerar som måttstock de facto även om brasilianarna inte alltid varit först med sin prisuppgörelse och inte heller motparten alltid varit köpare med Rotterdam som mottagarhamn.

Från detta "riktpreis" i Rotterdam varierar de individuella c&f-priserna allt efter kvalitet, där såväl den kemiska analysen som den mekaniska beskaffenheten påverkar prissättningen.

Höga sjöfrakter på grund av långa transportavstånd, små exporthamnar, mindre effektiv lastning etc. påverkar resp. säljares fob-pris negativt.

För *styckemalm* betalas allt efter kvaliteten ett styckemalmspåslag till finespriset, 1989 med runt 7 c/u (US cent per Fe-procent) för goda styckemalmer, medan malm av mindre god beskaffenhet prissätts lika med fines.

För *pellets* betalas en pelletspremie som under de senaste åren från ett bottenläge strax under 9 c/u åter kommit upp i storleken 20 c/u. För LKABs olivinpellets betalas en premie på 23 c/u 1989.

Priset på det *fosforrika* sortimentet på exportmarknaden (så gott som uteslutande svensk malm), får vidkännas ett prisavdrag jämfört med de fosforlåga malmerna. Kvantiteten är liten sett i den totala världshandeln och uppgörelserna om priset är individuellt med resp. köpare.

För malm som landas i hamnar som endast tar emot fartyg av medelstorlek kan malmen komma att betinga ett högre c&f-pris än det jämförande Rotterdam-priset.

Järnmalm på exportmarknaden noteras så gott som uteslutande i US dollar, vilket gör att priset i såväl säljarens som köparens valuta varierar allt efter förändringarna i relationen USD/egen valuta.

Försök från olika säljares sida att använda annan valuta har kategoriskt avisats av köparsidan också i de fall när avsteget endast skulle gälla del av priset. Endast få undantag från denna regel är kända.

Priset sätts numera i allmänhet årsvis även för kontrakt med längre löptid än ett år. I sådana kontrakt förekommer stundom klausuler som knyter priset till prisutvecklingen på andra råvaror, energi, annan malm eller "korg" av malmer etc. Det har emellertid visat sig att sådana prisbindande konstruktioner mycket snart förlorar sin förankring i verkligheten och att parterna därför som regel snabbt kommer i ett omförhandlingsläge.

Även svenska malmsäljare har till och från skrivit in prisklausuler i speciella kontrakt.

1.8 Kontraktsformer

Järnmalm prissätts normalt för en 12-månadersperiod. Däremot kan kvantitetsöverenskommelser gälla för längre perioder, s.k. långkontrakt. I undantagsfall säljs malm på spot-marknaden.

Kontraktsformerna kan listas efter längd:

Långkontrakt – omspännande mer än ett år. Exempel på kontrakt omspännande tio år och mer finns. Tre à fem år är vanliga långkontraktsperioder.

Årskontrakt – gäller oftast kalenderår inom Atlantzonen, medan t.ex. Japan tillämpar ett verksamhetsår med början 1 april

Spot sales – är till sin omfattning begränsade och priset tenderar att ligga nära gällande årspris.

Som exempel på annan typ av kontrakt kan nämnas:

Bytesavtal – "Counter-trade" eller "Barter-deal" med motprestation i varor. Formen förekommer främst i handeln med östeuropeiska köpare.

Till varje kontraktsform och i synnerhet till långkontrakten kan fogas en option för köparen att inom kontraktets löptid öka resp. minska den överenskomna årskvantiteten. En vanlig optionsstorlek är $1 \pm 10\%$, med andra ord en flexibilitet på 20 %.

I ett långkontrakt kan också stipuleras att köparen skall garantera säljaren en viss andel av köparens totala malmintag. Kvantiteten varierar därmed med konjunktursvängningarna.

Över huvud måste ett långkontrakt innehålla överenskommelser som täcker ett bredare utvecklingsmönster för marknaden, ofta oförutsebart vid kontraktstecknandet.

1.9 Samarbetsorganisationer

Vid mitten av 1970-talet bildades efter mångåriga diskussioner Association des Pays Exportateurs de Minerai de Fer (APEF), som ett organ för ömsesidig information och diskussion om problem inom järngruvebranschen, med medlemsländernas regeringar som huvudmän. Organisationen hade som mest tio medlemmar. Sverige var med från starten och är tillsammans med Australien de enda industriländer som varit representerade. Två så stora järnmalmsexportörer som Brasilien och Canada ville inte medverka i samarbetsorganisationen.

Verksamheten fick inte den slagkraft som tillskyndarna (främst Indien och Venezuela) avsåg och arbetet bidrog knappast till någon stabilisering av marknaden.

Önskemålet att innefatta även konsumenterna, vilket var ett krav från flera exportörer för medlemskap, vann inte gehör hos de stålproducerande länderna.

Inte heller kunde organisationen attrahera de malmexportörer som stod utanför arbetet. Tvärtom visade medlemsbasen tendenser att krympa bl.a. på grund av gruvnedläggningar. Svag betalningsförmåga hos flera av medlemmarna bidrog till att undergräva ekonomin.

Organisationens arbete upphörde därför under år 1989.

Ursprungligen uppstod önskemålet om ett speciellt järnmalmorgan därför att järnmalmen inte ansågs få tillräckligt utrymme i UNCTAD. Diskussioner pågår i det nu uppkomna läget att aktivera UNCTADs arbete inom järnmalmområdet på det internationella planet. Vissa producentgrupper är intresserade av en permanent funktion för järnmalm inom UNCTAD, medan andra tillsammans med användarsidan inte ser något större

behov och visar ett förhållandevis svalt intresse även för en sådan variant för regelbundet informationsutbyte om utvecklingen inom järnmalmsområdet.

Andra FN-organ än UNCTAD, som t.ex. ECE och UNIDO, har till och från utarbetat studier inom ämnesområdet men utgör inget forum för organiserat agerande i handeln med järnmalm. Även OECD behandlar i sin stålgrupp råvarufrågan.

Någon motsvarighet till stålindustrins IISI (se nedan) finns inte för järnmalmsproducenterna. Ett fastare samarbete säljarna emellan stöter inte endast på en rad praktiska och ekonomiska svårigheter inom en mycket heterogen grupp exportörer med olika ekonomiska förutsättningar, utan också på formella hinder som t.ex. bestämmelserna inom GATT etc.

Järnmalmsmarknaden är måttligt komplicerad och förhållandevis lätt genomlyst. Behovet av information täcks förutom av facktidsskrifter o.d. i stor utsträckning av direkta kontakter inom branschen både mellan säljare och köpare.

Stålindustrin har institutionaliserat en rad organ inom vars ramar även frågor rörande järnmalm ur användarnas synpunkt faller.

Alla större stålproducenter i västvärlden är anslutna till IISI. Förutom att fungera som ett allmänt kontaktskapande forum har IISI en långt driven faktainsamlande och utredande funktion, vars material i stor utsträckning är tillgängligt även för utomstående.

Stålföretagen inom EG är medlemmar i Eurofer, som bl.a. fungerar som diskussionspart i kontakterna med EG-kommissionen. Också EG-organen i sig är kontaktskapande.

Alla här nämnda organisationer har särskilda råvarugrupper. Inget av nämnda organ agerar dock aktivt i förhandlingarna med säljarna.

2 Marknadsutvecklingen fram till aktuell tid och betydelsen därav för den svenska järnmalmen

I dag pågår järnmalmsbrytning i fyra svenska gruvor. För två av dessa föreligger beslut om nedläggning. För tjugo år sedan var drygt 30 gruvor i produktion. Som mest har Sverige uppvisat en årsproduktion på över 36 Mt leveransklar malm. 1988 producerades 20 Mt. Järnmalmsexporten, som i sitt maximum översteg 33 Mt, stannade 1988 under 18 Mt.

Figur 1:2



Man kan placera in den svenska järnmalmens förändrade marknadsläge i det stora ekonomiska sammanhang som under de senaste decennierna förändrat stålindustrins förutsättningar och lokalisering i världen i sin helhet och som i sin tur genomgripande förändrat malmförsörjningsmönstret och konkurrensen inom järngruveindustrin. Det finns alltså en kedja av orsaks-sammanhang som styr malmbehovets storlek, lokalisering och täckningen av detta behov.

1. Ekonomisk utveckling – stålintensiteten

Den ekonomiska utvecklingen, mätt traditionellt i BNP-tillväxt, har inom de *högindustrialiserade* länderna dämpats under de senaste årtiondena. Av stor betydelse för stålbehovet är att stålintensiteten (stålnehåll i BNP) samtidigt är sjunkande i de avancerade ekonomierna. Industriländerna har passerat stadiet med stora stålkrävande investeringar i infrastruktur och

investeringsaktiviteten styrs mot en utveckling av högteknologi, service och information.

Utvecklingsländerna uppvisar ett brett spektrum beträffande ekonomiska framsteg från 0-tillväxt till årliga ökningar på 8–10 %. Stålintensiteten har varit snabbt stigande där stålkrävande basinvesteringar skall lägga grunden för en fortsatt industriexpansion i länder som står på tröskeln till ett industrisamhälle, medan andra länder ännu befinner sig i ett ekonomiskt utvecklingsskede med begränsat stålbehov.

CPE-länderna i Östeuropa uppvisar ungefär samma utvecklingstrend som den övriga industrialiserade världen, alltså en nedgång eller utplaning av stålintensiteten. Trots en fortsatt uppgång av stålproduktionen även under 1980-talet ligger tillväxten lägre för stålet än för industrin totalt. För de asiatiska CPE-länderna kan förmodas att stålet har en tung del i BNP-tillväxten.

2. Stålkonsumtionen

Utrymmet för en ökning av stålkonsumtionen, som under tidigare decennier främst noterades hos de avancerade industriländerna men där förbrukningen nu tenderar att stagnera, har förskjutits och finns företrädesvis hos de utvecklingsländer som är på väg att omvandlas till industrisamhällen. En betydande tillväxtpotential finns av samma skäl också hos de asiatiska CPE-länderna.

Förutom den minskade stålintensiteten strukturellt inom de utvecklade ekonomierna har stålproduktionen, mätt i kvantitet, dämpats av bl.a. att högre stålkvaliteter möjliggjort lägre specifik stålåtgång per produkt, att säkrare hållfasthetsberäkningar gjort mindre säkerhetsmarginaler möjliga och att därmed minskad materialåtgång uppnåtts, att nya produktions-tekniska metoder som t.ex. stränggjutningsförfarandet liksom ökad precision inom vidarebearbetningsleden inneburit stora materialbesparingar etc.

3. Stålproduktionen

Den regionala förskjutningen av konsumtionen har successivt lett till en förändring av den geografiska fördelningen av stålproduktionen. Raden av olika kostnadsfaktorer har bidragit till den förhållandevis snabba förändringen: tillgång på järnmalm och energi, arbetskraftskostnader, miljöfaktorer etc. Alternativ användning av kapital med högre avkastning i länder med rikt diversifierat näringsliv påskyndar förändringen. Politiska aspekter skall inte förbises.

4. Järnmalsbehov

Järnmalsbehovet påverkas av stålproduktionens storlek. Järnmalm och skrot är de enda järnbärande råvaror (med marginella undantag) som utnyttjas för framställning av stål. Användningen av skrot som järnråvara

innebär bl.a. en energibesparing, men kravet på renhet hos råvaran för att nå hög och jämn stålqualität, nödvändigt för stålet i konkurrensen med möjliga substitut, talar för att järnmalm håller sin ställning även på längre sikt.

5. Importbehovet – världshandeln med järnmalm

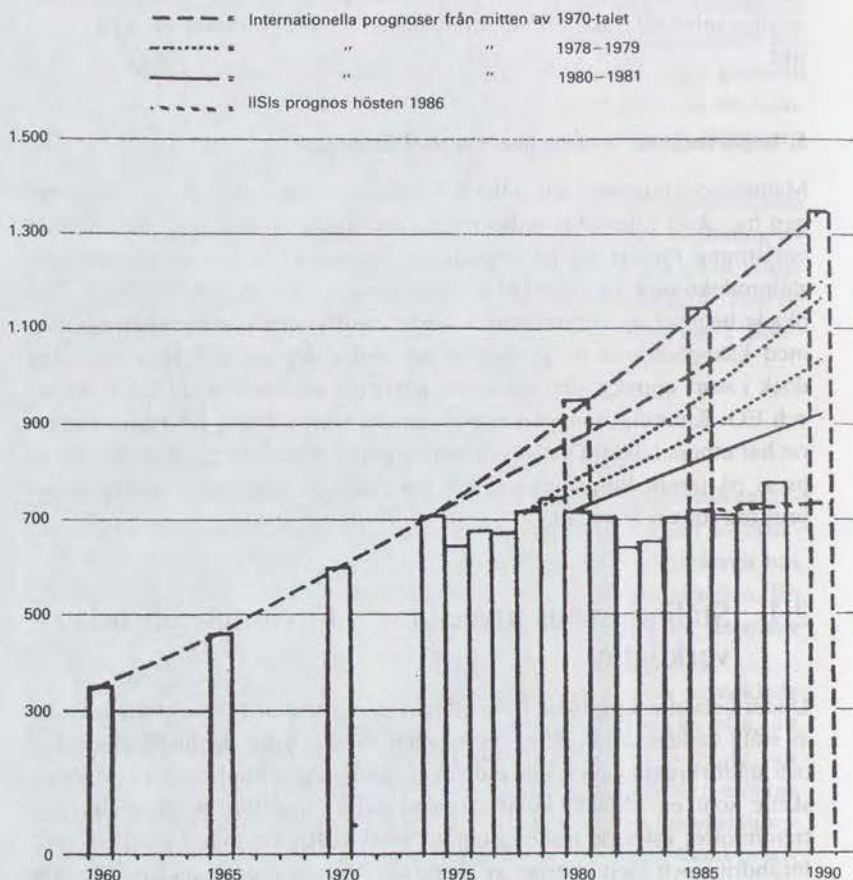
Malmbehovet uppstår där stålet tillverkas. En minskning av stålproduktionen har skett i de tidigt industrialiserade länderna, som successivt i ökad omfattning förlitat sig på importerad järnmalm, medan expansionen av stålproduktionen i många fall nu sker i länder med egen malmråvara. Det ökade behovet av importmalm i länder med växande stålproduktion men med knapphet/brist på järnmalm har under den senaste 10-årsperioden dock i stort uppvägt den minskade importen till framför allt USA, Japan och EG. Samtidigt som den internationella handeln med järnmalm stagnerat har utbudet ökat. Obalansen mellan utbud och efterfrågan har lett till en press på järnmalmpriserna. 1989 års priser är inte högre nominellt än priserna för tio år sedan.

2.1 Stålintustrins utveckling – förväntningar och verklighet

Under hela efterkrigstiden fram till mitten av 1970-talet hade konsumtionen av stål i världen stigit. Efter stålboomen 1973/74 bröts denna ökningstrend och stålförbrukningen stagnerade eller sjönk. Detta uppfattades i ett första skede som en tillfällig konjunkturföreteelse. Inte förrän några år efter trendbrottet vaknade insikten om att marknaden var inne i en strukturell förändring och först i början av 1980-talet började prognosmakarna beakta det ändrade behovsmönstret för stål och förväntningarna om en fortsatt obruten stålkonsumtionsökning omprövades. Detta gällde i stort världen i sin helhet men i synnerhet de avancerade ekonomierna, då främst Västeuropa, USA och Japan. Alla dessa tre områden har traditionellt varit stora importörer av järnmalm. Förändringarna påverkade därför i hög grad järngruveindustrins förutsättningar både regionalt och globalt.

1970-talets prognoser skapade stora förväntningar hos stål- och järngruveindustrierna och det uppfattades av branschmän och politiker som nödvändigt att snabbt rusta sig för att möta de kommande kraven på stålindustrin. Vid IISIs årsmöte i Johannesburg hösten 1973 var den dominerande frågan hur tillräckligt stort kapital skulle kunna tas fram för att finansiera erforderlig kapacitetsökning inom stålindustrin, som då förfogade över ca 800 Mt i råstålkapacitet men som skulle behöva ökas med 20 % fram till 1980 och 45 à 50 % till 1985 för att motsvara det beräknade stålbehovet. I detta klimat föddes och utvecklades bl.a. planerna på ett 4 Mt ämnesverk i Luleå, "Stålverk 80".

Figur 1:3 Världens råstålproduktion 1960–1990



Figur 1:3 visar hur föga verkligheten emellertid motsvarade tidigare förväntningar när det gäller utvecklingen för stålet. I stället för att öka med accelererande hastighet, som all världens stålexpertis förväntat sig i synnerhet under början av 1970-talet men i stort sett ändå in på 1980-talet, stagnerade stålbehovet.

Skillnaden mellan den reella konsumtionsutvecklingen för stål under senare hälften av 1970-talet och första hälften av 1980-talet och de *samtidigt* gjorda prognoserna över stålbehovet för 1980-talet är så stor att det kan tyckas som om marknadsförändringen måste ha kommit mycket snabbt och överraskande. Med möjligheten till tillbakablick finner man dock att det är mindre en fråga om överraskningsmoment än en fråga om ett sent accepterande av en utveckling som hade varit på gång länge.

Parallellt med en minskad stålintensitet i industriländerna hade den tekniska utvecklingen gjort det möjligt att spara material i en omfattning som tidigare inte förutsetts.

2.1.1 Den ekonomiska utvecklingen/stålintensiteten

Den ekonomiska ökningstakten inom OECD låg under 1960-talet vid ett årligt genomsnitt på ca 5,5 % mätt som BNP-tillväxt (1958–1968 i års-genomsnitt 5,4 %). Under 1970-talet sjönk ökningstakten till mindre än 4 % (1968–1978 3,8 %). Under 1980-talet har ökningstakten ytterligare dämpats (1978–1988 2,7 % i årsgenomsnitt).

Den ekonomiska ökningstakten har visserligen under de senaste åren varit medioker, för OECD i sin helhet runt 3 % och något lägre för OECD i Europa, men stabiliteten har främjat en lugn utveckling inom stålsektorn. Det kan dock konstateras att ju mer diversifierad en ekonomi är desto mindre påverkas stålkonsumtionen av de ekonomiska svängningarna. För- enklat kan sägas att för att nå höga produktions/konsumtionstal för stål krävs en god allmänkonjunktur men en god allmänkonjunktur leder inte alltid till högre stålproduktion.

I efterhand kan konstateras att energichockerna hösten 1973 och 1978/79, när tendenser till en ny ekonomisk acceleration kvävdes, endast utlöste något som i vilket fall som helst skulle ha varit oundvikligt: en uppbroms- ning eller rekyl efter en oavbruten ekonomisk tillväxt under hela efter- krigstiden. Europa och andra krigsskådeplatser var återuppbyggda. Kapaci- teten på olika områden inom samhället hade byggts ut med breda margina- ler för att möta nya förväntade behov.

De tidigt industrialiserade länderna var mot slutet av 1960-talet mogna att lämna den stora stålkrävande investeringsfasen när det gäller infrastruktu- ren i samhället. Utvecklingen kom i stället in i en period när investerings- aktiviteten inriktades på ett informations- och servicesamhälle. Att en hög industriell utveckling skapar något av en mättnadsgrad för stål framgår bl.a. av per capitakonsumtionen av stål.

Tabell 1:3 Per capitakonsumtionen av stål, kg (råstålvtkt)³

År	Sverige	Västtysk- land	USA	Japan
1974	774	562	680	688
1980	497	549	508	675
1985	384	481	450	606
1987	(423)	(454)	(422)	(620)
IISIs prognos 1972 avseende 1985		737 (avser Europa 6)	751	1 103

³ Den internationella statistik som publiceras för per capitakonsumtionen definie- ras som tillförsel av stål (produktion plus import minus export) och visar dels den egna slutliga förbrukningen av stål men också förbrukningen av stål för framställ- ningen av produkter som sedan exporteras, s.k. indirekt export. Det senaste försö- ket att på internationell basis söka bestämma förbrukningen inklusive indirekt im- port och export daterar sig från 1982. IISI arbetar nu med ett försök till liknande bedömning för 1985. Den vanligen använda definitionen (se ovan) är emellertid den mest intressanta för järnmalmförbrukningen i ett land.

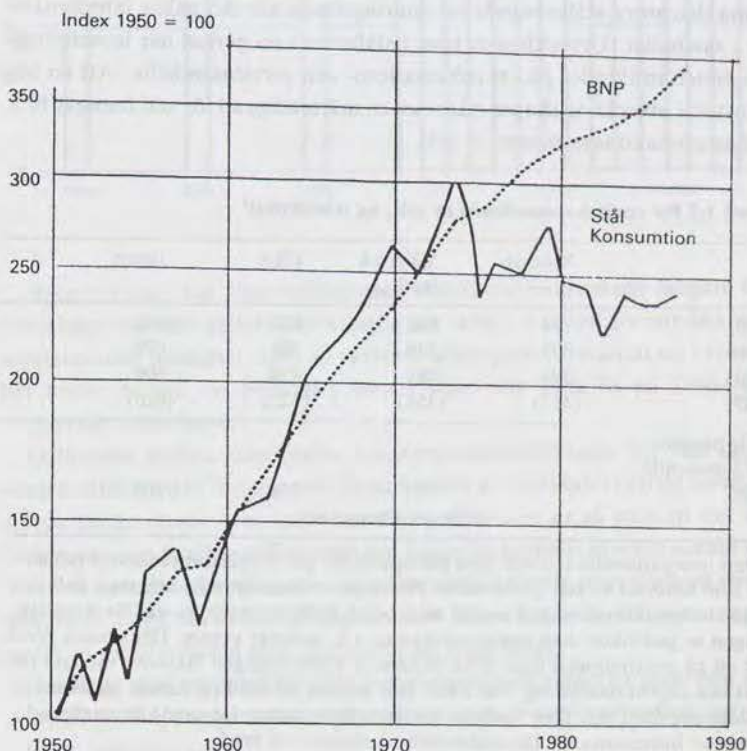
Industriländerna visar därför en stagnerande eller vikande stålkonsumtionskurva trots fortsatt positiv BNP-tillväxt (figur 1:4) medan flera utvecklingsländer ligger inom den ekonomiska fas där de tunga investeringarna i infrastruktur såsom vägar, järnvägar, hamnar, broar etc. spelar en väsentlig roll, förstärkt av en mer intensiv industribyggnation. Detta gäller i synnerhet länder i Latinamerika och Fjärran Östern som nu uppvisar en hög stålintensitet i sin tillväxtekonomi (konsumtionen av stål som andel i den ekonomiska tillväxten).

2.1.2 Stålkonsumtionen

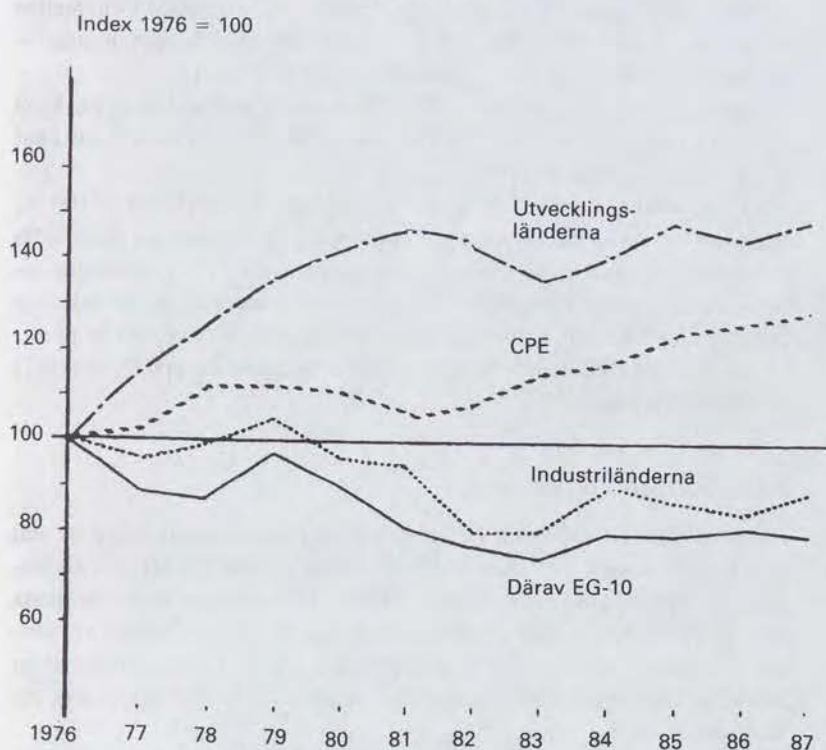
För världen i sin helhet sammanfaller i stort stålkonsumtionen med stålproduktionen med vissa smärre förskjutningar alltefter variationer i lagerrhållningen. Från en stålkonsumtion på litet mer än 300 Mt i början av 1960-talet fördubblades konsumtionen fram till början av 1970-talet. Efter stålboomen 1973/74 nåddes ett nytt maximum 1979 (runt 750 Mt) som sedan inte kom att överskridas förrän 1988.

Stålkonsumtionens utveckling sedan mitten av 1970-talet inom olika ekonomier med de olika förutsättningar som den industriella och ekonomiska utvecklingen gett illustreras i figur 1:5.

Figur 1:4 BNP-tillväxt och stålkonsumtion



Figur 1:5 Stålkonsumtionens utveckling 1976–1988



Källa: IISI-statistik

Den avancerade industrivärlden står ännu för ca 45 % av världens stålkonsumtion. Planekonomierna svarar för i runda tal 40 % av konsumtionen. Resterande 15 % konsumeras inom utvecklingsländerna med kraftiga variationer mellan de som ibland nämns som nyindustrialiserade länder och de länder där utvecklingen ännu inte påbörjats i nämnvärd omfattning.

En bidragande orsak till den stagnerande stålkonsumtionen i industriländerna är den materialbesparing som högre stålqualiteter, högre grad av precision inom vidarebearbetningsledet och förfinade hållfasthetsberäkningar möjliggjort.

Högre stålqualiteter har inte bara ökat stålets livslängd utan också gjort det möjligt att ur varje ton stål utvinna väsentligt mer färdigproduktion än tidigare inom t.ex. verkstads- och anläggningsindustrierna. Smäckrare stålkonstruktioner inom byggnadsindustrin, tunnare plåt vid bilproduktionen osv. innebär betydande stålbesparingar.

Samtidigt har tekniken vad gäller hållfasthetsberäkning utvecklats. Tidigare vida marginaler för att uppnå full säkerhet i konstruktionerna har i dag kunnat krympas utan att äventyra säkerheten.

Inte heller den effekt på kvantiteten producerat råstål som de tekniker fått vilka utvecklats och i ökad omfattning tillämpas inom stålindustrin

världen över beaktades till sitt fulla värde i 1970-talets prognoser.

Detta gäller främst stränggjutningstekniken. Besparingsfaktorn mellan färdigt stål framställt på tidigare konventionellt sätt i kedjan masugn – färdigt stål jämfört med stränggjutet stål ligger runt 10–15 %.

Andelen stränggjutet stål av världsproduktionen med undantag för Kina och Nordkorea stannade 1975 vid 14 %. Motsvarande procenttal hade ökat till 30 % 1980 och 55 % 1987.

Stränggjutningen har i vissa länder kommit upp till i närheten av 100 %, medan man i andra länder ännu har outnyttjade möjligheter att inom detta teknikled göra materialbesparingar. Stränggjutet stål i USA omfattade sålunda 60 % av produktionen (1987) medan den västeuropeiska stålindustrin kommit upp till drygt 81 % och man i Japan passerat över 90 % (1987: 93 %). Inom stålindustrin i Sovjetunionen stränggjuts knappt 15 % (1987) av stålproduktionen.

2.1.3 Stålproduktionen

Under mer än ett kvartssekel efter kriget steg världsproduktionen av stål nära nog oavbrutet. 1951 passerades för första gången 200 Mt som årsproduktion. 1960 producerades mer än 300 Mt. Utvecklingen under de första åren av 1970-talet tycktes bekräfta riktigheten av bedömningarna att världen stod inför en fortsatt kraftig stålexpansion. 1973/74 producerades drygt 700 Mt råstål (figur 1:3). Därmed var emellertid en mer än 25-årig expansionsperiod slut.

1975 föll världsproduktionen kraftigt (1975:645 Mt). Därefter pendlade produktionen med stora amplituder från en högsta produktion 1979 på 746 Mt till en lägsta produktion 1982 på 645 Mt, en spännvidd på 100 Mt. Produktionen kunde under en tioårsperiod beskrivas som utplanande, centrerad kring 700 Mt eller strax däröver. 1986 producerades 714 Mt räknat i råstålvikt och 1987 735 Mt. Först 1988, när 780 Mt råstål producerades, överträffades 1979 års rekordproduktion och man kan därmed skönja en tendens till ett nivålyft för världens stålproduktion.

Samtidigt som stålproduktionen stagnerade globalt sett från mitten av 1970-talet ändrades det geografiska mönstret för produktionen och därmed också försörjningsmönstret för järnmalm (se avsnitt 2.2 ff). I de tidigt industrialiserade länderna har stålproduktionen gått tillbaka, medan de mer avancerade bland utvecklingsländerna visar en expansiv stålproduktionsutveckling.

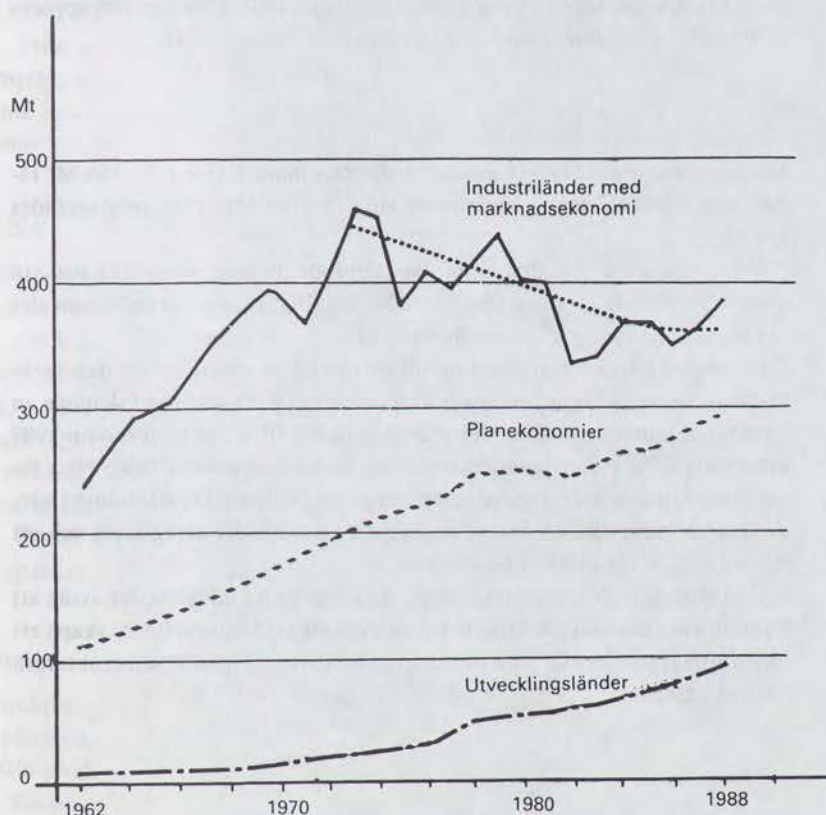
Tabell 1:4 Stålproduktionens fördelning på ekonomiska regioner, Mt

År	Industri-länder		Utvecklings-länder		Länder med planekonomi		Totalt	
1974	463	66 %	31	4 %	209	30 %	703	100 %
1980	407	57	57	8	253	35	717	100
1986	352	49	79	11	283	40	714	100
1988p	391	50	97	12	292	38	780	100

Källa: IISI

Industriländerna med marknadsekonomi svarar nu för inte mer än hälften av världens stålproduktion (figur 1:6).

Figur 1:6 Stålproduktionen



Regional utveckling – industriländer med marknadsekonomi

Relaterade trender med minskad stålintensitet, högre stålqualiteter och bättre utnyttjande av stålet samt i någon mån användning av andra material som substitut för stål har ändrat utvecklingen för stålkonsumtionen inom gruppen industriländer med marknadsekonomi jämfört med vad man fram

till början av detta decennium allmänt förväntade sig. Konsumtionen mätt i råstålvtikt har minskat, nettoexportmöjligheterna har försvårats och produktionen av stål har gått tillbaka.

Tabell 1:5 Industriländer med marknadsekonomi

	1971	1976	1980	1987
Stålkonsumtion	348	374	361	329
Stålproduktion	373	414	407	361
Andel stränggjutet stål av totalprod.		21,1 %	39,4 %	77,3 %

Källa: IISI

Tydligast har denna utveckling varit i de tre traditionellt stora stålområdena EG, USA och Japan. Även Sverige hör till de ställänder som fått uppleva ändrade förutsättningar för sin stålindustri (se avsnitt 2.3 ff).

EG

Under stålboomen 1973/74 producerade man inom EG-9 150–156 Mt råstål. Åren 1986/87 låg produktionen vid 112–113 Mt. 1988 producerades 124 Mt.

Förväntningarna på den framtida stålproduktionen inom EG var vid mitten av 1970-talet stora (runt 200 Mt för 1985) men saknade som det senare skulle visa sig all verklighetsgrund.

Industrins kapacitetsanpassning till förväntad produktion och den verkliga behovsutvecklingen med stort kapacitetsöverskott som följd skapade en krissituation inom EG som blev märkbar redan 1977 och som hösten 1980 krävde rigorösa regleringsåtgärder. Först under den senaste tiden efter tio års produktionsbegränsningar och prisregleringar har EGs stålindustri närmast sig en balanssituation som möjliggjort en successiv avreglering och ett friare spelrum för marknadskrafterna.

Den långtgående regleringen av marknaden, som i initialskedet avsåg att förhindra ett kaotiskt priskrig, fick från 1983 ett fördjupat syfte att skapa ett arbetsklimat som skulle göra det möjligt att genomgripande omstrukturera EGs stålindustri.

Tabell 1:6 EG-9: Kapacitets- och stålproduktionsutveckling, Mt

Region	Produktionskapacitet		Produktion			
	1980	1987 ¹	1974	1980	1987	1974-1987
Västtyskland	66,9	47,4	53,7	43,9	36,2	-33 %
Belgien	19,7	13,6	16,2	12,3	9,8	-40 %
Frankrike	32,5	28,3	27,0	23,2	17,7	-35 %
Italien	39,4	34,9	23,8	26,5	22,8	- 4 %
Storbritannien	28,0	23,4	22,3	11,3 ²	17,4	-22 %
EG-9 totalt	200	162	155,5	127,2	113,2	-27 %
Antal anställda inom stålindustrin			800 000		400 000	

¹ Enligt beräkningar 1986² 1980, strejkår, produktion 1981 15,6 Mt

Från att tidigare i stor omfattning ha baserat stålframställningen på fosforförråren har stålindustrin i huvudsak gått över till lågfosforprocesser, vilket inte minst påverkat den svenska malmens marknadsförutsättningar (se avsnitt 2.3.5).

USA

Stålproduktionen i USA pendlade åren 1982–1987 mellan 67 och 84 Mt råstål. 1988 producerades 90 Mt (jfr 1973: 136 Mt).

USA är liksom EG exempel på hur det utvecklade samhället ändrar sitt behovsmönster när det gäller stålförbrukningen. Från en per capitakonsumtion på över 700 kg under boomperioden ligger dagens förbrukning vid 400–450 kg (1987: 422 kg). Dessutom kom USA under en rad av år på 1980-talet att bli tummelplats för allt överskottsstål på den internationella marknaden.

Under 1980-talet har mellan 30 och 40 Mt i kapacitet skurits bort. Aktuell kapacitet redovisas till drygt 100 Mt i råstål räknat (OECD 1988).

Japan

Produktionen i Japan har under de senaste åren pendlat kring 100 Mt räknat i råstålvikt jämfört med en högsta årsproduktion på drygt 119 Mt (1973). 1988 producerades 105 Mt.

Förväntningarna kring den japanska stålproduktionsutvecklingen var stora i början av 1970-talet med prognoser på en produktion på mer än 200 Mt för början av 1980-talet.

IISI bedömde 1972 att per capitakonsumtionen i Japan skulle komma upp till 1 103 kg stål 1985. Som utvecklingen senare visat har det moderna samhället emellertid långt innan man kommit upp till sådana tal nått mättnadsgränsen. Med en förbrukning under senare år på 600 kg per invånare ligger Japan ändå främst bland länderna i västvärlden.

Den japanska stålindustrin, som ännu i slutet av 1970-talet i det närmaste saknade konkurrens i Fjärran Östern, har under 1980-talet i ökande omfattning fått vidkännas krav på marknadsutrymme från den snabbt växande stålindustrin i främst Sydkorea och Taiwan.

Stålexporten ligger dock fortfarande på en hög nivå och ca en tredjedel av den japanska stålproduktionen gick 1987 på direkt export vartill kommer en omfattande indirekt export.

I Kina har japanskt stål funnit en ersättningsmarknad för bortfall på den övriga internationella marknaden, inte minst USA där marknadsmotståndet ökat.

Från praktiskt taget ingen import alls av stål har intaget av externt stål ökat snabbt under senare år och uppgick 1987 till ungefär 8 % av tillförseln.

Dagens kapacitet uppskattas till 150 Mt (OECD 1988). Först under våren 1987 deklarerades att en bättre balans mellan behov och resurser var en överlevnadsfråga för industrin och en avvecklingsplan anpassad för en produktion på en nivå på 90 Mt aktualiserades.

Övriga länder med marknadsekonomi (exkl. Norden)

Sett för rubricerade länder i sin helhet har utvecklingen på stålområdet inte avvikit från totalmönstret för stålindustrin i världen; de mer avancerade ekonomierna med en tidigt etablerad stålindustri har stagnerat i sin kvantitetsutveckling, medan länder med ett senare utvecklat industriellt näringsliv ännu befinner sig i ett expansionsskede.

Sett ur järnmalmssynpunkt är några länder inom denna grupp mer intressanta som järnmalmsexportörer än som malmförbrukare. Australien, Canada och Sydafrika, alla tre länder stora järnmalmsexportörer, nådde ett maximum i sin stålproduktion kring 1979/1980 (1980 tillsammans 33 Mt råstål, 1988 30 Mt).

Av de västeuropeiska länderna har de traditionella stålproducenterna som t.ex. Österrike och Spanien (numera ett av de 12 EG-länderna) stött på betydande ekonomiska och strukturella svårigheter, medan t.ex. den jugoslaviska och turkiska stålindustrin är på frammarsch.

Regional utveckling – utvecklingsländerna i västvärlden

Utvecklingsländerna befinner sig sinsemellan på vitt skilda plan i ekonomisk standard och tillväxt liksom stålintensitet i samhället. De mer avancerade länderna ges stundtals beteckningen "nyindustrialiserade" och har ett konsumtionsmönster som liknar industriländernas när det gäller stål; konsumtionstrend mot ökad andel platta produkter, högre stålqualiteter och efterfrågan på specialstål. De mindre ekonomiskt utvecklade länderna har främst behov av långa produkter av enklare kvaliteter.

Totalt konsumerades 1988 115 Mt råstål inom utvecklingsländerna, varav mer än hälften i Asien (exkl. Mellanöstern), en fjärdedel i Latinamerika och ca 20 % i Mellanöstern och Afrika tillsammans.

Spännvidden mellan percapitakonsumtionen är från 0 kg till mer än 360 kg (Sydkorea). I Latinamerika har Venezuela kommit längst med 190 kg, medan man i t.ex. Peru förbrukar mindre än 40 kg per invånare (1987). Folkrika länder som t.ex. Indien har en relativt utvecklad stålindustri men förbrukningen per invånare ligger ändå så lågt som 20 kg (jfr. Kina 70 kg).

Trots senare års snabba kapacitetsutbyggnad inom stålindustrin med en produktionsökning inom gruppen till 97 Mt 1988 (= 12 % av världsproduktionen) mot endast hälften 1978 (årlig ökningstakt drygt 7 %) är utvecklingsländerna, sedda som grupp, i behov av import. Även här är emellertid skillnaderna stora med länder vars växande nettoexport rubbar tidigare internationella handelsmönster. Framför allt har uppbyggnaden av en egen industri i dessa länder inneburit ett bortfall av marknadsmöjligheter för stål från bl.a. Västeuropa.

Regional utveckling – länder med planekonomi

Inom gruppen av länder med planekonomi är ur extern malmförsörjnings-synpunkt utvecklingen av stålindustrin i främst de östeuropeiska randstater-na och Kina av intresse. Sovjetunionen, världens största stålproducent (21 % av världsproduktionen 1988) och som sådan världens största järn-malmskonsument, är mest intressant ur aspekten hur mycket järnmalm som kan avvaras för export.

Medan CPE-länderna i Europa i sin ekonomiska utveckling hör till grup-pen industriländer räknas Kina och Nordkorea till utvecklingsländerna.

Tabell 1:7 Planekonomierna i Östeuropa, Mt

	1971	1976	1980	1987
Stålkonsumtion	158	204	209	219
Stålproduktion	163	199	209	224
Andel stränggjutet stål av totalprod.		6,9 %	10,4 %	17,3 %

Källa: IISI

Stålkonsumtionen per capita är genomgående hög med Tjeckoslovakien som toppar listan för världen i sin helhet. Den tunga industrin spelar fortfarande en stor roll i dessa länder. Materialåtgången är hög och betydande besparingar bör kunna göras både inom stålframställningen och inte minst inom vidarebearbetningsleden med mer avancerade tekniker.

Utvecklingen mot en modern stålindustri i Östeuropa har framskridit i en ojämn takt länderna emellan. En eftersläpning vidlåder de tidigt stora stålproducenterna Tjeckoslovakien och Polen.

Tabell 1:8 Planekonomierna i Asien (Kina och Nordkorea), Mt

	1971	1976	1980	1987
Stålproduktion	22	24	37	66
Stålkonsumtion	26	30	43	85

Källa: IISI

Stålbehovet i Kina har ökat i takt med moderniseringen av samhället och har avancerat snabbt under 1980-talet. Stålförbrukningen per capita har fördubblats under de senaste tio åren men ligger ännu så lågt som vid 70 kg (råstålvt). En modern stålindustri är under uppbyggnad, delvis lokaliserad till kustområdena. I dag producerar Kina 60 Mt råstål/år och är därmed världens fjärde stålproducent i storlek. Den fortsatta utbyggnaden av ståltillverkningen blir inte minst avhängig försörjningen med järnråvara.

2.2 Konsekvenserna för järngruveindustrin av stålproduktionsutvecklingen

En stålproduktion i storleken 1,1 Gt, som IISI i början av 1970-talet förutsade skulle bli nödvändig för att täcka stålbehovet i världen 1985, ansågs överslagsvis kräva minst lika mycket järnmalm eller mer, inmot 1,3 Gt.

Ännu 1979 bedömdes enbart västvärldens behov av *importmalm* 1985 till mer än 500 Mt, vartill skulle läggas 50–70 Mt för planekonomiernas räknning, och så sent som 1980 angavs i en japansk studie att risk förelåg för ett underskott på 80 Mt i den internationella handeln med järnmalm vid mitten av årtiondet.

Den verkliga utvecklingen visade att den totala internationella handeln med järnmalm vid mitten av 1980-talet pendlade runt 360–370 Mt. Överkapaciteten hos exportgruvorna bedömdes 1982/83 till 100 Mt och ännu fem år senare, våren 1987 till 50 Mt praktisk kapacitet och långt över 100 Mt i teoretisk.⁴

Trots ett nära nog konstant överutbud av järnmalm på exportmarknaden sedan slutet av 1950-talet tycks stålindustrins farhågor för en framtida järnmalmbrist inte ha släppt förrän in på 1980-talet. Stålindustrin har under hela efterkrigstiden fram till aktuell tid funnit det angeläget att själv med ägareskap, lån eller långsiktiga köpkontrakt initiera tillkomsten av ny kapacitet. Detta gällde markant vid skiftet mellan 1950- och 1960-talen men i betydande omfattning även under 1970-talets första hälft. T.o.m. den kortvariga boomen 1978/79 var stålindustrin både inom EG och, med viss tveksamhet i Japan beredd att finansiellt stödja det brasilianska Carajas-projektet (planerad kapacitet fullt utbyggt 45–50 Mt) med lån samtidigt som man tecknade långvariga köpkontrakt.

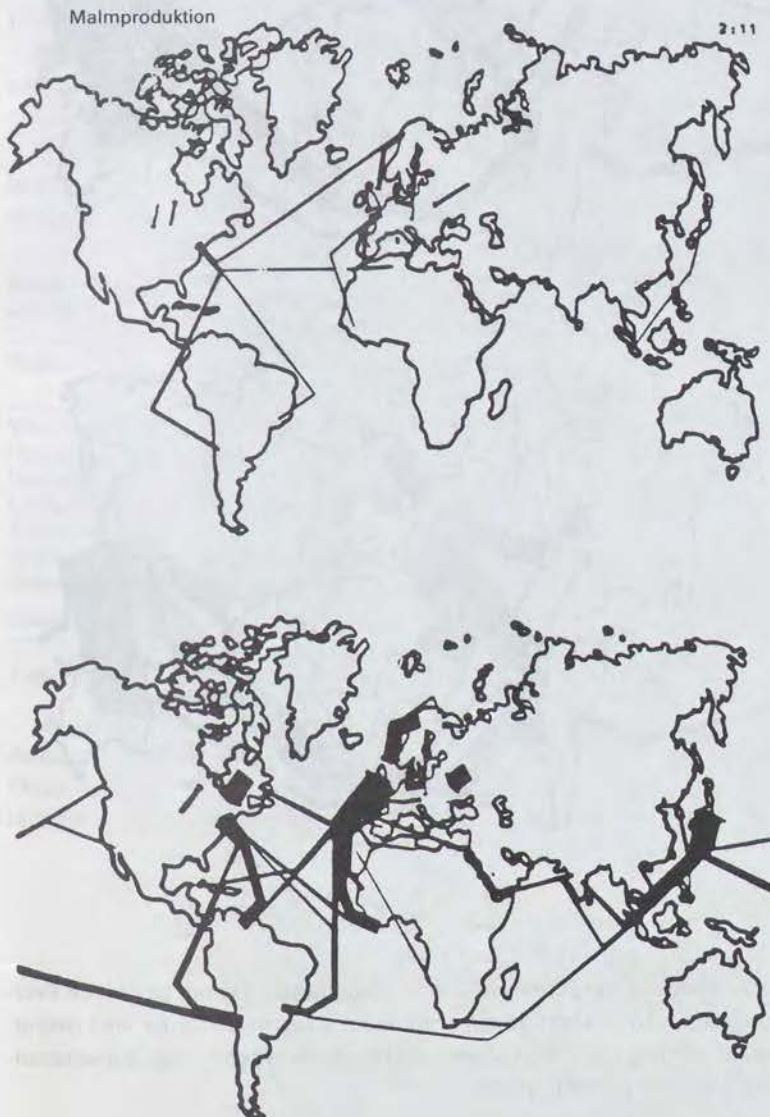
Ett längre perspektiv från 1950 och framåt visar den kraftiga tillväxten av järnmalmshandeln fram till mitten av 1970-talet. Mest iögonenfallande är

⁴ Metal Bulletins järnmalmssymposium, april 1987.

den snabba ökningen av importen till Japan och exporten från Brasilien och Australien (figur 1:7 a-d).

Den historiska utvecklingen ger alltså en förklaring till de förväntningar som tycktes vara berättigade inom 1960- och 1970-talets järngruvenäring beträffande fortsatt tillväxt av järnmalmshandeln och förutsättningarna för en ökad järnmalmshandel.

Figur 1:7 a-b Järnmalmshandeln 1950 och 1965



Figur 1:7 c-d Järnmalmshandeln 1975 och 1985



De felslagna förväntningarna inom stålindustrin gav upphov till en överdimensionerad produktionskapacitet inom järngruvenäringen med överutbudets naturliga följdverkningar: avsättningsbekymmer, lågt kapacitetsutnyttjande och pressade priser.

2.2.1 Malmbehov/-konsumtion

Eftersom järnmalm används huvudsakligen vid framställningen av råjärn och järnsvamp för produktion av stål är järnmalmens behovet direkt knutet till svängningarna i stålkonjunkturen och till den långsiktiga utvecklingen av stålkonsumtionen. Mängden förbrukad malm påverkas dessutom av hur järnrik malmen är och i vilken omfattning andra Fe-bärare utnyttjas.

Järnrikare malm har i ökad omfattning ställts till förbrukarnas förfogande under de senaste årtiondena. Det genomsnittliga järninnehållet i världsproduktionen, som 1955 beräknades till 48 %, ökade till 56 % i början av 1970-talet och nådde 60 % i mitten av 1980-talet.⁵

Av andra Fe-bärare är det endast skrotet som i den globala försörjningen med järnråvara spelar en betydande roll vid framställningen av stål vid sidan om järnmalm (se avsnitt 1.5).

Järnmalmens förbrukning uttryckt som behov av Fe ur järnmalm kan beräknas ur produktionen av råjärn. Härtill skall läggas malm för svamptillverkning och direktinsats i stålugnar/konvertrar samt inom gjuteriindustrin.

Tabell 1:9 Konsumtion av Fe ur järnmalm i masugnar, Mt, (schablonmässigt räknat som 90 % av råjärnsproduktionen)

Region	Ø 1971-75	Ø 1981-85	1988	1988 jäfrt Ø 1971-75
Västeuropa	115,6	100,9	98,2	- 17
Östeuropa	122,6	142,8	134,8	+ 12
Nordamerika	91,4	57,7	53,9	- 38
Latinamerika	10,8	20,1	27,7	+ 17
Afrika/Mellanöstern	5,7	9,0	8,2	+ 3
Asien	114,7	143,1	150,4	+ 36
Oceanien	6,9	5,7	5,1	- 2
Världen totalt	467,6	479,3	478,3	+ 11

Källa: IISI

Medan det globala malmbehovet i stort sett varit oförändrat har omfördelningen av konsumtionsmönstret mellan olika regioner varit betydande. Detta ter sig än mer markerat om man ser på världen ekonomiskt/politiskt indelad.

⁵ J.E.Astier, 1986. Med största sannolikhet är inte den extremt lågjärnhaltiga kinesiska malmen medräknad.

Tabell 1:10 Förbrukning av Fe ur järnmalm i masugnar med fördelning på ekonomiska områden (schablonmässig beräkning)

Region	1976		1988	
	Mt	%	Mt	%
Industriländer	301	61,5	234	49
Utvecklingsländer	27	5,5	58	12
Länder med planekonomi	161	33	186	39
Totalt	489	100	478	100

Källa: IISI

Därtill kommer att det är främst i utvecklingsländerna som järnmalm förbrukas för tillverkning av *järnsvamp* (DRI). De stora svamptillverkarna finns i Mellanöstern och Sydostasien samt i Latinamerika. I Europa tillverkas svamp för vidarebearbetning till stål endast i Hamburger Stahlwerke. Övriga två storskaliga verk är inte i drift (det ena verket kört under mycket kort tid, det andra aldrig satt i produktion). Energikostnaderna i de flesta industriländerna gör det svårt att få en svamptillverkning lönsam.

Den totala förbrukningen av järnmalm för svamptillverkning beräknas till 20 M malmtton eller ca 3 % av den totala järnmalmsproduktionen (1987).

2.2.2 Malmutbud/-produktion

Årsproduktionen av järnmalm har under den senaste tioårsperioden pendlat kring 950 Mt, enligt statistik byggd på adderingar av resp. länders angivelser av produktionen.⁶ En betydande spännvidd i järninnehåll uppvisas mellan olika malmer.

Järnmalmen är en utrymmeskrävande vara i förhållande till sitt värde. Konsumenterna undviker eller har i många fall inte fysisk möjlighet att lagra större mängder. En lagerökning även hos producenten innebär både en räntebelastning och betydande extra hanteringskostnader. Produktionen anpassas därför i stort till avsättningsmöjligheterna/förbrukningen.

Under de senaste decennierna har möjligt malmutbud vida överstigit marknadens behov.

Obalansen mellan utbud och efterfrågan på järnmalm och den därmed följande svaga prisutvecklingen gjorde gruvnäringen i den fria världen mindre lönsam. En gruva med tillhörande infrastruktur är en kapitaltunga verksamhet som endast i extremlägen lägger ner driften. Många gruvor är därtill belägna i länder med i övrigt outvecklat näringsliv, där gruvverksamheten står för en stor del, i några länder den helt dominerande delen av exportinkomsterna. En sanering av olönsam kapacitet blir därför en långt utdragen process.

Hittills har driften sålunda lagts ner så gott som uteslutande i gruvor i länder som har ett rikt diversifierat näringsliv och som därför har ett större

⁶ En klar statistisk tvetsamhet utgör t.ex. Kinas redovisning som ställd mot produktionen av råjärn och järnmalmsimport ter sig onormalt hög i den statistik som publicerats de senaste åren.

utrymme för alternativ sysselsättning för kapital och arbetskraft.

Produktionen har upphört i en rad gruvor i USA, främst avsedda för hemmamarknaden (kapaciteten sjönk från 93 Mt 1979 till 60 Mt 1986) liksom inom EG (kapacitet EG-9 1979: 65 Mt, 1986: 19 Mt) där huvudparten av den egna malmproduktionen bestått av fosforhaltig järnmalm. Nedläggningar och kapacitetsminskningar inom exportsektorn har huvudsakligen skett i Canada (kapacitetsminskning från 65 Mt 1979 till 47 Mt 1986), Sverige och Sydafrika, med andra ord länder med avancerad ekonomi. Geografiskt närliggande exempel på en ökande tveksamhet under senare tid inför en fortsatt drift är nedläggningsbesluten för de sista mellansvenska gruvorna i Grängesberg och Dannemora, Rautaruukis gruva i Rautuvaara (Finland), österrikiska Voests gruva i Steiermark, Maxhüttes Leonie-gruva (Västtysklands sista egentliga järnmalmsgruva) m.fl.

Därtill kommer senareläggningen eller frysningsen av kapacitetsökande investeringar i gruvor i Latinamerika, Afrika och Australien.

En järnmalmsgruvans kapacitet är svår att ange eftersom flexibiliteten med marginellt ökade insatser är betydande i synnerhet i dagbrott med okomplicerade malmer som kräver ringa behandling. Skillnaden mellan momentant tillgängligt utbud och utbud möjligt efter viss tids varsel kan därför vara betydande.

I en australisk beräkning våren 1987 anfördes t.ex. att överkapaciteten på exportmarknaden skulle ha varit 130 Mt i mitten av 1980-talet men att den kortsiktigt praktiskt stannade vid mindre än hälften.

Så länge de stora tunga basinvesteringarna i järnvägar, hamnar, större behandlingsverk etc. ger möjlighet till en väsentligt större produktion än den aktuella föreligger latent, vilande kapacitet som kan aktiveras med förhållandevis måttliga insatser. Även om efterfrågan i goda konjunkturlägen når sådan nivå att marknaden känner något av ett knapphetsläge, definierat så att varje köpare inte kan få önskad kvalitet i önskad omfattning vid önskad tidpunkt, råder ingen järnmalmsbrist i egentlig mening sett över en längre period. Håller efterfrågan i sig tas delar av den latent kapaciteten i bruk när prisnivån blir tillräckligt attraktiv för att stimulera till ökad aktivitet.

Tabell 1:11 Världens järnmalmsproduktion i Mt

Region	1960	1974	1985	1987
Västeuropa	51	129	59	51
Östeuropa	60	234	254	257
Nordamerika	58	133	89	85
Latinamerika	26	132	163	171
Afrika	9	64	58	53
Asien	33	107	128	(183) (214)
Oceanien	3	99	99	107
Världen totalt	240	898	850	(938)

Källor: FN, IISI och APEF

Kvantiteterna inom parentes med höjda kinesiska siffror, se fotnot 6. Facktidskriften Skillings' Mining återger i februari 1989 amerikansk statistik, som för 1987 anger världsproduktionen till 880 Mt och för 1988 preliminärt 930 Mt.

Sovjetunionen är i dag världens överlägset största järnmalmsproducent med en produktion på 250 M årston av varierande kvalitet.

Bland västvärldens järnmalmsproducenter placerar sig Sverige i dag som numro sju (se vidare avsnitt 2.3 ff).

Tabell 1:12 De största järnmalmsproducenterna i västvärlden, Mt

Region	1960	1970	1987	Därav pellets
Brasilien	9	40	134	25
Australien	4	51	105	3
Indien	17	31	49	0
USA	89	91	48	46
Canada	20	47	38	25
Sydafrika	3	8	24	—
Sverige	22	32	20	9

Källor: FN, IISI och APEF

Produktionen inom EG har starkt decimerats från 70 Mt 1974 till 12 Mt 1988 (EG-9). I dag produceras järnmalm endast i Frankrike, medan produktionen i övriga EG-9 i det närmaste helt upphört. Den franska produktionen av fosforrika minetter har minskat med 80 % sedan mitten av 1970-talet.

Årsproduktionen av *pellets* i världen totalt ligger runt 200 Mt (1987:205 Mt). Sovjetunionen svarar för 33 %, USA/Canada för 35 % och Brasilien för 12 % därav. Sveriges andel av världsproduktionen uppgår till något mindre än 5 %. USAs tidigare dominans (1979:73 Mt) bröts i början av 1980-talet med omfattande kapacitetsnedskärningar.

Vid mitten av 1960-talet låg världsproduktionen av pellets kring 45 Mt och i mitten av 1970-talet vid 130 Mt.

Om man räknar på Fe-innehållet i järnmalmsproduktionen, med andra ord ser på andelen i världsförsörjningen med järn ur järnmalm, svarar industriländerna i västvärlden, utvecklingsländerna och de socialistiska länderna i Östeuropa för ungefär lika stora andelar, runt 30 % var. De asiatiska socialistländerna, Kina och Nordkorea, svarar för ungefär 10 % tillsammans. För 15 år sedan, när den omfattande kapacitetsnedskärningen inom EG var i ett initialskede och i USA just påbörjats, svarade västvärldens industriländer för närmare 40 %. Det tillskott som Australien bidragit med under samma tid har inte förmått att helt kompensera bortfallet i Europa och USA.

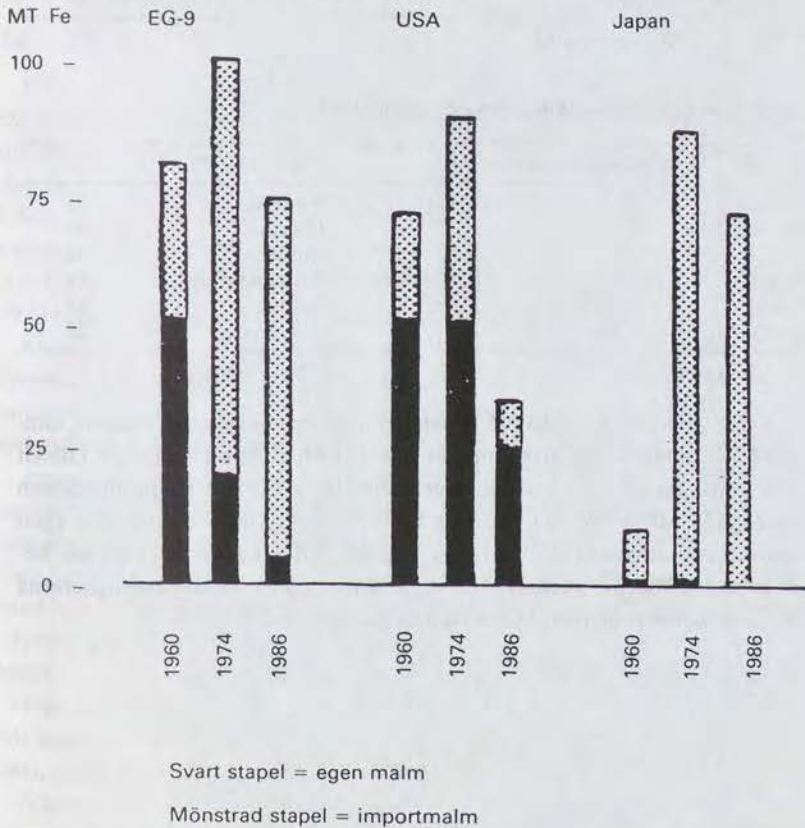
Uppskattningsvis kommer tre fjärdedelar av dagens produktion från dagbrott. Underjordsbrytning sker i betydande omfattning i Sovjetunionen. Så gott som alla exportgruvor med undantag för de svenska bryter sin malm i stora dagbrott.

Ca två tredjedelar av världens järnmalmsproduktion kan uppskattas ske i statligt ägaredominerade gruvor (se avsnitt 1.6).

2.2.3 Internationell handel med järnmalm

Medan stålindustrin i ett tidigt utvecklingsskede baserade sin produktion på inhemska järnmalmstillgångar, växte ett nytt försörjningsmönster fram efter andra världskriget. Självförsörjningsgraden hos de stora stålproducerande länderna har successivt sjunkit (figur 1:8), samtidigt som en ny stålindustri vuxit fram i länder som saknar egna järnmalmstillgångar eller har otillräckliga egna resurser.

Figur 1:8 Självförsörjningsgrad av järnmalm



I dag är 40 à 45 % av den malm som förbrukas föremål för internationell handel räknat på malmtön. Räknat på innehåll järn är andelen över 50 %.

1974 nådde den internationella handeln med järnmalm ett maximum med ca 400 Mt. Därefter har handeln pendlat mellan 350 och 375 Mt med undantag för 1979 (390 Mt) och 1983 (300 Mt), två extremår. Inte förrän 1988 kom handeln med järnmalm åter upp i 1974 års nivå.

Järnmalmsimporten

Dagens stora importberoende stålproducenter återfinns i Väst- och Östeuropa samt i Fjärran Östern.

Tabell 1:13 Järnmalmsimporten fördelad på de stora importblocken 1988

Region	Andelen av totala världshandeln			
EG-10	124	Mt	62 %	76 %
Japan	123			
Östeuropa exkl. Sovjet	58			
Fjärran Östern exkl. Japan	43			
Motsvarande tal 1974			71 %	83 %
				84 %

Källa: SGU, Malmexport AB

Tabell 1:14 De största enskilda importländerna 1988

Region	Importkvantitet, Mt	Varav från, %	
Japan	123	Australien	42
Västtyskland	45	Brasilien	43
Italien	17	Brasilien	32
Polen	16	Sovjetunionen	78
USA	20	Canada	45
Frankrike	19	Brasilien	28

Källa: SGU

EG-10, den ur skandinavisk synvinkel mest intressanta marknaden, minskade sitt intag av extern järnmalm från 133 Mt 1974 till som lägst 110 Mt 1986. Att minskningen trots den betydande nedgången av stålproduktionen (1974: 156 Mt, 1986: 113 Mt) inte blev större förklaras av att EGs egen järnmalmsproduktion decimerades kraftigt. Effekten av det ändrade behovs- och försörjningsmönstret för järnmalm på avsättningsmöjligheterna för den svenska malmen blev kännbar (se avsnitt 2.3.4).

Tabell 1:15 EG-12: Import av järnmalm (exkl. intern handel med minetter)

Region	1974		1988	
	Mt	%	Mt	%
Sverige	28,6	19,6	11,7 ¹	9
Övriga Västeuropa	4,8 ²	3	3,5 ²	3
Sovjetunionen	3,8	3	0	0
Afrika	41,5	28	25,3	20
Nordamerika	12,1	8	17,0	13
Latinamerika	37,9	26	49,8	38
Australien	15,6	11	21,3	16
Övriga	1,8	1	1,1	1
Totalt	146,1	100	129,7	100

¹ 1,8 Mt styckemalm, 5,4 Mt mull/koncentrat, 4,5 Mt pellets

² Därav 1974 2,8 Mt och 1988 1,9 Mt import från Spanien till övriga EG.

Källa: SGU

USAs nuvarande järnmalmsimport, runt 16–17 Mt de senaste åren med en ökning till 20 Mt 1988 är långt mindre än hälften av importkvantiteten vid mitten av 1970-talet, trots att det minskade järnmalmsbehovet på grund av den lägre stålproduktionen gått hårt fram över den egna gruvnäringen. USA är den enda större järnmalmsimportören som samtidigt står för en export att räkna med. Den totala nettoimporten ligger därför i storleken 10–15 Mt (1985 resp. 1988) att jämföras med 40 à 45 Mt vid mitten av 1970-talet.

Östeuropa exkl. Sovjetunionen importerar ca 90 % av sitt malmbehov. Sovjetunionen täcker två tredjedelar. Övrig import sker i högre grad än annorstädes på basis av bytesavtal. Aktuell import från Sverige är obetydlig, 0,7 Mt, varav 0,2 Mt pellets (1988).

Japan är till nära 100 % beroende av importmalm. Den snabbt expanderande japanska stålindustrin under 1960- och 1970-talen var förutsättningen för den australiska järngruveindustrins utveckling och vice versa. Den japanska stålindustrin är världens i särklass största järnmalmsimportör med en årlig import på numera 115 à 120 Mt (1974: 142 Mt). Sverige exporterar 1 Mt järnmalm, huvudsakligen fines, till Japan mot långkontrakt.

Nya importområden finns främst i *Fjärran Östern*, där *Sydkorea* (1988: 18 Mt importmalm) nu tillhör de stora importländerna, liksom *Kina* (1988: 10 Mt), som växer fram som en allt större marknad.

Världshandeln med järnmalm fördelad på större köp- och säljområden framgår av tabell 1:17.

Järnmalmsexporten

Samtidigt som köparmönstret förändrats och marknaden under en lång följd av år gick tillbaka, har gruvexpansionen i Brasilien och Australien krävt ökat marknadsutrymme. År 1988 svarade dessa båda giganter för mer än hälften av den totala järnmalmsexporten i världen.

Tabell 1:16 Världens största järnmalmsexportörer 1988

Region	Andelen av totala järnmalmsexporten		
Brasilien	105 Mt	} 51 %	} 5 största 78 %
Australien	98		
Sovjetunionen	45		
Indien	32		
Canada	31		
Sverige	17,5		

Källa: SGU

Se vidare tabell 1:17.

Tabell 1:17 Världshandeln med järnmalm 1988 i Mt (Preliminära uppgifter)

Export- områden	Import- områden	EG-12	Övriga Väst- Europa	Öst- Europa	USA	Japan	Övriga Fjärr. Östern	Övriga resp. ospec.	Totalt
Sverige		11,7	2,6	0,7	0,1	0,9	0,8	0,8	17,6
Övr. Västeuropa		2,2	0,1	0,2	0,1	—	—	—	2,6
Sovjetunionen		0,1	2,3	42,8	—	—	—	0,3	45,5
Västafrika		21,0	0,2	1,2	0,4	0,5	0,2	0,2	23,7
Sydafrika		4,5	1,4	—	—	4,9	—	0,1	10,9
Canada		16,7	0,8	0,2	10,2	2,3	0,8	0,1	31,1
Brasilien		43,0	1,7	5,8	4,3	27,9	14,5	7,7	104,9
Venezuela		6,7	0,4	1,2	3,4	0,3	0,2	0,1	12,3
Chile/Peru		1,1	0,5	0	0,3	6,0	2,9	0,3	11,1
Indien		1,2	0,3	4,5	—	21,8	4,0	0,5	32,3
Australien		22,4	0,4	0,4	1,1	54,9	17,1	2,2	98,4
Övriga resp. ospecificerat				1		4	5		10
Totalt		130	11	58	20	123	45	12	ca 400

Källa: Sammanställt av SGU från såväl import- som exportstatistik

Med dagens möjligheter att i stora fartyg frakta malm till förhållandevis låga kostnader över stora transportavstånd har säljarna blivit mindre regionalt beroende för sin avsättning än tidigare. Dessa tendenser har förstärkts av köparnas intresse att förankra sina köp från källor med viss spridning. Utvecklingen har dock inte lett till någon mer markerad frigörelse från det regionala beroendet. För Sverige gäller dock en påtaglig förändring.

Tabell 1:18

Av totalexporten från Sverige	gick till EG-10	1974 84 %	1987 65 %
Australien men Australien	Japan Fjärran Östern tot.	80 % 81 %	56 % 78 %
Indien men Indien	Japan Fjärran Östern tot.	82 % 82 %	68 % 80 %
Ett ökat regionalt samband visar Sovjetunionen	Östeuropa	86 %	94 %
Västafrika	EG-10	79 %	84 %
Ett byte av huvudmarknad visar Canada	USA EG-10	57 % 31 %	30 % 55 %

Sveriges minskade beroende av EG-10 är egentligen en fråga om en total kvantitetsminskning. Sveriges export till länder utanför EG var jämförelse-åren 1974 och 1987 i stort sett densamma, 5,3 Mt resp. 5,7 Mt (1988: 5,8 Mt).

Brasilien är världens största järnmalmsexportör och uppfyller de huvudsakliga kriterierna för att vara en stor malmsäljare: stora rika, lättbrutna tillgångar av högkvalitetsmalm och med ett geografiskt läge för utskeppning med visserligen ingen direkt närmaknad men med acceptabel tillgänglighet till världens två stora avsättningsområden, Västeuropa och Japan. Brasilien har en fördelning av sin järnmalmsexport utan slagsida. Den enda påtagliga nackdelen är att avståndet mellan gruvor och hamnar i många fall är betydande.

Brasilien anses kunna räkna med en förhållandevis stabil politisk utveckling i en i övrigt på många håll labil situation i Sydamerika. Vilken regim framtiden än kommer att uppvisa kommer järnmalms- och stålindustrin med stor sannolikhet att prioriteras. Gruvarbetarna hör i dag till de mer välbetalda i samhället och fackliga aktioner har hittills varit sällsynta.

Tabell 1:19 Brasiliens järnmalmsexport 1988

Region			Motsv. för Sverige
EG-10	40,7 Mt	} 43 % till Västeuropa	81 %
Övriga Västeuropa	4,0		
Japan	27,9		
Övriga Fjärran Östern	14,5	} 40 % till Fjärran Östern	10 %
Mexico/Trinidad	1,1		
Östeuropa	5,8		
USA/Canada	4,8	} 16 % till övriga	9 %
Mellanöstern/			
Argentina	5,2		
Totalt	105		

Källa: Brasiliansk officiell exportstatistik

Australien har liksom Brasilien en stor järnmalmspotential som tillåter en betydande utbyggnad av aktuell järnmalmproduktion/export. Delar av reserverna är emellertid störande höga i fosfor. Australien har ett fördelaktigt läge geografiskt nära den stora japanska marknaden och den expanderande marknaden i Fjärran Östern, inte minst Kina som med sina dåliga hamnförhållanden är beroende av en näraliggande leverantör. Avsättningen till EG-12 innebär långa sjötransporter, tio gånger längre än Narvik/Rotterdam, men trots detta avsätts dubbelt så mycket australisk malm som svensk inom EG.

De australiska exportgruvorna har sedan driftsstarten i slutet av 1960-talet haft problem med stor personalomsättning och frekventa strejker. Under senare år har arbetsklimatet stabiliserats, även om fackliga ageranden fortfarande till och från medför kortare eller längre stopp.

Sovjetunionen har under efterkrigstiden varit huvudförsörjare av malm till övriga Östeuropa. Exporten till den s.k. kapitalistiska världen har periodvis uppgått till ca 10 % av totalexporten men är i dag av blygsam omfattning. Exporten måste balanseras mot den egna stålindustrins behov av järnmalm. Andra problem är bl.a. kvaliteten på både standardmalm och pellets liksom transportmöjligheterna (Sovjetunionens järnvägar bredspåriga).

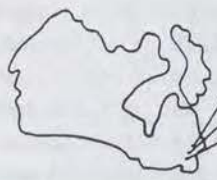
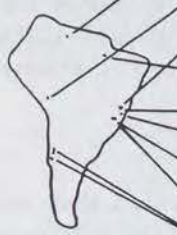
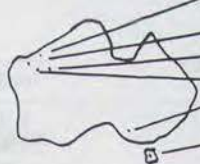
Indien uppger sig ha en betydande brytningskapacitet på 60–70 Mt, som skulle kunna tillåta en ökad export. Det största hindret för en ökning utöver dagens leveranser är av strukturell och brytningsteknisk natur med bl.a. många små gruvor.

Canada förfogar huvudsakligen över anrikningsmalmer och ca tre fjärdedelar av exporten utgörs av pellets. Minskade avsättningsmöjligheter i USA har tvingat den kanadensiska malmen ut på andra marknader i ökad omfattning, främst Europa.

Närmast i storlek som järnmalmsexportör kommer Sverige som behandlas separat, se avsnitt 2.3.5.

En översikt över de större exportgruvorna i världen lämnas nedan.

Figur 1:9 Liten gruvguide – större exportgruvor

	Företag	Gruva	Hamn	Max 1 000 dwt tonnage	Avstånd (km) gruva-hamn	Avstånd (na) till Rotterdam	Leveranser 1 000 ton 1988
	Iron Ore of Canada (IOC)	Carol Lake	Seven Islands	250	428	2 916	14 768
	Wabush Mine	Scully	Ponte Noire	80	447	2 914	6 035
	Quebec Cartier (QCM)	Mt Wright	Port Cartier	150	449	2 960	13 770
	CVG	Cerro Bolívar } San Isidro }	Puerto-Ordaz	60	146	4 220	17 368
	Ferrominera Orinoco CA		Palua	60	57	4 219	
	Hierro Peru (Minpeco)	Marcona	San Nicolás	160	16	10 050 KH	4 733
	CVRD	Itabira	Tubarão	275	541	6 420 P 4 974	69 287
	CVRD	Carajás	Victoria	40			
			Ponta da Madeira	300	890	4 108	
	SAMITRI	Alegria	Tubarão	275	625	4 974	5 500
	FERTECO	Fabrica	Tubarão	275	716		7 082
					585	4 974	
	SAMARCO	Germano	Ponta do Ubu	150	396	4 995	8 238
					(pipeline)		
	MBR	Aguas Claras	Sepetiba Bay	275	640	5 289	16 451
	CMP	Algarrobo	Huasco	160	85	9 240 KH	6 397
		Romeral	Guoyacan	125	39	7 180 P	
	SNIM	Tazadit	Nouadhibou	150	650	2 262	10 004
	LAMCO JV	Nimba	Buchanan	90	265	3 316	6 516
	BONG	Bong	Monrovia	100	80	3 265	7 187
	ISCOR	Sishen	Saldanha Bay	250	861	6 150	9 630
	MMTC	Bailadila m fl	Vizagpatnas	120	300–500	7 575 S 11 243 G	14 708 (1986)
	Goa	14 exportörer	Marmagao	120	40–90 (pråmrpt)	6 350 S 10 635 G	14 347 (1986)
	KIOC	Kudremsukh	Mangalore	70	69 (pipeline)	6 450 S 10 535 G	4 610
	Hamersley	Tom Price	Dampier	210	288	11 339 G	41 187
	Paraburdoo				386		
	Mt Goldsworthy	Shay Gap m fl	Port Hedland	150	186	11 414 G	3 500
	Mt Newman	Mt Whaleback	Port Hedland	200	426	11 414 G	33 190
	Robe River	Deepdale m fl	Cape Lambert	220	168	11 345 G	19 311
	BHP	Yampi Sound m fl	Koolan Island	100	-	3 095	7 150
						(t Japan)	
	Savage River	Savage River	Port Latta	120	90	4 910	2 428
					(pipeline)	(t Japan)	
	LKAB	Kiruna	Narvik	350	167	1 128	19 200
		Malmberget	Luleå	75	213	1 500	
	Grängesbergs gruvor AB	Grängesberg	Oxelösund	75	255	1 045 B	2 210
	SSAB	Dannemora	Hargshamn	20	40	875 K	
	Sydvaranger	Björnavatn	Kirkenes	150	8	1 559	1 236

Källa: MIFO

km = kilometer
na = nautiska mil = 1 852 m
S = via Suezkanalen
G = via Godahoppssudden

P = via Panamakanalen
KH = via Kap Horn
K = via Kielkanalen
B = via Stora Balt

Transporter

En viktig konkurrensfaktor för en järnmalmsproducent är transportavståndet mellan gruva och användarverk i kedjan gruva-utskeppningshamn-lossningshamn-förbrukarverk.

Det enda större undantaget från ovanstående mönster gäller malm från Sovjetunionen till några av de östeuropeiska grannländerna och Finland, dit malmen går på järnväg (alt. skeppning över Svarta Havet).

För transportledet lossningshamn-förbrukarverk gäller generellt samma problem från vilken leverantör malmen än kommer. LKAB arbetade under början av 1980-talet med ett projekt att presentera köparna en komplett transportlösning från gruva till mottagarverk.

Den svenska malmen är både avseende järnvägssträcka och sjötransportavstånd till Europa-marknaden förhållandevis gynnad. Å andra sidan kan det också sägas att vi är missgynnade med vårt läge i ytterkanten på avsättningsområdet inom Atlant-zonen utan naturlig alternativmarknad.

Järnvägstransporter

Transporten gruva-hamn sker dominerande per järnväg. Undantag är s.k. slurrytransporter där malmen pumpas i rörledning till lastningshamnen.⁷

Vidare förekommer omlastning från mindre flodgående båtar till större oceangående.

Avståndet gruva-lastningshamn varierar från direkt närhet till inemot 900 km (se Liten gruvguide, figur 1:9).

Transportkostnaderna varierar med avståndet, terrängförhållanden, utnyttjande av banan för andra transporter, ägareförhållanden etc. I många fall äger gruvföretagen själva järnvägen.

Transportkapaciteten per tågsätt varierar. Mätt internationellt är den svenska kapaciteten låg.

Tabell 1:20 Transportkapacitet

Region	Sträcka	Ton/tåg
Sverige	Kiruna-Narvik	4 500
Västafrika	Guelb-Nouadhibou	15 000
Västafrika	Nimba-Buchanan	8 000
Canada	Carol Lake-Seven Islands	20 000
Brasilien	Itabira-Tubarão	11 000
Brasilien	Carajas-Ponta de Madeira	15 000
Australien	Mt Tom Price-Dampier	17 000
Sydafrika	Sishen-Saldanha Bay	17 500

⁷ Inom LKAB diskuterades slurrytransporter i samband med Kaunisvaara-projektet i början av 1970-talet.

Sjötransporter

Världens sjöburna handel med järnmalm har under 1980-talet varit tämligen konstant och i genomsnitt uppgått till ca 300 Mt per år, som mest 321 Mt 1985 nära 1974 års maximum på 330 Mt, som minst 257 Mt 1983, ett år med kraftig lageravveckling. Preliminär statistik visar att 1988 års sjöburna handel överstigit tidigare rekord från 1974 (1988: prel. 350 Mt).

Medan den skeppade kvantiteten förändrats obetydligt har det tonnage som transporterar malmen undergått stora förändringar. Främst gäller detta storleken på fartygen och, mindre, den tekniska delen med undantag för framdrivningsmaskineriet, som starkt effektiviserats.

År 1975 skeppades 63 % av malmen i fartyg understigande 100 000 dwt. 1988 svarade dessa fartygsstorlekar för endast 31 % av malmtransporterna.

Tabell 1:21 Skeppad kvantitet

		Storleksklasser kdwt			
		< 60	60–100	> 100	Summa
Relativ fördelning	1975	37	26	37	100 %
	1987	12	19	69	100 %
Skeppad kvantitet	1975	108	76	108	292 Mt
	1987	38	61	220	319 Mt

Källa: Fearnleys, World Bulk Trades, 1975 och 1989

Den förändrade tonnagesammansättningen har gått parallellt med den malmförande flottans utbyggnad (bulkcarriers och kombinationsfartyg) såväl volym- och storleksmässigt. Mellan 1975 och 1989 har flottan ökat från 138 till 229 Mdwt (+66 %).

Tabell 1:22 Järnmalmförande tonnage, 1975 och 1989 (1 januari)

		Storleksklasser kdwt			
		< 60	60–100	> 100	Summa
1975		77	22	39	138
1989		114	45	70	229
Förändring %		+ 48	+ 104	+ 79	+ 66

Källa: Fearnleys, World Bulk Fleet, jan. 1975 och jan. 1989

På trade Brasilien-Rotterdam utnyttjas numera nästan enbart fartyg över 200 000 dwt. I januari 1987 sattes världens största malmfartyg, 365 000 dwt, in på trade Ponta da Madeira-Rotterdam.

Narvik kan ta emot så gott som allt stortonnage med undantag för det fåtal extremtonnage som förekommer på långa trader. Luleå och Oxelösund kan anlöpas av det tonnage som passerar in i Östersjön.

Transportavståndet lastningshamn-lossningshamn varierar i betydelse allt efter fraktsituationen. Vid lågfraktlägen krymper Narviks närhetsfördel till Europamarknaden, medan fördelen att ligga nära marknaden ökar i lägen

när frakterna är stigande (exempel: skillnaden i kalkylfrakt Narvik-Rotterdam resp. Tubarão-Rotterdam i 1980 års högfraktläge = \$ 3.70, motsvarande skillnad i 1986 års lågfraktläge = \$ 1.80).

Sjötransportavståndet lastningshamn-Rotterdam som mottagarhamn framgår av uppställningen i Liten gruvguide, figur 1:9.

2.2.4 Prisutvecklingen på järnmalm fram till 1988

Efter en vågdal för järnmalmspriserna alltsedan slutet av 1950-talet bröts mönstret vid mitten av 1970-talet och 1973/1974 års stålboom gav utslag i prisstegringar.

Figur 1:10 Prisutveckling för sinterfines/koncentrat c&f Rotterdam



Källa: MIFO

Efter reaktionen på försvagningen av stålkonjunkturen åren 1976–1977 med efterföljande prisnedgång blev 1978 och 1979 nya goda stålår och 1980-talet kunde inledas med järnmalmspriser c&f Rotterdam som i nominella tal i US-dollar stod högre än någonsin både tidigare och senare. Många gruvföretag gick med full kostnadstäckning och flera visade acceptabla vinstresultat. Gruvor som gick med förlust hade i många fall en stor rationaliseringspotential.

Efter stålindustrins allvarliga bakslag 1982 kunde köparsidan med viss rätt hävda att medan gruvnäringen i stort stod på plus bokslutmässigt gick stålindustrin med kraftiga förluster.

Farhågorna från tidigt 1970-tal för en framtida järnmalmsbrist, om inte priserna stimulerade till ersättnings- eller nyinvesteringar, blev som bortblåsta under 1980-talskrisen. Någon långsiktig försörjningsplanering kunde inte stålindustrin ägna sig åt på grund av sin ekonomiska situation, inte heller tycktes en sådan planering vara nödvändig. Marknaden karaktäriserades alltjämt av ett överutbud.

Efterfrågan på järnmalm förbättrades 1984–1985. Många gruvor arbete-

de med leveransprogram som låg över deras momentant lätt tillgängliga kapacitet. Latent låg visserligen en kapacitetsreserv, som många gruvor dock tvekade att aktivera. Malmprishöjningar uteblev emellertid vilket sannolikt får tillskrivas att leveransstarten för Carajas-malmen i Brasilien låg inom räckhåll.

Det kan sägas vara signifikativt för perioden 1980–1986 att brasilianska CVRD som på grund av sin storlek borde ha varit den naturlige prisledaren, inte fungerade som först avslutande part. För fyraårsperioden 1983–1986 gjordes i stället de första avsluten upp av svaga säljare i kvantitetsnöd, som prioriterade en volymvinst före priset.

Med 1987 års prisuppgörelse kan en ny kutym ha knätsatts: det första mönsterbildande prisavslutet gjordes upp mellan den japanska stålindustrin och en australisk leverantör. Det samma upprepades, både när 1988 och 1989 års priser skulle läggas fast.

Den japanska stålindustrin är ojämförligt världens största järnmalmsimportör och täcker i det närmaste hälften av sitt malmbehov från Australien. Logiskt bör denna konstellation köpare/säljare ha ett betydande inflytande på malmprissättningen. Tidigare hade emellertid förskjutningen i löptiden för kontrakten/prisuppgörelserna med periodslut i Europa i allmänhet vid kalenderårets utgång och i Japan först den 31 mars (fiscal year) motiverat att de europeiska förhandlingarna legat före i tiden.

Vid 1987 års prisförhandlingar dokumenterades en vändning för pelletsmarknaden och pelletspriserna kunde höjas i en i övrigt fallande marknad.

Marknadsförutsättningen för pellets markerades ytterligare i såväl 1988 som 1989 års prisuppgörelser. På tre år hade prisskillnaden mellan fines och pellets (pelletspremien) kunnat höjas till 20–21 c/u fob för sura pellets från 9–10 c/u. För LKABs olivinpellets kunde prispåslaget över fines höjas till 23 c/u eller till i närheten av de prisskillnader som noterades under pellets-boomen vid mitten av 1970-talet.

Hela prisnivån c&f Rotterdam höjdes 1988, men prishöjningarna på annan malm än pellets åts mer än väl upp av höjda sjöfrakter och samtliga leverantörer av standardprodukter, med undantag för de svenska med sitt närläge, fick se sina fob-priser sjunka. Prissänkningen fob blev för många säljare så mycket mer kännbar som dollarn sjunkit i värde relativt andra valutor. Först med 1989 års prishöjningar kunde gruvindustrin generellt tillgodoräkna sig högre fob-priser.

I figur 1:10 illustreras prisnivån för fines c&f Rotterdam i löpande priser från 1970 och framåt. (se även figur 1:14)

2.3 Sverige

Sverige är i dag ett litet land som stålproducent och rollen som dominerande försörjare av importmalm till den västeuropeiska stålindustrin har upphört. Vår storhetstid som järnproducent inföll för ett par hundra år sedan. Vår roll som världsmarknadens stora malmleverantör ligger bara 40 år bakåt i

tiden. I slutet av 1940-talet svarade Sverige för mer än 40 % av den internationella handeln med järnmalm, räknat i Fe-innehåll,⁸ jämfört med 5 % i dag. Som stålproducent är betydelsen nere i 0,6 % av världsproduktionen.

Den svenska järngruvenäringen är historiskt knuten till järnbruken, men de genom åren stora gruvorna byggdes för ca 100 år sedan upp för export. Detta gäller såväl norrbottensgruvorna som Grängesbergs Exportfält. Av den totala järnmalsproduktionen i Sverige har därför endast en mindre del gått till hemmamarknaden (1960:ca 10 %, 1988: 18 %).

2.3.1 Stålförbrukningen

Konsumtionen av stål i Sverige visar på samma sätt som förbrukningen i övriga industriländer i världen ett trendbrott vid mitten av 1970-talet. Sverige tillhör gruppen tidigt avancerade ekonomier som redan har ett stort ackumulerat stålnehåll i samhället och där behovet av stora stålkrävande basinvesteringar är ett passerat stadium. Samhälls- och näringsliv är inne i ett skede som prioriterar högteknologi och service, där stålet spelar en mindre roll än tidigare eller där förfinade kvaliteter och tekniska landvinningar ger materialsparande effekter.

Per capita-konsumtionen av stål i Sverige ligger numera något över 420 kg, genomsnitt 1981–1986: 415 kg (motsvarande genomsnitt 1973–1976 750 kg). I prognoser från början av 1970-talet väntade man sig att konsumtionen skulle stiga till 1 125–1 325 kg per invånare fram mot sekelskiftet.⁹ Sverige har alltså även det gemensamt med andra tidigt industrialiserade länder att prognoser från tidigt 1970-tal föga överensstämmer med den verkliga utvecklingen.

2.3.2 Stål- och råjärnsproduktionen

Med en lägre konsumtion än väntat har tidigare målsättningar och planer för stålproduktionen legat på helt andra nivåer än dagens verkliga produktion. Redan före idéerna runt ett "Stålverk 80", vars tänkta produktion till stor del var avsedd för export, ansågs en produktion på 11–13 Mt räknat i råstålvikt som nödvändig för att möta behovet i slutet av seklet.

Aktuell produktion ligger mellan 4 och 5 Mt (1988: 4,8 Mt råstål). Som mest har Sverige producerat 6 Mt (1974). Stålkapaciteten byggdes mellan 1970 och 1975 ut med i runda tal drygt 1 Mt. Som mest hade den svenska stålindustrin att hantera en överkapacitet teoretiskt på inemot 3 Mt råstål, praktiskt ungefär 2,5 Mt. Planerna på "Stålverk 80" avskrevs genom beslut i riksdagen 1976. 1977 tillsattes en handelsstålutredning som vid denna tidpunkt dock inte kunde förutse vidden av förändringen i stålanvändningen framöver men som insåg vilken riktning utvecklingen höll på att ta.

Efter en omfattande *produktanering* i samverkan verken emellan under

⁸ ECE: The World Market for Iron Ore, 1968

⁹ Jernkontorets Forskning: Svensk stålindustri 1970–2000, 1970

slutet av 1960-talet och början av 1970-talet kom under 1970-talets andra hälft och under 1980-talet raden av *fusioner*. För järngruveindustrin var sammanslagningen av landets tre stora malmbaserade handelsstålverk till ett företag, det 1978 bildade SSAB, av största betydelse.

Nuläget för svensk stålindustri är att malmbaserad ståltillverkning endast förekommer hos SSABs verk i Oxelösund och Luleå. För tio år sedan tillverkades råjärn för specialstålframställning i Fagersta, SKF, Surahammar och Uddeholm. Längst pågick produktion i Spännarhyttan där sista råjärnet slogs ut 1981.

I Sverige har under senare år 2,3 à 2,5 M årston råjärn tillverkats (som mest 3,3 Mt 1975) främst för framställning av stål i syrgasblåsta processer. Fördelningen mellan syrgasstålet och elektrostålet är i Sverige nära 50/50 med en liten övervikt för den förstnämnda processen (1988:2,48 syrgasblåst, 2,30 Mt elektrostål).

Beträffande framtiden för svenskt stål har från Industriförbundet¹⁰ framförts bedömningar som här nedan sammanfattas:

Energiprisutvecklingen är av väsentlig betydelse för de svenska stålverkens konkurrenssituation både gentemot verken på kontinenten och gentemot övriga verk i Norden. För specialstålet kommer en höjning av energipriserna med 30–50 % att göra situationen mycket allvarlig. På handelsstålsidan drabbas i synnerhet den skrotbaserade tillverkningen medan den malm-stål-integrerade delen är mindre känslig för en energiprisstegring. De skrotbaserade stålverken svarar sammanlagt för drygt 80 % av den totala elförbrukningen inom stålindustrin.

Jernkontoret¹¹ anger att 1987 betalade stålindustrin totalt ca MSEK 920 för sin elkonsument. Om elpriserna blir 4 öre/kWh högre 1989–1996 och 15 öre/kWh högre 1997–2009 kommer merkostnaden för stålindustrin att öka successivt fram till 1996 med ca SEK 170 M/år och fram till 2009 med ca SEK 900 M/år.

Vid Jernkontorets diskussionsmöte i september 1989 sammanfattades i inledningsanförandet (Lennart Grånäs, Fundia AB) att om diskuterade höjningar av elpriserna och föreslagna miljöavgifter på tillsammans 3,3 GSEK per år ställs i relation till den vinst stålföretagen gjort under 1980-talet, "räcker vinsterna inte för att täcka kostnadshöjningarna. Även högkonjunkturår som 1988 och 1989 skulle större delen av vinsten försvinna."

Lönekostnadsutvecklingen och inflationstakten är med dagens aktuella utveckling relativt omvärlden ogynnsam.

Malmråvaran och försörjningen därmed kommer som framtidsbilden i dag ter sig att långsiktigt hämtas från norrbottensgruvorna. Sett ur nationell synpunkt har svensk ståltillverkning fördelen av ett närläge till malmråvaran med ingen eller kort sjötransport. Härtill kan kommenteras att stålindustrins verkliga kostnad kommer att bli beroende av den prispolicy som utformas mellan LKAB och SSAB, med den prisidé LKAB 1988 presenterade

¹⁰ "Nordic Steel System – utopier eller verklighet", Lars Nabseth januari 1988

¹¹ "Stålindustrin och elkraften", Jernkontoret, våren 1988

om differentierade högre fob-priser på Östersjö-marknaden relativt övriga marknader.

Volymmässigt förutses inte någon ökning av den malmbaserade stålproduktionen i Sverige.

2.3.3 Skrot- och järnmalmskonsumtionen

Med den stora andelen elektrostål förbrukar den svenska stålindustrin mer skrot än den egna marknaden genererar. I Sverige råder sedan 1927 exportförbud för skrot, medan importen av skrot under senare år legat mellan 700 000 och 800 000 ton (1985 t.o.m. 885 000) av en total konsumtion på 1,4–1,5 Mt köpskrot.

Försörjningen av *järnmalm* sker från norrbottensgruvorna i Kiruna och Malmberget samt gruvorna i Grängesberg och Dannemora, så länge de sistnämnda två är i drift.

Den sammanlagda malmkonsumtionen hos SSAB uppgick 1988 till 3,7 M malmt. I Luleå förbrukas pellets från LKABs gruvor. Pannsinterverket i Luleå används endast kampanjvis för att nyttiggöra Fe-bärande avfall. I Oxelösund finns sinterverk som behandlar fines från Dannemora och s.k. granuler från Grängesberg. Oxelösund köper också pellets från LKAB.

Tabell 1:23 Leveranser av malm för hemmakonsumtion i magsugn 1988, 1000 ton

	Fines	Styck	Pellets	Totalt
Från LKAB				
till Luleå	–	–	2 170	} 2 500
till Oxelösund	–	–	330	
Från Grängesberg				
till Oxelösund	790	–	–	790
Från Dannemora				
till Oxelösund	320	140	–	460
Totalt	1 110	140	2 500	3 750

Källor: LKAB och Grängesbergs Gruvor AB

I Höganäs förbrukas höganrikad magnetitlig för pulvertillverkning. Årskvantiteten rör sig om 150 000 ton från LKAB och Rana Gruber, Norge.

Med nedläggningen av en stor del av råjärnsproduktionen i Mellansveriges bergslag upphörde förutsättningarna för en rad efter dagens mått små järnmalmgruvor att nå lönsamhet. Den månghundraåriga järngruvenäringen omfattades av vad som rubricerats som gruvdöden.

2.3.4 Den mellansvenska gruvdöden efter 1965

1964 producerades för första gången mer än 6 Mt leveransklar malm i Mellansverige. I slutet av 1960-talet var 26 gruvor i produktion (1969-01-01). Man talade om exportgruvor och bruksgruvor. 1969 gick 3,5 Mt på export och resten, 3 Mt, levererades till tio förbrukarställen i Mellansverige. Samarbetet mellan gruva-masugn/järnsvampverk var ömsesidigt en förutsättning för en malm- resp. järnhantering. Av 13 masugnar i drift 1975 återstår i dag två, båda i Oxelösund. Av 18 gruvor i drift 1975 återstår i början av 1989 två, Grängesberg och Dannemora.

Under de senare åren av 1960-talet hade verksamheten upphört i ett 10-tal järnmalmsgruvor. Huvudorsaken var bristande kostnadstäckning till följd av låga malmpriser. Vid ingången till 1970-talet konstaterade industridepartementet:¹² "För de järnmalmsgruvor som kan komma att nedläggas under 1970-talet blir i flertalet fall sinande malmtillgångar nedläggningarnas orsak." Man trodde också att driften i tidigare nedlagda gruvor skulle komma att återupptas.

Redan i en utredning 1963/64¹³ hade konstaterats att endast tre gruvor skulle kunna upprätthålla en lönsam *export*, sett på sikt, förutom Grängesberg och Dannemora också Idkerberget (apatitmalm, produktionen nedlagd 1977). När signalerna kom i mitten av 1970-talet att den malmbaserade råjärnstillverkningen kunde komma att upphöra i Fagersta, Hofors och Domnarvet blev läget ohållbart även för merparten av *bruksgruvorna*.

I handelsstålsutredningen¹⁴ 1976-1977 räknades med olika alternativa malmförsörjningsmönster för framtiden och i ett lägre alternativ kom man fram till att en kapacitet på 3,5 Mt vid gruvorna skulle klara det framtida malmbehovet i Mellansverige och ge utrymme för en export i storleken 0,7 Mt. Kapaciteten i de mellansvenska järnmalmsgruvorna låg när bedömningen gjordes vid ungefär 5 Mt.

Ur en rapport från Ingenjörsvetenskapsakademien 1987¹⁵ kan citeras: "Utvecklingen för gruvorna blev dock än dystrare än vad Handelsstålsutredningen befarade. 70-talets inflation kunde inte som under de två föregående decennierna kompenseras av en stark stegring av produktiviteten. Detta gällde såväl gruvorna som bruken. För gruvornas del steg kostnaderna för malmproduktionen till en nivå som av kunderna betraktades som oacceptabel. Tillgången på billigt skrot (inhemskt och importerat) medförde att alternativet elektroslåugnar chargerade med skrot blev gynnsammare än de traditionella masugnarna".

¹² SOU 1970:51

¹³ Boris Serning, dåvarande direktör för Gränges Gruvor

¹⁴ SOU 1977:16

¹⁵ IVA: De mellansvenska järnmalmsgruvorna 1930-1980, en teknikhistorisk studie" (Serning, Björkstedt, Westlund)

Under 1970-talet tvingades sålunda ytterligare ett 20-tal gruvor att upphöra med driften. Under de första åren på 1980-talet togs fyra av de kvarvarande gruvorna ur produktion och våren 1989 produceras järnmalm endast i två gruvor i Mellansverige.

Tabell 1:24 Nedläggningsförlopp

År Gruva	Storleksordning färdiga malm- produkter, kton	Ägare
1971 Forsbogravan	50–100	Stållbergsbolaget
1972 Skött-Mossgruvefältet	25– 50	SKF
1973 Finnmossgruvan	25– 50	Uddeholm
Bodåsgruvan	25– 50	Sandviken
Storbergsfältet	25– 50	SKF
1974	Ingen nedläggning	
1975 Ramhällsfältet	50–100	STORA
1976 Kallmorafältet	25– 50	Surahammar
1977 Persberg	50–100	Uddeholm
Stållberg-Hagggruvan	100–150	Stållbergsbolaget
Stripa	200–250	Stållbergsbolaget
Idkerberget	100–150	Stållbergsbolaget
1978 Bastkärn	50–100	Fagersta m.fl.
Mimer (Norberg)	25– 50	Surahammar
Vintjärn	100–150	STORA
1979 Riddarhyttan	150–200	Fagersta m.fl.
Smältarmossen	50–100	Fagersta m.fl.
Blötberget	150–200	SSAB
Håksberg	250–300	SSAB
1980 Värmlandsberg	50–100	Stållbergsbolaget
Bondgruvan	25– 50	Surahammar
Vingesbacke	50–100	SKF
1981 Stråssa	ca 500	SSAB

Källa: IVA – "De mellansvenska järnmalmgruvorna 1930–1980, en teknikhistorisk studie", 1987

I slutet av 1960-talet sysselsatte de mellansvenska gruvorna drygt 3 000 anställda (arbetare och tjänstemän). Vid månadsskiftet i juli/augusti 1988 var antalet sysselsatta nere i 670 fördelat med 515 på Grängesberg och 155 på Dannemora.

I en redogörelse av gruvdöden kan också erinras om att även gruvdriften i Norrbotten fått vidkännas nedläggningar. 1981 upphörde driften i Tuolluvaara, där produktionen som mest uppgått till drygt 1 Mt leveransklar malm. Malmbrytningen i Svappavaara, som togs upp så sent som 1964, lades ned 1981. I Svappavaara var produktionen som mest uppe i över 4 Mt.

Även brytningen i Luossavaara-gruvan har upphört. Gruvan användes under sina sista år som försöksgruva för bl.a. nya produktionsmetoder i storskalighet. Malm har inte brutits i Haukivaara och Nukutusvaara sedan 1972 resp. 1975.

Samtliga dessa gruvor ligger inom Kiruna-området och administrerades vid tiden för nedläggningen av LKAB.

2.3.5 Järnmalmsexporten

Sveriges dominerande ställning som järnmalmsexportör under de närmaste årtiondena efter kriget baserade sig inte minst på den fosforrika järnmalmen i norrbottensgruvorna och i Grängesberg.

Nya stålprocesser som både tillgodoser marknadens krav på stål av hög och jämn kvalitet och som bättre anpassar sig till samhällets miljökrav har lett till att avsättningsmöjligheterna för fosforrika järnmalmer successivt beskrivits.

Utvecklingen påskyndades eller i vissa fall initierades av att den egna produktionen av fosforrika malmer på den europeiska kontinenten (Frankrike/Luxemburg, Västtyskland och även England) kom att bli olönsam.

I dag framställs fosforråjärn endast i några få verk inom EG, delvis eller helt baserat på svensk malm. Fosforrik malm används i viss omfattning också för framställning av gjuteritackjärn.

Tabell 1:25 Sammansättningen av svensk järnmalmsexport till EG-9, Mt

	1960	1974	1980	1987
Pellets	0,1	4,9	1,7	4,0
Fosforlåg malm	6,4	6,9	4,6	3,5
Fosforhög malm	11,8	16,0	10,5	3,3

Källa: LKAB och Grängesbergs Gruvor AB

Den starka minskningen av främst den *fosforrika* malmen har inneburit att svenskmalmsens ledarställning inom EGs totalimport av järnmalm gått förlorad. Denna förändring har medfört att Sverige sedan mitten av 1970-talet inte längre är prisledande på marknaden.

Med sitt *fosforlåga* sortiment har de svenska malmexportörerna att möta hela världsmarknadens stora utbud av malm, övervägande av hög kvalitet.

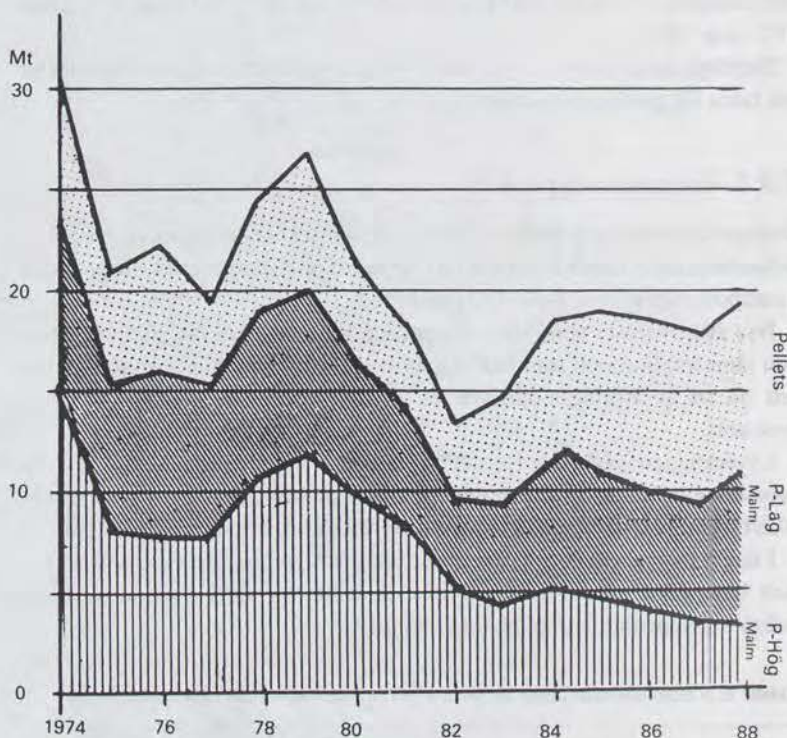
Sverige blev på 1950-talet den första producenten av *pellets* för export. Sverige har varit bland de ledande inom utvecklingsarbetet när det gäller att höja kvaliteten och bredda användningen för pellets.

Pelletsverk finns i dag i Malmberget, Kiruna och Svappavaara, med en

gemensam kapacitet i nuläget på knappt 10 Mt.

Kallbundna kulor (cement som bindemedel) tillverkades under åren 1969–1976 i Grängesberg både för hemmamarknaden och för export. I dag används anläggningen för framställning av s.k. granuler som går till sinterverket i Oxelösund. Granultillverkningen upphör under 1989.

Figur 1:11 LKABs järnmalsleveranser fördelade på produktslag



Exporten av järnmalm från Sverige nådde sitt kvantitetsmaximum under stålboomen 1974 (drygt 33 Mt) och var då dubbelt så stor som 1987. De stora kvantitetsbortfallen har skett i handeln med EG och Östeuropa.

Några år på 1950-talet var USA en betydelsefull marknad för svensk järnmalm, men under 1960- och 1970-talen gick så gott som all malm till Väst- och Östeuropa. EG-länderna var de dominerande köparna och är så än i dag men väsentligt mindre accentuerat. Östeuropa hade förutsättningar att bli en betydande marknad men trots omfattande flerårskontrakt under 1970-talet kunde kunderna aldrig uppfylla sina köpåtaganden fullt. I dag är Östeuropa-marknaden blygsam för svenskt vidkommande.

Svenska direktreduktionspellets är sedan länge etablerade i Mellanöstern och numera också i Sydostasien. Under andra hälften av 1980-talet har sinterfines levererats till Japan mot ett flerårskontrakt. Sinterfines har på grund av sitt lägre förädlingsvärde svårare än pellets att bära långa frakter.

Tabell 1:26 Sveriges järnmalmsexport länderfördelad, Mt

Region	1960	1974	1988
Västtyskland	8,3	10,0	6,3
Belgien/Luxemburg	3,7	9,1	3,0
Storbritannien	4,9	4,2	0,2
Övriga EG-10	1,4	4,5	2,2
EG-10 totalt	18,3 (93) %	27,8 (84) %	11,7 (66) %
Finland	0,1	0,8	1,5
Österrike	0,2	0	0,9
Övriga Västeuropa	0	1,0	0,2
Västeuropa totalt	18,3 94 %	29,6 89 %	14,3 80 %
Tjeckoslovakien	0,2	0,5	0,2
Polen	0,7	2,5	0
Övriga Östeuropa	0,1	0,2	0,5
Östeuropa totalt	1,0 5 %	3,2 10 %	0,7 4 %
Mellanöstern	–	0	0,8
Fjärran Östern	–	0	1,7 15 %
Nordamerika	0,1	0,3	0,1
Total järnmalmsexport	19,7	33,1	17,6

Källa: SCB

3 Prognoser för järnmalmens behovet år 2000

Svårigheterna att göra förutsägelser om ett utvecklingsförlopp över en längre tid kommer klart till uttryck med de prognoser som presenterats under senare tid. Skillnaden mellan fristående bedömares syn på stålets och därmed järnmalmshandelns framtida expansionsmöjligheter och de direkt branschanknutna prognosernas långt försiktigare syn på utvecklingen är markant. En liknande skiljelinje går också mellan de två kategoriernas prognoser när det gäller benägenheten, villigheten att mer radikalt ändra uppfattning från tidigare prognostillfällen. Det är aldrig lätt att avgöra om inträffade förändringar är av kortsiktig natur eller innebär en mer bestående marknadsförändring. Institutioner, som inte har en direkt marknadsansvarig position, är mer benägna att pröva nya strömningar, vars bärkraft ännu är oviss.

Även om spännvidden mellan optimistiska resp. mer återhållsamma prognoser är stor, har de dock det gemensamt att de finner att stålindustrin även under det kommande decenniet kommer att vara väl försörjd med järnmalm. Någon malmknapphet, annat än tillfällig, kommer inte att uppstå. "Ny kapacitet kommer att tas i produktion när gapet mellan utbud och efterfrågan tenderar att minska", konstateras i en australisk studie.

Att göra en kapacitetsbestämning för gruvindustrin är förenat med stora svårigheter med den elasticitet som produktionen kan uppvisa med viss tids varsel. I dag aktiv kapacitet är dock inte tillräcklig för behovet vid sekelskiftet. En aktivering av vilande kapacitet eller en kapacitetsutbyggnad blir därför nödvändig under 1990-talet. Med dagens förbättrade priser på järnmalm är sannolikheten stor för att något eller några av de gruvprojekt, som diskuterats och förberetts under många år, kommer att realiseras. Världsbanken summerade senhösten 1986 kapaciteten i sådana vilande projekt till mer än 200 Mt i olika långt drivna planeringsstadier. En utbyggnad av kapaciteten i en redan aktiv gruva kan ske på en jämförelsevis kort tid.

Tillräckligt med malm på marknaden även i högefterfrågelägen innebär att en överutbudssituation kommer att råda under större delen av en konjunkturcykel. Därmed kommer det att bli svårt att uppnå en jämn och tillfredsställande stor prishöjning att balansera kostnadsstegringarna. Under senare decennier har köparsidan kunnat dra fördel av att stå mer enad vid malmpriserhandlingarna än säljarsidan.

3.1 Stål

Till grund för alla behovsbedömningar för järnmalm ligger prognoser över stålproduktionen.

De senast tillgängliga prognoserna, daterade senhösten 1988 och våren 1989, ger ingen entydig bild av utvecklingen av världens stålproduktion fram till sekelskiftet. Därtill är spännvidden alltför stor mellan angivna produktionstal. Så t.ex. räknar Världsbanken i sin prognos från november 1988 (*Price Prospects for Major Primary Commodities*) med att världsproduktionen av råstål skall ha nått upp till 908 Mt år 2000, medan en av världens största malmexportörer, brasilianska CVRD (J.C.Ditzel: *Iron Ore Pricing*, april 1989) stannar i en senare daterad prognos vid 810 Mt, sålunda 100 Mt lägre. Denna divergens betyder omräknat i behov av järnmalm minst 100 Mt eller inte mycket mindre än Australiens hela nuvarande järnmalmsproduktion.

Världsbanken ser ingen bestående ökning av stålkonsumtionen i industriländerna under 1990-talet, inte heller i Östeuropa exkl. Sovjetunionen. Ökningen ligger helt på övriga länder med planekonomi och utvecklingsländer med marknadsekonomi. Grovt räknat fördelar sig den förväntade konsumtionsökningen med 30 Mt på Sovjetunionen, 70 Mt på Kina (ungefär en fördubbling) och 35 Mt på utvecklingsländerna i Fjärran Östern och Latinamerika.

Världsbankens filosofi är att varken utvecklingsländerna eller Kina kan öka sin stålproduktion i takt med behovsökningen och att det måste bli industriländerna och främst USA som kommer att täcka det ökade importberoendet. USA kommer att bli en av de ledande nettoexportörerna av stål år 2000, menar Världsbanken. Den amerikanska stålindustrins stora problem under de senaste 15 åren har annars varit den omfattande nettoimporten, som regeringen med olika importreglerande åtgärder sökt komma till rätta med. USA har inte i dag kapacitet för en produktion i den storlek som Världsbanken förväntar sig i framtiden.

Världsbanken har radikalt ändrat sin syn på stålets marknadsförutsättningar sedan presentationen av en motsvarande studie 1986/87, när man kalkylerade med en världsproduktion på 810 Mt år 2000 (samma kvantitet som CVRD nu räknar med). Enbart omvärderingen av den japanska och amerikanska stålproduktionen innebär en ökning på 65 Mt från nämnda tidigare prognostillfälle.

Övriga tillgängliga prognoser av sent datum avseende tiden fram till år 2000 är väsentligt försiktigare. I synnerhet gäller detta bedömningen av stålproduktionsutvecklingen inom OECD-området. Den genomgående uppfattningen är att industriländerna alltjämt riskerar en stagnerande konsumtionsutveckling (1988: 370 Mt, 1995: trend 344 Mt, peak 370 Mt enligt IISIs bedömning oktober 1989) och att de därtill kan komma att förlora delar av sin exportmarknad på grund av att många utvecklingsländer bygger upp en egen stålindustri och ökar sin egen självförsörjningsgrad. Det kan t.o.m. bli fråga om en ökad stålexport från vissa länder, t.ex. Brasilien.

Sammanfattat kan sägas att den stora skillnaden i synen på stålets framtid mellan Världsbankens prognos och övriga tillgängliga prognoser ligger i förväntningarna beträffande den internationella handeln med stål, som i sin tur fotas på olika uppfattningar om konsumtionstillväxten i utvecklingsländerna och dessas egen försörjningsförmåga. Härvid intar Kina och tillväxttakten för stålkonsumtionen där något av en nyckelställning.

Världsbanken för däremot samma resonemang som är gängse inom branschen rörande de materialsparande faktorer, som så starkt bidragit till de senaste 10–15 årens stagnation av stålproduktionen. Inte heller övriga aktuella prognoser antyder att marknaden skulle närma sig en punkt, när ytterligare materialbesparingar blir svåra att uppnå. Tankegångar i den riktningen har däremot framförts i den svenska diskussionen om stålets framtid.

Viktigt är också att notera att stålindustrin i de traditionella stålländerna undergått och fortfarande undergår en hårdhänt strukturrationalisering, som lett fram till ett bättre konkurrensläge för stålet gentemot andra material. Industrin kan i dag framställa bättre stål till lägre relativkostnader än tidigare.

3.2 Malmbehovet och den internationella handeln med järnmalm

Någon större teknisk processförändring vid framställningen av stål under tiden fram till sekelskiftet har inte signalerats. Möjligen vinner direktreduktionsprocesserna terräng, vilket skulle innebära att efterfrågan på pellets och goda styckemalmer ökar. En skärpning av miljökraven i de hårdetablerade industriområdena och strukturuomvandlingen inom den europeiska stålindustrin talar likaså för en ökad användning av pellets. Däremot är ett stagnerande eller avtagande intresse för pellets i Japan möjligt, eftersom man där har en väl utbyggd sintringskapacitet i förhållande till aktuell stålproduktion. Japanerna har aldrig varit entusiastiska pelletsanvändare.

Pelletskapaciteten bedöms visserligen vara tillräcklig, men i högkonjunkturlägen krävs att driften vid vilande verk aktiveras, alternativt ersätts av ny, modern kapacitet.

En fortsatt minskning av stålframställningen baserad på fosforråjärn är sannolik fram till sekelskiftet, men torde inte helt komma att upphöra. Utvecklingen bestämmer avsättningsmöjligheterna för fosforrika malmer, på exportmarknaden så gott som uteslutande svenska malmer.

Fines kommer även i fortsättningen att svara för minst två tredjedelar av malmbehovet. Tillgången på fines överstiger och kommer även fortsättningsvis att överstiga marknadens behov.

Förhållandet malm relativt skrot som råvara vid stålframställningen kommer inte heller att globalt förändras i någon mer påtaglig omfattning under den närmaste tiden. Tendenser till ökad elektroståltillverkning talar för en ökad skrotomsmältning samtidigt som kravet på renhet i råvaran motverkar

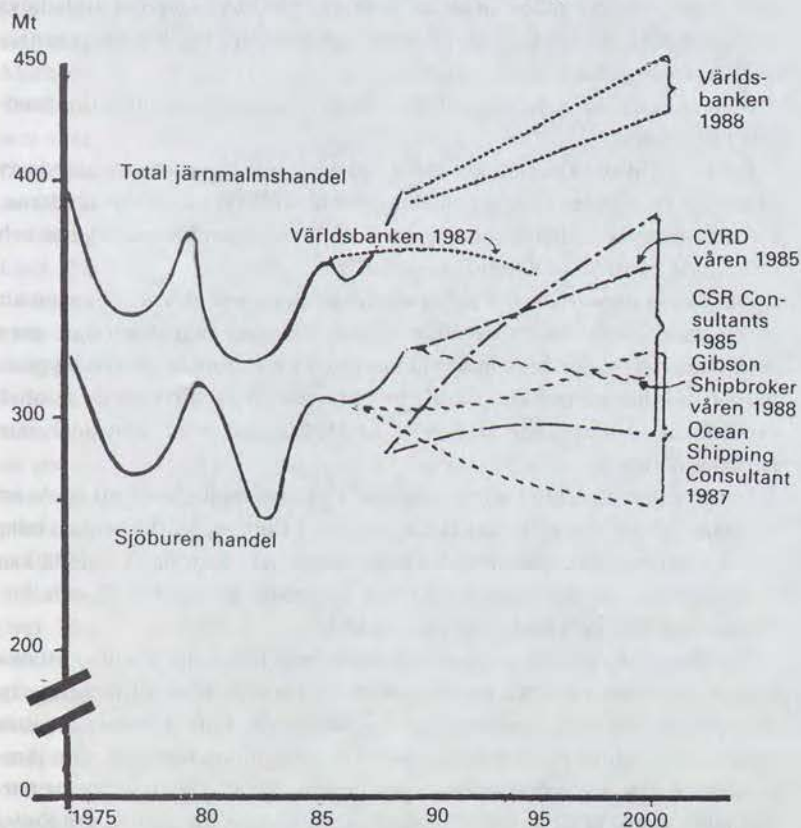
ökad användning av insamlingsskrot på bekostnad av jungfruligt råmaterial.

Ingen tillgänglig prognos räknar med någon utslagsgivande förändring i relationen skrot/råjärn globalt sett.

Ökningen av stålproduktionen i världen bör därför ge en motsvarande ökning av järnmalmens behovet. Den ökning av stålproduktionen som förutses är till betydande del lokaliserad till länder med egen malmråvara som t.ex. Brasilien och andra länder i Latinamerika, Indien, Sydafrika m.fl., men en ökning kommer också att ske i områden som är beroende av importerad malm, främst i Fjärran Östern. I aktuell prognosflora råder delade meningar om hur malmbehovet kommer att utvecklas i industriländerna.

Den risk för fortsatt minskning av malmbehovet i de stora traditionella importområdena, som några prognoser räknar med, skulle kunna innebära en stagnation av den internationella handeln med järnmalm. Andra scenarier räknar emellertid med en ökad handel jämfört med dagens under förutsättning att observerade utvecklingstrender i framför allt utvecklingsländerna visar sig motsvara förväntningarna.

Figur 1:12 Internationell handel med järnmalm – några prognoser



Källa: Egen sammanställning

Här nedan relateras slutsatser i fyra prognoser som offentliggjorts under senhösten 1988/våren 1989, alla avseende tiden fram till år 2000. De representerar var och en olika typer av upphovsmän: Världsbanken med ställning som överstatlig institution, Roskill Information Service som fristående marknadsinstitut, CVRD som en av de ledande järnmalmsexportörerna i världen och E.A.Gibson Shipbrokers Ltd som representant för sjötransportsidan (figur 1:12).

Världsbankens prognos över det framtida järnmalmsbehovet baserar sig på en optimistisk utveckling för världens stålproduktion. År 2000 förväntas det totala järnmalmsbehovet ha ökat med 25 % jämfört med 1986/87. 40 % av malmbehovet vid sekelskiftet måste täckas med importmalm.

Överraskande med denna prognos är bl.a. förväntningarna på en nytändning inom USAs stålindustri, som år 2000 anses behöva importera mer än dubbelt så mycket järnmalm som 1986/87 (en ökning med 130 %) trots bibehållen egen malmproduktion på nuvarande nivå. Så gott som en i övrigt tämligen enig kår av marknadsbedömare ser med stor tvekan på möjligheten till en mer omfattande expansion i USA.

EG-marknaden förväntas inte i nämnvärd grad ändra sin nuvarande importnivå. Världsbanken anser att den tyska industrin kommer att behöva öka sin import, medan man däremot har mindre tilltro till den under senare år så framgångsrika brittiska stålindustrin.

Banken ser positivt på utvecklingen av den japanska stålindustrins framtida malmbehov.

Sedan Världsbanken sålunda något överraskande lagt närmare hälften av ökningen av behovet av importmalm fram till år 2000 på industriländerna, fördelar man övrig behovsökning med 40 % på utvecklingsländerna och resterande ca 10 % på Östeuropa och Kina.

Det ökade importbehovet av järnmalm kommer enligt Världsbanken att täckas med ökade leveranser från främst Brasilien och Australien men också från Asien, där dock Indien skulle svara för en förhållandevis blygsam del av kvantitetsökningen. Världsbanken syns räkna med en ny asiatisk exportkälla av betydande storlek (i 10 Mt-klassen), som man dock inte närmare definierar.

Inom pelletssegmentet nämns särskilt Canadas möjligheter att spela en växande roll när det gäller att täcka behovet i Europa. Världsbanken talar här om behovet att ersätta obsolet pelletskapacitet i Europa. Till detta kan kommenteras att pelletsproducenterna i Europa är mycket få och förhållandevis små med undantag för LKAB.

CVRD bedömer att den sjöburna handeln med järnmalm kommer att öka med 9 % mellan 1988 och seklets slut. CVRDs filosofi är att järngruveindustrin i samråd och samarbete med stålindustrin alltid kommer att vara rustat för att täcka malmbehovet även vid högkonjunkturlägen. Om järngruveindustrins kapacitet skulle vara anpassad för att endast möta ett normalbehov skulle stålindustrin på grund av råvarubrist inte kunna dra fördel av en högkonjunktur, vilket skulle kunna få omfattande sekundäreffekter för stålförbrukande industrier. En ofrånkomlig följd skulle bli att priserna

på järnmalm tillfälligt skulle pressas upp och ge incitament till mer eller mindre hasarbetonade utbyggnader inom gruvsidan.

Detta samspel mellan utbud och toppefterfrågan leder till ett nära nog konstant överutbud på marknaden med undantag för de få åren av extrem högkonjunktur. Detta skulle industrin kunna leva med, menar CVRD, om inte malmproducenterna under lågperioderna bygger upp sina lager i sådan omfattning att de i högkonjunkturtillfällena förtar högefterfrågeeffekten.

Även om CVRD syns vara övertygad om att järngruveindustrin kommer att ha tillräcklig exportkapacitet för att möta behovet även under kommande decennium reserverar CVRD sig för slutsatsen att detta också skulle innebära att tillgången på olika malmkvaliteter skulle vara tillräcklig. Man ser knapphetstendenser för vissa produktkategorier, främst pellets.

För de första åren på 1990-talet befarar CVRD att överutbudet på malmmarknaden åter blir tryckande i samband med en försvagad stålkonjunktur. Samma tankegång ligger sannolikt bakom Världsbankens indikationer om en prisförsvagning. En australisk studie för tiden in på 1990-talet ser samma risk.

Medan CVRD räknar med en ökning av den sjöburna handeln med järnmalm med 9 % fram till år 2000 jämfört med nuläget, befarar **E.A. Gibson Shipbrokers Ltd** (John M. Vening: *Developing in Iron Ore Freight Markets*, april 1989) en lika stor nedgång, alltså en minskning med 9 %. Orsaken till denna negativa utveckling skulle enligt Gibson vara stagnationen eller tillbakagången av stålbehovet inom OECD-länderna. Utvecklingsländerna kommer i ökad omfattning att själva producera sitt stål och många av dessa länder baserar sin produktion på egna malmer.

1987 presenterade **Ocean Shipping Consultants** (*Iron Ore and Coking Coal Market to 2000*), också i syfte att bedöma transportbehovet, en mycket detaljerad studie, där man i ett högalternativ låg mycket nära Gibsons aktuella bedömning. OSC såg svagheter främst i handeln på de traditionella stålproduktionsländerna inom OECD. Importen till USA skulle sålunda komma att bli endast några få miljoner ton (se ovan Världsbankens motsatta uppfattning) och även EGs och Japans import skulle gå tillbaka. Till en viss del skulle dessa minusposter uppvägas av det ökade importbehovet hos stålindustrin i Fjärran Östern, där några av de mer expanderande producenterna har otillräcklig eller helt saknar egen malmbas.

OSC såg i sin studie knappast någon vinnare på exportsidan. Endast Latinamerika skulle kunna bibehålla och marginellt öka sina leveranser över 1985 års nivå i OSCs mediumalternativ. Enligt OSC är det producenterna i högkostnadsländerna med alternativt näringsliv parat med malmtillgångar som kräver en förhållandevis komplex malmbehandling för att produkterna skall accepteras på marknaden, som kommer att förlora marknadsandelar: Canada, Skandinavien och Sydafrika.

För att de skandinaviska gruvorna inte skall drabbas av en nedskärning på upp till en tredjedel av nuvarande export, OSCs mediumalternativ, krävs enligt studien att stålproduktionsutvecklingen blir gynnsam inom närmarknaden EG.

Roskill Information Service Ltd (Peter Farr: Iron Ore, 1973 to 2000: stagnation or growth? Våren 1989) ser risker för en stagnation av den internationella handeln med järnmalm. Hopp om en ökning av handeln kan knytas enbart till ökat behov hos låg- och medelekonomierna i världen, däremot knappast till dagens högindustrialiserade ekonomier. Förväntningar kan ställas på utvecklingen i Kina och möjligen till en öppnare handel om relationerna mellan Öst och Väst fortsätter att mjukas upp. När det gäller exportsidan menar Roskill att expansionskraften hos gruvindustrin i såväl Brasilien som Australien kan komma att mattas. Detta skulle eventuellt kunna skapa bättre exportförutsättningar för övriga malmsäljare.

Ovan relaterade prognoser ger sammanfattat en splittrad bild av förväntningarna beträffande järnmalmshandelns utveckling fram till sekelskiftet. Hela skalan från en betydande tillväxt, över ett status quo till en nedgång finns representerad. Den mest optimistiska prognosen, Världsbankens, är ensam om att knyta stora förhoppningar till en mer markerad återhämtning av järnmalmsbehovet hos de avancerade ekonomierna, enkanerligen USA, medan andra befarar att kräftgången i de traditionella ställänderna ännu inte avslutats. Övriga prognoser sätter sin tillit främst till de nyindustrialiserade länderna, inte minst Kina och ytterligare två-tre länder i Östasien. Tidigare förväntningar på den östeuropeiska marknaden tycks ha dämpats i den senaste generationen prognoser. Endast i en av ovan relaterade studier sägs klart att här finns en potentiell marknad, vars tillgänglighet dock ännu är oklar.

Gemensamt för alla prognoser är att ingen tycks tveka om möjligheten att täcka det behov av exportmalm, som respektive prognos förutser. Det är främst Latinamerika, och då Brasilien, som anses ha möjligheter att öka sin malmproduktion/-export. Likaså påtalas Australiens stora potential. En prognos ställer sig emellertid tveksam till de två giganternas möjlighet att gå så mycket längre i sin exportökning. Fortfarande råder det genomgående tveksamhet om Indiens möjlighet att leva upp till tidigare ambitiösa exportplaner.

Sverige är numera ett land bland flera medelstora exportländer, som inte ges särbehandling, men i de fall där vi specifikt omnämnas räknar prognosmakarna med sjunkande kvantiteter eller i bästa fall status quo.

Till ovanstående kan kommenteras att det även i dagsläget (våren 1989) är svårt att se någon större expansion av malmbehovet inom de högindustrialiserade länderna. Efter de kraftiga nedskärningarna av produktionskapaciteten för stål under 1980-talet finns inte utrymme för någon större ökning utan nya investeringar i bastillverkningen. Sådana satsningar ser sig inte sannolika. Den i tidigare prognoser ofta mycket pessimistiska synen på den framtida importen av järnmalm till dessa länder med fortsatt nedgång kan däremot förhoppningsvis vara mogen för en moderering.

Den genomgående positiva bedömningen av behovsutvecklingen i Fjärran Östern torde få stå oemotsagd så länge det gäller berörda marknads-ekonomier. Däremot vore en viss försiktighet på plats när det gäller Kina. Alltför många frågetecken finns ännu kvar beträffande den ekonomiska och

politiska nyordningen. Det måste i vilket fall som helst bli en fråga om en resursprioritering både vad gäller investeringsmedel och i förlängningen valutatilldelning för råvaruimport.

Det är visserligen ännu mer än tio år fram till sekelskiftet, men det förefaller befogat att, som de flesta prognoserna också gör, visa en viss försiktighet när det gäller att dra växlar på en breddning av marknaden i Östeuropa. Mycket talar härför, inte minst problemen med miljön förutom övergripande ekonomiska problem.

Övriga världen står i dag som mottagare av en tämligen liten del av den internationella handeln med järnmalm. Av speciellt svenskt intresse är emellertid Mellanösterns framtida utveckling på stålsidan, eftersom den även fortsättningsvis förutsätts bli baserad på direktreduktionsprocesserna, där svenska pellets har ett gott konkurrensläge, inte minst vad gäller kvaliteten.

Från svensk sida bedöms Brasilien vara det land som har den stora exportpotentialen. Brasilien kan på sikt komma att välja att i ökad omfattning exportera sin järnmalm indirekt i bearbetad form som stålämnen. Australien har betydande fyndigheter som tillåter en omfattande utbyggnad men får sannolikt räkna med vissa marknadsproblem. De australiska gruvorna för numera en aggressiv prispolitik för att öka exportleveranserna och vinna kostnadsfördelar genom ett bättre utnyttjande av tillgänglig kapacitet. Australien har förutsättningar att bli Kinas naturliga partner som malmförsörjare på grund av det geografiska läget och Kinas svårigheter med djuphamnar.

Omvärldens bedömning om en krympande avsättning av den svenska järnmalmen under kommande tioårsperiod kan sannolikt hänföras till nedläggningsbesluten för de mellansvenska gruvorna. Det kan sålunda snarare vara en fråga om en resursbedömning än ett antagande om avsättnings-svårigheter.

3.3 Kostnader/konkurrenskraft

För att kunna göra en jämförelse av kostnaderna för olika leverantörers malmer måste bedömningen göras i enhetlig valuta. USD ligger därvid närmast till hands. Vill man också studera malmernas konkurrenskraft på marknaden måste sjöfrakterna beaktas och jämförelsen göras i en och samma mottagarhamn. Vanligen används Rotterdam som jämförelsepunkt.

Med de stora och snabba förändringar som olika valutors relation till USD undergår, är kostnadsjämförelser dock något av en ögonblicksbild.

Kostnadsjämförelser gjorda inom branschen kan presenteras på följande sätt:

Den internationella sjöburna handeln med järnmalm omfattar årligen drygt 300 Mt (1988: 350 Mt). Ur denna kvantitet kan man särskilja tre stora principiella produktionsblock med olika kostnadsscenarier.

Lågkostnadsblocket representeras av Sydamerika och liknande områden

som kännetecknas av låg lönenivå, lättillgänglig malm i den bearbetade malmkroppen och en stor potential för ökad produktivitet. Förutom gruvorna i Latinamerika kan hit räknas gruvor i Indien och vissa afrikanska gruvor. Denna grupp producenter representerar mer än 150 Mt malm.

Mellankostnadsblocket, dit bl.a. Australien räknas, svarar för ca 100 Mt.

Högekostnadsblocket representeras främst av Norden och Canada och svarar för 50 M årston.

En mycket grov skiss över respektive blocks **drifstkostnader** fob redovisas nedan. Här upprepas påpekandet om svårigheten med valutarelationerna vid omräkning av kostnadskomponenterna i olika valutor till USD som gemensam räkneenhet.

Tabell 1:27 Drifstkostnader för sinterfines 1987 – grov beräkning i USD, Mt

	Lågekostnadsgruvor	Mellankostnadsgruvor	Högekostnadsgruvor
Brytning/anrikning	2.50	4–5	9–10
Järnväg/hamn	4–5	3–3.50	2–4
Övriga kostnader	2–2.50	4.50–5	3–4.50
Summa drifstkostnader fob	8–10	11–14	14–18

Fob-priset på fines/koncentrat 1989 från gruvor runt Atlanten ligger i storleken 17 ± 3 USD beroende på hamnförhållanden, transportavstånd och kvalitetsskillnader.

De stora variationerna i oljepriserna påverkar påtagligt kostnaderna för järnmalm c&f mottagarhamn. Ett lågt oljepris gynnar malmer med längre transportavstånd relativt sett mer än de närbelägna malmerna.

Följande mycket schematiska skiss visar ungefärliga kostnadsförändringar i sjöfrakterna till Rotterdam vid höga resp. låga oljepriser från några utskeppningshamnar:

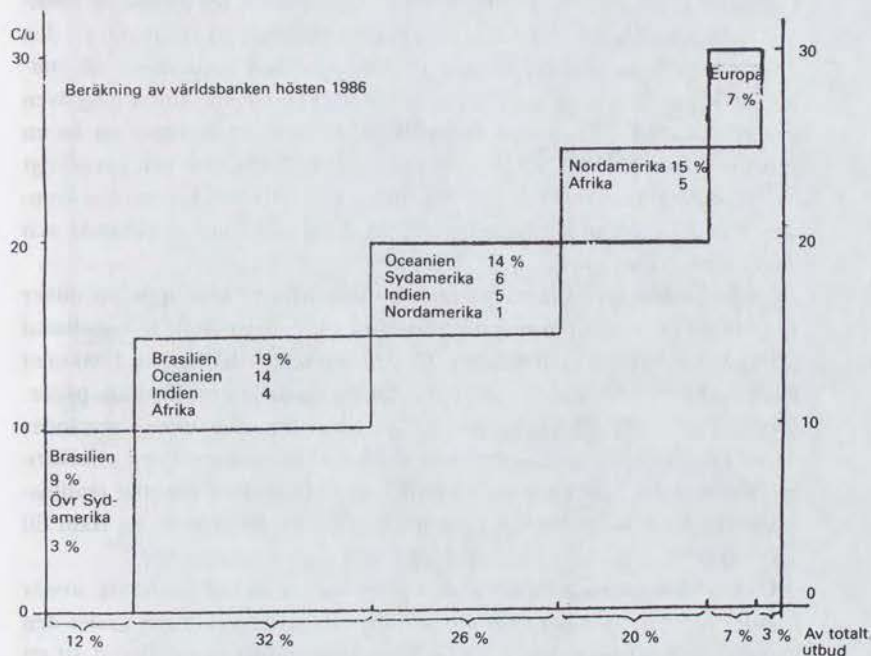
Tabell 1:28 Kostnadsförändringar i sjöfrakterna till Rotterdam, USD/ton

	Tubarão	Buchanan	Seven Islands	Narvik	Australien
Lågläge	– 0,75	– 0,40	– 0,15	– 0,15	– 1,15
Mellanläge			jämförande 0-läge		
Högläge	+ 0,80	+ 0,40	+ 0,10	+ 0,10	+ 1,15

Lågläge = bunkerpr. USD 75/ton motsv. ung. 10/barrel
Mellanl = " " 130/ton " " 18/barrel
Högläge = " " 180/ton " " 25/barrel

Också Världsbanken har i en studie från hösten 1986 sökt bilda sig en uppfattning om kostnadsläget och därmed konkurrensförmågan hos olika producenter. Slutresultatet sett i stort är snarlikt den här tidigare relaterade kostnadsblocksmodellen (figur 1:13)

Figur 1:13 År 2000 Totalkostnader för fines i europeisk mottagarhamn inkl. vinst 15 % i 1984 års penningvärde



I sin studie från november 1988 gör Världsbanken ingen egen jämförande kostnadsstudie utan citerar en bedömning från 1987 gjord av det amerikanska prognosinstitutet Paine Webber enligt nedan:

Kostnader för sinterfines fob i USD/ton

Mt Newman, Australien	11.50
CVRD, Brasilien	11.50
MBR, Brasilien	11.90
Bong, Liberia	13.20
ISCOR, Sydafrika	12.20
LKAB, Sverige	17.10

Kostnader för pellets fob i USD/ton

Savage River, Australien	16.60
CVRD, Brasilien	16.90
Bong, Liberia	20.60
LKAB, Sverige	22.70

Resultatet av en studie från 1987 utförd av LKAB över driftskostnaderna c&f Rotterdam, illustreras i figurerna 1:15 och 1:16. Det korta sjötransportavståndet för svenskmalmen gör en c&f-jämförelse gynnsammare än en fob-kostnadsjämförelse.

3.4 Prisprognoser för tiden fram till år 2000

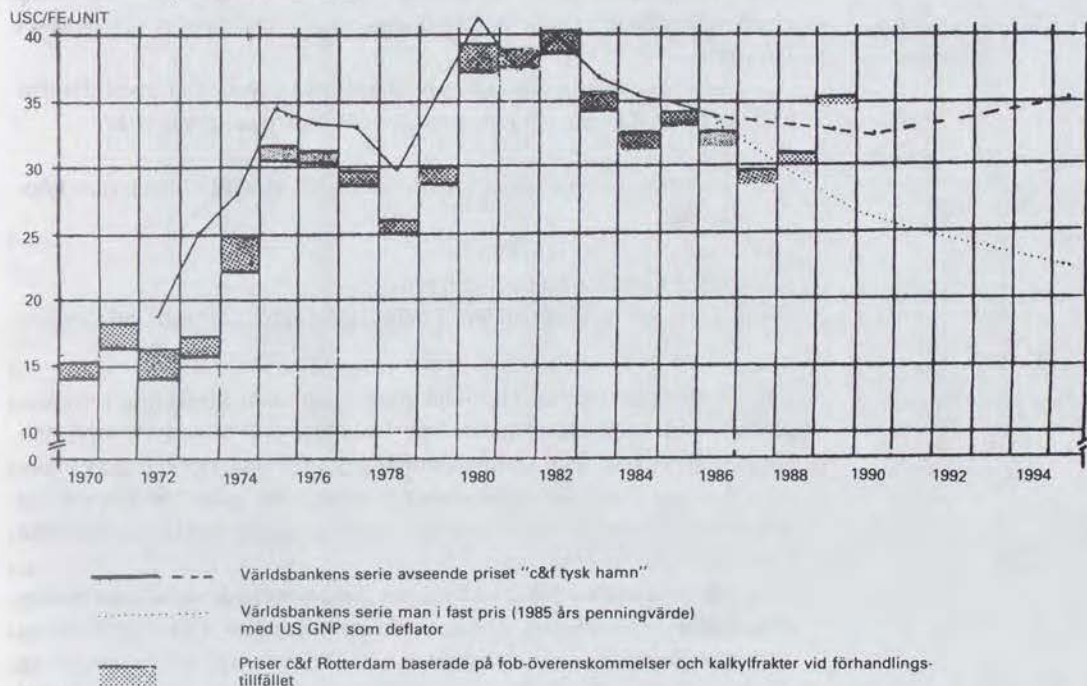
Här tidigare relaterade utbuds- och behovsprognoser för järnmalm förutsäger alla en tillräcklig eller mer än tillräcklig tillgång på järnmalm på den internationella marknaden seklet ut. Världsbanken konstaterar att outnyttjad kapacitet kommer att finnas tillgänglig i betydande omfattning även hos gruvor med relativt låga kostnader, och att detta kommer att ha en prishämmande effekt. CVRD konstaterar, att individualism och kortsiktigt handlande hos den enskilde malmexportören innebär att köparsidan kommer i underläge i prisförhandlingarna med en mer sammanhållande och disciplinerad köparsida.

Världsbanken ser i sitt prisscenario att den prisnivå som uppnåtts under slutåren av 1980-talet i stort sett kommer att vara oförändrad i nominella tal under första hälften av 1990-talet. Under den senare hälften av 1990-talet finns, enligt Världsbanken, utrymme för en prishöjning i löpande priser. Världsbanken gör sin studie utifrån amerikansk synvinkel och använder därför i sin bedömning av realprisutvecklingen gängse amerikanska deflatorer. Det resultat man då kommer fram till är att efter en kännbar realpris-svacka i mitten av 1990-talet skall marknaden ha återhämtat sig fram till sekelskiftet och realpriserna åter vara i nivå med dagens priser.

CVRD liksom ansvariga för övriga prognoser, som här relaterats, avstår från att närmare precisera sin uppfattning om prisutvecklingen under den kommande tioårsperioden. CVRDs huvuduppfattning är emellertid att ett tillräckligt utbud av malm kommer att finnas tillgängligt även i högefterfrågelägen. Marknaden kommer därför att karakteriseras av ett mer eller mindre markerat överutbud under normal- och lågkonjunkturperioder. Branschen i sin helhet vinner inget på en lågprisprofilering i lågkonjunktur. Den totalt konsumerade kvantiteten järnmalm ökar inte med lägre priser. Den enskilde malmsäljaren kan dock med en aggressiv prispolitik vinna marknadsandelar men drar därmed samtidigt ner hela världsprisnivån. CVRD efterlyser större insikt (och mindre kortsiktig egoism) hos malmsäljarna om marknadseffekterna, samtidigt som man skulle vilja se att köparsidan tog på sig en del av prisansvaret eftersom köpare och säljare står i ett så starkt beroendeförhållande till varandra. CVRD anser att båda parter har att vinna på en mer stabiliserad prisutveckling i stället för de kastningar som marknaden nu uppvisat under ett par decennier.

Det finns emellertid ingenting för dagen som talar för en mer disciplinerad prisutveckling och det förefaller därför sannolikt att priskurvan kommer att följa samma hoppande mönster som hittills (figur 1:14).

Figur 1:14 Fines: prishnivå i Rotterdam



Däremot finns skäl att anta att de större prisskillnader mellan olika huvudkvaliteter järnmalm, som under senare år etablerats på marknaden, kan komma att bestå och eventuellt också öka.

Den premie över finespriset som pellets nu tillgodoser sig är mer än dubbelt så hög som under lågprisperioden för ett par år sedan. Även om det kan invändas att dagens prisskillnad inte är större än för 15 år sedan, har pellets nu en helt annan förankring på marknaden än i början av 1970-talet. Pellets är numera att betrakta som en basråvara vid järnframställningen. Den europeiska stålindustrin har i ökad utsträckning valt att köpa sin malm i agglomererad form som pellets i stället för att själv svara för sintringen. Stålindustrins egen sintertillverkning är dock alltjämt dominerande.

Pellets är att betrakta som en industriellt framställd produkt med klara kapacitetsramar, medan kapacitetsgränserna för den totala malmproduktionen är mer diffusa. Det borde därför vara lättare att överblicka balanssituationen för pellets, i synnerhet som antalet pelletsproducenter också är mer begränsat. Därmed finns förutsättningar för att pelletsmarknaden skall kunna bli mer disciplinerad än järnmalmemarknaden i sin helhet. Vad som talar emot ett sådant antagande är att de stora investeringar, som en pelletsproduktion innebär, kräver ett så högt kapacitetsutnyttjande som möjligt.

Även om försök gjorts att förutsäga prisutvecklingen på kort och lång sikt är vanskligheten i sådana räknestycken med så många obekanta stor.

Här nedan listas några faktorer som påverkar framtidens malmpriser förutom den dominerande balansfaktorn mellan totalutbudet och behovet sett i stort.

a) **Den ekonomiska utvecklingen allmänt** och i synnerhet utvecklingens påverkan på stålkonsumerande branscher. Väsentliga delfrågor är

- ränteläget
- oljepriserna, inte minst för bedömningen av OPEC-ländernas köpkraft
- tredje världens skuldbörda
- världshandeln/valutarelationerna
- skillnader i olika länders konjunktur-, struktur- och inflationsutveckling.

b) **Stålkonsumtionens/stålproduktionens regionala utveckling** i synnerhet med observation av handeln inte bara med stål utan även med stål-bärande produkter inom komponentindustrin. En vidareförädling av malm till stål och stålprodukter i halvfabrikatsledet, som sedan blir föremål för internationell handel, motverkar en expansion av den totala handeln med järnmalm.

c) **Järnmalmsutbudets priskänslighet, med betydande variationer mellan olika regioner.** Relationen utbud/efterfrågan och därmed överkapacitetens omfattning blir beroende av priskänsligheten hos utbudet, vilken inte är lika stor över världen i dess helhet. Inom vissa länder/regioner kan av skilda skäl betydande förluster accepteras för att hålla gruvverksamheten i gång. Därtill kommer att relationen kostnader/priser utvecklas olika från land till land beroende på individuella variationer i inflationstakt, valutakurser m.m.

d) **Sjöfrakternas utveckling.** Stora fartyg, stora hamnar och förhållandevis låga bunkerkostnader fortsätter att gynna global handel med järnmalm. Även vid låga sjöfrakter föreligger dock betydande närhetsfördelar.

4 Den svenska järnmalmens framtida marknadsförutsättningar

Förutsättningen för en framtida svensk järngruveindustri är avhängig kvalitet, pris, kostnad och miljökrav.

I sin utredning "Mineralteknik 2000" (våren 1989) konstaterar MinFo (Stiftelsen Mineralteknisk Forskning): "En fortsatt produktutveckling krävs för att ta fram järnmalmprodukter med acceptabel renhet avseende alkali, fosfor och svavel samt tillräcklig reduktionshållfasthet och reducibilitet".

Dagens svenska malmprodukter är dock i stort av god eller acceptabel **kvalitet** jämfört med marknadens övriga utbud och bör kunna finna av-sättning inom nuvarande produktionsramar **under förutsättning att priserna anpassas till konkurrerande material** med de avvikelser som de olika kvaliteterna kräver resp. tillåter. Ett undantag utgör fosformalmen, vars av-sättning är direkt beroende av några få köpare och dessas val av stålprocesser. Eventuellt kan också köpmotstånd drabba fineskvaliteterna hos speci-ellt kvalitetskänsliga kunder.

I tidigare internationella bedömningar har man med viss skepsis sett på de skandinaviska malmernas konkurrens- och marknadsförutsättningar. Världsbanken placerade 1987 våra malmer i det kostnadsblock som antas inte kunna uppnå lönsamhet på 1990-talets marknad. Även andra prognoser ställer sig tvekan till möjligheterna för Sverige att hålla uppe aktuell leveransnivå i en marknad som sannolikt kommer att präglas av ett fortsatt överutbud med den svaga prisutveckling som därmed följer. Detta gäller i synnerhet fines, medan pelletsutbudet åtminstone under de närmaste åren förefaller komma att ligga bättre i linje med behovet eller temporärt kan bli en knapphetsvara.

LKAB kan visserligen vara med och **påverka prisnivån** på marknaden men kan inte med sin numera begränsade marknadsandel räkna med något större inflytande annat än på pelletspriset.

LKABs förutsättningar att **bemästra lönsamhetsproblemet** ligger till någon del på valet av produktsammansättning och kunder men framför allt gäller det att kunna hålla kostnaderna på en konkurrenskraftig nivå.

Situationen för övriga svenska gruvor, där beslut om att upphöra med driften föreligger, berörs inte här.

4.1 Kvaliteter

Kvalitetsmässiga för- och nackdelar för LKABs produkter jämfört med marknadens övriga utbud kan summeras:

LKABs masugnspellets hör till marknadens bästa. Genom sin olivintill-

sats tillåter den en beskickning med upp till 100 % i relativt stora masugnar. Stora besparingar nås av användarna på grund av möjligheten till extremt slagglåg och bränslesnål drift. En beskickning med 100 % olivinpellets anses innebära en kostnadsbesparing i storleken 4–6 c/u (beräkning av LKAB 1987) jämfört med en beskickning av sura silisiösa pellets eller en mix av sinter och sura pellets. Störande faktorer är vissa spårämnen som nickel, vanadin och titan.

Efterfrågan på LKABs olivinpellets tenderar i dag att överstiga produktionen. Mycket talar för att olivinpellets även under överskådlig framtid kommer att ha en god marknad i Europa (miljöskäl, strukturrationaliseringar etc.). LKAB har här kunnat utnyttja kvalitetsfördelen och uppnå ett högre pris på marknaden än priset för ordinära sura pellets. Prisskillnaden mellan pellets och sinterfines "pelletspremie", har dock en smärigräns, i synnerhet hos köpare med tillräcklig egen effektiv sintringskapacitet. Valet av köpare bör därför vara selektivt och inriktat på kunder med otillfredsställande egen sintringskapacitet, -kvalitet och -kostnad.

LKAB-pellets relativa kostnadsläge 1987 framgår av diagram 1:13. LKABs direktreduktionspellets är i dag kvalitetsledande på marknaden.

För direktreduktionspellets finns endast en liten marknad i Västeuropa. För den huvudsakliga avsättningen måste LKAB söka sig till förbrukare i Mellanöstern och Sydostasien. Därmed kan inte LKABs pellets tillgodoräkna sig någon kostnadsfördel fraktmässigt jämfört med konkurrerande material, snarare tvärt om.

LKABs fosforlåga fines är behäftade med kvalitetsproblem, främst koncentrerade till alkalihalten i Kiruna fines och granulometrin hos Malmberget fines. Alkalihalten, som i slutet av 1970-talet blev en accentuerat kännbar kvalitetsnackdel, har under 1980-talet reducerats med framgång hos båda kvaliteterna. LKABs fineskvaliteter värderas för närvarande av marknaden som inte riktigt fullt jämförbara med mönsterbildande kvaliteter, vilket renderar till ett prisavdrag. Granulometrin hos Malmberget fines förbättras emellertid successivt och målsättningen är att produkten skall jämföras med marknadens ledande kvaliteter.

Det naturliga avsättningsområdet är Europa-marknaden, men LKAB har av konjunkturstrategiska skäl sökt bredda sin marknad att omfatta även andra stora importområden. Mot denna riskspridning måste vägas att den transportmässiga närhetsfördelen till Europa-hamnarna byts mot en fraktnackdel.

Driftskostnaderna c&f Rotterdam för Kiruna fines ligger förhållandevis acceptabelt i jämförelse med konkurrerande produkter medan Malmberget fines ligger högt i kostnadsskalan, se diagram 1:12.

För segmentet *högfosformalm* kan internationella jämförelser inte göras. Trots en nära nog monopolställning inom sin produktgrupp måste prissättningen gå balansgång för att stimulera till ett bibehållande av fosforråjärns hanteringen. Även om LKAB-malmen går mot högre andel fosforlåg råmalm i fast klyft är det ändå i hög grad önskvärt att nedbringa den andel av produktionen som måste fosforrenas. En fortsatt avsättning av fosforhög

malm på marknaden är därför angelägen. Priserna är inte fullt jämförbara med priserna på fosforlåga produkter.

Kvarvarande fosformalmssköpare finns i Västtyskland, Belgien/Luxemburg och Frankrike och är i dag mindre än halvdussinet.

4.2 LKABs framtida kvalitets- och produktval

För ett par decennier sedan hade LKAB i sitt sortiment ett tjugotal kvaliteter, mångfalden motiverad dels av kundernas specialönskemål, dels av marginalmalmer vid produktionen i tre gruvor.

I dag omfattar sortimentet ett tiotal produkter.

I framtiden kan produktsortimentet komma att begränsas till ett fåtal kvaliteter, mest extremt men därför inte helt osannolikt till endast pellets med några få specialprodukter därutöver.

En än större pelletssatsning än för närvarande skulle för LKABs del innebära att man ytterligare specialiserade sig till det produktområde där man i dag intar en ledande ställning.

LKABs pellets, både dess masugns pellets (numera till 100 % olivin-pellets) och direktreduktionspellets (lågsilisiösa pellets), klassas bland de bästa på marknaden. Tack vare att malmråvaran är en magnetit, lätt att anrika till höga järnhalter, är LKAB tämligen ensamt om att kunna framställa ett extremt järnrikt utgångsmaterial för pelletstillverkningen. Därmed skapas ett utrymme att tillföra pelletsråvaran tillsatser som höjer produktens egenskaper utan att järnhalten blir oattraktivt låg. För masugns pellets gäller detta t.ex. olivin som, fördelaktigt, finns tillgänglig inom landet. Ett ytterligare plus med magnetitmalm är att den kräver lägre energiåtgång i pelletiseringsprocessen än motsvarande hematit/götitråvaror hos huvudparten av konkurrerande pelletstillverkare.

Dagens pelletskapacitet i Lapplandsgruvorna ligger närmare 10 Mt. Med utbyggnad av nuvarande tre verk kan en kapacitet på drygt 11 Mt nås. Om i ett framtida perspektiv ytterligare kapacitet skulle komma ifråga måste LKAB investera i ett helt nytt pelletsverk med det betydande språngvisa kapacitetstillskott detta innebär. Frågan är om och i så fall när marknaden blir mogen för ett sådant utbudstillskott utan att prisnivån påverkas negativt.

Ett nytt pelletsverk kostnadsberäknas i dag till mer än 1 GSEK. En sådan investering går inte att motivera företagsekonomiskt med dagens pelletspriser. Ett annat läge kan uppstå bl.a. om miljökraven för sinterverken ute i Europa skärps liksom att åldersstrukturen successivt kommer att kräva förnyelse av sinterverken. Om stålindustrin på sikt sålunda ställs inför valet mellan stora egna kapitalinvesteringar eller en ökad användning av köpta pellets kan det sistnämnda alternativet komma att te sig mer attraktivt. I det längre tidsperspektivet skulle det sålunda kunna komma att skapas ett prisklimat som gör det motiverat med ytterligare utbyggnader av pelletskapaciteten. I dagsläget bedöms emellertid att en produktion av enbart

pellets skulle ge ett sämre ekonomiskt resultat för LKAB än en fortsatt produktion med dagens produktsammansättning.

LKAB kommer att möta fortsatta krav på kvalitetsförbättringar. För nuvarande sortiment gäller det lägre fosforhalt, lägre alkalihalt i synnerhet i Kiruna fines, lägre halter spårämnen etc. Kraven på kvalitetsjämnhet skärps successivt.

4.3 Priser

LKAB kan i dag endast i obetydlig grad påverka den framtida malmprisnivån. Den svenska malmen var prisledande fram till mitten av 1970-talet, när de svenska malmsäljarna representerade ett utbud i storleken 45 Mt, Gränges International Minings Liberia-malm inräknad. I dag är den brasilianska Rio Doce-koncernen och två av de australiska gruvföretagen de stora inom branschen.

LKAB har dock ett prisinflytande när det gäller pellets både i kraft av en förhållandevis stor kvantitet, obunden av ägareintressen från förbrukarnas sida och av hög kvalitet. Pelletspriset är emellertid ännu till sin huvuddel beroende av finespriset på marknaden.

Såvitt det går att bedöma i dagsläget talar både utbuds- och behovsmönstren för en fortsatt svag prisutveckling som långsiktigt får svårt att hålla jämna steg med kostnadsutvecklingen.

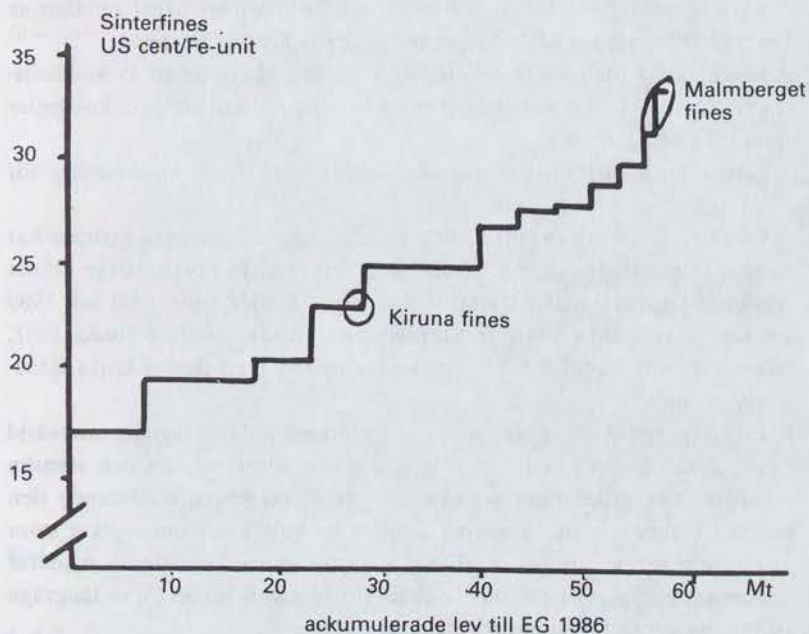
Prisförbättringen 1989, med sannolik höjning även 1990, har emellertid skapat ett bättre utgångsläge för kommande år än tidigare väntat.

Stålindustrin inte bara i Europa utan också i Japan och USA, som haft stora lönsamhetsproblem, utnyttjar varje möjlighet att pressa kostnaderna. Ett utvecklat kontaktnät köparna emellan stärker deras position vid förhandlingarna om malmpriserna.

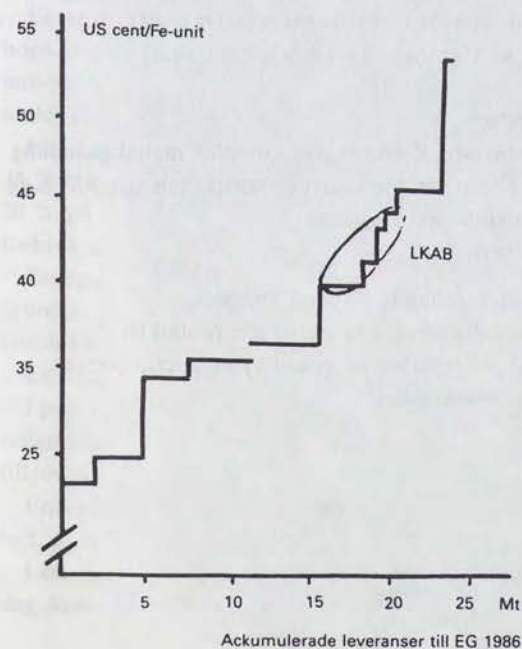
Ungefär hälften av exportmalmen kommer från lågkostnadsproducenter och ytterligare en tredjedel från mellankostnadsgruvor. Högkostnadsgruvorna kommer *inte* att vara de prisbestämmande. Tvärtom ligger det i lågkostnadsgruvornas intresse att i lågkonjunkturlägen vinna marknadsandelar för att kunna utnyttja sin fulla kapacitet.

4.4 Kostnader och lönsamhet

Figur 1:15 Driftskostnader 1987 c&f Rotterdam. Sinterfines



Figur 1:16 Driftskostnaden 1987 c&f Rotterdam. Pellets



Det relativa kostnadsläget för LKABs pellets och fines 1987 framgår av figurerna 1:15 och 1:16. Figurerna visar bedömda driftskostnader c&f Rotterdam för leveranser till EG från så gott som alla större aktuella leverantörer.

Av kostnadsfiguren för fines framgår att Kiruna fines ligger i mitten av kostnadsfältet medan Malmberget fines toppar kostnadstrappan.

Kostnaderna för LKAB pellets ligger på den högre delen av kostnadstrappan med så gott som hela marknadens övriga utbud till lägre kostnader fram till mottagarhamn.

Senare kostnadsstudier indikerar emellertid ett bättre kostnadsläge för LKAB.

Den hjälp från externa utvecklingstrender, som den svenska malmen har kunnat tillgodoräkna sig för att förbättra sitt relativa kostnadsläge räknat hos malmköparna, gäller främst sjöfrakterna. Under både 1988 och 1989 har sjöfrakterna legat högre än när relaterade kostnadsstudie utfördes 1987, vilket varit till fördel för de svenska malmerna med dessas korta transportavstånd.

En återgång till högre oljepriser i en eventuellt politisk lugnare arabvärld skulle också fördyra malm med längre sjötransport mer än den svenska malmen. Vad gäller tonnagestorleken går utvecklingen fortfarande den svenska malmen emot. Även om tidigare spekulationer om mycket stora fartyg inte ser ut att bli verklighet i någon större omfattning tenderar genomsnittstonnaget att ständigt öka till större relativ fördel för de långväga malmerna jämfört med närmarknadens malmer.

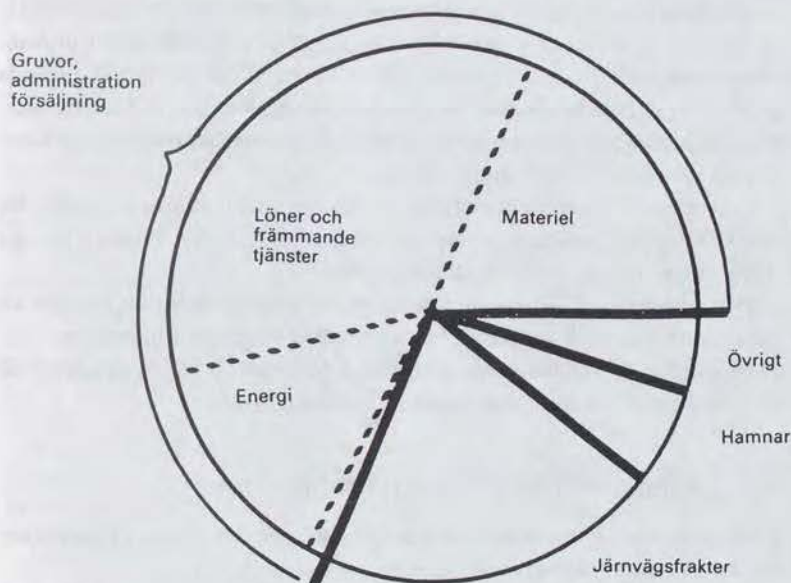
En sammanfattning av några av de faktorer som är kostnadsmässigt negativa för LKAB jämfört med konkurrenterna ger följande:

- Höga lönekostnader (høgt relativt löneläge och stor bemanning, men långtgående rationaliseringar förbättrar successivt läget)
- Underjordsdrift (bl.a. begränsning av maskinstorlekar)
- Hårda malmer
- Høg energiförbrukning
- Diversifierat sortiment som delvis kräver komplex malmbehandling
- Høga tonkilometerkostnader för järnvägstransporten (ca 300 %-ig nivå jämfört med huvudkonkurrenterna)
- Långtgående miljökrav.

Mot dessa nackdelar kan bl.a. följande fördelar ställas:

- Möjligheter att framställa mycket høganrikade produkter
- Energibesparing vid pelletisering på grund av magnetitråvaran
- Närheten till Europa-marknaden.

Figur 1:17 Järnmalmgruvorna i Norrbotten – ungefärlig kostnadsfördelning



Källa: LKAB

4.4.1 Energiförbrukning/-kostnader

Energiförbrukningen inom den svenska industrin har under senare tid stått i fokus för intresset.

Energikostnaderna för den svenska järngruveindustrin betecknas som höga jämfört med flera andra industrigrenar resp. jämfört med den internationella konkurrensen inom branschen. Eftersom LKAB bryter sin malm under jord i ett arktiskt klimat blir den specifika energiförbrukningen hög.

För Kiruna+Svappavaara fördelar sig energiåtgången i stora drag med 35 % på vardera brytning (fram t.o.m. sovring) och anrikning och med 20 % på pelletisering, vilket lämnar drygt 10 % för "övrigt". SJs energiförbrukning för nedtransporten till hamn är inte inkluderad.

Energiåtgången i ledet brytning-sovring kommer att successivt öka på grund av ökat uppfodringsdjup, ökad vattenuppumpning och utökad ventilation (+ ca 5 % per år).

Energiförbrukningen vid anrikning är proportionell till kvantiteten.

I pelletsprocessen finns eventuellt möjligheter att ytterligare reducera den redan låga oljeförbrukningen per ton. Genom att råvaran är en magnetit tillgodogörs malmens egen värmepotential vid pelletiseringen.

Energibesparande åtgärder är också bättre värmeåtervinning från gruvluft, gruvvatten och olika processer.

I ett längre perspektiv, om energin blir en ännu högre kostnadspost än i dag, kommer energisnålare metoder, maskiner och processer att prioriteras.

Dagens energislag är el, olja och kol. Nya energislag som gasol och gas (norsk) kan tänkas bli aktuella i en framtid.

Det finns en strävan att öka elenergianvändningen eftersom den inte bara är effektiv utan också miljövänlig. Diesलगaser är ett miljöhot i gruvan. Samhällets målsättning att minska elförbrukningen och att därvid använda priset som styrmedel innebär en kostnadshöjning som inte har någon motsvarighet hos konkurrenterna. Därmed skulle gruvornas kostnadsläge komma att försämrats relativt andra malmer.

Redan med dagens elpriser ligger den specifika elförbrukningen för LKABs produkter räknat i kr/ton fyra gånger högre än för Brasilien och sex à sju gånger högre än för Australien (1988).

Programmet för LKABs effektivisering av underjordsdriften innebär att energikostnaderna kommer att få en än större betydelse i framtiden.

Fram till 1995 beräknas energiåtgången öka med 20–25 % och fram till år 2000 med 40 % över nuvarande förbrukning (1988).

4.4.2 Effektivisering av underjordsbrytning

LKABs gruvor i Kiruna och Malmberget har i dag den högsta produktiviteten av alla **underjordsgruvor** i världen.

Vid en jämförelse med konkurrerande stora moderna **dagbrott** är dock produktiviteten låg räknat i ton/mantimme. Ser man däremot på produktiviteten räknat i ton Fe/mantimme hävdar sig LKAB tillfredsställande mot många dagbrott, som tvingas bryta stora mängder gråberg för att komma åt malmen eller har relativt låg Fe-halt in situ. Många av dessa gruvor kommer med stor sannolikhet att slås ut i framtiden och effektivitetskravet kommer att öka väsentligt för LKAB för överlevnad in på 2000-talet.

För att möta framtidens effektiviseringskrav satsar LKAB stora resurser på den gruvtekniska utvecklingen bl.a. i ett stort program i samarbete med andra svenska gruvföretag, tillverkare av gruvutrustning, staten via STU och högskolor. Totalt satsas 350 MSEK under en femårsperiod med målsättning att bidra till en halvering av brytningskostnaderna år 2000.

Några viktiga punkter i programmet är: förenkling, storskalighet, god tids- och kapitalutnyttjning, automatisering och datorisering.

Ur programmet, som går under beteckningen "G 2000", citeras:

"UTBLICK MOT ÅR 2000

Järnmalmgruvorna utnyttjar i hög grad storskaliga massbrytningsmetoder som ger avsevärt lägre kostnader än i dag.

På grund av det höga utnyttjandet av maskiner och system, minskar behovet av arbetsplatser. Sammantaget med robotiseringen innebär detta en kraftig reduktion av personalbehovet under jord utan att kapitalkostnaderna ökar. Underhållsarbetet har effektiviserats markant även om en relativt stor stab behövs för skötsel av den komplicerade utrustningen. Gruvorna utnyttjar till stor del elektriska drivsystem. Detta förbättrar gruvmiljön radikalt och minskar behovet av dyrbara ventilationsanläggningar.

Dyra fasta anläggningar i form av huvudnivåer håller på att ersättas med mobila installationer i kommunikationstunnlar nära malmerna. Krossning

eller primär autogenmalning och efterföljande pumpning av malmen till dagen har införts i flera gruvor. Dessa åtgärder har sänkt gruvbrytningens kapitalkostnader markant.

Driften av gruvan år 2000 kräver mycket hög kompetens hos bl.a. malmgeologer, bergmekaniker, bergtekniker och underhållstekniker. Nästan all personal arbetar med robotiserade maskiner eller med datoriserade planeringssystem och designhjälpmedel.

Sprängningen sker med reglerbara sprängämnen och sprängkapslar som ger önskad fragmentering med större säkerhet och mindre skador på omgivande berg. Laddningen sker med halvautomatiska laddutrustningar. Instrument för kontroll av borrning (håldjup, hålavvikelse) laddning (tändarfunktion, laddningsmängd) och sprängning (detonerade laddningar, detonationsförlopp) utnyttjas regelmässigt. Därmed ökar driftsäkerheten.

Bergförstärkning utförs enligt i förväg uppgjorda prognoser och utförs med mycket hög kapacitet. Förstärkning är vanlig.

Lastning och transport utförs regelmässigt dygnet runt med fjärrmanövrerad eller automatisk utrustning. Elektrisk drift är vanlig på de stora produktionsmaskinerna.

Tung utrustning övervakas med mikrodatorbaserade diagnosmetoder. Nästan allt underhåll sker under planerade stopp då snabba komponentutbyten genomföres i bra arbetsmiljö."

LKABs viktigaste gruvtekniska utvecklingsprojekt är i dag:

1. Framtida produktionssystem i Kiruna (FPS) som utgör basen för hur brytning och transport skall utföras under nuvarande huvudnivå i Kiruna. Redan nu kan sägas att investeringskostnaderna oavsett transportsystem kan begränsas till storleksordningen halva nuvarande transportsystem.

2. Utveckling av den storskaliga skivrasbrytningen. Utvecklingspotentialen bedöms som mycket stor.

3. Maskinutvecklingsprojekt inriktade på stora driftsäkra elektriska maskiner som arbetar med hög precision och som delvis är automatiserade.

Rationaliseringsmöjligheterna bedöms som goda. Personalbehovet kommer att minska kraftigt och personalprofilen ändras radikalt. Energikostnaden kommer att få en större betydelse i framtiden och stora energibesparingsåtgärder blir allt viktigare.

En koncentration av brytningen till de största och rikaste malmerna är en sannolik utveckling för framtiden.

LKAB bryter i dag malm i Kiruna och Malmberget. Kiruna har malmresurser som är tillräckliga för en långvarig produktion i aktuell omfattning för hela LKABs behov. Med andra ord skulle, om det visar sig kostnadsmissigt riktigt, brytningen i Malmberget kunna upphöra. Malmbehandlingsanläggningarna i Malmberget skulle i så fall tillföras råvara från Kiruna, en parallell till Svappavaara i dagsläget.

Dock står i Malmberget en ny huvudnivå, M 85, i det närmaste klar. En ny huvudnivå i Kiruna blir aktuell före slutet av århundradet.

4.4.3 Miljöproblem vid tillverkning av pellets

Sverige ligger före andra länder i sin miljöpolitik. De svenska gruvorna tvingas därför tidigare än konkurrenterna att minska påverkan på den yttre miljön.

Aktuella problem hos LKAB gäller främst utsläppen av **fluor** och **svavel** vid tillverkningen av pellets.

Fluorproblemet sammanhänger med att LKABs malmer håller höga fosforhalter (apatitmalmer). Eftersom marknaden huvudsakligen efterfrågar produkter med låg fosforhalt är det närmast en överlevnadsfråga för LKAB att konvertera högfosformalmen till attraktiva lågfosforprodukter.

Omvandlingen sker genom krossning, malning och starkmagnetisk separering. För rågodset från Kiirunavaara krävs också ett ytterligare steg med flotation för att nå tillräckligt låga fosforhalter.

Apatiten håller kalciumfosfat till vilket fluormolekyler finns associerade. Eftersom apatiten är svårlöst i vatten blir det inte fråga om ett vattenföroreningsproblem utan fluoret går ut med rökgaserna vid den starka upphettningen som sker i pelletsprocessen. Utan reningsinsatser blir fluoret tillgängligt för bl.a. växter och djur.

Koncessionsnämnden för miljöskydd har satt gränsvärden för fluorutsläpp från LKABs pelletsverk enligt nedan:

Tabell 1:29 Gränsvärden för fluorutsläpp

Gruva	Produktion Mt pellets/år	Maxutsläpp t F/år	Utsläpp utan rening
Kiruna	4,3	120	300 ¹
Svappavaara	3,5	55	150 ¹
Vitåfors (Malmberget)	4,0	190	100

¹ I Kiruna används ett rågods med högre fosforhalt (KD-malm) medan Svappavaara-verkets rågods utgörs av en mellanprodukt med lägre fosforhalt.

Koncessionsvillkoren innebär att LKAB måste rena rökgaserna i Kiruna och Svappavaara före utsläpp. I Kiruna finns sedan några år en reningsanläggning i drift. I Svappavaara togs en renare i bruk hösten 1988. I april 1989 beslutade LKAB om ytterligare en rad miljöförbättrande investeringar i Malmfälten, dels i en utbyggnad och förbättring av stoffreningen i kulsinterverket i Svappavaara, dels i en utbyggnad av rökgasreningen i kulsinterverket i Kiruna. Besluten innebär en investering runt 60 MSEK och en väsentlig årskostnad för drift och underhåll. LKABs konkurrenter har ingen motsvarande miljöpåлага.

Hittills har LKAB inte behövt införa speciell *svavelrening* tack vare successivt minskad oljeförbrukning vid pelletstillverkningen (t.ex. i bandugnsverket i Vitåfors ner till så låga åtgångstal som 5 l per ton pellets). Svavlet i eldningsoljan (alt. kolet) och i kulsinterrågodset avgår vid upphettningen i pelletsprocessen. LKAB har lägre svavelutsläpp än sina konkurrenter. Inte heller dessa har ålagts några reningskrav.

Under det senaste året har blyföreningar vid driften i Höganäs uppmärksamats. Delar av blyet härrör sig från malmråvaran men avskiljs enklast hos förbrukaren.

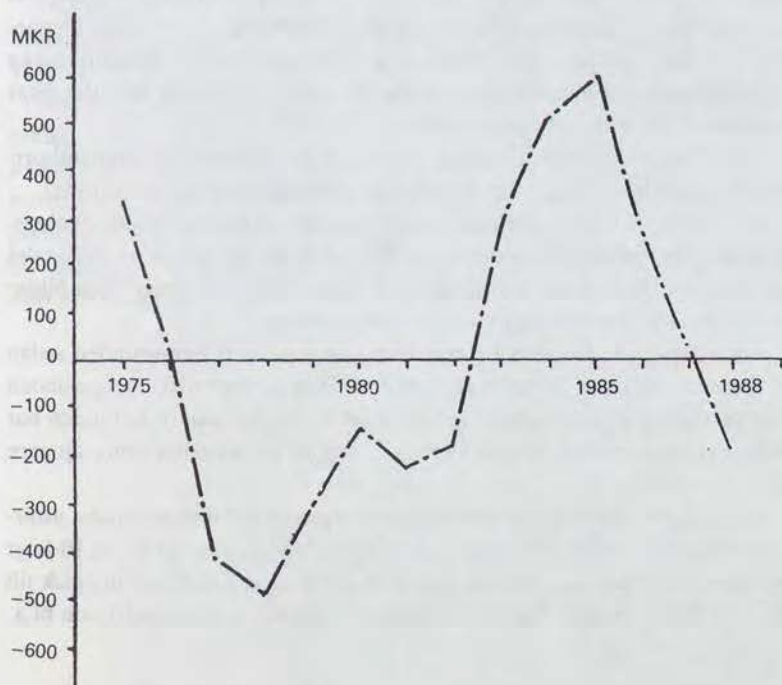
4.4.4 Lönsamhet

LKAB har i en strategisk utredning, presenterad för industridepartementet sommaren 1987, gjort en genomgång av möjliga kostnadsbesparande åtgärder. I denna utredning konstateras att om de i många stycken mycket ambitiösa effektiviseringsinsatserna går att genomföra hundraprocentigt finns förutsättningar att nå lönsamhet i ett längre perspektiv, om inte en alltför negativ utveckling av de yttre betingelserna som priser och efterfrågan från för LKAB mest gynnsamma marknader inträffar.

LKAB står inför en svår uppgift att fortlöpande hålla nere kostnaderna så att man även med en svag eller fallande realprisutveckling kan uppnå lönsamhet. Konkurrerande gruvor arbetar hela tiden med omfattande besparingsprogram. En viss roll på gott och ont spelar LKABs känslighet för dollarkursens variationer. Många konkurrenter har valutor mer följsamma dollarn.

När LKAB under andra hälften av 1970-talet började visa förlustresultat fanns en mycket betydande rationaliseringspotential. Mycket av denna är numera utnyttjad. Personalstyrkan har sålunda halverats och detsamma gäller också järnvägsfrakterna.

Figur 1:18 Resultatutveckling för LKAB – moderbolaget – efter avskrivningar men före finansiella poster



5 Järnmalm prospektering

Järnmalm prospekteringen har en mycket gammal historia i Sverige. Redan under 1600-talets första hälft anställdes av staten en fast stab av malmletare. Vid sidan om den statligt organiserade malmprospekteringen har under alla tider även privat malmletning förekommit.

Under årens lopp har metoderna att söka efter malm utvecklats från mer eller mindre okulära metoder för ca 800 år sedan, då man började använda järnmalm ur fast klyft, över den revolutionerande gruvkompassen på 1600-talet med nål rörlig inte bara i horisontalled utan också i vertikalled, till dagens förfinade metoder. Numera används i allmänhet flera metoder i kombination för att kartlägga en malmförekomsts läge, storlek, mineralhalt etc.

Våra svenska järnmalmer, som huvudsakligen utgörs av magnetitmalmer, kan betraktas som stora magneter och kan därför lokaliseras med magnetiska mätningar. Med dagens känsliga magnetometrar kan även mycket djupbelägna magnetitmalmer lokaliseras. Intensivare malmletning i storskalighet med magnetiska mätningar från luften genomfördes i Bergslagen under slutet av 1940-talet och i Norrbotten under 1960-talet.

Vid 1960-talets malmundersökningar i Norrbotten användes också exempelvis gravimetermätningar (grundade på malmens högre specifika vikt än omgivande bergarter), som ger möjlighet att identifiera även icke magnetiska blodstensmalmer. Kombinationen av magnetiska och gravimeteriska mätningar liksom användningen även av andra geofysiska metoder ökar säkerheten av undersökningsresultaten.

Ytterligare steg i prospekteringsarbetet är mer omfattande diamantboringar, schaktsänkningar och drivning av sökningsorter på olika nivåer.

Det malmtillskott man funnit under den mer intensiva undersökningsperioden mellan andra världskrigets slut och fram till början av 1970-talet har huvudsakligen legat i anslutning till redan befintliga gruvor och bildar fortsättning på redan tidigare kända malmkroppar.

Beträffande järnmalmen i Bergslagen kan sägas, att berggrunden redan under äldre tid blivit effektivt genomletad. Den norrbottniska berggrunden har kartlagts mer noggrant under detta sekel. Under senare årtionden har prospekteringsarbetet till stor del varit inriktat på att söka finna djupare belägna malmer.

Den senaste större prospekteringskampanjen riktad mot järnmalm utfördes i Norrbotten under perioden 1963–1973 av SGU i skydd av ett 10-årigt inmutningsförbud för andra än staten. Kostnaderna för denna uppgick till 30 à 35 MSEK i 1962 års penningvärde. Undersökningen omfattade bl.a.

flygmätning kompletterad med uppbörning av flera fyndigheter. Det totala tillskottet malm som kunde påvisas uppskattades till något mer än 1,1 Gt av varierande kvalitet, varav huvuddelen i anslutning till fyndigheterna kring gruvorna i Kiruna, Malmberget och Svappavaara. Helt nyupptäckta fyndigheter begränsades till ca 125 Mt med i allmänhet lägre järnhalter än hos de redan bearbetade malmerna.

Under den senaste 15-årsperioden har LKAB i samband med den långsiktiga brytningsplaneringen genomfört mer omfattande undersökningar i redan lokaliserade fyndigheter. Bland de större arbeten som utförts kan nämnas undersökningarna av Luossajärvimalmen, den s.k. sjömalmen – en fortsättning åt norr av Kiirunavaaramalmen – som i en större omfattning avslutades 1977, men som även under 1980-talets senare hälft undersökts genom bl.a. ortdrivning i hängväggen och ett betydande diamanthörningsprogram.

I Malmberget bekräftades vid djupborrningar från dagen, som avslutades 1977–1978, förekomst av malm på stora djup. I viss begränsad omfattning påträffades smärre inte tidigare kända lokaliseringar (t.ex. vid Tingvallskulle 1978).

I Mellansverige gjordes en större malminventering 1967, när det konstaterades att malmen skulle räcka i 35 à 50 år med då aktuella brytningsplaner. Prospekteringsaktiviteten under senare år har av naturliga skäl varit mindre omfattande.

I Dannemora konstaterade man i början av 1980-talet att tidigare års intensiva undersökningsarbeten gett mycket tillfredsställande resultat beträffande malmtillgångens storlek och att med hänsyn till den numera goda kännedomen om malmen kunde borrhörningsprogrammen begränsas.

I Grängesberg startades så sent som 1983 ett djupborrhörningsprogram med omfattande borrhörningar delvis från nydrivna orter för att utröna de geologiska förutsättningarna för fortsatt avsänkning i gruvan.

Som sammanfattning kan sägas att med den moderna prospekterings-teknik, som numera används, torde alla större järnmalmer i Sverige vara kända till läget, och även om de inte undersökts i detalj med t.ex. diamanthörning, också till sin mäktighet. Några nya omfattande prospekteringsplaner i storskalighet inom sektorn järnmalm föreligger därför inte. Aktuellt prospekteringsarbete är direkt knutet till produktionsplaneringen på kort och lång sikt vid nu arbetande gruvor.

6 Sammanfattning och slutsatser

Järnmalmemarknaden har under de senaste decennierna karaktäriserats av ett överutbud med endast tillfälliga förbättringar i balansen mellan tillgång och efterfrågan (1974, 1979 och 1988/89 års stålboomar) som kunnat leda till prishöjningar. Priset c&f Rotterdam i dollar räknat är även med 1989 års betydande höjningar lägre än för tio år sedan i löpande pris trots dollarns kraftiga värdeminskning på valutamarknaden under senare år. Med 1989 års prisnivå går LKABs malmrörelse med vinst, men uppnår inte tillfredsställande avkastning på arbetande kapital. För att nå denna senare målsättning skulle en ytterligare prishöjning på ca 5 % krävs.

Prisutvecklingen sett ur den enskilda producentens resp. konsumentens synvinkel blir kraftigt avhängig olika valutors relation till USD, eftersom järnmalmen på exportmarknaden genomgående noteras i sistnämnda valuta. Generellt har emellertid gällt att utvecklingen för realpriserna länge varit trendmässigt negativ. Även i ett tidsscenario fram till sekelskiftet finner internationella bedömare att järngruveindustrin har svårt att bestående vända denna trend.

Prognoser över behovet av järnmalm fram till år 2000, presenterade under hösten 1988/våren 1989, visar stora divergenser sinsemellan, i hög grad beroende på olika bedömares syn på utvecklingen av stålbehovet huvudsakligen i Kina. Försiktiga bedömare ser risker för en stagnation eller t.o.m. minskning av den internationella handeln med järnmalm grundat på uppfattningen att stålproduktionen i de hittills stora järnmalmsimporterande industriländerna kommer att fortsätta att minska, medan andra aktiva inom branschen ser möjligheter till en ökning av handeln i storleken mindre än 1 %/år.

Samtliga bedömare anser att marknaden kommer att vara väl försörjd med järnmalm under det kommande decenniet, även i högefterfrågelägen. Dock kan tillfälligt knapphet uppstå för vissa attraktiva kvaliteter. Investeringar i ny kapacitet resp. viss aktivering av vilande kapacitet blir nödvändiga under 1990-talet. Några projekt är redan under uppbyggnad, stimulerade av den senaste stålboomens ökade efterfrågan.

Svensk gruvnäring valde i början av detta decennium att söka banta sig ur den ekonomiska krisen. Aktuell export (1988) är närmare 50 % lägre än 1974 års maximum. Beslut har fattats om att upphöra med driften i kvarvarande två gruvor i Mellansverige. LKAB transformerar i ökande omfattning den inte längre lika attraktiva fosforrika malmen till fosforlåg pellets och bryter nu malm endast i Kiirunavaara och Malmberget. Några planer på en mer markerad höjning av dagens produktionsnivå vid Lapplandsgruvorna

har inte annonserats. LKAB inriktar sina ansträngningar på att genom ökad effektivisering kunna hålla kostnaderna på en internationellt acceptabel nivå.

De svenska malmerna svarar i stort sett mot marknadens kvalitetskrav. LKABs pellets hör till marknadens bästa. Kvalitetsförbättringarna av fines från såväl Malmberget som Kiruna har varit framgångsrika. LKABs fosformalmer står i en särklass inom sitt smala segment.

Framtidsproblemet för svenskmalmen är sålunda främst ett lönsamhetsproblem.

Med det prospekteringsarbete i storskalighet som genomförts under senare årtionden i såväl Norrbotten som i Mellansverige är de i dag ekonomiskt tillgängliga malmreserverna väl kända. Någon brist på malmråvara föreligger inte under överskådlig tid. En genom fortsatt prospektering ökad detaljkännedom om de fyndigheter som är föremål för brytning resp. berörs av den långsiktiga brytningsplaneringen ingår i de aktiva gruvornas normala verksamhet.

The first of these is the fact that the number of people who are employed in the public sector has increased significantly since 1980. This is due to a number of factors, including the fact that the public sector has become a more important part of the economy.

The second factor is the fact that the public sector has become a more important part of the economy. This is due to a number of factors, including the fact that the public sector has become a more important part of the economy.

The third factor is the fact that the public sector has become a more important part of the economy. This is due to a number of factors, including the fact that the public sector has become a more important part of the economy.

The fourth factor is the fact that the public sector has become a more important part of the economy. This is due to a number of factors, including the fact that the public sector has become a more important part of the economy.

Conclusion

References

Appendix

Index

Table of Contents

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Table of Figures

Table of Tables

Bilaga 2

Koppar

av bergsingenjör *Mati Sallert*, Boliden Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	91
1.1	Koppar, kopparmineral	91
1.2	Råvarutillgångar	91
1.3	Sveriges tillgångar	92
1.4	Framställningsteknik	93
1.5	Användningsområden	95
1.6	Konsumtion	95
1.7	Produktion	97
1.7.1	Presentation av större gruvor	100
1.8	Handel	100
1.9	Priser, prissättning	105
1.10	Ägarstruktur	107
1.11	Konkurrerande råvaror/material	108
1.12	Forskning, utveckling, internationellt samarbete	108
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	110
2.1	Kopparindustrins utveckling	110
2.2	Konsekvenser för kopparindustrin	111
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	114
3.1	Internationella prognoser och kommentarer till dessa	114
3.1.1	Generellt	114
3.1.2	Konsumtion	114
3.1.3	Trender hos slutförbrukare	115
3.1.4	Produktion	116
3.1.5	Kostnadsstruktur	120
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	122

1 Faktaavsnitt

1.1 Koppar, kopparmineral

Koppar, kemisk beteckning Cu, är den viktigaste av de s.k. basmetallerna (koppar, zink, bly, m.fl.). Den egenskap som gör koppar särskilt värdefull är den goda elektriska ledningsförmågan. Motståndskraft mot korrosion, hög hållfasthet, böjlighet, smidbarhet och icke-magnetisk är andra viktiga egenskaper. Koppar legeras ofta med andra metaller, till t.ex. monel, mäsing eller brons.

Det finns ett stort antal kopparförande mineral. Bara några få används dock för kopparframställning och viktigast av dessa är kopparkis (CuFe_2S) och kopparglans (Cu_2S). Koppar bryts både i dagbrott och underjordsgruvor. Under framför allt 1970-talet utvecklades s.k. "porfyry ores", dvs. malmer där kopparsulfidmineral ligger spridda i oftast granitbergarter och som sprickfyllnad i dessa och i sidoberget. Dessa fyndigheter, som nu bryts i framför allt USA och Chile, är ofta mycket stora och bryts i dagbrott i stora kvantiteter även om kopparhalten är mycket låg (ner till ca 0,4 %).

Kopparkis och kopparglans uppträder ofta tillsammans med andra sulfidmineral, t.ex. zink, bly och molybden. Vid flera koppargruvor utvinns man också ädelmetaller som guld och silver.

En del av världsproduktionen av koppar utvinns också ur oxidmalmer, där malmmineralen är olika oxider av koppar.

1.2 Råvarutillgångar

Världens upptäckta tillgångar av koppar beräknas till ca 500 miljoner ton. Av denna kvantitet beräknas ca 350 miljoner ton vara brytvärd. Av tabell 2:1 framgår att över hälften av de brytvärda tillgångarna finns i Nord- och Sydamerika.

Tabell 2:1 Världens kopparreserver, Mt

Region	Totala reserver ¹	Ekonomiskt utvinnbara reserver ¹
Nordamerika		
USA	90	57
Kanada	23	17
Mexiko	23	17
Övriga	15	1
Summa Nordamerika	150	90
Sydamerika		
Chile	97	79
Peru	32	12
Övriga	12	3
Summa Sydamerika	140	95
Europa inkl. Sovjetunionen	70	50
Afrika		
Zaire	30	26
Zambia	34	30
Övriga	7	4
Summa Afrika	70	60
Asien		
Filippinerna	18	12
Övriga	19	14
Summa Asien	35	25
Oceanien		
Australien	16	8
Papua Nya Guinea	14	6
Övriga	4	1
Summa Oceanien	35	15
Totalt världen	500	340
Nordamerika	150	90
Sydamerika	140	95
Europa	70	50
Afrika	70	60
Asien	35	25
Oceanien	35	15
	500	340

¹ Summeringarna är avrundade

Källa: USBM

1.3 Sveriges tillgångar

De upptäckta brytvärda tillgångarna i Sverige uppskattas innehålla ca 2 miljoner ton kopparmetall. De finns uteslutande i sulfidfyndigheter i form av kopparkis. Fyndigheterna är koncentrerade till Norrbottens län, Skelleftefältet och Bergslagen.

I Norrbottens län finns flera fyndigheter. De enda som bryts i dag är Aitik nära Gällivare och Viscaria utanför Kiruna. Aitikmalmen håller mycket låg kopparhalt, ca 0,4 %, och anses vara en av de fattigaste kopparmalmerna som bryts i världen. Den är mycket stor; det totala kopparinnehållet uppskattas till ca 700 000 ton. Den under 1970-talet upptäckta Viscariamalmen har en kopparhalt på ca 1–2 %.

I fjällkedjan finns några kopparfyndigheter, av vilka den viktigaste är Stekenjokk, där brytningen inleddes år 1976. Stekenjokkmalmens storlek bedömdes då vara ca 15 miljoner ton malm med 1,5 % koppar och 3 % zink. Av denna var dock bara ca 8 miljoner ton brytvärd malm. Stekenjokkgruvan lades ned under 1988.

I Skelleftefältet finns ett stort antal kopparfyndigheter. Ett tiotal gruvor producerar kopparmalm. De viktigaste av dessa (vad beträffar kopparproduktionen) är Kristineberg, Rävliiden och Långsele.

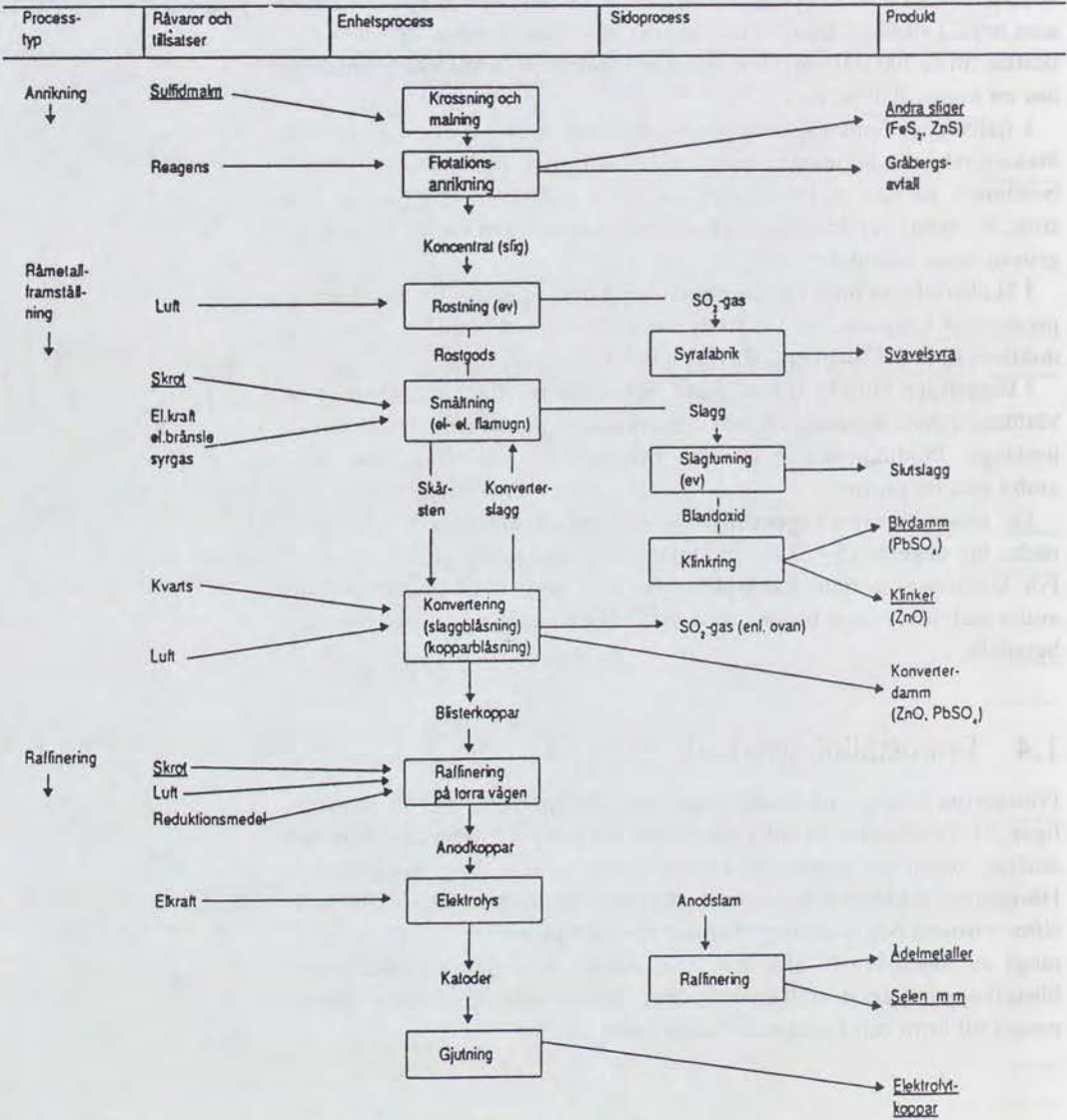
I Bergslagen finns bl.a. Falu gruva, som ända till slutet av 1800-talet var världens största koppargruva och den gruva som producerat mest under sin livslängd. Produktionen är numera mycket liten. Härutöver finns några andra mindre gruvor.

De totala svenska koppartillgångarna upptäckta och brytvärda skulle räcka för ungefär 15–20 års produktion vid nuvarande produktionsnivå. För kopparn som finns i komplexmalmen är dock tillgångssituationen för andra metaller, främst bly och zink, viktig. Den andelen har dock minskat i betydelse.

1.4 Framställningsteknik

Principerna för kopparframställning ur sulfidmalm framgår av flytschemat i figur 2:1. Processerna är olika för sulfidmalm och oxidmalm. Sulfidmalmen anrikas, sedan den genomgått krossning och finmalning, genom flotation. Härigenom erhålls ett koncentrat, slig, med en kopparhalt på 20–40 %. Efter rostning och smältning eller direktsmältning med syrgas (flash-smältning) av sligen erhålls skärsten (eng: matte), som därefter oxideras till blisterkoppar (råkoppar) i en konverter. Blisterkopparn raffineras och anpassas till form och kvalitet till marknadens behov.

Figur 2:1 Huvuddragen av kopparframställning ur sulfidmalm. Handelsvaror märkeras genom understrykning.



Källa: K. Tekniska Högskolan; Processmetallurgi

Sedan syrehalten sänkts genom reduktion (polning) gjuts kopparn till plattor (anoder). Genom elektrolys rensas kopparn ytterligare. I detta processsteg avskiljs också ädelmetaller, dvs. guld och silver. De katoder som framställs vid elektrolysen kan antingen säljas direkt eller gjutas till ämnen, vanligen tråddämnar (s.k. wire bars). På senare år har det blivit allt vanligare att man slopar steget över tråddämnarna och i stället antingen säljer katoder eller smälter ned dessa och producerar valstråd direkt för avsalu.

Energiåtgången vid kopparframställning är givetvis beroende av malmens insitu halt. Ett "normal"värde om 12 000 kWh/ton kan dock användas. Av dessa utgörs gruvbrytnings- och anrikningsdelen av omkring 8 000 kWh och smältning och raffinering av ca 4 000 kWh. Oxidmalmen behandlas, sedan de krossats, i en lakning med syror. Därefter sker utfällning genom elektrolytisk reduktion som till resultat ger katoder av liknande slag som de som erhålls när utgångsmaterialet är sulfidmalmer.

1.5 Användningsområden

Det mest betydande användningsområdet för koppar finns inom den elektriska industrin. Mellan en tredjedel och hälften av konsumtionen förbrukas i någon form i denna sektor. Dess andel har dock minskat något till följd av fiberoptikens intåg inom telekommunikationsområdet och att viss substitution av aluminium skett speciellt inom högspänningsöverföringen. Koppars elledande förmåga är dock överlägsen och något ordentligt hot finns endast av silver. En vidare användning av silver kan dock till följd av dess betydligt högre pris inte förväntas.

Det näst största användningsområdet finns inom byggnadssektorn, där den huvudsakliga applikationen är kopparrör för vattenförsörjning och distribution, centralvärmeanläggningar, varmvattenberedare, hushållsmaskiner samt för takplåt.

Här skall dock påpekas att viss statistik kan vara svårtydbar, ty elektriska hushållsmaskiner kan vara klassade som elindustriprodukter men förbrukas inom byggnadssektorn.

Det andra viktiga användningsområdet är transportsektorn, där bilindustrin är en stor förbrukare, bl.a. bilkylare.

Den marina sektorn har ökat markant i betydelse under de senaste åren. Koppars formbarhet, korrosionsbeständighet och som additiv i båtfärger, som förhindrar alg tillväxt, är egenskaper av betydelse. Off-shore-industrins utveckling under 1970- och 1980-talen har också öppnat nya användningsområden för koppar.

Koppars legerad med zink, nickel och tenn till mässing, monel och brons resp. kommer till användning inom ett stort antal områden.

1.6 Konsumtion

Världens totala konsumtion av koppar uppgick år 1985 till 9,7 miljoner ton, varav 7,4 miljoner ton i västvärlden. Konsumtionens fördelning framgår av tabell 2:2. En stagnation kan här förmärkas mellan åren 1980 och 1985. Här är det endast Sydkorea som mer än fördubblat sin konsumtion.

Tabell 2:2 Världskonsumtionen, kt raffinerad koppar

Region	1975	1980	1985
USA	1 397	1 868	1 976
Japan	827	1 158	1 231
Västtyskland	635	748	754
Frankrike	365	433	398
Italien	290	388	362
Storbritannien	451	409	347
Belgien	177	304	310
Sydkorea	28	84	207
Brasilien	155	246	197
Sverige	94	105	110
Övriga västvärlden	1 019	1 358	1 477
Summa västvärlden	5 438	7 101	7 369
Sovjetunionen	1 220	1 300	1 305
Kina	315	386	446
Polen	153	211	205
Östtyskland	112	123	122
Övriga planekonomier	220	253	257
Summa planekonomierna	2 020	2 273	2 334
Summa totalt	7 458	9 375	9 705

Källa: WBMS

1.7 Produktion

Fördelningen av gruvproduktionen av koppar på olika länder framgår av tabell 2:3. Den svenska gruvproduktionen framgår av tabell 2:3 a.

Tabell 2:3 Världens gruvproduktion av koppar, kt kopparinnehåll

Region	1975	1980	1985
Chile	828	1 068	1 356
USA	1 282	1 181	1 106
Kanada	734	716	739
Zambia	677	596	511
Zaire	495	460	502
Peru	181	367	391
Australien	219	244	260
Filippinerna	226	304	222
Sydafrika	179	212	204
Mexico	78	175	179
Papua Nya Guinea	173	147	175
Sverige	41	43	92
Övriga västvärlden	609	529	708
Summa västvärlden	5 722	6 042	6 445
Sovjetunionen	1 100	980	1 030
Polen	230	343	432
Kina	155	177	200
Mongoliet	-	44	136
Övriga planekonomier	139	128	148
Summa planekonomierna	1 624	1 672	1 946
Summa totalt	7 346	7 714	8 391

Källa: WBMS

Tabell 2:3 a Svenska kopparproducerande gruvor

Gruva	Produktion, kt 1978
Viscaria	25,0
Aitik	38,8
Enåsen	0,5
Renström	0,9
Långsele	1,6
Långdal	0,2
Udden	0,9
Holmtjärn	0,2
Näsliden	2,1
Kristineberg	2,7
Rävlidmyran	1,8
Stekenjokk	7,9
Saxberget	0,8
Garpenberg	0,4
Garpenberg Norra	0,1
Falu Gruva	0,7
	84,6

USAs produktion fortsätter att minska, medan länder såsom Chile, Peru och Mexico kraftigt ökat sin produktion. Världens produktion av oraffinerad koppar (blisterkoppar) framgår av tabell 2:4. Även här visar USA en minskning och Chile, Peru kraftig ökning. En ny producent här är Filippinerna. Bland planekonomierna visar Polen den största ökningen.

Tabell 2:4 Världens produktion av oraffinerad blisterkoppar, kt

Region	1975	1980	1985
USA	1 358	1 053	1 193
Chile	724	953	1 089
Japan	821	929	933
Zambia	659	601	544
Kanada	496	493	480
Zaire	402	426	472
Peru	161	349	354
Västtyskland	225	258	247
Australien	183	182	175
Sydafrika	167	186	168
Filippinerna	-	-	134
Sverige	57	56	101
Övriga västvärlden	635	661	1 026
Summa västvärlden	5 888	6 147	6 916
Sovjetunionen	1 100	1 130	1 140
Polen	230	367	380
Kina + övriga Asien	178	198	275
Övriga planekonomier	135	133	143
Summa planekonomierna	1 643	1 828	1 938
Summa totalt	7 531	7 975	8 854

Källa: WBMS

Raffinadkopparproduktionen framgår av tabell 2:5. Bilden här är densamma som för blisterkoppar.

Tabell 2:5 Världens produktion av raffinerad koppar, kt

Region	1975	1980	1985
USA	1 610	1 686	1 436
Japan	819	1 014	936
Chile	535	811	884
Zambia	629	607	510
Kanada	529	505	500
Västtyskland	422	374	414
Belgien	332	374	413
Zaire	226	144	227
Peru	54	230	227
Australien	192	182	194
Spanien	130	154	152
Sydkorea	22	79	150
Sydafrika	88	148	145
Filippinerna	-	-	130
Sverige	57	56	65
Övriga västvärlden	618	672	920
Summa västvärlden	6 263	7 036	7 303
Sovjetunionen	1 400	1 450	1 400
Polen	249	357	387
Kina	248	318	358
Övriga planekonomier	184	92	248
Summa planekonomierna	2 081	2 217	2 393
Summa totalt	8 344	9 253	9 696

Källa: WBMS

Den generella trenden har varit att den industrialiserade världen i reala ton räknat ligger kvar på samma blister- och raffinadproduktion eller minskat något, medan utvecklingsländerna, som har råvaruresurserna, i högre grad integrerat framåt och har byggt ut sin smältnings- och raffineringskapacitet.

År 1985 utgjorde sekundärproduktionen ca 1,1 Mt eller ca 15 % av västvärldens raffinadproduktion om 7,3 Mt. Sekundärmaterialet kommer huvudsakligen från el- och elektronikskrot, bilkyllare, slagg från metallbearbetningsverk, hushållsapparater och telefoner m.m.

Energiåtgången vid framställning av koppar ur skrot är ca 1 500 KWh/ton.

Ytterligare ca 2,6 Mt koppar cirkulerade år 1985 i form av skrot som inte omsmälts och raffinerats. Sådant skrot karaktäriseras av att det återanvänds i den form som det ursprungligen framställts i, som exempelvis mässing.

Sveriges produktion av raffinerad sekundärkoppar utgjorde år 1985 ca 26 kt.

I Sverige råder f.n. exportförbud på skrot.

1.7.1 Presentation av större gruvor

En sammanställning framgår av tabell 2:3 b.

Tabell 2:3 b Presentation av större gruvor

Land	Gruva	Företag	Prod 1986 kt
Afrika			
Sydafrika	Palabora	Palabora	116
Zambia	Nchanga	ZCCM	260
	Mufulira	ZCCM	80
Oceanien			
Australien	Mount Isa	Mount Isa Mining	159
Papua Nya Guinea	Bougainville	Bougainville Copper	173
Asien			
Indonesien	Ertzberg	Freeport	97
Filippinerna	Sipalay	Maricalum Mining	41
	Cebu	Atlas Consolidated	70
Europa			
Sverige	Aitik	Boliden	38
Jugoslavien	Majdanpek	RTB Bor	50
Sydamerika			
Brasilien	Jaguarari	Caraiba	30
Chile	Andina	Codelco	112
	Chuquicamata	Codelco	548
	El Salvador	Codelco	95
	El Teniente	Codelco	380
	Manatos Blancos	Mantos Blancos	79
Mexico	Cananea	Cananea	60
	La Caridad	Mexicana de Cobre	132
Peru	Cuajone	SPCC	138
	Toquepala	SPCC	107
	Tintaya	Tintaya	48
Nordamerika			
Kanada	Timmins Kidd Creek	Falconbridge	109
	Island Copper	Utah Mines	56
	Lornex	Highland Valley	95
USA	Ray	Asarco	88
	Bagdad	Cyprus Minerals	76
	Sierrita/Esp	Cyprus Minerals	78
	Pinto Valley	Magma Copper	81
	San Manuel	Magma Copper	96
	Chino	Phelps Dodge	104
	Morenci/Metcalf	Phelps Dodge	253
	Tyrone	Phelps Dodge	144

1.8 Handel

Kopparråvarorna, vilka är föremål för handel, är slig, råkoppar (blister) och raffinerad metall. Handelsmönstret är olika för de olika produkterna.

Av tabell 2:6 framgår handel med koncentrat. De huvudsakliga exportörerna är Kanada, Chile och Papua-Nya Guinea. Mexico är relativt ny som exportör. Filippinerna däremot, som tidigare varit en av de större ex-

portörerna, har minskat sin export kraftigt, sedan landet fått egen smältverkskapacitet.

Tabell 2:6 Internationella handelsströmmar, koppar i slig, kt

Land	1975	1980	1985
<i>Export</i>			
Kanada	315	286	320
Chile	104	125	266
Papua Nya Guinea	170	142	169
USA	8	106	116
Mexiko	-	74	109
Indonesien	61	59	87
Australien	47	56	85
Övriga	158	176	220
Totalt	1 073	1 325	1 459
<i>Import</i>			
Japan	730	838	878
Sydkorea	7	71	107
Västtyskland	166	145	152
Kanada	-	-	76
Spanien	29	51	42
Sverige	17	16	25
USA	67	28	18
Övriga	43	68	139
Totalt	1 059	1 217	1 437

Källa: WBMS

Av importländerna svarar Japan för över hälften av den totala mängden. Japan, som har en mycket utvecklad industri, saknar egna inhemska tillgångar och kommer sannolikt att behålla sin ställning som den ledande importören. Miljökrav och höga arbetskraftskostnader kan tvinga japanska smältverk att stänga.

Av nya länder som sligimportörer märks här Sydkorea.

Handeln med blisterkoppar domineras bland exportörerna av utvecklingsländerna med egna råvarutillgångar, som tidigt anlade vidareförädlingssteg i landet, tabell 2:7. De dominerande exportörerna är Zaire, Chile och Peru. Importörerna är i huvudsak de stora västeuropeiska industrinationerna, Belgien, Västtyskland och Storbritannien.

Tabell 2:7 Internationella handelsströmmar, oraffinerad koppar, kt

Land	1975	1980	1985
<i>Export</i>			
Zaire	240	273	236
Chile	180	151	190
Peru	88	126	127
Namibia	40	41	49
Sydafrika	62	41	21
Sverige	1	1	39
Övriga	119	92	75
Summa	730	725	737
<i>Import</i>			
Belgien	215	190	216
Västtyskland	120	52	78
Storbritannien	83	75	65
Japan	40	62	34
Sydkorea	-	-	33
USA	79	48	29
Övriga	92	89	100
Summa	629	516	555

Källa: WBMS

Handeln med raffinerad koppar, som framgår av tabell 2:8, domineras av exportörer såsom Chile, Zambia, Kanada, Zaire och Belgien. Kraftiga ökningar har här skett i Peru och Filippinerna.

Tabell 2:8 Internationella handelsströmmar, raffinerad koppar, kt

Land	1975	1980	1985
<i>Export</i>			
Chile	504	769	892
Zambia	616	614	505
Kanada	320	335	277
Zaire	224	154	226
Belgien	249	299	207
Peru	37	209	183
Filippinerna	-	-	130
Sydafrika	38	58	75
Australien	92	51	72
Spanien	17	60	69
Västtyskland	97	76	68
Japan	22	206	51
Sverige	19	18	12
Övriga	273	151	172
Totalt	2 508	3 000	2 939
<i>Import</i>			
Västtyskland	405	452	442
USA	132	458	381
Japan	168	228	356
Kina	113	128	356
Italien	282	373	333
Frankrike	350	413	325
Storbritannien	369	271	248
Belgien	188	317	200
Brasilien	126	206	78
Taiwan	18	65	46
Sverige	68	72	59
Övriga	227	232	286
Totalt	2 446	3 217	3 110

Källa: WBMS

Importörerna finns här i huvudsak också bland västvärldens industriländer, noterbart är ökningen för USA och Japan. I USA har en del smältverk stängts på grund av miljöskäl och konsumtionen har därför fått täckas upp av inköp av raffinerad koppar. Japans raffinadimport ökar samtidigt som dess sligimport också ökat.

Handeln med öststaterna utgjordes år 1987

- av en nettoexport till öst om ca 70 kt koppar i slig
- av en nettoexport till öst om ca 20 kt blisterkoppar
- av en nettoimport till väst om ca 110 kt raffinerad koppar.

Handeln med koncentrat har visat en svag ökning under 1980-talet, medan handeln med blister minskat. Den kraftigaste svängningen har skett

inom handeln med raffinerad koppar.

Handeln med öststaterna är svårförutsägbar och betingas ofta av nettoförsäljningar under katastrofår för att på så sätt erhålla utländsk valuta.

Statistikuppgifter på produktion och konsumtion är inte lättillgängliga, varför någon prognos för framtida handel är svår att göra.

Det är dock rimligt att anta att en viss infrastrukturuppbyggnad kommer att leda till en ökande konsumtion i öst. Gruvutbyggnader i Kina framför allt kan medföra en snabbare utveckling av produktionen än konsumtionen. För den närmaste tiden förutses inte någon nämnvärd ändring av öst/västbalansen.

Sverige är en nettoimportör av koppar. Beroendet har dock minskat i takt med att Aitikgruvan byggts ut och Viscaria tagits i produktion.

Importen och exporten av sliger är nästan lika stor och sammanhänger med kvalitetsolikheter i sligerna och hur de passar till de olika smältverken.

Sveriges balans framgår separat av tabell 2:9, och handeln med de nordiska länderna av tabell 2:10.

Tabell 2:9 Sveriges balans, kt

	1975	1980	1985
<i>Produktion</i>			
Kopparinnehåll i slig	41	43	91
Bliester- och anodkoppar	57	57	101
från malm (primärt)	41	46	74
från skrot (sekundärt)	16	11	26
Raffinerad koppar	57	56	65
<i>Import</i>			
Koncentrat (kt i slig)	56	47	106
Koppar matte	7	8	5
Raffinerad koppar	69	72	57
Legeringar	6	4	3
Skrot inkl. legeringsskrot	8	5	20
<i>Export</i>			
Koncentrat (kt i slig)	10	7	109
Bliester- och anodkoppar	1	1	38
Raffinerad koppar	19	18	12
Legeringar	3	2	3
Skrot inkl. legeringsskrot	1	2	4
<i>Konsumtion</i>	94	105	110

Kt kopparinnehåll där inte annat anges

Källa: MG, Metallstatistik

Tabell 2:10 Sveriges handel med övriga nordiska länder

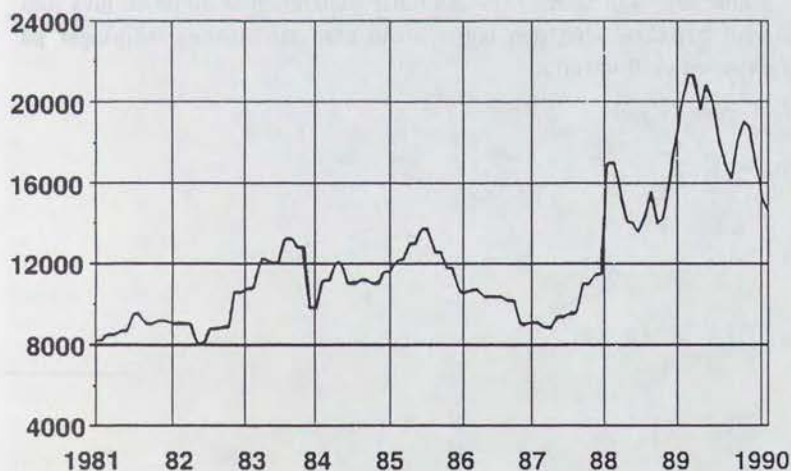
Sveriges import 1985		Totalt	57 800
Raffinerad koppar	från	Norge	5 900
		Danmark	-
		Finland	3 009
Sveriges export 1985		Totalt	12 700
Raffinerad koppar	till	Norge	632
		Danmark	-
		Finland	1 882
Import kopparkoncentrat 1985		Totalt	106 000
	från	Norge	22 570
		Danmark	-
		Finland	-
Export kopparkoncentrat 1985		Totalt	109 000
	till	Norge	2 050
		Danmark	-
		Finland	57 000

Källa: MG, Metallstatistik

1.9 Priser, prissättning

Koppar kostade i slutet av år 1988 ca 22 000 kr per ton. Det absolut sett högsta priset någonsin. Prisutvecklingen under 1980-talet framgår av figur 2:2.

Figur 2:2 Koppar LME



I de flesta avtal om kopparleveranser är priset knutet till prisnoteringarna på LME. Även om bara en mindre del av världshandeln fysiskt passerar LME är LME-priset ändå normgivande.

På de inhemska marknaderna i USA och Canada förekommer dock s.k. producentpris, vilka fastställs av de dominerande företagen. Detta går oftast till så att en av producenterna tar initiativ till en prisändring och att de andra därefter justerar sina priser. Härigenom etableras en gemensam prisnivå. Under normala förhållanden följer producentpriset i USA ganska väl prisutvecklingen på LME. Följden skulle annars bli en omfattande transatlantisk handel med koppar, som skulle utjämna prisskillnaderna.

De viktigaste orsakerna till de betydande prisfluktuationerna är variationer i efterfrågan. Eftersom koppar används mest i investeringsvaror, dvs. maskiner och byggnader, samt i "tunga" konsumtionsvaror, t.ex. bilar och hushållskapitalvaror, kan efterfrågan variera ganska kraftigt från år till år. Strejker och andra händelser, t.ex. avbrott på transportleder, som leder till produktionsbortfall, har också tidvis lett till stora prishöjningar.

Eftersom det i stort sett inte förekommer några långtidskontrakt med fasta priser (undantaget är handeln mellan Comecons medlemsländer), och priset fastställs varje dag på LME, uppstår dessutom betydande kortsiktiga variationer. Härutöver förekommer ett visst mått av spekulation på LME, vilket har betydelse framför allt i tider med hög efterfrågan. Priset kan då stiga mycket snabbt. Prisvariationerna förstärks dessutom av att LME är en residualmarknad, där säljare kan göra sig av med överskott utöver kontrakterad produktion och köpare kan täcka oplanerade behov.

Lagersituationen brukar vara en viktig prisindikator. De totala kopparlagren i världen uppgick år 1983 till ca 2,1 Mt och hade till år 1988 sjunkit till en nivå om ca 700 kt motsvarande fem veckors konsumtion. Lagerrationaliseringarna har i huvudsak under denna tid skett hos producenter och konsumenter, men även LME-lagren har sjunkit och är nu på en nivå som allmänt betraktas som den lägsta nivån utan att menliga störningar på marknaden skall inträffa.

1.10 Ägarstruktur

Ägarstrukturen framgår av tabell 2:11.

Tabell 2:11 Ägarstruktur januari 1988

Land	Företag	Ägare
Afrika	Namibia	Tsumeb
	Sydafrika	Palabora
		O'kiep
	Zambia	ZCCM
Oceanien	Zaire	Gecamines
	Australien	Mount Isa
		Mount Isa Mines Holdings
	Papua Nya Guinea	Staten/CRA/Privat
Asien	Indien	Hindustan Copper
	Indonesien	Freeport
	Filippinerna	Atlas Consolidated
Europa	Sverige	Boliden
	Spanien	Apirsa
		Rio Tinto Minera
	Jugoslavien	RTB Bor
Latinamerika	Brasilien	Caraiba Metais
	Chile	Codelco
		Enami
		Disputada
		Mantos Blancos
	Mexiko	Com de Cananea
		Mexicana de Cobre
	Peru	SPCC
		Centromin
		Staten
Nordamerika	Kanada	Highland Valley
		Hudson Bay
		INCO
		Kidd Creek
		Utah International
		Noranda
	USA	Asarco
		Chino Mines
		Cyprus Minerals
		Magma Copper
		Phelps Dodge
		Washington Corp
		Kennecott
		Standard Oil
		Cominco/Lornex/Tech
		Inspiration Resources
		Falconbridge
		Broken Hill Property
		Noranda
		Asarco
		PD/MC Minerals
		Cyprus Minerals
		Magma Copper/
		Newmont
		Phelps Dodge
		Washington Corp
		Standard Oil

1.11 Konkurrerande råvaror/material

Kopparn kan ersättas av aluminium i flera tillämpningar, där dess elektriska ledningsförmåga har betydelse. Inom högspänningsområdet har en sådan substitution i stort genomförts. Av tekniska skäl är det dock svårt att ersätta kopparn i ledningar med klenare dimensioner som t.ex. i bilar, maskiner och bostäder. Vid de nuvarande prisrelationerna, där aluminium och koppar i det närmaste betingar samma pris, sker dock ingen övergång till aluminium.

Inom telekommunikationen har fiberoptiken i stora delar ersatt kopparledningarna vid signalöverföring mellan huvudteleväxlarna. Distributionsnätet vidare till hushållen har fortfarande kopparledningar och en ersättning där är inte lika givne.

Inom transportmedelsindustrin används koppar främst i elektriska system och i bilradiatorer. Medan det är tämligen svårt att ersätta kopparn i det elektriska systemet i bilar, har en övergång till aluminium som material i radiatorer till stora delar redan skett. Orsaken till detta har varit den ogynnsamma prisrelationen under mitten av 1970-talet och viljan från bilindustrin att minska vikten. Vid nuvarande priset förhållande har dock denna utveckling hejats. Skulle denna prisrelation bestå kan en reverserad substitution komma till stånd på sikt. En ytterligare bidragande orsak till att kopparn kan konkurrera med aluminium i bilkyllare är det utvecklingsarbete, som utförs vid Gränges Metallverken i avsikt att minska radiatorvikten genom produktion av tunna kopparband och en ny fogningsteknik.

Inom byggnadsindustrin används koppar framför allt för vattenledningar. Ett visst intrång på den marknaden har gjorts av plaströr. Det har emellertid visat sig att plasterna inte haft riktigt god åldringsbeständighet och sålunda har en viss reverserad substitution förmärkts. Kopparn har vidare en bakteriedödande effekt till skillnad från plasten.

Som takbeklädnad har kopparn en mera utsatt position, där ett stort antal alternativa material existerar. Prisfrågan här är av avgörande betydelse, även om affektionsvärdet alltid kommer att hålla en viss konsumtion vid liv.

1.12 Forskning, utveckling, internationellt samarbete

Chile, Peru, Zaire och Zambia bildade år 1967 Conseil Intergouvernemental de Pays Exporteur de Cuivre (CIPEC) i syfte att förbättra prisstabiliteten och uppnå högre priser på koppar. Organisationen existerar fortfarande och har utökats med ett antal nya medlemmar och associerade medlemmar. Dess betydelse har dock minskat i att den inte på ett märkbart sätt kunnat bidra till stabilisering av kopparpriset. Svårigheterna synes bero på att man inom konstellationen inte kan uppnå enighet. Flera CIPEC-länder agerar i dag självständigt och detta försvagar CIPEC's roll. CIPEC har sitt säte i Paris.

Inom UNCTAD pågår sedan en längre tid diskussioner om bildandet av en s.k. "studiegrupp för koppar", vars uppgift skulle vara av samma slag som den existerande motsvarigheten inom bly och zink. Av CIPEC-länderna verkar i dag Chile vara den som har de största förväntningarna på UNCTAD.

År 1959 bildades INCRA, International Copper Research Association, av ett antal producenter. Detta var ett uttryck för flera av producenternas vilja att markera sitt intresse för att vidareutveckla och utöka användningen av koppar. Genom den långa kedjan av mellanhänder från producent till konsument och där producenterna producerar koppar och konsumenterna köper en funktion, där koppar ingår i varierande former, är det producenterna som i första hand har intresse att följa hela ledet av kopparn i kedjan till den slutliga produkten. Mellanleden kan i flera fall ändra produktions- och materialval och är således inte lika beroende av koppar.

INCRA:s arbete utförs på global basis och de medverkande producenterna betalar i proportion till sin kopparproduktion. INCRA:s uppgift är att

1. utveckla nya teknologier, produkter och processer, som kan skapa nya användningsområden för koppar,
2. förbättra befintlig teknologi i avsikt att förstärka kopparns position i förhållande till substitut,
3. utveckla och anamma grundläggande vetenskapliga kunskaper, som kan användas i slutmarknaden för kopparprodukter och processer.

INCRA:s administrativa säte är i New York. Ett lokalt Europakontor finns i London. Inom de olika regionerna i världen finns ett antal lokala Market Development Associations, MDA-s. Deras uppgift är att marknadsföra idéer från bl.a. INCRA och verka för att dessa får en användning, samt i övrigt vara en sammanhållande instans för marknadsinformation inom regionen. Dessa organ kan också utföra lokala kampanjer. I början av 1989 omorganiserades INCRA och bytte namn till ICA, International Copper Association.

Under mitten av 1980-talet genomfördes en "Copper Image Campaign" stödd av producenter med intresse och försäljning på Europamarknaden. Kampanjen utfördes som en annonskampanj i England, Tyskland, Frankrike och Italien och hade till syfte att öka allmänhetens och i synnerhet beslutsfattarnas allmänna kunskaper om koppar. Kampanjen finansierades av ett femtontal större producenter.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

2.1 Kopparindustrins utveckling

Konsumtionen av koppar i världen steg oavbrutet fram t.o.m. år 1979. Därefter skedde en kraftig avvikelse från expansionstakten; konsumtionen minskade under några år för att år 1986 åter komma upp till 1979-års nivå.

Prognoserna, som utfördes under mitten och slutet av 1970-talet, indikerade en fortsatt konsumtionstillväxt med samma styrka som tidigare (ca 5 % per år). Dessa prognoser angav konsumtionen år 1985 till ca 13 miljoner ton. 1985 års utfall blev ca 9,7 miljoner ton (inkl. östblocket).

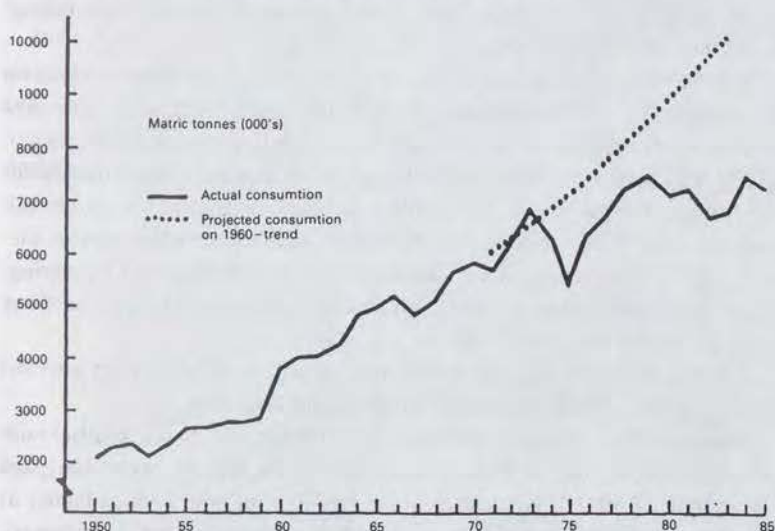
Orsakerna till det trendbrottet står att finna i det förändrade konsumtionsmönstret, som inträdde efter oljekriserna 1974 och 1978–79. Ekonomisering och energibesparing blev honnörsord.

Härtill skall läggas teknikgenombrott inom telekommunikationsområdet samt inträdet av plaster och kompositer på traditionella kopparmarknader.

Vissa regionala skillnader förekommer värda att notera. Under hela 1980-talet har konsumtionen i Europa, USA och Japan legat stilla, medan den har stigit något i övriga Asien. Taiwan och Syd-Korea är de länder som egentligen visar någon trendskillnad.

Det kraftiga trendbrottet, som till en början (1975) såg ut som en vanlig cyklisk nedgång, åtföljdes av en kraftig uppgång igen åren 1978–79. Ökningstakten var därvid så kraftig, att flera bedömare trodde att den tidigare projektkurvan skulle kunna nås relativt snart. När kurvan år 1980 åter pekade nedåt, stod det ganska klart att trendbrottet var ett faktum. Den tidigare oro, som funnits om att världens malmreserver inte skulle räcka till, var inte längre befogad. Av figur 2:3 framgår den prognostiserade konsumtionen och det verkliga utfallet för koppar.

Figur 2:3 Västvärldens kopparkonsumtion åren 1950–1985



Källa: John Tilton och MG, Metallstatistik

Före och under den kraftiga uppgången skedde betydande ägarförändringar inom gruvindustrin och speciellt inom den kopparproducerande delen. Oljebolagen, som genom de kraftiga prishöjningarna under andra hälften av 1970-talet hade accumulerat stora vinster, såg sig om efter alternativ till diversifiering och möjligheter till investeringar i företag med för-lustavdragsmöjligheter.

Deras tro att de kunde behärska mineralutvinning baserad på sin oljeutvinning, gjorde att ett stort antal oljebolag världen över engagerade sig i mineralindustrin. Stora finansiella resurser kom härvid mineralindustrin till godo.

2.2 Konsekvenser för kopparindustrin

Den kontinuerliga konsumtionstillväxten fram t.o.m. år 1979 hade skapat en situation för producenterna, där en ständigt ökande produktion var nödvändig för att möta efterfrågan. Priset på koppar bestämdes av den nytillkommande produktionens drifts- och kapitalkostnader. Med den expansiva utsikten pågick malmletning och utbyggnadsplanering utgående från denna prnivå.

I och med att ökningen i konsumtionen upphörde, fr.o.m. år 1979, och sedan höll sig på samma nivå flera år, uppstod en överkapacitet i det att produktionskapacitet fanns latent i ett antal olika utbyggnadsprojekt. Den utvecklingen kunde pågå några år innan industrin blev varse trendbrottet. Under denna tid hann ett betydande överskott i produktionskapaciteten uppstå.

Av detta följer naturligtvis, att all planering i industrin var inriktad med

en långsiktig prisnivå, som kunde täcka drifts- och kapitalkostnader för varje nyetablering. Sålunda skedde också prospektering efter nya fyndigheter med denna riktpunkt.

Betydande insatser gjordes också av de oljebolag, som nyligen förvärvat mineralföretag – och hade man inte förvärvat något bolag, så byggde man upp egna organisationer som började arbeta med mineralprospektering.

När det i början av 1980-talet stod klart, att de tidigare konsumtionsförutsägelserna inte gällde och att världens kopparkonsumtion väl kunde tillgodoses med existerande kapacitet, kunde kapitalkostnadselementet uteslutas ur de kostnader som var vägledande för prisbildningen. Elimineringen av kapitalkostnaden medförde att produktionskostnadskalkylerna sjönk med ca 20–25 cent per lb koppar.

Effekten av detta blev för länder med marknadsekonomier att ett stort antal projekt i utvecklingsstadiet kunde läggas i malpåse.

Enär kopparproduktionen domineras av länder, där de marknadsekonomiska krafterna inte är förhärskande, kunde en fortsatt expansion pågå oberoende av om full kostnadstäckning erhöles eller inte. Sådana länder är framför allt de afrikanska med statsägd kopparindustri eller de sydamerikanska statsägda industrierna och där konkurrenskraftsjusteringar kan utföras genom devalveringsåtgärder.

Samtidigt i början av 1980-talet följde en förstärkning av USA-dollar och även analogt en förstärkning av Canada-dollar.

Nämnda situation lade en särskild press på den amerikanska kopparindustrin, som i början av 1980-talet hade driftskostnader i storleksordningen 80 cent per lb.

Under åren 1983–1985 pågick en omfattande rationaliseringsprocess inom den amerikanska koppargruvindustrin. Stora ingrepp gjordes i bl.a. gråbergsbrytning, ingående halter och bemanningsplaner. Lönerna omförhandlades, varvid baslönenivån sänktes kraftigt, COLA (cost of living adjustment), en slags indexuppräkningsklausul, togs bort. I gengäld infördes ett bonussystem, som skulle utfalla därest priserna på koppar åter skulle stiga.

Teknologiska landvinningar inom lakningstekniken öppnade nya möjligheter att billigt utvinna koppar. Metoden lämpar sig väl i ökentrakter och några producenter i USA och Australien har kunnat nyttja sig av den tekniken.

Resultaten av dessa rationaliseringar och teknikförändringar medförde att produktionskostnaderna i USA kunde sänkas med upp till ca 20 cent per lb, och i vissa fall med ännu mer. Huvuddelen av USAs produktion kommer sålunda i dag fram till en kostnad kring 50–60 cent per lb.

USAs kopparindustri gjorde under början av 1980-talet aggressiva försök att förmå den amerikanska staten att införa någon form av protektionistiska åtgärder, allt i akt och mening att försöka försvara den inhemska produktionen. Reagan-administrationen lät sig dock aldrig övertalas. Situationen i Sverige var lik den i övriga Europa. Värdet av den starka USA-dollar medförde att priserna i USD-prissatta råvaror var låga men höga i europeis-

ka valutor, och svenska kronor i synnerhet efter den kraftiga devalveringen hösten 1982.

Den sedan år 1985 fallande dollarkursen har emellertid medfört, att även den svenska kopparindustrin fått erfara effekterna av rationaliseringar i de prisdominerande länderna och att en bibehållen konkurrenskraft endast har kunnat åstadkommas genom rationaliseringar och sänkningar av driftskostnaderna.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Internationella prognoser och kommentarer till dessa

3.1.1 Generellt

Följderna efter den dramatiska nedgången på världens börser i oktober 1987 har inte blivit så dramatiska som flera befarat. Dock kan förmärkas en viss avmattning och därefter en måttligare ökningstakt i OECD-länderna. Det är framför allt osäkerheten, som lett till att flera länder har justerat sina siffror vad beträffar GNP-tillväxten. Framför allt USA räknar med en GNP-tillväxt på 1–2 % under början av 1990-talet, för att sedan återkomma till en nivå av ca 2,5 à 3,5 %. Japan och Västtyskland beräknar dock få en jämnare utveckling och beräknar tillväxten till ca 3 resp. 2 % per år.

Problemen för USA accentueras ytterligare av de stora underskotten i bytesbalansen. De åtgärder som måste vidtas för att minska denna, kommer sannolikt att pressa räntorna uppåt och vara inflationsdrivande, varför en allmän lägre tillväxt i början av 1990-talet kan förutses. Andra halvan av 1990-talet beräknas åter en ökning i tillväxttakten.

Den lägre tillväxttakten i USA får effekter i flera länder, speciellt i Europa och Canada. Japan beräknas dock kunna vidmakthålla sin position, då den inhemska efterfrågan beräknas vara stark under hela perioden.

Oljepriset beräknas inte kunna stiga dramatiskt, varför en måttlig inflation kan generellt förutses i OECD-länderna.

3.1.2 Konsumtion

Västvärldens konsumtion uppgick år 1987 till strax under 8 miljoner ton. Fram till mitten av 1990-talet väntas denna endast stiga med 0–1 % per år.

Härav svarar Nordamerika och Australien med en nedgång av ca 0,5 %. Endast Asien och Sydamerika förutser en väsentlig ökning, ca 2 resp. 1,5 %.

Kopparn, som är ett moget material, har funnit sina applikationer i den industrialiserade delen av världen. I denna del har sedan en tid en ekonomisering skett, innebärande att den tekniska och ekonomiska utvecklingen medfört att en viss funktion kan klaras med en mindre råvaruinsats. Förbrukningen mätt i form av per capita minskar således. I regioner som Nordamerika och Europa, där inte någon större befolkningstillväxt sker,

erhålls sålunda en gradvis stagnerad eller t.o.m. avtagande konsumtion.

Avvikelser från denna trend kan endast ske om nya applikationsområden kan identifieras.

Omvänt gäller att, vid höga priser på koppar, substitution inträffar speciellt inom priskänsliga användningsområden.

Detta förmärktes speciellt inom takplåtsmarknaden i Italien, som under våren 1988 drabbades kraftigt. En fortsatt hög prisnivå kan komma att få menliga effekter på konsumtionen.

Inom områden, där substitution delvis redan skett, som t.ex. bilkylare, kan en oförmånlig prisrelation mellan koppar och aluminium endast påskynda processen.

Eftersom aluminium-, nickel- och plastpriserna under senare tid också stigit kraftigt, har koppars relation till dessa material inte försämrats. Kopparpriset kan således bestå på en hög nivå en tid utan att företag, som har möjlighet att välja material, föredrar ett alternativ – speciellt om det då är förenat med investeringar.

3.1.3 Trender hos slutförbrukare

Byggnadssektorn

Kopparkablar för elförsörjning i byggnader svarar för ca 15 % av hela kopparbehovet. Denna sektor har också ökat under senare år till följd av den ökade aktiviteten inom byggnadssektorn. Denna sektor har ännu inte nått sin mättnad, varför en viss ytterligare ökning är att vänta under 1990-talet. Substitutionshotet från aluminium är dock begränsat även vid ogynnsamt direktprisförhållande.

Rörinstallationer, uppvärmningssystem är ett annat viktigt område för koppar. Efterfrågan beräknas vara relativt stabil under 1990-talet. Den tidigare substitutionen av plaster har under senare år kunnat stävjas och t.o.m. en viss re-substitution har förekommit, till stor del på grund av att kopparn varit relativt billig och plaströren nu börjat visa en dålig åldringsbeständighet. Prisrelationen mellan koppar och plast kommer alltid att vara avgörande för materialvalet.

Den viktiga marknaden för varmvattenberedare och luftkonditioneringsanläggningar beräknas öka. Substitutionshotet är där ringa.

Marknaden för koppartak har vuxit kraftigt i Västtyskland och Italien, som ett resultat av promotionaktiviteter samtidigt med lågt pris på koppar. Substitution kan mycket lätt inträffa, då det finns ett stort antal material att välja på då det gäller takbeklädnad. Nuvarande höga priser har redan trängt ut koppar från vissa marknader.

Elektriska artiklar

Kopparanvändningen inom telekommunikationssektorn förutses falla ytterligare. Telenätet är utbyggt i den industrialiserade världen och anläggningar av nya linjer planeras med nyare tekniker, bl.a. fiberoptik. Det är i huvudsak långdistansöverföringen som kommer att ersättas med fiberoptik. Den stora mängd koppar, som dock finns i det lokala teledistributionsnätet, förblir dock i stort sett intakt.

Behovet av koppar i kraftkablar, transformatorer och generatorer kommer gradvis att minska, eftersom det nationella försörjningsnätet åtminstone i den industrialiserade världen är utbyggt.

Elektroniksektorn och övriga kontaktorer kan visa en viss ökning, men det kompenseras av tillverkarnas strävanden till kvalitetsförbättringar och miniatyrisering.

Den stora utvecklingspotentialen för kraftöverföring synes ligga i "supraleddare". Utvecklingen här är emellertid inte färdig och i det korta/medellånga perspektivet synes någon substitutionsrisk inte föreligga.

Transport

Inom bilindustrin förväntas konsumtionen av koppar minska i kylare, men minskningen kompenseras av en ökad användning av elektriska utrustningar i standardbilar, något som tidigare endast varit förbehållet lyxbilar.

I USA steg medelkvantiteten koppar i bilar med 35 % till 22 kg mellan åren 1980 och 1986. Av dessa svarade kylare för 5,7 kg år 1980 och 3,1 kg år 1986. Mängden koppar i elutrustningar steg under samma period från 4,4 kg till 9 kg. Denna trend väntas fortsätta, men multiplexingtekniken kommer på sikt att vända trenden.

3.1.4 Produktion

Nuvarande konsumtionsbehov har kunnat tillgodoses vid en prisnivå på koppar i spannet 65–75 cent per lb.

Beräkningar som US Bureau of Mines, USBM, utfört visar att produktion från nu i gång varande gruvor i marknadsekonomierna ger 4,5 miljoner ton per år till en kostnad, som är lägre än 65 cent per lb.

Den potentiella utvinningsbara metallmängden i marknadsekonomierna, som kan produceras till en kostnad lägre än 65 cent per lb, är ca 100 miljoner ton. Med 15 % förräntning av kapitalet är motsvarande kvantitet ca 85 miljoner ton.

En undersökning utförd av US Bureau of Mines, som omfattar 16 i produktion varande gruvor i USA, visar att det i dessa gruvor finns en potentiell metallmängd på ca 12 miljoner ton koppar i kostnadssegmentet 65–75 cent per lb.

Hittills under 1980-talet har den årliga ökningen av gruvproduktionen varit mycket låg. En anpassning till den låga konsumtionstillväxten har så

småningom skett.

För den omedelbara framtiden ser dock bilden annorlunda ut. Ett antal nya projekt, som varit under utveckling en tid, planerar sin produktionsstart under år 1988.

Ok Tedi i Papua Nya Guinea ökar till full kapacitet och Neves Corvo i Portugal och Olympic Dam i Australien börjar producera.

Härutöver finns ett antal planer på ökningar i befintliga anläggningar; Chuquicamata i Chile och ett flertal laktionsprojekt i USA.

Mot mitten av 1990-talet förutses en ny kraftig ökning av produktionen och då främst genom det planerade öppnandet av La Escondida i Chile.

I tabell 2:12 framgår några större nya projekt och väsentliga gruvutbyggnader.

Av tabell 2:13 framgår de gruvor, som under de närmaste åren sannolikt kommer att stängas på grund av att malmreserverna har sinat.

Tabell 2:12 Planerad ny gruvkapacitet

A. Nya projekt

Land	Företag	Projekt	Prod kap	Prod start
Australien	Roxby Services	Olympic Dam I	50	1988
		Olympic Dam II	150	1991
Portugal	Somincor	Neves Corvo	120	1988
Brasilien	CVRD	Solobo	40	1991
Chile	Min Escondida	La Escondida	300 (+)	1991?
Kanada	Minnova	Ansil	33	1988

B. Planerade utbyggnader av befintliga gruvor

Land	Företag	Projekt	Tillkommande kapacitet kton koppar	Prod start
Indonesien	Freeport	Ertberg	25	1991
Papau N G	Ok Tedi	Ok Tedi III	140	1988
Chile	Codelco	Chuquicamata	225	1989
Mexico	Cananea	Cananea	80	1987-89
USA	Asarco	Mission	25	1988
Kanada	Highland V	Highland Valley	55	1988-89

Tabell 2:13 Gruvor som sannolikt kommer att stängas till följd av uttömda malmreserver

Land	Företag	Gruva	Kapacitet kton	Förväntat stängnings- datum
Marocko	Somifer	El Bleida	16	1992
Sydafrika	Prieska	Prieska	25	1988
Filippinerna	Marcopper	Tapian	33	1989
Australien	Denehurst	Woodlawn	5	1990
Finland	Outokumpu	Keretti	8	1990
Sverige	Boliden	Stekenjokk	6	1988
Kanada	Afton Mines	Afton	20	1990
	Brenda Miners	Brenda	16	1989
	Equity Silver	Sam Goosly	10	1992
	Hudson Bay	Ruttan	32	1992
	Matabi Mines	Matabi	6	1989
	Minnova	Opemiska	14	1989
	Newmont	Similkamen	25	1990

Av bilagorna framgår det att den kapacitet som bortfaller i påtaglig grad har kommit från relativt små gruvor i de traditionella gruvdistrikten. Den nya kapaciteten däremot väntas komma från förhållandevis stora enheter och också med en viss geografisk förskjutning.

Andelen koppar från Afrika minskar, medan Oceanien ökar kraftigt. Sydamerika ökar också sin andel något. Tabellerna 2:14 och 2:15 illustrerar förskjutningarna.

Tabell 2:14 Regionala andelar av gruvproduktionen

Region	1987	%	Mitten	90-talet
	Mt		Mt	%
Afrika	1,25	19	1,18	16
Asien	0,54	8	0,56	8
Oceanien	0,41	6	0,62	9
Europa	0,28	4	0,31	4
Latinamerika	2,05	32	2,39	33
Nordamerika	1,95	30	2,19	30
Totalt världsliden	6,48	100	7,25	100

Källa: CRU

Tabell 2:15 Regionala andelar av raffinadproduktionen

Region	1987 Mt	%	Mitten Mt	90-talet %
Afrika	0,89	12	1,04	13
Asien	1,47	19	1,39	17
Oceanien	0,20	3	0,25	3
Europa	1,54	20	1,42	17
Latinamerika	1,42	19	1,67	21
Nordamerika	2,02	27	2,37	29
Totalt världsliden	7,55	100	8,14	100

Källa: CRU

Vad beträffar raffinadproduktionen beräknas två betydande regioner minska produktionen, Asien och Europa. I dessa regioner är lönekostnaderna höga och miljökraven också höga. Latinamerika ökar sin andel raffinerad koppar och något snabbare än gruvproduktionsökningen. Detta skall ses som en trend i en ökad integration framåt. Denna trend har varit synlig tidigare, men kommer under 1990-talet sannolikt att få sitt praktiska genomförande.

De mineralrika områdena i utvecklingsländerna kommer att vilja integrera framåt och efter att ha varit exportörer av mineralkoncentrat under en tid, kommer de att bygga ut sin smältverkskapacitet och bli exportörer av raffinerad koppar i stället.

Detta kommer att leda till en minskad handel med koncentrat. Ett scenario, som kommer att förstärkas av att "custom smelters" i den industrialiserade världen har sökt och kommer att söka joint venture-partners i de mineralrika utvecklingsländerna och på så sätt försäkra sig om råvaruleveranser.

I takt med att koncentrathandeln minskar kommer handeln med raffinerad koppar att öka, då de stora konsumentländerna fortfarande finns i den industrialiserade världen.

Länderna med de största utvinningsbara resurserna är Chile med 79 Mt och USA med 57.

De chilenska malmernas medelhalt är ca 1 % men är i avtagande. Resurserna räcker väl till att bygga ut kapaciteten, så att produktionsnivån skall kunna upprätthållas. De chilenska gruvorna har i allmänhet produktionskostnader omkring 40 cent per lb och bedöms kunna hävda sig väl, även om kopparpriset skulle gå ned till 60 c-nivån igen.

Produktionskostnaderna kan dock beräknas stiga, då materialet från gruvorna måste transporteras från allt större djup. Lönekostnaderna är låga och strejker kan inte uteslutas. Produktionskostnaden bedöms mot denna bakgrund kunna bli högre under 1990-talet. Det är dock troligt att kostnadsstegringen i den lokala valutan kommer att devalveras, så att ökning i USD inte kommer att bli märkbar.

USA var fram till år 1982 den ledande kopparproducenten i världen. Sedan dess har ett stort antal gruvor stängt på grund av ekonomiska svårigheter.

heter. De som överlevt har rationaliserat sin verksamhet och kan i dag producera till kostnader kring 60 cent per lb. Dessa ingrepp medförde dock att livslängden förkortades väsentligt och sannolikt kommer ett antal producenter mot slutet av 1990-talet att få vidkännas stora kostnader att exempelvis avrymma gråberg för att göra de kvarvarande malmreserverna tillgängliga för brytning. Detta kan dock endast ske om priset på koppar är väsentligt högre än 60–70 cent per lb. Medelhalten i USAs reserver bedöms vara ca 0,65 %.

De afrikanska gruvorna i Zambia och Zaire, vilka tidigare hört till de större producenterna, har sett sina malmreserver krympa samtidigt som halterna varit något i avtagande. Produktionstekniska problem, sammanhängande med svårigheter att rekrytera kvalificerad arbetskraft, bidrar till att hämma produktionen. Utan väsentliga nyfynd eller högre priser, så att marginalmalmer kan nyttjas, kommer Zambias malmreserver att vara uttömda före år 2000. Zaire synes dock kunna fortsätta produktionen efter år 2000.

3.1.5 Kostnadsstruktur

Effekterna av de rationaliseringar, som inleddes under första hälften av 1980-talet i USA och följdes av övriga, framför allt Europa efter år 1985, har ännu inte slagit fullt ut. Den genomsnittliga produktionskostnaden för koppar sjönk med ca 10 cent per lb mellan 1983 och 1986. 1983 kunde ca 3,5 Mt produceras till en kostnad understigande 65 cent per lb. Motsvarande kvantitet 1986 var ca 5,3 Mt.

Fortsatta kostnadsreduktioner kan sålunda förväntas de närmaste åren. Den ytterligare kapacitet, som tillkommer när Ok Tedi, Olympic Dam, Neves Corvo och La Escondida är utbyggda, är ca 600 000 ton koppar per år fr.o.m. första halvan av 1990-talet. Denna kapacitet har en driftskostnad, som är väsentligt lägre än 65 cent per lb.

Expansionen i Chuquicamata och reaktiveringen av Bingham Canyon adderar ytterligare ca 300 000 ton koppar, som också produceras till kostnader väsentligt under 65 cent per lb.

Ytterligare fyra pågående moderniserings- och utbyggnadsprojekt i Magma, Morenci, Cananea och Highland Valley kommer att förstärka mellan-kostnadssegmentet i kostnadshierarkin och rationaliseringen får effekt på ca 850 000 ton koppar, som får sina kostnader sänkta väsentligt under 55 cent per lb.

Härutöver pågår en ständig utveckling av kostnadsbesparande åtgärder, huvudsakligen av teknisk natur såsom installation av krossar i dagbrott med transportbandsuppföring, övergång till lakningsteknik m.m.

Speciellt i ökenområdena i USA har tekniken med lakning utvecklats och en allt ökande mängd koppar kan i dag framställas hydrometallurgiskt.

I takt med att tekniken utvecklas ytterligare och till att anpassas även för icke ökenklimat, kan det förväntas att framgent en ökande mängd koppar framkommer genom lakningstekniken. Ca 10 % av västvärldens produktion

framställs i dag genom lakning.

De producenter, som kunnat anamma tekniken, har i allmänhet kunnat sänka sina driftskostnader till under 50 cent per lb.

De senaste årens kraftiga rationaliseringar har emellertid också medfört att många gruvor förbättrat sin nuvarande position på bekostnad av framför allt livslängd. Detta gäller speciellt i USA, där dagbrotten nu bryts med en gråbergsavrymning, som är lägre än för några år sedan. Därest denna eftersläpning inte snart kompenseras, är det stor risk för att dessa gruvor måste stänga en bit in på 1990-talet, då malmen inte längre är åtkomlig annat än om omfattande resurser sätts in för att avlägsna gråbergsmassorna.

För några större gruvor i Sydamerika (Chile) beräknas halterna in på 1990-talet sjunka. Detta innebär då att kostnaden per producerad enhet koppar kommer att öka. Detta kan dock sannolikt kompenseras med ytterligare ökat uttag.

4 Sammanfattning och slutsatser

Sammanvägs dessa faktorer, kommer i det korta perspektivet (5 år) sannolikt en tillräcklig mängd koppar att finnas till kostnader under 65 cent per lb. Endast en väsentligt högre konsumtion än förutsatt förmår då hålla priset på en högre nivå.

För att priset skall förmås att nå en nivå om ca 80 cent per lb krävs att konsumtionen vid mitten av 1990-talet är ca 1 Mt högre än i dag. Detta motsvaras av en årlig konsumtionstillväxt av omkring 2 %.

I perspektivet år 1995–2000 är prognosen betydligt svårare att göra. Det alltmer kortsiktiga tänkandet i industrin har gjort att data och planer i huvudsak saknas eller är väldigt diffusa.

Under förutsättning att kopparpriset fram till mitten av 1990-talet inte är så högt att det har konkurrerat ut sig själv och att konsumtionstillväxten har hållit sig omkring 1 %, kommer behovet att vara ca 8,5 Mt per år raffinerad koppar i västvärlden.

Med hänsyn till att de i dag tillredda malmreserverna sannolikt har sinat i Afrika, USA och Europa, kommer nya fynd att erfordras för att ersätta den kapacitet som gått förlorad. Sådana nya fynd kommer inte till stånd om kostnaderna för dessa inte kan täckas.

Med hänsyn till den teknologi som i dag finns och den indikerade utvecklingen kommer en framtida rationell hantering att vara mera energisnål och mindre kostnadskrävande än dagens, varför det av det skälet inte finns någon anledning att förutsätta ett högre pris. Däremot om det visar sig att haltmässigt de nya fynden är fattigare, så kommer produktionskostnaderna att öka. Vissa tendenser tyder på att så är fallet, varför det är rimligt att anta att priset under slutet av 1990-talet kan vara något högre än under början av 1990-talet.

Sveriges situation karaktäriseras av en sjunkande malmbas och en avtagande produktion. Denna trend kan dock temporärt brytas genom den nyligen beslutade utbyggnaden av Aitik. Denna utbyggnad ger också för Aitikfyndigheten en lägre produktionskostnad, som gör att den bör ha bättre förutsättningar att klara en kommande prisnedgång.

Förutsättningarna för smältverken i Norden kan te sig något anstrlunda. De ligger i områden, där arbetskraften är dyr, miljökraven är höga och inga skyddstariffer existerar. Överlevnaden är helt beroende av smältverkens egen förmåga att genom effektiv organisation producera koppar till konkurrenskraftig kostnad ur produkter som har mervärden. Skall här till läggas en ökad energikostnad kanske detta inte är tillräckligt.

Bly

av bergsingenjör *Mati Sallert*, Boliden Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	125
1.1	Bly, blymineral	125
1.2	Råvarutillgång	125
1.2.1	Sveriges tillgångar	126
1.3	Framställningsteknik	127
1.4	Användningsområden	128
1.5	Konsumtion	129
1.6	Produktion	130
1.6.1	Gruvproduktion	130
1.6.2	Raffinerad produktion	132
1.6.3	Sekundärproduktion	132
1.6.4	Sveriges produktion	133
1.7	Miljö	133
1.8	Internationell handel	133
1.9	Priser, prissättning	135
1.10	Ägarstruktur	136
1.11	Konkurrerande råvaror/material	136
1.12	Internationellt samarbete	137
1.13	Forskning och utveckling	137
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	138
2.1	Svenska gruvors situation	139
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	140
3.1	Internationella prognoser och kommentarer till dessa	140
3.1.1	Generellt	140
3.1.2	Konsumtion	140
3.1.3	Trender hos slutförbrukare	141
3.2	Produktion	143
3.2.1	Gruvproduktion	143
3.2.2	Raffinerad primärproduktion	145
3.2.3	Sekundärproduktion	145
3.3	Kostnadsstruktur	146
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	147

1 Faktaavsnitt

1.1 Bly, blymineral

Bly, kemisk beteckning Pb, är en tung, mjuk och lättbearbetad metall med låg mekanisk hållfasthet. Smältpunkten är 327°C och densiteten 11,3 kg/dm³. Ledningsförmågan för värme resp. elektricitet är endast ca 10 % av den hos koppar. Kombinationen hög densitet och låg elasticitet gör bly till ett av de bästa ljudisolerande materialen. Den höga densiteten medför också att absorptionsförmågan för olika former av strålning, t.ex. radioaktiv, är mycket hög.

En färsk snittyta av bly är glänsande blå-vit, men överdras snart i luften av en oxidhinna med matt blå-grå färg. Denna oxidhinna skyddar metallen väl från fortsatt angrepp. Blyets förmåga att bilda svårlösliga täta ytfilmer ger för övrigt metallen mycket god beständighet mot atmosfär och många kemikalier.

Det enda primära mineralet av betydelse för blyframställningen är blyglans, PbS. Detta mineral förekommer ofta tillsammans med silver.

Blyglans uppträder i ett flertal olika malmtyper. Tidigare har gångformiga förekomster haft stor betydelse, men numera är impregnations- eller förträgningsmalmer långt viktigare. De största av dessa förekomster uppträder oftast i sedimentära bergartserier. Bly förekommer dessutom ofta i komplexmalmer tillsammans med sulfider av zink och koppar.

Drygt 60 % av all blymalm bryts i gruvor där bly förekommer tillsammans med zink. 30 % härstammar från rena blymalmer och återstående 10 % utvinns som biprodukt vid brytning av malmer innehållande koppar, zink eller andra metaller. Tendensen att bryta rena blymalmer viker i förhållande till de båda andra typerna.

1.2 Råvarutillgång

Världens upptäckta brytvärda tillgångar beräknas till ca 97 miljoner ton bly. Med dagens brytningstakt beräknas dessa räcka i ca 25–30 år. I tabell 3:1 sammanfattas vissa uppskattningar av de brytvärda tillgångarna.

Tabell 3:1 Världens blytillgångar, Mt blyinnehåll

Region	Reserver	Ekonomiskt utvinningsbara tillgångar
Nordamerika		
USA	27	21
Kanada	17	12
Honduras	0,5	0,5
Mexico	4	3
Summa	48,5	36,5
Sydamerika		
Peru	3	2
Övriga	1	0,5
Summa	4	2,5
Europa		
Bulgarien	4	3
Irland	1,5	1
Polen	2	1,5
Portugal	2	1,5
Spanien	2,5	2
Sverige	2	1,5
Sovjetunionen	17	12
Jugoslavien	5	4
Övriga	2,5	2
Summa	38,5	28,5
Afrika		
Marocko	2	1,5
Sydafrika	5	4
Övriga	1	0,5
Summa	8	6
Asien		
Kina	3	2
Indien	3	2
Övriga	2	1,5
Summa	8	5,5
Oceanien, Australien	28	16
Världen totalt	135	95

Källa: USBM

De upptäckta brytvärda tillgångarna har minskat sedan mitten av 70-talet. Denna utveckling beror på att inga separata insatser inom prospekteringsområdet gjorts för bly. Malmreservtillskotten har kommit från mineraliseringar med huvudsakligen zinkinnehåll.

1.2.1 Sveriges tillgångar

Längs fjällkedjans östra rand är ett hundratal olika blymineraliseringar kända. Den mest betydelsefulla är Laisvall, som är en av Europas största

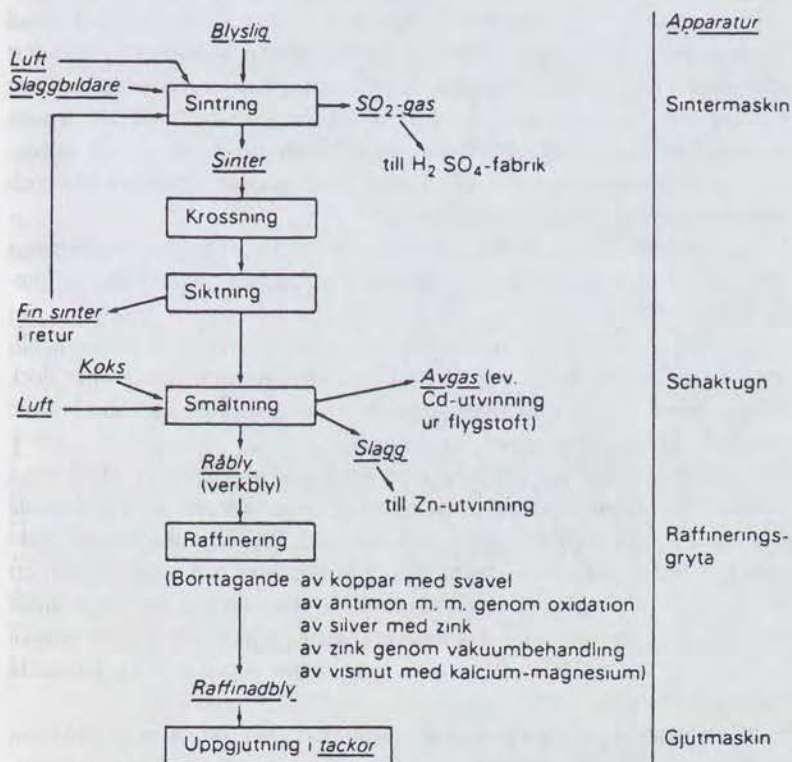
blygruvor och håller ca 4 % bly. Nuvarande malmmängd beräknas vara ca 20 miljoner ton. Härutöver finns ca 10–15 Mt under sjön Laisan. Övriga tillgångar, vilka är av mindre betydelse, finns i gruvor vars huvudsakliga värdekomponent är zink.

1.3 Framställningsteknik

Större delen av blymalmer bryts i underjordsgruvor.

Huvuddragen i den vanligaste blyframställningsmetoden framgår av figur 3:1. Blykoncentratet rostar på ett sinterband, där svavlet avrostas som svaveldioxid (SO_2). Sintern smälts i en schaktugn med koks. Råblyet raffinerar sedan i ett flertal steg, varvid föroreningar såsom koppar, arsenik, silver och vismut frångiljs.

Figur 3:1 Flytschema för blyframställning enligt rostreduktionsmetoden



Källa: K. Tekniska Högskolan; Processmetallurgi

I Sverige sker blyframställning med en annan metod, som Boliden utvecklat och har i drift i smältverket i Rönskär. Där sker ingen sintring utan blysligen flamsmälts direkt i en elektrisk ugn. Råblyet från ugnen blir emellertid då svavelhaltigt, varför det först behandlas i en konverter innan

det sedan raffineras. I konvertern avsvavlas råblyet genom blåsning med luft. Genom raffinering av råblyet i flera steg kan man avlägsna och tillvarata en rad andra metaller såsom silver, antimon och vismut. Efter raffineringen gjuts blyet till tackor.

En mindre del av det färdiga blyet används för blyoxidtillverkning. Man oxiderar därvid smält bly till oxid (blyglete), och rostar gleten satsvis i en ugn. Genom att variera rostningstiden och efterbehandlingen kan man framställa blymönja.

Blyframställning kräver ca 4 000 kWh/ton vid produktion från primärt material och ca 500 kWh/ton vid produktion från sekundärt material.

1.4 Användningsområden

Bly används i form av ren metall eller legerad och i kemisk form som oxid. Det ojämförligt största användningsområdet är inom batterier (SLI-batterier), startbatterier. Denna sektor har varit stadigt i ökande i takt med bilismens utveckling. Blybatteriernas tillförlitlighet och tålighet har medfört att ett antal nya applikationsområden för batterier under senare tid har ökat i betydelse. Här kan nämnas ökad användning av batterier för fritidsändamål i båtar, nödkraftkällor i sjukhus och stora dator- och teleanläggningar, inom industrin i gaffeltruckar, på flygplatser i bagagefordon och transportfordon mellan terminaler etc.

Ett annat intressant område, där försök nu utförs, är inom energilagring i blybatterier inom områden där stora dygnsvariationer i elförbrukning förekommer.

Ett tidigare mycket viktigt användningsområde har varit bly som tillsatsmedel i bensin för att motverka knockning. Av miljöhänsyn har dock denna användning kraftigt minskat när motorer utvecklats att klara bränsle med en minskad, eller ingen, blytillsats.

Byggnadssektorn har tidigare varit en stor förbrukare av bly i olika former. Användningen har dock minskat under senare år. Fortfarande används bly som takbeklädning i vissa regioner. Blyets ljudisolerande funktion har emellertid uppmärksammats hos arkitekter och byggare i det att mark blivit allt dyrare i storstadsområden. Genom att anbringa tunna blyfolier i väggar på hotell och kontor etc. har man på så sätt kunnat minska på vägggjockleken och i stället erhållit golvyta, för vilken man har kunnat ta bra betalt.

Blyets strålskyddande egenskaper gör att det har en stabil marknad inom sjukhus och laboratorier, där röntgenutrustning används, samt inom kärnkraftsindustrin. Bly är också ett alternativt material användbart vid lagring av kärnkraftsavfall. Den kemiska industrin använder bly som ett korrosionsskyddande material i transportkärl och för miljögiftslagring.

Nyligen utförda prov med bly som vibrationsdämpare och chockabsorberrare i byggnader och konstruktioner inom latent jordbävningssområden har visat så goda resultat att en viss kommersiell utveckling påbörjats.

Mantling av kablar har tidigare utförts huvudsakligen av bly. Denna marknad har dock till stor del övertagits av plaster. I vissa korrosiva miljöer har det dock visat sig att plasterna inte klarar kraven och därför har en återgång till blymantlad kabel skett. Undervattens- och markkablar utläggs således i dag endast blymantlade. Kablar för ovanjordsbruk är däremot i stort sett helt plastmantlade.

Blyoxider är mycket vanliga som färgämnen och korrosionsskydd inom byggnads- och transportsektorn. Blymönja är en välkänd primer för järnkonstruktioner. Bly används vidare som tillsats till glas och keramik. Risker för förgiftningar vid oriktig hantering vid emaljering gör att användningen minskar. För finare kristallsorter kommer dock blytillsatsen att bestå. Ca 75 % av allt bly som går till glasindustrin går till framställning av färg-TV-rör.

Inom förpackningsindustrin används blyfolie i dag enbart för förvaring av radioaktivt material samt förpackning av röntgenfilm. Tandkrämsförpackningar och liknande är numera helt i plast. Däremot förekommer fortfarande att färger för konstnärsbruk förpackas i tuber av bly.

Fritidssektorn förbrukar bly i ammunition, sänken för fiskeredskap och som kölar i segelbåtar. Bly som stilmetall i tryckerier har i stort sett försvunnit, dels beroende på att tryckeritekniken förändrats och dels på att andra material ersatt bly.

Härutöver finns en del smärre användningsområden som tillsatser i gummi, färger och plaster. På grund av blyets höga densitet lämpar det sig också som motvikt och ballast.

Blyet kan legeras med kalcium, antimon, tenn eller arsenik för att förbättra gjutbarhet, hårdhet eller styrka. Blyets betydelse som lödmaterial är dock på grund av dess giftighet begränsad.

1.5 Konsumtion

Konsumtionens länderfördelning under 1975–1985 framgår av tabell 3:2. De stora industrinationerna har som synes inte någon förändring under 1980-talet. Den mest markanta ökningen härstammar från övriga västvärlden. Det är i huvudsak länder med en låg absolut förbrukning, men ökningstakten är desto mer anmärkningsvärd. Dessa länder är Taiwan, Sydkorea och övriga Asien.

Tabell 3:2 Världens konsumtion av raffinerat bly, kt

Region	1975	1980	1985
USA	1 120	1 094	1 142
Japan	266	393	395
Västtyskland	283	333	345
Storbritannien	306	296	274
Italien	192	275	230
Frankrike	190	213	208
Sverige	30	21	27
Övriga västvärlden	993	1 257	1 355
Totalt västvärlden	3 380	3 882	3 976
Sovjetunionen	620	800	800
Kina	185	210	220
Bulgarien	95	110	115
Övriga planekonomier	320	345	335
Totalt planekonomierna	1 220	1 465	1 470
Totalt hela världen	4 600	5 347	5 446

Källa: WBMS

Västvärldens förbrukning fördelad på användningsområden framgår av tabell 3:3. Ca 60 % av förbrukningen går i dag till startbatterier mot ca 45 % för 10 år sedan.

Tabell 3:3 Blyförbrukning i västvärlden fördelad på viktigare användningsområden

	%	
	1975	1985
Akkumulatorer	44	58
Kabel	9	6
Halvfabrikat och gjutgoods	8	8
Legeringar	10	4
Tetraetyl (bensintillsats)	14	4
Kemi/färger	12	14
Övrigt	7	6
	100	100

Källa: ILZSG

1.6 Produktion

1.6.1 Gruvproduktion

Världens totala produktion av gruvbly uppgick år 1985 till 3,56 miljoner ton, varav 2,54 miljoner ton i västvärlden. Gruvproduktionen, som fram till i början av 1970-talet ökade med ca 4,2 % per år, har sedan dess helt stagnerat. Produktionsutvecklingen framgår av tabell 3:4. USA och Kanada svarar för den kraftigaste neddragningen i produktionen under perioden 1974–1985.

En presentation av större blygruvor återfinns i tabell 3:4 a.

Tabell 3:4 Världens gruvproduktion av bly, kt

Region	1975	1980	1985
Australien	408	398	498
USA	576	573	424
Kanada	353	297	285
Mexico	179	147	207
Peru	178	189	201
Sverige	70	72	76
Övriga västvärlden	779	892	849
Totalt västvärlden	2 543	2 568	2 540
Sovjetunionen	600	580	580
Kina	140	160	175
Bulgarien	108	100	97
Nordkorea	120	100	85
Övriga planekonomier	111	75	85
Totalt planekonomierna	1 079	1 015	1 022
Totalt	3 622	3 583	3 562

Källa: WBMS

Tabell 3:4 Världens gruvproduktion av bly, kt

Land/gruva	Företag	Ägare	Kapacitet kt bly 1985
Australien			
NBHC	AM&S	CRA (RTZ 49%)	150
Elura	EZ ind	North Broken Hill	45
Read Roseberry	EZ ind	North Broken Hill	35
North Broken Hill	North Broken Hill	North Broken Hill	60
Europa			
Irland			
Navan	Tara	Outokumpu 70 % Irländska staten	40
Sverige			
Laisvall	Boliden	Boliden	60
Latinamerika			
Mexico			
Real de Angeles	Minero Frisco	MinFrisco/Com de Formento/ Placer Dev	50
Peru			
Cerro de Pasco	Centromin	Staten	50
Nordamerika			
Kanada			
Brunswick	Brunswick MSS	Noranda 60 %	90
Sullivan	Cominco	Cominco	100
Faro	Curragh Res	Curragh/Giant Res/Boliden	84
USA			
Buick	Doe Run	St Joe/Homestake	130
Fletcher	Doe Run	St Joe/Homestake	82
Viburnum	Doe Run	St Joe/Homestake	113

1.6.2 Raffinerad produktion

Världens totala produktion av raffinadbly uppgick år 1985 till 5,7 miljoner ton, varav 4,3 miljoner ton i västvärlden. Produktionen, som framgår av tabell 3:5, domineras av de stora industrinationerna.

Tabell 3:5 Världens produktion av raffinerat bly, kt

Region	1975	1980	1985
USA	1 057	1 151	1 068
Japan	252	305	367
Västtyskland	316	350	356
Storbritannien	313	325	327
Kanada	216	231	307
Frankrike	169	219	224
Australien	194	234	212
Sverige	37	42	69
Övriga västvärlden	1 012	1 244	1 368
Summa västvärlden	3 566	4 101	4 298
Sovjeunionen	660	780	810
Kina	140	175	215
Bulgarien	110	118	116
Övriga planekonomier	256	260	278
Summa planekonomier	1 166	1 333	1 419
Summa totalt	4 732	5 434	5 717

Källa: WBMS

1.6.3 Sekundärproduktion

Sekundärbly återvinns huvudsakligen från blyskrot bestående av returbatterier, kablar, rör och plåt. Till följd av allt striktare kvalitetskrav på det saluförda blyet raffinerar i stort sett allt sekundärbly.

Eftersom i dag mer än ca 60 % av allt bly som produceras används inom batterier, är tillgängligheten av skrot god då batterier är relativt lätt att återvinna. Skrotandelen av den totala raffinadproduktionen i västvärlden framgår av tabell 3:6.

Tabell 3:6 Västvärldens produktion av raffinerat bly

	1975		1980		1985	
	kt	%	kt	%	kt	%
Primärproduktion	2 271	64	2 272	55	2 540	57
Sekundärproduktion	1 295	36	1 829	45	1 833	43
Totalt	3 566		4 101		4 298	

Källa: WBMS

1.6.4 Sveriges produktion

Brytning av blymalm sker i Sverige i ett fåtal gruvor. Laisvall är den största med ett årligt blyinnehåll i koncentrat om ca 60 000 ton. I Laisvall liksom i de övriga blyproducerande gruvorna utvinns även zink och silver. Den totala gruvblyproduktionen i Sverige är ca 90 000 ton bly i koncentrat och framgår av tabell 3:7.

Tabell 3:7 Sveriges gruvproduktion av bly, kt

Gruva	1987
Laisvall	60,0
Zinkgruvan	9,4
Garpenberg	6,3
Garpenberg Norra	3,6
Saxberget	2,8
Falu gruva	2,6
Renström	1,9
Långdal	1,2
Rävlidenfältet	0,7
Udden	0,6
Kristineberg	0,1
Holmtjärn	0,1
Totalt	89,3

Av denna kvantitet smälts ca 60 000 ton till raffinadbly i Rönnskär. Överskottet exporteras i huvudsak till Västtyskland och Frankrike.

Vid Boliden Bergsöes anläggningar i Landskrona produceras årligen ca 30 000 ton blymetall från i huvudsak batteriskrot.

1.7 Miljö

Blyets egenskaper att det i vissa former kan vara miljö- och hälsofarligt gör att dess användning och hantering är omgärdad med strikta bestämmelser.

Dessa omständigheter har varit en bidragande orsak till att blyet i dag eliminerats från vissa användningsområden såsom bensintillsats och färgpigment vid inomhusmålning.

Dessa användningsområden är också sådana där ingen återanvändning har förekommit. Däremot ökar blyanvändningen inom batterisektorn och där är återanvändningen hög, vilket ur miljösynpunkt är tilltalande.

1.8 Internationell handel

Den internationella handeln med bly sker huvudsakligen med blykoncentrat och blymetall i form av tackor. Handeln med halvfabrikat är obetydlig.

Handel med raffinadbly dominerar över handel med koncentrat, då raffinering i huvudsak utförs i gruvproducentländerna och dessa är i stor ut-

sträckning de industrialiserade länderna.

De ledande exportländerna för koncentrat år 1985 var Peru, Sydafrika och Australien med Japan, Västtyskland och Frankrike som större mottagare, tabell 3:8.

Tabell 3:8 Internationell handel med blykoncentrat, kt blyinnehåll i slig

Region	1985
<i>Export</i>	
Peru	123
Sydafrika	102
Australien	85
Kanada	63
Irland	35
Sverige	25
<i>Import</i>	
Japan	199
Västtyskland	147
Frankrike	124
Belgien	52
England	28

Källa: ILZSG

Export av raffinerad blymetall sker huvudsakligen från Australien, Kanada, Västtyskland och Mexico, medan USA, Italien och Västtyskland är de större importörerna, tabell 3:9.

Tabell 3:9 Internationell handel (västvärlden) med raffinerat bly, kt

Region	1975	1980	1985
<i>Export</i>			
Australien	122	165	154
Kanada	110	127	114
Västtyskland	74	91	99
Mexico	103	89	99
Storbritannien	55	107	64
Peru	63	58	61
Belgien	51	75	59
Sverige	11	18	42
USA	17	157	10
Övriga	216	200	281
Totalt	822	1 087	983
<i>Import</i>			
USA	91	82	134
Italien	112	160	108
Västtyskland	34	82	93
Japan	17	86	54
Sydkorea	5	18	42
Indien	24	10	40
Storbritannien	82	65	37
Sverige	3	1	2
Övriga	226	279	268
Totalt	594	783	778

Källa: WBMS

Sveriges produktions- och handelsbalans framgår av tabell 3:10.

Tabell 3:10 Sveriges blybalans 1987, kt blyinnehåll

Gruvproduktion	91
Nettoexport av koncentrat	32
Primärmaterial för smältning	59
Import av råbly	1
Raffinadproduktion	60
Sekundärproduktion	30
Summa blyproduktion	90
Export	52
Nettoexport halvfabrikat	8
Konsumtion	30

Källa: MG, Metallstatistik

Handeln med öststaterna är av relativt ringa omfattning, vilket dock inte hindrar att den från tid till annan ändå påverkat västvärldens produktions/konsumtionsbalans.

Nettoexporten från öststaterna av bly i koncentrat var under år 1987 12 kt bly. Under tidigare 1980-tal var öststaterna nettoimportörer med ca 40–50 kt bly.

Öststaterna var år 1987 nettoimportörer av raffinerat bly med 14 kt. Importen har minskat under senare år, från ca 70–80 kt per år.

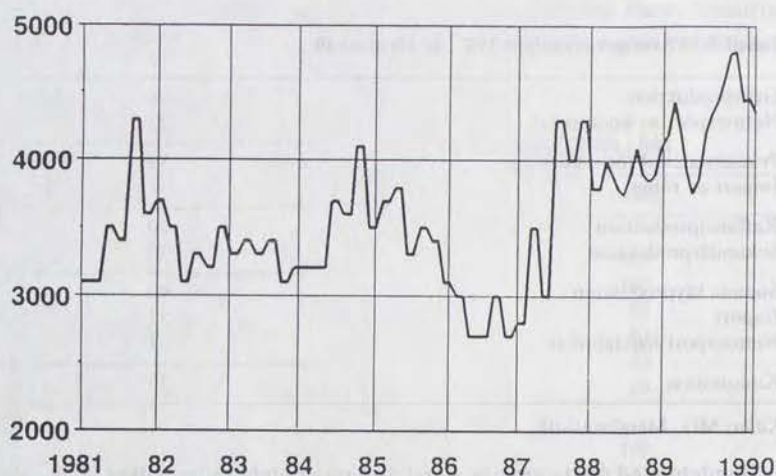
1.9 Priser, prissättning

Blynoteringarna på metallbörsen i London (LME) ligger till grund för övervägande delen av prisuppgörelserna inom västvärldens råvaru- och metallhandel liksom även för öst-västhandeln. Avsluten sker mestadels direkt mellan producenter och konsumenter och i regel på basis av månads-genomsnittet för de dagliga LME-noteringarna. Endast en obetydlig del av handeln med fysisk metall går över Londonbörsen.

I USA tillämpas ett producentpris, som ändras allt eftersom större ändringar inträffar i marknadssituationen. Initiativ till ändring tas i regel av någon av de ledande producenterna, varpå de andra följer efter. Producentpriset har oftast legat över LME-priset, vilket beror på USAs importtull samt på fraktkostnaden mellan USA och Europa.

Priset på bly var vid årsskiftet 1988–1989 ca 4 300 kr per ton eller 390 GBP per ton. Den historiska prisutvecklingen framgår av figur 3:2.

Figur 3:2 Bly LME



1.10 Ägarstruktur

Huvuddelen av blygruvorna finns i den industrialiserade västvärlden och är i privat ägo. Produktionskapacitetens fördelning per region återfinns i tabell 3:11. Statskontrollerade gruvor återfinns i Zambia, Zaire, Indien, Irland och Peru och svarar för en mycket liten del av produktionen.

Tabell 3:11 Gruvkapacitet per region år 1987, kt bly per år i koncentrat

Afrika	288
Australien	526
Asien	170
Europa	436
Latinamerika	583
Nordamerika	1 003
Total kapacitet	3 006

1.11 Konkurrerande råvaror/material

Åtskilliga andra metall- och materialkombinationer kan användas som substitut för blybatterier i applikationen energilagring.

Bland dessa kan nämnas bränsleceller och batterier, som nyttjar olika elektrodkombinationer såsom nickel-järn, nickel-zink, zink-brom, zink-klorid, blyklorid, litiumklorid, m.m. De flesta av dessa kombinationer är jämbördiga med eller överträffar blybatteriets elektriska egenskaper. Att dessa inte har kommit till kommersiell användning beror på att komponenterna är dyra, driftsäkerheten inte fullt tillfredsställande och att de inte heller går lätt att återvinna.

På grund av blyets giftighet används det inte längre såsom färgpigment vid målning inomhus. Även i färger för utomhusbruk har blyet ersatts med pigment av zink och titan. Som rostskyddsmedel i marina applikationer och som markeringsfärg på vägar används dock huvudsakligen blykomponentfärger.

Blyet har till stor del ersatts av plaster som kabelmantling. Blymantlade kablar kommer dock även i fortsättningen att ha en marknad och då i korrosiva miljöer som mark- och undervattenskablar. I motvikter och ballast kan bly ersättas med gjutjärn och utbränd uran. Utbränd uran och stål är också användbara som strålskyddsmedel och transportbehållare för radioaktivt material.

I byggnadskonstruktioner finns ersättningar för bly framför allt av plast, aluminium, koppar och galvaniserad plåt.

Blyets användning som korrosionsbeständigt material i den kemiska industrin kan ersättas med rostfritt stål, titan, plaster och cement.

I förpackningsindustrin har blyet i stort sett ersatts med plast, tenn, aluminium och glas.

1.12 Internationellt samarbete

International Lead and Zinc Study Group (ILZSG) bildades 1959 i avsikt att ge möjligheter till reguljära konsultationer nationerna emellan avseende den internationella handeln med bly och zink.

Arbetet är i huvudsak inriktat på statistikfrågor och kontinuerlig uppföljning av tillgångs- och efterfrågesituationen.

Studiegruppens medlemmar består av representanter för regeringarna i såväl producent- som konsumentländerna.

Studiegruppens generalförsamling träffas som regel en gång per år. Ländernas delegationer består därvid förutom av regeringsrepresentanter också av rådgivare från industrin.

1.13 Forskning och utveckling

Västvärldens bly- och zinkproducenter bildade år 1958 en gemensam organisation, International Lead Zinc Research Organization (ILZRO), för finansiering och administration av utvecklingsarbete ämnande till att identifiera nya applikationsområden såväl som att bevara och utveckla existerande användningar. ILZRO har sitt säte i Research Triangle Park, North Carolina, USA.

Ett 30-tal västföretag är i dag medlemmar och diskussioner förs med öststaterna om eventuellt tekniskt samarbete. ILZROs årliga budget omspänner ca 6 milj. USD för både bly och zink.

De mest betydande insatserna under senare år har inom ILZRO koncentrerats till batterier för energilagring, utveckling av system för lagring av utbränt kärnbränsle samt de med bly förenade hälso- och miljöriskerna.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Det förhållandet att en betydande del av produktionen kommer från länder med marknadsekonomier har varit en bidragande orsak till att det inte förekommit någon subventionerad överkapacitet, som fallet har varit för koppar.

Blyets miljöpåverkande faktorer har gjort att vissa användningsområden har varit utsatta för kraftiga försök till substitution, t.ex. bly i bensin och bly i kemikalier för färger. Inom andra områden har konkurrerande substitut visat sig ha överlägsna tekniska och ekonomiska egenskaper, varför en ersättning av bly från exempelvis kabelmantlingsmarknaden varit möjlig.

Dessa faktorer har också bidragit till att utvecklingen av nya marknader inte alltid har varit så lätt. Framför allt miljöfrågorna har gjort att utvecklingen av blyprodukter inom nya applikationsområden inte varit särskilt offensiv.

I samband med oljekrisen vidtog en allmän ekonomisering. Tydligast märktes denna inom bilindustrin. Bilarna gjordes mindre, lättare och mer bensinsnåla. För blyet innebar detta att batterier utvecklades att ge samma effekt vid mindre blyinnehåll och bensinförbrukningen minskade samtidigt som blyinnehållet i bensinen minskade.

Denna utveckling har präglat större delen av 1970- och 1980-talen. Utvecklingen har också varit klar för gruvproducenterna, varför prospekteringen under nämnda period i stort sett varit obefintlig.

De tillskott som ändå kommit fram har i stort kommit som fynd av zinkmineraliseringar med bly som biprodukt.

En betydande faktor för blyproduktionen är skrotcirkulationen och sekundärblytillverkningen. Tillgängligheten av skrot har ökat till följd av att batterianvändningen har ökat. Bly från batterier är lätt att återanvända. Det är förmågan att få dessa till smältverket som är avgörande för tillgången.

Den relativt goda tillgången på grubbly under perioden har medfört att prisbildningen för bly har varit avhängig kostnaden för produktion av sekundärbly. Denna har, beroende på kostnaden för insamling, som medel under perioden legat kring 18–20 cent per lb.

Vid den lägre gränsen har dock ett visst motstånd märkts, då det där har varit svårigheter att få in tillräckligt med returbatterier. Är priset för lågt ligger de urladdade batterierna kvar i garagen.

Den ojämförligt högsta sekundärkapaciteten fanns under 1970- och 1980-talen i USA.

Den skärpta amerikanska miljölagstiftningen har emellertid medfört att

en stor del av USAs kapacitet har tvingats att stänga. Kostnaden att renovera verken till godtagbar standard har varit för hög och till följd av de låga blypriserna har det inte gått att få dessa moderniseringar lönsamma.

Amerikanska beräkningar har indikerat att kostnaderna för USAs blyindustri skulle öka med ca 4 cent per lb därest man skulle uppfylla miljökraven på bly i luft. Ytterligare ca 2 cent per lb skulle det kosta att få ner SO₂-emissionerna till godtagbara nivåer.

Stagnationen i sekundärproduktionen under 1980-talet syns i tabell 3:6.

2.1 Svenska gruvors situation

För svenska blygruvor innebar 1970- och 1980-talen tider med låga blypriser i svensk valuta räknat. Undantaget var år 1979, då priset på bly var extremt högt till följd av tillförselproblem till marknaden, kopplat med hög export till öst.

Produktionen har kunnat vidmakthållas genom rationaliseringar i produktionsledet samt produktionsökningar, så att kostnaden för att producera bly har kunnat hållas jämförbart med konkurrenterna.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Internationella prognoser och kommentarer till dessa

3.1.1 Generellt

Följderna efter den dramatiska nedgången på världens börser i oktober 1987 har inte blivit så dramatiska som flera befarat. Dock kan en viss avmattning förmärkas, varefter ökningstakten under 1988 varit måttligare i OECD-länderna. Det är framför allt osäkerheten som lett till att flera länder har justerat sina siffror vad beträffar GNP-tillväxten. Framför allt USA räknar med en GNP-tillväxt på 1–2 % under början av 1990-talet för att sedan åter komma till en nivå av ca 2,5 à 3,5 %. Japan och Västtyskland beräknar dock att få en jämnare utveckling och bedömer tillväxten till ca 3 resp. 2 % per år.

Problemen för USA accentueras ytterligare av de stora underskotten i bytesbalansen. De åtgärder, som måste vidtas för att minska denna, kommer sannolikt att pressa räntorna uppåt och vara inflationsdrivande, varför en allmänt lägre tillväxt i början av 1990-talet kan förutses. Andra halvan av 1990-talet beräknas åter en ökning i tillväxttakten.

Den lägre tillväxttakten i USA får effekter i flera länder, speciellt i Europa och i Canada. Japan beräknas dock kunna vidmakthålla sin position, då den inhemska efterfrågan beräknas vara stark under hela perioden.

Oljepriset beräknas inte kunna stiga dramatiskt, varför en måttlig inflation kan generellt förutses i OECD-länderna.

3.1.2 Konsumtion

Västvärldens konsumtion av bly år 1987 uppgick till 4,1 miljoner ton.

Denna väntas öka med 0,5–1 % per år under 1990-talet. Något långsammare i början av 1990-talet för att därefter öka något. Konsumtionsökning kan förväntas i de flesta regioner, men vissa lokala variationer kommer att förekomma. Den industrialiserade världen förväntas ha något lägre tillväxttakt än genomsnittet, medan utvecklingsländerna och där speciellt Sydostasien väntas ha den största ökningstakten. Den ökade motoriseringen samt bil- och bilbatteritillverkningen i regionen bidrar till denna utveckling.

Därest försöken med energilagring slår väl ut kan blyanvändningen få en positiv utveckling och då speciellt i industriländerna.

I USA, där batterier svarar för ca 80 % av blykonsumtionen, är givetvis

utvecklingen av bilindustrin av betydelse. Nybilstillverkningen förväntas dock inte öka nämnvärt, varför ersättningsbatterier kommer att svara för den stora marknaden och säsongsvisa variationer kommer fortsättningsvis att vara avgörande för efterfrågan.

I Europa, liksom i USA, förväntas biltätheten inte öka nämnvärt. Negativa effekter på blyförbrukningen kan förväntas, då EG-regler kommer att påskynda elimineringen av blyet ur bensintillsatserna.

En större ökning av biltätheten än den som förutses i USA och Europa kan däremot väntas i Japan. Trots den starka yenen synes den japanska industrin gå bra och biltätheten förväntas öka och därmed också blykonsumtionen.

Övriga delar av världen och då speciellt Sydostasien har haft en konsumtionsökningstakt om ca 6–7 % per år. Den ökande batteri- och bilproduktionen i området har bidragit till detta. Som en följd av ökat välstånd har också den inhemska konsumtionen i dessa länder ökat och i takt med detta en ökning av antalet motorcyklar och fordon. En stark ökning av konsumtionen under 1990-talet kan förutses, dock inte så hög som den varit hittills under 1980-talet.

I de latinamerikanska länderna har konsumtionen under 1980-talet minskat till stor del som följd av den kraftiga inflationen och ökande skuldbördan, som haft en dämpande effekt på den ekonomiska utvecklingen. Man kan dock förutse en viss återhämtning även om det kommer att ske långsamt.

3.1.3 Trender hos slutförbrukare

Batterisektorn

Denna sektor förväntas svara för hela blykonsumtionstillväxten under 1990-talet i västvärlden. Denna sektor svarade 1987 för ca 2,6 miljoner ton. Till mitten av 1990-talet har denna stigit till ca 2,8 miljoner ton. Andelen bly som går till batterier ökar sålunda och kommer under mitten av 1990-talet att svara för över 65 % av den totala blykonsumtionen. Större delen av ökningen väntas komma från Sydostasien.

Startbatterier förbrukar ca 80 % av allt bly som går till batteriindustrin. En totalt ökande fordonspark i världen kommer att kräva en kontinuerlig tillförsel av batterier.

Stationära batteriers betydelse förväntas öka i det att tekniken för krafttoppsutjämning kommer att utvecklas.

Efter oljekriserna i början och slutet av 1970-talet gjordes stora ansträngningar från batterifabrikanterna att minska batterivikten utan att försämra egenskaperna. Denna utveckling har nu kulminerat i det att det i dag inte bedöms som möjligt att minska vikten ytterligare utan att ge avkall på funktionen. Dagens och de förutsedda bränslepriserna har också minskat intresset för ytterligare viktbesparingar. Det är snarare att förvänta en

ökning av blyinnehåll i batterier, eftersom utvecklingen av bilarna gått därhän att man i dag har en uppsjö av elektroniska finesser som kräver mer ström, t.ex. luftkonditionering, radio, stereo, bandspelare, eluppvärmda rutor, elektriska fönsterhissar, datorstyrda tänd- och uppvärmningssystem. allt detta bidrar till att man inom bilindustrin i dag överväger att installera ytterligare ett batteri som försörjer allt utom själva startmotorn, vilket det ordinarie batteriet är avsett för.

Bly i kemikalier

Konsumtionen av bly inom denna sektor har stadigt minskat huvudsakligen till följd av miljöproblematiken. Blyet har ersatts av andra material och reverserad substitution är knappast att förutse.

Det enda område där blyoxider har en potentiell marknad är för glas till den elektroniska industrin, TV-rör och liknande. Här är det återigen utvecklingen i Sydostasien som är av betydelse då elektronikindustrin/sektorn växer snabbt där.

Större delen av produktionen exporteras emellertid och man är sålunda beroende av efterfrågan i väst. Den substitution som pågår gör att mängden bly per enhet kommer att minska, varför totalt sett en måttlig tillväxt under 1990-talet förutses.

Bensintillsats

Blyfri bensin har funnits sedan länge i USA. Ca 28 000 ton bly förbrukades inom USA-marknaden år 1986, denna kvantitet beräknas försvinna helt under 1990-talet. Utvecklingen i Europa har gått något långsammare. I dag finns blyfri bensin att tillgå i Skandinavien, Schweiz, Österrike och Väst-tyskland.

Fr.o.m. 1990 beräknas dock att blyfri bensin skall finnas att tillgå i samtliga EG-länder. EG har bestämt att blyfri bensin skall finnas tillgänglig fr.o.m. oktober 1989 och att samtliga nytillverkade bilar skall kunna använda blyfri bensin.

Den europeiska förbrukningen av bly för bensintillsats uppgick 1987 till ca 30 000 ton. Den har beräknats att bli halverad en bit in på 1990-talet för att helt bli eliminerad mot slutet av 1990-talet. Ytterligare ca 40 000 ton blyinnehåll i bensin exporteras från Europa. Denna kvantitet kommer att successivt minska i takt med ökad miljömedvetenhet i den övriga världen. Denna process kommer dock att gå långsammare.

Kabel

Inom denna sektor har substitutionen av plaster redan skett. Inom de områden där blymantlade kablar används, i huvudsak undervattenskablar, kan man räkna med att blyet även i fortsättningen kommer att bibehålla sin

andel. Denna marknad är i dag ca 25 000 ton per år i USA och Japan tillsammans och ca 130 000 ton i Europa. Denna marknad betraktas som relativt stabil och några väsentliga förändringar väntas inte.

Plåt

Blyplåt används som takbeklädnad huvudsakligen i England och även något i Belgien och Västtyskland.

Denna marknad följer byggkonjunkturen. Konkurrenten är dock hård, då det finns en mängd olika material att välja på.

Någon expansion är inte att förutse.

Övrigt

Övriga användningsområden för bly är som lödmetall, i ammunition, strålskyddsmaterial och som ljudisoleringsmaterial. Dessa områden är var för sig relativt små. USA och Italien är stora förbrukare av ammunition. Blyanvändningen väntas emellertid öka som strålskyddsmaterial och för förvaring av utbränt kärnkraftsavfall. Potentialen bedöms vara ca 70 000 ton per år mot slutet av 1990-talet.

Inom ILZRO utförs försök med bly additivt till asfalt. Speciellt i mycket varma trakter visar asfalten en tendens att bli hård och spricka upp. Genom blyadditiv kan en asfalt skapas som är mera elastisk. Potentialen i denna användning bedöms vara upp till ca 100 000 ton per år mot slutet av 1990-talet.

Ett ILZRO-projekt, som snabbt har kommit till kommersiell användning, är nyttjande av bly som chockabsorberare i byggnader och konstruktioner inom latent jordbävningsoverområden. Efter en mycket kort utvecklingsperiod finns redan ett flertal installationer i hus och broar i Japan, USA och Nya Zeeland.

3.2 Produktion

3.2.1 Gruvproduktion

Trots att i stort sett obefintliga insatser gjorts inom prospekteringen av bly under den senaste tiden synes tillgången på råvara ändå vara god. Världens totala reserver har dock minskat något, men med hänsyn till den förväntade konsumtionen kan knappast någon brist förutses fram till år 2000.

De stora nytillskotten av zinkmalm som identifierats innehåller i många fall också bly och sålunda kommer nya kvantiteter bly fram utan att någon specifik prospektering för bly behöver utföras.

Västvärldens gruvproduktion år 1987 uppgick till 2,4 miljoner ton. Denna väntas stiga till ca 2,7 miljoner ton under mitten av 1990-talet. Detta med hänsyn tagen till planerad och existerande produktion samt de planerade

tillskotten och nedläggningarna.

I tabell 3:12 framgår några väsentliga nya projekt.

Tabell 3:12 Planerat tillskott av blyproduktion. Nya gruvor

Land	Gruva	Kap kt Pb i slig, mitten av 90-talet	Prod start
USA	Red Dog	90	1990
	Greens Creek	10	1988
	Övriga	17	1988–92
Kanada	Caribou	15	1989
	Midway	12	1991
	Övriga	4	1991
Summa Nordamerika		143	
Australien	Hellyer	55	1989
	Lady Loretta	40	1989
	Blendevalle	40	1992
	Hilton	15	1990
	Övriga	40	1988–92
Summa Australien		190	
Övriga västvärlden		90	1989–93

Källa: CRU, ILZSG

Expansionsmöjligheter i existerande gruvor kommer härutöver att öka tillgången på material, men ändå till synes balansera mot den kapacitet som försvinner med nedläggning och uttömda gruvor. Förväntade gruvnedläggningar finns i tabell 3:13.

Tabell 3:13 Förväntade gruvnedläggningar

Land	Gruva	Prod kapacitet kt bly	Stängningsdatum
Kanada	Pine Point	45	1988
Tyskland	Bad Grund	15	1988
Mexico	Cuale	4	1988–89
Zambia	Kabwe	19	1988–89
USA	Magmont	70	1990–93
Australien	Woodlawn	10	1990–93
	Woodcutters	10	1990–93
Spanien	Silicatos	20	1990–93
Grönland	Black Angel	20	1990–93
Peru	Madrigal	7	1990–93

Källa: CRU, ILZSG

3.2.2 Raffinerad primärproduktion

Västvärldens raffinerade primärproduktion uppgick år 1987 till 2,2 miljoner ton och väntas stiga till ca 2,6 miljoner ton under mitten av 1990-talet. Denna ökning leder till att kapacitetsutnyttjandet speciellt i Europa och Japan kommer att närma sig sitt tak. Korea Zinc planerar emellertid ett nytt smältverk med en kapacitet om ca 80 000 ton bly. Verket beräknas vara i produktion 1990–91 och kan tillsammans med Hindustan Zinc's planerade 30 000-tons kapacitetsutbyggnad ta hand om det växande sligöverskottet från Australien.

3.2.3 Sekundärproduktion

Västvärldens sekundärproduktion uppgick år 1987 till 1,95 miljoner ton och förväntas under 1990-talet att vara omkring 1,85 miljoner ton per år i genomsnitt.

Av tabell 3:14 framgår den prognostiserade produktionen fördelad på regioner.

Tabell 3:14 Sekundärproduktion

Region	Produktion 1987 kt	Prognos mitten 90-talet kt
USA	621	550
Europa	780	760
Japan	112	100
Canada	88	80
Övriga	352	375
Summa	1 953	1 865

Den amerikanska miljölagstiftningen med "Super fund" har en negativ effekt på produktionen i USA. Detta leder till en export av batteriskrot till speciellt Sydkorea och Taiwan.

1987 års sekundärproduktion får anses som extrem och har att göra med att blypriset var relativt högt jämfört med tidigare under 1980-talet. Det höga priset drev fram kvantiteter som tidigare lagrats, då det inte var lönsamt att samla in och smälta om gamla batterier. En stor del av detta lager har nu bearbetats.

Batteriernas alltmer ökande andel av marknaden gör att andelen lätt återvinningsbart material kommer att öka. För att dessa skall kunna insamlas krävs dock att priset på bly håller sig över ca 24 cent per lb. En annan faktor är den amerikanska miljölagstiftningen, som gör att leverantörer till sekundärverk i dag är betydligt försiktigare med att lämna ifrån sig material. Environmental Protection Agency (EPA) arbetar för närvarande med pilotfall, där leverantörer till ett sekundärsmältverk, som gått i, konkurs skulle göras ansvariga för uppställningskostnaderna.

3.3 Kostnadsstruktur

Vägledande för priset på bly har varit kostnaden för att producera bly ur sekundärmaterial. Sekundärproduktionen har också utgjort "swing capacity", då denna har en mycket kortare ledtid – det har gått snabbare att få igång sekundärproduktion än primärproduktion.

Kostnaden att producera sekundärbly är betydligt mer lika producenterna emellan än kostnaderna för att producera primärbly. Variationer förekommer givetvis men är avsevärt mindre. Dagens prisnivå torde vara ca 24 cent per lb med hänsynstagande till miljökostnaderna.

Produktions- och konsumtionsbalansen under 1990-talet pekar under de beskrivna antagandena på ett visst överskott i slutet av 1980-talet och ett underskott i början av 1990-talet, som mot 1995 har balanserats.

Denna balans skulle leda till att priset som medel skulle vara 24 cent per lb i Europa. Priset i USA beräknas ligga ca 6 cent per lb över det europeiska. Detta som följd av att USA är nettoimportör av bly och att transport och tullar betingar ca 6 cent per lb.

Ca 90 % av primärproduktionen erhåller en kostnadstäckning vid ett blypris om 24–25 cent per lb.

Åtgärder som kan komma att förändra kostnadsstrukturen kan vara myndighetsingripanden i returneringen av batterier. Subventionen för att öka återvinningen kan förbilliga råvaran för sekundärproducenterna. Totalkostnaderna minskar då.

I det längre perspektivet är prognosen svårare att utföra. Konkreta planer för gruvföretagens investeringar saknas för perioden bortom 1993–1995.

Vad gäller blyproduktionen får man dock även för den perioden räkna med att den huvudsakliga försörjningen kommer från bly-zinkmalmer. En positiv marknadsutveckling för zink kommer att automatiskt förse marknaden med bly. Den goda tillgången på mineraliseringar gör att separata prospekteringsinsatser för bly sannolikt inte kommer att vara nödvändiga.

Utsikterna för en stadig konsumtion framför allt inom batterisektorn synes goda, varför nyetablering av gruvor kommer att erfordras för att möta konsumtionsbehovet. Det är sannolikt att en sådan nyetablering kan ske vid ett varaktigt blypris om ca 25 cent per lb. Denna nivå ger en erforderlig kredit vid zinkproduktionen för att denna skall kunna etableras och då med åtföljande blyproduktion.

4 Sammanfattning och slutsatser

Blyets hälso- och miljöpåverkande faktor har under en längre tid verkat negativt för utveckling av produkter med innehåll av bly. Striktare miljögränser har också påverkat produktionen av bly. Ytterligare skärpningar kan inte uteslutas.

Rätt hanterat och använt, har dock bly en mycket viktig roll i människans strävan att ständigt åstadkomma en förbättring av välbefindandet.

Under 1970- och 1980-talen har förskjutning i användningsområdena skett. Sålunda har blyets användning i kemikalier och som bensintillsats kraftigt minskat, medan användningen i batterier ökat markant. Ur miljöaspekter en positiv utveckling, då möjligheterna att recirkulera bly ökar och en allt mindre del släpps ut i naturen.

Produktionsanpassning till detta konsumtionsmönster har till stora delar redan skett. Endast en kraftigt ökande zinkproduktion skulle kunna förse marknaden med överskottskvantiteter av bly. Härvid skulle situationen för de rena blygruvorna kunna bli besvärande.

Med hänsyn till den förväntade konsumtionsbilden synes dock möjligheten att möta denna med en motsvarande primär och sekundär produktion under 1990-talet att vara god.

Det kommer sannolikt inte att behöva vidtas några speciella prospekteringsinsatser för bly. Det förväntade nytillskottet bör kunna tillgodoses med det bly som följer med zinkproduktionen, samt från produktionsutbyggnad av de mineraliseringar som i dag är kända.

Kostnaden för att producera bly kommer sannolikt att styras av kostnaden för sekundärproduktionen. Endast under tider av produktionsunderskott kommer priset som medel att väsentligt avvika från denna nivå. Prisnivån bör som medel under 1990-talet vara över 25 cent per lb.

Myndighetsingripanden i retursystem för batterier kan leda till att marknadskrafterna sätts ur spel och priset kan därvid bli lägre.

Zink

av bergsingenjör *Mati Sallert*, Boliden Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	151
1.1	Zink, zinkmaterial	151
1.2	Råvarutillgång	151
1.3	Framställningsteknik	153
1.4	Användningsområden	154
1.5	Konsumtion	156
1.6	Produktion	157
	1.6.1 Gruvproduktion	157
	1.6.2 Zinkmetallproduktion	159
	1.6.3 Sveriges produktion	160
1.7	Handel	160
1.8	Priser, prissättning	162
1.9	Ägarstruktur	163
1.10	Konkurrerande råvaror/material	164
1.11	Internationellt samarbete	165
1.12	Forskning och utveckling	165
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	166
2.1	Svenska gruvors situation	166
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	168
3.1	Internationella prognoser och kommentarer till dessa	168
	3.1.1 Generellt	168
	3.1.2 Konsumtion	168
	3.1.3 Trender hos slutförbrukare	169
	3.1.4 Gruvproduktion	171
	3.1.5 Smältverksproduktion	174
	3.1.6 Kostnadsstruktur	174
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	175

1 Faktaavsnitt

1.1 Zink, zinkmineral

Zink, (kemisk beteckning Zn), är en smidig, plastisk formbar metall med smältpunkten 420°C och tätheten 7,1 kg/dm³. Värmeledningsförmågan är ca 30 % och den elektriska ledningsförmågan ca 10 % av koppärens. De mekaniska egenskaperna av zink är ungefär desamma som för koppar.

Till färgen är zink blåvit, men den överdras snabbt i luft av en oxid eller karbonatfilm som ger metallen ett matt gråvitt utseende. Denna ytfilm är i sin tur förhållandevis beständig mot normala atmosfärsangrepp och utnyttjas praktiskt till zinkens viktigaste användningsområden som korrosionsskydd för järn och stål.

Det viktigaste malmmineralet för zink är zinkblände som är en zinksulfid. Detta mineral uppträder ofta tillsammans med andra sulfidmineral, en särskild viktig följeslagare är blyglans. De viktigaste förekomsterna är vanligen olika typer av impregnationer.

1.2 Råvarutillgång

Världens upptäckta brytvärda tillgångar beräknas till ca 170 miljoner ton zink. Tabell 4:1 sammanfattar vissa tillgångsuppskattningar. US Bureau of Mines (USBM) anger att ungefär 70 % av nämnda 170 miljoner ton är utvinningsbart efter förluster i brytning och vidareförädlingsledet.

Tabell 4:1 Zink – råvarutillgång, Mt zinkinnehåll¹

Region	Totala mineral-reserver	Ekonomiskt utvinningsbara
Nordamerika		
USA	53	22
Kanada	56	26
Mexico	8	7
Centralamerika	1	1
Totalt	118	56
Sydamerika		
Brasilien	3	2
Peru	12	8
Övriga	3	2
Totalt	18	12
Europa		
Irland	6	5
Polen	4	3
Spanien	10	6
Sovjetunionen	13	11
Övriga	20	14
Totalt	53	39
Afrika		
Sydafrika	13	11
Zaire	7	7
Övriga	2	1
Totalt	22	19
Asien		
Kina	7	5
Indien	12	5
Iran	6	5
Japan	5	4
Övriga	10	6
Totalt	40	25
Australien	49	18
Summa totalt	300	170

¹ Totalsiffrorna är avrundade.

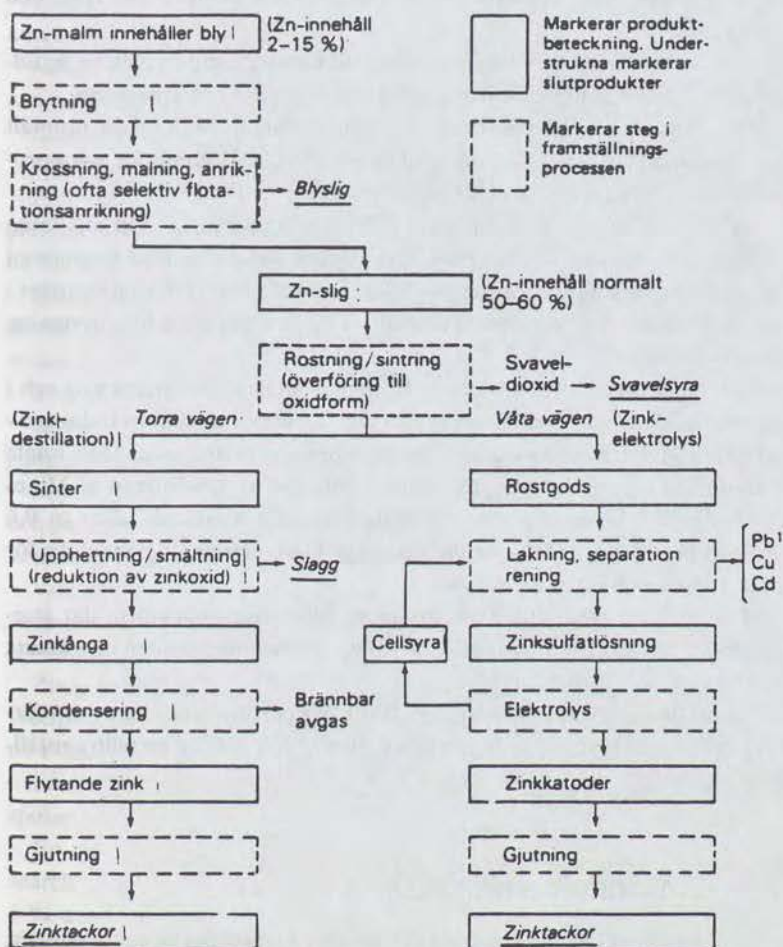
Källa: USBM

Med en brytningstakt av omkring ca 7 miljoner ton zink per år räcker nämnda tillgångar i ca 25 år. Ca 20 % av världens zinkproduktion kommer från dagbrottsgruvor. Underjordsgruvor är oftast små och med en brytning på högst 1 miljon ton råmalm.

1.3 Framställningsteknik

Huvuddragen i zinkframställningen framgår av figur 4:1. Efter brytning krossas och anrikas malmen genom s.k. selektiv flotation varvid man får fram relativt rena koncentrat, sliger, av de ingående sulfidmineralen. De zinkkoncentrat som erhålles håller normalt 50–60 % zink.

Figur 4:1 Zinkframställning



¹ Pb = bly, Cu = koppar Cd = kadmium.

Anm: Per ton producerad zink framställs 1,5 ton svavelsyra.

Källa: K. Tekniska Högskolan; Processmetallurgi

Genom rostning överförs mineralet först till oxidform. Därefter framställs zink antingen genom termisk reduktion och borttagande av syre (genom upphettning tillsammans med koks) och kondensation av den bildade zinkånga eller genom lakning och elektrolys. Elektrolysmetoden har på senare

år blivit helt dominerande och svarar för närvarande för mer än 2/3 av världskapaciteten mot endast 45 % år 1960. Denna utveckling beror på att högre kvalitet erhålls med elektrolysmetoden samt på att biproduktutvinning och miljöskydd underlättas. Elektrolysmetoden har också visat sig något fördelaktigare med hänsyn till utbyte och driftskostnader.

Kadmium är en viktig biprodukt. Denna metall utvinns nästan uteslutande tillsammans med zink.

Bland biprodukterna till zink är silver också viktig. Man räknar med att ca 15 % av allt silver kommer från zinkmalmer och ca 60 % från zink- och blymalmer.

Svavelsyra är en oundviklig biprodukt vid framställning av zink ur sulfidmineral. För varje ton zink måste man framställa 1,5 ton svavelsyra.

Zink säljs i flera kvaliteter och för olika ändamål. Man mäter normalt zinkproduktionen i raffinadzink som är ett samlingsbegrepp för nettoproduktionen i termiska verk och elektrolyswerk.

En viss zinkhalt finns nästan alltid i bly- och kopparsliger. Vid smältning av dessa går zinken över i slaggen. Om slaggen behandlas med kolpulver i ugn, s.k. slagfuming, koncentreras zinken som oxid i ett stoft som överförs i s.k. zinkklinker. Denna, som innehåller ca 70 % zink, lakas före utvinning av zinkinnehållet.

Som senare visas används nästan hälften av all zink för förzinkning och i pigment. Denna zink återvinnes i regel inte. Däremot är återanvändning av zink från gjutgods, mässing och andra legeringar betydande. Den totala återvinningen av zink som zinkmetall uppskattas av US Bureau of Mines (USBM) till 9 % av den totala globala tillförseln av metall, eller ca 0,6 miljoner ton per år. Detta är en väsentligt lägre återvinningsandel än för t.ex. koppar och bly, (15 resp. 40 %).

Med en ökad användning av zink inom galvaniseringssektorn, där återvinningen är i stort sett obefintlig, beräknas återvinningsgraden inte kunna öka väsentligt.

Framställning av zink kräver 6–7 000 kWh per ton zink, varav 1/4 förbrukas för gruvbrytning och anrikning till slig och 3/4 för metallframställning ur slig.

1.4 Användningsområden

Zink är en mycket vanlig komponent som används i ett flertal applikationer, där dess låga smältpunkt medger formning och gjutning. Den har vidare goda elektrokemiska egenskaper som lämpar sig som ytbeläggning på järn och stål i korrosionsskyddande syfte. Zink kan vidare med lätthet legeras och är en av huvudkomponenterna i mässing (65 % koppar, 35 % zink).

Västvärldens förbrukning inom de olika användningsområdena framgår av tabell 4:2.

Dessa användningsområden finns representerade inom följande sektorer.

Byggnadssektorn är en stor användare av zinkbaserade produkter. Galva-

niserad plåt och stål används i byggnadskonstruktioner. Takplåt, tankar, ventilationsrör och luftkonditioneringsanläggningar är ofta utförda i galvaniserad plåt. Övriga galvaniserade produkter av betydelse är stängsel, linor, wire, spik, skruvar, bult och muttrar. I utomhuskonstruktioner som lednings- och belysningsstolpar, vägräcken och trafikmarkeringar är galvaniserade produkter mycket vanliga.

Pressgjutna detaljer av zink används i dörrar och fönster som beslag och handtag.

Zinkkomponenter i färgpigment är ett vanligt korrosionsmedel för järnkonstruktioner.

Mässingsprodukter är vida använda i arkitektoniska konstruktioner och i handtag, kranar, hängare, m.m.

Zinkplåt används även som takbeklädnad i vissa länder i Europa.

Transportsektorn är den näst största förbrukaren av zink.

Pressgjutna detaljer finns här i handtag, reglage, kylargrillar, instrument, paneler m.m. Användningen inom dessa områden är dock på nedåtgående då de lätt kan ersättas med andra material, plaster t.ex.

Ett område där zinkanvändningen ökar är inom *bilindustrin*, där ett flertal tillverkare under senare år börjat galvanisera först underredet och sedan även hela karosser.

Mässing används i kylare, rör och emblem.

Cirka hälften av den totala konsumtionen av zinkoxid används inom gummiindustrin och där huvudsakligen i bildäckstillverkning.

Bland *övriga* applikationsområden kan nämnas galvaniserade gjutjärn och pressgjutna detaljer i hushållsmaskiner och elektriska anordningar samt kontorsutrustning.

Valsade zinkprodukter i form av band, plåt, linor och stång har ett flertal användningsområden. Bland dessa kan nämnas mynt i USA, torrbatterier, tätningsslister och takbeläggning.

Zink-compounder används i korrosionsskyddande färger, flussmedel vid svetsning, i fluorescerande material i katodrör, radarskärmar och som additiv i smörjolja och fetter.

Ferriterna, som används inom elektronikindustrin för transformatorer, spolar och motorer innehåller också zink-compounder.

En produkt som nyligen utvecklats av International Lead and Zinc Research Organization (ILZRO) är galfan. Denna legering håller 90 % zink, 5 % aluminium och en mindre mängd sällsynta jordartsmetaller. Denna produkt har visat sig ha överlägsna korrosionsegenskaper jämfört med traditionell galvanisering och produkten galvalume som introducerades av Bethlehem Steel år 1976.

Galfan har vidare den fördelen att den kan produceras i för den traditionella galvaniseringen existerande anläggningar. Endast smärre ändringar erfordras medan en anläggning för galvalume kräver omfattande investeringar.

Introduktionen av galfan har märkbart bidragit till att zinkanvändningen ökar.

Tabell 4:2 Zink – huvudsakliga användningsområden i västvärlden

	1985 kt	Andel %
Förzinkning	1 972	42
Zinkbaserade legeringar	751	16
Mässing	960	21
Halvfabrikat	397	8
Kemikalier	424	9
Övrigt	189	4
Summa	4 693	100

Källa: ILZSG

1.5 Konsumtion

Världens totala konsumtion av zink uppgick år 1985 till 6,5 miljoner ton, varav 4,7 miljoner ton i västvärlden. Konsumtionens länderfördelning och utveckling framgår av tabell 4:3.

Tabell 4:3 Världens zinkkonsumtion, kt

Region	1975	1980	1985
USA	839	810	941
Japan	563	752	780
Västtyskland	297	406	408
Frankrike	223	330	247
Storbritannien	207	181	189
Sverige	44	38	35
Övriga västvärlden	1 369	1 886	2 081
Totalt västvärlden	3 542	4 403	4 681
Sovjetunionen	900	1 030	1 000
Kina	220	200	350
Polen	152	178	152
Övriga planekonomier	279	314	324
Totalt planekonomier	1 551	1 772	1 826
Totalt hela världen	5 093	6 125	6 507

Källa: WBMS

Under slutet av 1970-talet var ökningen av konsumtionen mest märkbar i Japan, Västtyskland och övriga världen, medan USA de facto svarade för en liten nedgång. USA redovisar däremot den kraftigaste konsumtionsökningen under 1980-talet medan resten av världen i stort stagnerat.

Den amerikanska konsumtionsnedgången under 1970-talet har sin orsak i efterverkningarna av oljekrisen. Ekonomisering och miniatyriseringen eliminerade stora mängder zink från bilindustrin. Kylaremblemen försvann, handtag, reglage och instrument utförades i smäckrare design sedan "thin-wall"-teknikens genombrott och det stora spillet i pressgjutningarna kunnat bemästras. "Thin-wall"-tekniken innebär att man med en förbättrad gjut-

ningsteknik kan utföra konstruktionerna betydligt tunnare. Flertalet av zinkapplikationerna ersattes också med plast.

1.6 Produktion

1.6.1 Gruvproduktion

Världens gruvproduktion av zink uppgick år 1985 till 6,9 miljoner ton, varav 5,2 miljoner ton i västvärlden. Från att ha legat ganska stilla under slutet av 1970-talet har gruvproduktionen av zink åter ökat under början av 1980-talet. Bland de länder som kraftigt ökat sin produktion märks Peru och Mexiko, medan länder såsom USA och Canada har uppvisat en minskande produktion. Produktionsutvecklingen länderfördelad framgår av tabell 4:4. En presentation av större gruvor framgår av tabell 4:4 a.

Tabell 4:4 Världens gruvproduktion av zink, kt zinkinnehåll

Region	1975	1980	1985
Kanada	1 229	1 059	1 172
Australien	500	495	743
Peru	364	488	583
USA	468	349	252
Mexico	221	235	312
Japan	254	238	254
Sverige	111	167	216
Övriga västvärlden	1 328	1 567	1 683
Totalt västvärlden	4 475	4 598	5 214
Sovjetunionen	1 030	1 000	1 000
Polen	190	215	190
Kina	135	150	200
Övriga planekonomier	325	260	245
Totalt planekonomier	1 680	1 625	1 635
Totalt världen	6 155	6 223	6 849

Källa: WBMS

Tabell 4:4 a Presentation av större gruvor 1986, zinkinnehåll i slig

Land/gruva	Företag	Ägare	Prod kap
Sydafrika			
Aggeneys	Black Mt	Goldfields 55%, PD 45%	25
Zaire			
Kipushi	Gecamines	Staten	75
Australien			
Cobar	AM&S	CRA (RTZ 49%)	30
NBHC	AM&S	CRA (RTZ 49%)	210
Read Roseberry	E-Z Ind	North Broken Hill	100
Elura	E-Z Ind	North Broken Hill	90
Mt Isa Mines	Mt Isa Mines	Asarco 44%	240
North Broken Hill	North Broken Hill	North Broken Hill	55
Woodlawn	Denehurst	Denehurst Ltd	65
Japan			
Kamioka	Mitsui	Mitsui M&S	60
Thailand			
Mae Sod	Padeng	VM 30%, Thai 70%	65
Danmark			
Black Angel	Greenex	Boliden	65
Irland			
Navan	Tara	Outokumpu 75%	220
Finland			
Vihanti	Outokumpu	Outokumpu	42
Sverige			
Zinkgruvan	Vielle Montagne	Vielle Montagne	65
Spanien			
Aznacollar	Apirsa	Boliden	55
Rubiales	Exminesa	Cominco 47%	80
Brasilien			
Vazantes	Min Metals	Cia Mines de Metais	100
Honduras			
El Mochito	Rosario	American Pacific Mining	40
Mexico			
Charcas	IMMSA	Asarco 34%, Mexican 66%	42
San Martin	Ind Minera Mex	Asarco 34%, Mexican 66%	85
Santa Barbara	Ind Minera Mex	Asarco 34%, Mexican 66%	40
Real de Angeles	Min Frisco	Min Frisco/Com de Formento	
		Placer Dev	40
Chihuahua	Min Frisco	Min Frisco	40
Peru			
Cerro de Pasco	Centromin	Peruanska staten	145
Mahr Tunnel	Centromin	Peruanska staten	40
San Vicente	IGNACIO	Ignacio de Monorocna	80
Canada			
Polaris	Arvik Mines	Cominco	120
Mines Selbaie	BP Selco	BP 55%/ESSO 25%/TCPL 10%	30
Brunswick	Brunswick M&S	Noranda 63%	264
Sullivan	Cominco	Cominco	95
Faro	Curragh Res	Curragh/Giant Res/Boliden	165
Kidd Creek	Kidd Creek	Falconbridge	230
Matagami	Matagami Lake	Noranda 31%, Cantex Plac 27%	60
Nanisivik	Nanisivik Min	Min Resources Int	70
Myra Falls	Westmin	Westmin Res	50
USA			
Asarco Tenn	Asarco	Asarco	60
Gordonsville	Jersey Miniere	Union Miniere	46
Balmat Edwards	St Joe	St Joe	60

Tabell 4:4 b Sveriges zinkproduktion 1987, zinkinnehåll i slig

Gruva	Produktion kt
Långsele	20,1
Udden	11,3
Långdal	6,1
Renström	11,0
Kristineberg	18,3
Rävlidenfältet	8,8
Hornträsk	3,6
Holmtjärn	3,2
Näsliden	3,6
Laisvall	14,2
Stekenjokk	12,5
Saxberget	9,0
Garpenberg	9,2
Garpenberg Norra	9,1
Zinkgruvan	66,2
Falu gruva	7,0
Summa	213,2

1.6.2 Zinkmetallproduktion

Världens totala produktion av zink uppgick år 1985 till 6,8 miljoner ton, varav 5,0 miljoner ton i västvärlden. Det är de stora industrinationerna som dominerar, Japan, Canada, Västtyskland och USA. Produktionens länderfördelning framgår av tabell 4:5.

Tabell 4:5 Världens produktion av metallisk zink, kt

Region	1975	1980	1985
Japan	698	735	740
Kanada	430	592	692
Västtyskland	295	365	366
USA	450	370	312
Belgien	218	248	271
Australien	201	306	288
Norge	61	79	93
Finland	110	147	161
Övriga västvärlden	1 305	1 617	2 040
Totalt västvärlden	3 768	4 459	4 963
Sovjetunionen	1 030	1 060	1 050
Kina	140	155	215
Polen	243	218	180
Nordkorea	140	105	180
Övriga planekonomier	161	163	162
Totalt planekonomier	1 714	1 701	1 787
Världen totalt	5 482	6 160	6 750

Källa: WBMS

1.6.3 Sveriges produktion

Brytning av zinkmalm sker i ett flertal gruvor i Sverige. Boliden bedriver brytning i Skelleftefältet och i Bergslagen, medan det belgiska bolaget Vieille Montagne har verksamhet i Åmmeberg i Närke. Sveriges produktion framgår av tabell 4:4 b.

I Sverige finns inget smältverk för zink, varför all zinkslig exporteras. Huvudsakliga mottagarländer är Norge, Finland, Belgien, Frankrike och Västtyskland.

Boliden äger tillsammans med Rio Tinto Zinc (RTZ) zinkverket Norzink i Odda vid Hardangerfjorden i Norge. RTZ förvärvade sin andel från BP Minerals under 1989.

Ur slagfumingen från koppar och blysmältningen vid Rönnskärsverken utvinns s.k. zinkklinker som vidareförädlas i Norzink.

Zinkdamm från stålverk samt skrot i form av mässing utgör andra råvarukällor för zink. Dessa källor liksom skrotzink utgör dock inte någon betydande del av zinkförsörjningen i Sverige.

Försök har dock gjorts i Sverige att återvinna zink ur damm och askor och en anläggning härför finns i Scan Dust i Landskrona.

1.7 Handel

Zinkens huvudsakliga handelsvaror är i form av metall eller slig. Vissa mindre kvantiteter av zinkklinker och zinkföreningar är också föremål för handel. Den är dock av underordnad betydelse.

På grund av att zink huvudsakligen används inom galvaniseringen är stora mängder zink ej lätt återvinningsbara, varför användandet av zinkskrot och följaktligen handeln med skrot är av mindre betydelse.

Handeln med zinkkoncentrat framgår av tabell 4:6. Bland importörerna märks Japan, Belgien och Frankrike, medan Australien, Kanada och Peru är betydande exportörer. Sverige med sina 211 kt zinkinnehåll i slig intar här en fjärdeplats bland exportörerna i den internationella statistiken.

Tabell 4:6 Handel med zinkkoncentrat, zinkinnehåll i slig, kt

Region	1985
Import	
Belgien	272
Frankrike	270
Västtyskland	242
Nederländerna	232
Japan	423
Italien	218
Finland	102
Norge	56
Export	
Australien	411
Kanada	397
Peru	388
Sverige	211
Irland	183

Källa: ILZSG

Betydande exportörer av zinkmetall är Kanada, Australien, Belgien och Holland. Samtliga med undantag för Belgien har också ökat sin export under 1970- och 1980-talen. USA, Västtyskland och Storbritannien är stora importörer av zinkmetall. Kinas stora västimport 1985 är också väsentlig. Handeln med zinkmetall framgår av tabell 4:7. Sveriges zinkbalans återfinns i tabell 4:8.

Tabell 4:7 Handel med zinkmetall, kt

Region	1975	1980	1985
Export			
Kanada	247	472	556
Australien	118	219	215
Nederländerna	83	143	160
Belgien	180	141	157
Finland	79	117	127
Spanien	31	94	127
Västtyskland	66	100	109
Peru	58	33	107
Norge	33	60	72
Import			
USA	345	411	610
Kina	—	—	269
Västtyskland	82	141	152
Storbritannien	192	130	131
Frankrike	62	105	62
Sverige	43	30	32
Danmark	11	15	12

Källa: WMBS

Tabell 4:8 Sveriges zinkbalans 1987, ton

Gruvproduktion zinkinnehåll i slig		213 200
Import av zinkmetall		36 100
Export av zinkmetall		1 100
Konsumtion		35 000
Export av zinkslig (slig totalt)		461 000
varav till		
	Belgien	117 000
	Norge	110 800
	Finland	75 600
	Västtyskland	58 400
	Sovjetunionen	52 600
	Frankrike	34 400
	Övriga	12 200
Import av zinkmetall totalt		36 100
varav från		
	Finland	14 700
	Norge	19 400
	Övriga	2 000

Källor: MG, Metallstatistik
ILZSG

Handeln med östblocket har för närvarande inte någon större omfattning.

Nettoimporten av sliger till öst år 1987 var 103 kt metall i slig (125–22 kt).

Nettoimporten av metall till väst år 1987 var 13 kt (177–164 kt).

Trenden under 1980-talet har varit att östländerna minskat sin koncentratimport och från att ha varit nettoimportörer av metall är de 1987 nettoexportörer – om än små.

Statistik och planer från östländerna är dock svåråtkomliga, varför någon prognos för framtida utveckling är svår att göra. Svängningar i balansen är dock av betydelse och följs nogsamt av analytiker i väst.

1.8 Priser, prissättning

Zinkpriset var vid årsskiftet i början av 1989 det högsta någonsin i absoluta termer både i SEK, 13 400 per ton, och i USD, 2 130 per ton. Den historiska prisbilden framgår av figur 4:2.

Figur 4:2 Zink LME



Mellan åren 1964 och 1988 existerade ett producentpris för försäljning i Europa. Detta pris sattes av de ledande producenterna. Parallellt noterades zinken också på London Metal Exchange (LME), men endast en mindre del av samtliga zinktransaktioner var relaterade till LME-priset. Sedan den 1 januari 1989 sker all prissättning utanför USA baserat på LME-noteringen.

Transaktioner inom USA regleras av ett amerikanskt producentpris.

Vid betalning av zinkslig beaktas sligens zinkhalt, beräknat utbyte vid metallframställning samt kostnaderna för denna, s.k. smältlön. Genom denna priskonstruktion följer priset på zinkslig i stort sett priset på zinkmetall.

Lagersituationen brukar vara en viktig prisindikator. De totala zinklagren i världen uppgick i december 1988 till 1,2 Mt och hade till 1988 sjunkit till ca 500 kt, motsvarande ca fem veckors konsumtion. Det är i huvudsak producenterna som har minskat sina lager. Denna nivå betraktas allmänt som en mycket låg nivå och störningar i produktionsledet tenderar att ge effekt på priset relativt snart då buffertnivån i lagren inte är stor nog att förmå absorbera svängningarna.

1.9 Ägarstruktur

Huvuddelen av världens gruvkapacitet av zink finns i den industrialiserade världen och är privatägd.

De större företagen och dess produktion av zink i koncentrat framgår av tabell 4:9.

Tabell 4:9 Ägarstruktur

Företag ¹	Land	Prod 1985, kt zink i slig
Mount Isa Mines Ltd	Australien	417
Falconbridge	Kanada	261
Brunswick Mining and Smelting	Kanada	238
Centromin	Peru	233
Cominco	Kanada	221
Australian Mining and Smelting Ltd	Australien	209
Tara Exploration	Irland	192
Electrolytic Zinc	Australien	174
Pine Point Mines Ltd	Kanada	161
Boliden AB	Sverige	138

¹ Dessa företag kan dock äga andelar i producerande gruvor i andra länder, varför vissa företags "totalproduktion" kan avvika från ovan angivna värden.

Källa: ABMS

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Zinkens huvudsakliga konkurrenter är aluminium, plast och magnesium.

Aluminium och magnesium konkurrerar i applikationer där vikt, temperaturlösligheter och ytfinish är viktiga egenskaper. Även plaster har funnit några användningsområden och utvecklingen av plastbelagda material har under senare år gått starkt framåt.

Zinkindustrins egen utveckling av tekniken med "thin wall" samt de materialbesparingar som åstadkommit vid pressgjutningar genom att eliminera onödigt spill har dock förbättrat zinkens position i ett flertal applikationsområden inom transport-, konsumtions- och prylsektorn.

För pressgjutna detaljer där funktionen kan uppfyllas av såväl zink, aluminium som plast kommer dock priset att vara av avgörande betydelse.

Inom galvaniseringssektorn finns i dag inget bra alternativ för de stora bulkkvantiteterna som korrosionsskydd för järn och stål. För tunnplåt lanserades galvalume år 1976 som innehåller 55 % aluminium och 43 % zink. Denna komposition visade sig emellertid inte ha några bestående kvalitetsfördelar och ersätts i dag alltmer av den av ILZRO framtagna produkten galfan.

Beläggning av stål och plåt med plaster och färger används för enklare konstruktioner och där kraven på korrosionsbeständighet ej är utpräglade.

Aluminiumlegeringar, rostfritt stål och plaster har ersatt avsevärda kvantiteter mässing inom byggnads- och marinsektorn.

Aluminium och plastöverdraget aluminium med stålplåt konkurrerar med galvaniserad plåt som takbeklädnad, durkplåt och höljen.

1.11 Internationellt samarbete

International Lead and Zinc Study Group (ILZSG), med säte i London, bildades år 1959 i avsikt att ge möjligheter till reguljära konsultationer nationerna emellan avseende den internationella produktionen, konsumtionen och handeln med bly och zink.

Arbetet är i huvudsak inriktat på statistikfrågor och kontinuerlig uppföljning av tillgångs- och efterfrågesituationen.

Studiegruppens medlemmar består av representanter för regeringarna i såväl producent- som konsumentländerna.

Studiegruppens generalförsamling träffas som regel en gång per år. Ländernas delegationer består därvid förutom av regeringsrepresentanter också av rådgivare från industrin.

1.12 Forskning och utveckling

Västvärldens bly- och zinkproducenter bildade år 1958 en gemensam organisation International Lead and Zinc Research Organization (ILZRO) för finansiering och administration av utvecklingsarbete ämnande till att identifiera nya applikationsområden såväl som att bevara och utveckla existerande användningar.

Ett 25-tal västföretag är i dag medlemmar och diskussioner förs med öststater om eventuellt tekniskt samarbete. ILZROs årliga budget omspänner ca USD 6 miljoner för både bly och zink. ILZROs operativa säte ligger i dag i Research Triangle Park i North Carolina, USA.

De mest betydande insatserna från ILZROs sida under de senaste åren har varit lanseringen av det tidigare beskrivna ytbeläggningsmaterialet galvan samt det arbete som tillsammans med pressgjutarna lett till att zinken åter blivit konkurrenskraftig gentemot aluminium och plaster.

Regionalt i världen förekommer lokala marknadsutvecklingsorganisationer, MDAs (Market Development Associations). Deras uppgift är att inom sin region svara för marknadsstödjande aktiviteter och kampanjer samt att implementera idéerna som framtagits genom ILZRO.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Huvuddelen av zinkproducenterna finns i den industrialiserade världen och är privatägd. När framför allt under slutet av 1970-talet priset sjönk till följd av den allmänna nedgången efter oljekriserna, drabbades zinken av de generella trenderna av ekonomisering och miniatyrisering. Dels hade priset tidigare under 1970-talet varit relativt högt visavi andra konkurrerande material, varför substitutionsmaterial var på väg att överta zinkens marknadsandelar, dels påverkades zinkkonsumtionen av de reducerade bilvikterna, då speciellt de pressgjutna detaljerna gjordes mindre eller eliminerades helt.

Zinkindustrin som på grund av ägarstrukturen är marknadsresponsiv hade förmågan att själv rationalisera sig och lägga ned den olönsamma överkapaciteten. Detta var framför allt fallet i USA. Zinkindustrin där var omodern och drog höga kostnader.

Ett genomgående drag i OECD-länderna har varit att när industriproduktionen har fallit så har också zinkkonsumtionen fallit, och det kraftigare. När sedan industriproduktionen stigit har zinkkonsumtionen också stigit, men då betydligt långsammare.

Sålunda har ett gap uppstått som under 1970- och 1980-talen hela tiden har vidgats. Den industriella tillväxten sker sålunda ej med samma andel zink utan med betydligt lägre proportioner. Andra material har sålunda kunnat ersätta zink.

Denna tendens har varit mest markant i USA, Japan och Storbritannien. Under senare år har dock en viss återhämtning i zinkkonsumtionen märkts så att gapet synes inte vidgas mer. Två länder svarar dock för en något annorlunda bild, Italien och Västtyskland. Sedan 1982 har i dessa länder zinkkonsumtionen stigit kraftigare än industriproduktionen.

Detta kan tolkas som att en fortsatt minskning av vikterna inte låter sig lätt göras samt att substitutionen har avstannat eller t.o.m. reverserat.

2.1 Svenska gruvors situation

Zinkpriset var uttryckt i USD under slutet av 1970-talet och under 1980-talet relativt konstant. Uttryckt i svenska kronor har det dock varit en märkbar ökning i det att svenska kronan försämrats gentemot USA-dollar, speciellt under 1980-talet. Härtill kommer den kraftiga devalveringen hösten 1982.

De svenska zinkgruvorna har således inte varit utsatta för samma pris-

press som speciellt de amerikanska. Den svenska gruvproduktionen har under 1975–1985 fördubblats.

Dollarfallet efter 1985 samtidigt med ett lägre zinkpris i dollar medförde en kraftig sänkning av priset i svenska kronor. Detta medförde en kraftig lönsamhetsförsämring för de svenska gruvorna.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Internationella prognoser och kommentarer till dessa

3.1.1 Generellt

Följderna efter den dramatiska nedgången på världens börser i oktober 1987 har inte blivit så dramatiska som flertalet befarat. Dock kan förmärkas en viss avmattning och därefter en måttligare ökningstakt i OECD-länderna. Det är framför allt osäkerheten som lett till att flera länder har justerat sina siffror vad beträffar GNP-tillväxten. Framför allt USA räknar med en GNP-tillväxt på 1 à 2 % under början av 1990-talet för att sedan åter komma till en nivå på ca 2,5 à 3,5 %. Japan och Västtyskland väntas dock få en jämnare utveckling och beräknar tillväxten till ca 3 resp. 2 % per år.

Problemen i USA accentueras ytterligare av de stora underskotten i bytesbalansen.

De åtgärder som måste vidtas för att minska dessa kommer sannolikt att pressa räntorna uppåt och vara inflationsdrivande, varför en allmän lägre tillväxt i början av 1990-talet kan förutses. Andra halvan av 1990-talet beräknas åter en ökning av tillväxttakten.

Den lägre tillväxttakten i USA får effekter i flera länder, speciellt i Europa och Canada. Japan beräknas då kunna vidmakthålla sin position då den inhemska efterfrågan beräknas vara stark under hela perioden. Oljepriset beräknas inte kunna stiga dramatiskt, varför en måttlig inflation kan generellt förutses i OECD-länderna.

3.1.2 Konsumtion

Världskonsumtionen uppgick år 1985 till 6,5 miljoner ton, varav 4,7 miljoner ton i västvärlden. Västvärldens konsumtion ökade under 1986 och 1987 med 3,7 resp. 2,5 %. Den genomsnittliga årliga ökningen till mitten av 1990-talet beräknas ligga omkring 0,5–2 %.

Den största ökningen beräknas inträffa i kategorin övriga länder, huvudsakligen i Sydostasien. Ökningen där balanserar väl den långsammare ökningstakten i USA. I Europa och Japan beräknas konsumtionen t.o.m. sjunka något.

Det är sannolikt att en ökning i industriproduktionen framgent kommer att innebära en högre ökningstakt i zinkkonsumtionen än vad som varit fallet tidigare. Detta beror till stor del på att substitutionen nu avstannat

samt att tekniken med "thin-wall"-gjutningen och galvaniseringsskiktens tjocklek nu nått till den nivån, där ytterligare materialbesparingar endast kan ske till priset av försämrade egenskaper.

3.1.3 Trender hos slutförbrukare

Galvanisering

Galvanisering är en sektor där zink bedöms ha en god framtid. Galvaniserad plåt beräknas ha en god efterfrågan i OECD-länderna, framför allt inom byggnads- och bilindustrin. I NIC (Newly Industrialized Countries) och LDC-länderna är det framför allt i samband med uppbyggnaden av infrastrukturen som galvaniserade produkter kommer till användning, såsom belysnings- och ledningsstolpar samt vägräcken m.m.

Konstruktions- och byggnadssektorn förutses emellertid visa starkt varierande utveckling under 1990-talet. Av OECD-länderna beräknas USA visa upp den svagaste utvecklingen. Efter oktoberraset på aktiemarknaderna synes byggnadsaktiviteten vara svag. Farhågor om vad som kommer att ske efter valet bidrar till osäkerheten och det synes vara motvilligt som människor vill dra på sig stora lån för husköp. Däremot verkar konsumtionsvarusidan inte ha stagnerat – man köper och kommer att köpa "prylar" i oförminskad takt. Mot mitten av 1990-talet kan man ånyo se förutsättningar för att byggnadsaktiviteten skall kunna öka.

I Japan förväntas byggandet öka under början av 1990-talet. Framför allt några stora statliga projekt såsom broar, hamnar, hamnen i Tokyo och flygplatsbyggen, kommer att öka aktiviteten på den japanska byggmarknaden. Detta bör kunna medföra en hög zinkkonsumtion.

I Europa förväntas byggnadsaktiviteten öka mest i Frankrike och Storbritannien fram till 1990. Västtyskland beräknas uppvisa kraftiga variationer men genomsnittligt en relativt hög byggaktivitet. Italien kommer sannolikt att ha nolltillväxt inom byggnadssektorn.

En mera svårbestämd utveckling är dock den i utvecklingsländerna. Här finns dock den största potentialen och en ökning av levnadsstandarden är också kopplad till en hög industriell aktivitet. Detta gäller framför allt de s.k. NIC-länderna, Sydkorea, Brasilien och Indien. Förutsättningarna för tillväxt i dessa länder är dock frånvaron av naturkatastrofer som t.ex. torkan i Indien.

Några bra alternativ till galvaniserade produkter för byggnadsindustrin, undantaget takplåt, finns inte och några större hot synes inte heller finnas.

Hotet mot zinken kan i så fall komma från zinken själv i att produkten galvalume innehåller endast halva zinkmängden mot vanlig galvanisering och galfan, som förvisso innehåller nästan bara zink men där tekniken med tunnare skikt gör att mängden zink minskar. Detta skall dock kunna kompenseras med att produkterna har bättre egenskaper och på så sätt kan finna en vidare användning så att totalkonsumtionen ändå ökar. Framför allt

inom bilindustrin där denna potential finns. I USA har galvaniserade chassiss och karosser fått en stor genomslagskraft, medan det i Europa än så länge endast är högrissegmentet som har galvaniserade karosser. Bilisternas ökade intresse för ökad livslängd hos bilar pressar dock tillverkarna att i större utsträckning även galvanisera karosser hos billigare och mer vanliga bilar. Det måste bedömas som sannolikt att zinkanvändningen i Europa kommer att öka vad avser galvaniserad plåt för bilindustrin. Den japanska bilindustrin har dock redan en så hög andel zink att den knappast kan öka mer.

Nya tekniker med tunnare beläggning kan snarare leda till en lägre total konsumtion.

Utsikterna för bilindustrin måste dock betraktas globalt sett som inte alltför ljusa. Av de tre huvudsakliga produktionsregionerna synes Europas bilproduktion kunna bestå på en hög nivå, medan det är mera tveksamt om USA och Asien förmår att hålla produktionen högt.

Eftersom bilindustrin är den största potentiella marknaden där en ökning av galvaniserad plåt är möjlig kommer en total nedgång av bilproduktionen ändå att leda till en total konsumtionsökning av zink i bilindustrin till följd av att andelen zink per bil ökar.

Mässing

Mässingsförbrukningen är av vitalt intresse för zinkkonsumtionen men den är också den svåraste att bedöma.

Handelsrestriktionerna i USA 1986 mot importerad mässing har haft avsedd verkan. Nedgången i USA-dollar har gett ytterligare hjälp åt den amerikanska industrin. Den alltmer stängda USA-marknaden har medfört allvarliga konsekvenser för bl.a. mässingstillverkare i Europa. De europeiska mässingstillverkarna får anpassa sin produktion till marknaden i Europa.

De enskilda största områdena för mässingsanvändning är inom konstruktions-, byggnads-, bil- och elindustrin. Utsikterna bedöms dock inte vara alltför ljusa.

Pressgjutning

Utsikterna för pressgjutna zinkdetaljer har förbättrats markant under de senaste åren och förutspås en fortsatt tillväxt. De pressgjutna zinkdetaljerna hörde till en av de mest utsatta områdena när biltillverkarna efter oljekrisen försökte minska bilvikten. Substitution och viktminskingsprocess beräknas ha nått sin gräns och pressgjutna zinkdetaljer kan i dag bättre konkurrera med alternativa material.

Övriga områden där pressgjutna detaljer har haft en kraftig tillbakagång är för leksaker och för höljen och hållare till hushållsmaskiner, radio, tv, video och övriga elektriska apparater. Även inom denna sektor har trenden vänt och konsumtionen beräknas öka under 1990-talet.

Valsad zink

Denna produkt används som takplåt i norra Europa, som batterihölje för torrbatterier och i mynt. Användningen inom dessa sektorer har minskat och bedöms göra så även i fortsättningen. Användningen inom torrbatterier kommer sakta att försvinna då alkalinebatterier med stålhöljen har betydligt bättre livslängd. I mynt kan zinkanvändningen bestå ännu en tid. Som takplåt har zink endast en begränsad marknad och den beräknas inte öka.

3.1.4 Gruvproduktion

Västvärldens gruvproduktion av zink som 1987 uppgick till 5,4 miljoner ton förväntas sjunka något de närmaste åren till följd av stängningen av några gruvor, bl.a. Pine Point i Canada och några andra smärre nedläggningar i Europa och Afrika. Fr.o.m. 1990 förväntas däremot produktionen stiga kraftigt då ett antal nya projekt kommit i produktion. Dess kapacitet är väsentligt högre än den kapacitet som försvinner från planerade nedläggningar. Vid mitten av 1990-talet beräknas gruvproduktionen till ca 6 miljoner ton i västvärlden.

Av tabell 4:10 framgår nya gruvprojekt som är planerade de närmaste 5 åren och av tabell 4:11 de gruvor som kommer att läggas ner.

Under samma period planerar existerande och i produktion varande gruvor att öka kapaciteten med ca 400 000 ton.

I tabell 4:12 sammanfattas förändringar i gruvkapacitet samt de regionala förändringarna under den kommande 5-årsperioden.

Tabell 4:10 Nya gruvprojekt 1988–1993, kt zink i slig

Period	Gruva	Land	Sannolik produktion
1988–1989	Cadjebut	Australien	40
	Lady Loretta I	Australien	45
	Hellyer	Australien	85
	Caribou	Kanada	40
	Winston Lake	Kanada	50
	Isle Dieu	Kanada	50
	Callinan	Kanada	15
	Greens Creek	USA	30
	Rainbow	USA	15
	Övriga		15
			385
1990–1991	Lady Loretta II	Australien	35
	Thalanga	Australien	45
	Midway	Kanada	15
	Rampura Agucha	Indien	70
	Ambamata	Indien	13
	Ray de Plata	Mexico	15
	Isaycruz	Peru	50
	Aljustrel	Portugal	20
	Santa Barbara	Spanien	15
	Cayelli	Turkiet	50
	Ward	USA	17
	Red Dog I	USA	190
	Övriga		10
			545
1992–1993	Benambra	Australien	40
	Blendevalle	Australien	120
	Golden Grove	Australien	100
	Bolivar	Bolivia	40
	La Cienega	Mexico	10
	Gamsberg	Sydafrika	60
	Huelva	Spanien	15
	Blue Moon	USA	45
	Red Dog II	USA	130
	Övriga		10
			570

Källa: CRU

Tabell 4:11 Gruvnedläggningar 1988–1993, kt zink i slig

Period	Gruva	Land	Kvantitet
1988–1989	Pine Point	Kanada	240
	Matagami	Kanada	60
	Black Angel	Grönland	65
	Rammelsberg	Västtyskland	40
	Grund	Västtyskland	20
	Stekenjokk	Sverige	10
	Saxberget	Sverige	10
	Beltana	Australien	20
	Cuale	Mexico	10
	Prieska	Sydafrika	60
	Kabwe	Zambia	35
			570
1990–1991	Daniels Harbour	Kanada	40
	Mattabi	Kanada	50
	Flin Flon	Kanada	30
	Vihanti	Finland	40
	Les Malines	Frankrike	20
	Silicatos	Spanien	25
	Madrigal	Peru	10
	Santander	Peru	15
			230
1992–1993	Ruttan	Kanada	25
	Snow Lake	Kanada	20
	Ascaro Tennessee	USA	50
	Saint Salvy	Frankrike	20
	Meggen	Västtyskland	30
	Woodlawn	Australien	45
			190

Källa: CRU

Tabell 4:12 a Förändringar i gruvkapacitet, kt zink i slig

Period	Nya gruvor	Expansion i befintliga gruvor	Gruvnedläggningar	Nettoförändring
1988–1989	+ 385	+ 195	– 560	+ 20
1990–1991	+ 545	+ 125	– 240	+ 430
1991–1993	+ 570	+ 95	– 190	+ 475
Summa	+ 1 500	+ 415	– 990	+ 925

Tabell 4:12 b Regionala förändringar av gruvkapaciteten, kt zink i slig

Period	Australien	Nord-amerika	Europa	Övriga länder	Nettoförändring
1988–1989	+ 190	– 50	– 105	– 15	+ 20
1990–1991	+ 120	+ 115	– 45	+ 240	+ 430
1992–1993	+ 275	+ 50	– 20	+ 170	+ 170
Summa	+ 585	+ 115	– 170	+ 395	+ 925

Av tabellen framgår också att det är i huvudsak de industrialiserade västländerna som dominerar produktionen och att den planerade nyproduktionen i allt högre grad kommer från dessa länder.

3.1.5 Smältverksproduktion

Västvärldens smältverksproduktion år 1987 uppgick till ca 5 miljoner ton och väntas öka till 5,5 miljoner ton under mitten av 1990-talet. Huvuddelen av ökningen härrör från expansioner av befintliga smältverk, några nya smältverk av betydelse synes knappast vara aktuella. Fyra mindre integrerade projekt i Indien, Iran, Turkiet och Peru kan möjligen komma till stånd under början av 1990-talet. Deras tillkomst i de miljöer där de är belägna kan knappast påverka marknadsbilden i världen.

3.1.6 Kostnadsstruktur

Cirka 77 % av västvärldens gruvor beräknas ha fått täckning för sina driftskostnader under år 1987 vid ett genomsnittligt zinkpris om 37,6 cent per lb eller ca 830 USD per ton. Andelen gruvor som sålunda fick kostnadstäckning steg med ca 10 % mellan 1986 och 1987, huvudsakligen till följd av högre biproduktskrediter.

Med hänsyn till att USA-dollar försvagats har kostnaderna för producenterna framför allt i Europa och Japan, uttryckt i dollar, stigit.

Ca 7 % av världens zinkproduktion har en produktionskostnad som är mindre än noll. I de fallen har biprodukterna ett värde som täcker hela produktionskostnaden. Denna produktion brukar betecknas som "fatal", ty den framkommer oberoende av zinkpriset.

Avtalskonstruktionen mellan gruvor och smältverk är dock sådan, att vid en prisuppgång ca 40 % av prisökningen tillfaller smältverket. Denna får då betalas av gruvan som får en högre smältlön. En prisuppgång på zink medför sålunda automatiskt en kostnadsökning för gruvan.

Den planerade nya kapaciteten som kommer i produktion under de närmaste 5 åren beräknas ha en produktionskostnad understigande 30 cent per lb exkl. kapitalkostnaden. Den nya kapaciteten har antingen högre biproduktvärde i de fall det rör sig om polymetalliska zinkmalmer eller högre zinkhalt i fallet rena malmer än de existerande kapaciteterna. Den nya kapaciteten kommer sålunda att medföra att en större mängd kommer att komma fram till lägre kostnad än 1987.

4 Sammanfattning och slutsatser

Med hänsyn till den förväntade konsumtionen bör en balans i marknaden till mitten av 1990-talet kunna hållas med zinkpriset i ett intervall kring 45 à 55 cent per lb motsvarande USD 1 000–1 200 per ton.

Enbart en väsentligt högre konsumtion skulle kunna hålla priset på en högre nivå. Förutsättningarna för en högre konsumtion är avhängigt av prisutvecklingen. En alltför hög prisnivå under en längre tid, enligt LDA över 1 300 USD per ton, kommer att ånyo medföra substitution speciellt inom de pressgjutna detaljerna.

I det längre perspektivet är dock prognosen svårare att göra. Företagens alltmer kortare framförhållning har gjort att tillgänglig malmbas i befintliga gruvor i världen ser ut att minska påtagligt under senare delen av 1990-talet. De nu kända och aviserade utbyggnaderna kommer att få effekt under första hälften av 1990-talet. För att därefter tillgodose konsumtionsbehovet krävs nyfynd. Dessa nyfynd måste då ha halter som ligger i paritet med nu kända fynd. Det finns dock skäl att anta att prisnivån mot slutet av 1990-talet kommer att öka då brytningen kommer att ske från större djup och att en viss haltförsämring är trolig. Ökade energi- och miljökostnader kommer sannolikt också att pressa produktionskostnaderna uppåt. Fortsatt produktion kommer härvid att kräva ett högre pris – sannolikt högre än USD 1 100 i 1988 års penningvärde.

Guld

av bergsingenjör *Mati Sallert*, Boliden Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	179
1.1	Guld, guldmineral	179
1.2	Råvarutillgång	179
1.2.1	Sveriges tillgångar	180
1.3	Framställningsteknik	181
1.4	Användningsområden	182
1.5	Konsumtion	182
1.5.1	Industriell efterfrågan	182
1.5.2	Investerings efterfrågan	185
1.5.3	Offentliga sektorns transaktioner	186
1.6	Tillförsel av guld	188
1.6.1	Gruvproduktion	188
1.6.2	Gulds krot	190
1.7	Priser, prissättning	190
1.8	Substitutionsförhållanden	191
1.9	Internationellt samarbete	191
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	192
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	194
3.1	Konsumtion	194
3.2	Trender hos slutförbrukare	194
3.2.1	Juvelerar ändamål	194
3.2.2	Tandvård	194
3.2.3	Elektronik och övrig industriell användning	194
3.2.4	Investeringssektorn	195
3.3	Produktion	195
3.4	Förändringar i tillgång och efterfrågan	195
3.5	Kostnadsstruktur	196
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	197

1 Faktaavsnitt

1.1 Guld, guldmineral

Guld, med den kemiska beteckningen Au, är en mycket tung och mjuk metall med låg mekanisk hållfasthet. Smältpunkten är 1 063°C och densiteten 19,3 kg/dm³. Formbarheten är den kanske bästa för alla metaller och medger t.ex. valsning till så tunna folier som en tiotusendels mm tjock. Ledningsförmågan för värme och elektricitet är ca 90 % av koppars. Guld har en mycket stor hårdighet mot kemikalier och angrips över huvud taget inte av atmosfären.

Guld uppträder vanligen i naturen som gediget guld alltid tillsammans med varierande mängder silver eller andra metaller (koppar och järn). Bland andra viktiga guldmineral kan tellurider nämnas. Guld förekommer även i små mängder i andra mineral, vanligen i halter mindre än 5 g/ton, t.ex. i blyglans samt koppar- och arsenikkis.

Guldförekomster indelas oftast i två grupper, nämligen primära och sekundära malmer. De primära malmerna utgörs dels av olika former av guldförande gångar, dels av impregnationer i hårdberg, där guldets uppträder tillsammans med andra mineraler. De sekundära malmerna utgörs av vaskbergsavlagringar. Den senare typen av malmer är globalt sett de viktigaste.

1.2 Råvarutillgång

Världens upptäckta brytvärda tillgångar beräknas till ca 40 kt. I tabell 5:1 sammanfattas en uppskattning gjord av USBM. Av tabellen framgår också tillgångarnas länderfördelning.

Tabell 5:1 Världens tillgångar i guld

Region	Reserver, ton	
	Ekonomiskt utvinningsbart	Totalt
Nordamerika		
USA	2 500	3 100
Kanada	1 300	1 600
Övriga	900	900
Totalt	4 700	5 600
Sydamerika		
Brasilien	700	900
Övriga	500	900
Totalt	1 200	1 800
Europa		
Sovjetunionen	6 200	7 800
Övriga	300	300
Totalt	6 500	8 100
Afrika		
Ghana	200	300
Sydafrika	23 700	24 800
Zimbabwe	300	500
Övriga	300	500
Totalt	24 500	26 100
Asien		
Japan	300	300
Filippinerna	600	600
Övriga	400	600
Totalt	1 300	1 500
Oceanien		
Australien	800	900
Övriga	800	900
Totalt	1 600	1 800
Världen totalt	39 800	45 000

Källa: USBM

1.2.1 Sveriges tillgångar

Guldförande gångar spelar en obetydlig roll i Skandinavien. Den viktigaste malmtypen för Sveriges del är ädelmetallförande sulfidmalmer, där guldet oftast förekommer i koppar-, bly- och zinkmalm. Till denna typ hör flertalet av Skelleftefältets och Bergslagens komplexmalmer. De flesta malmerna håller mindre än 1 gram guld per ton, Holmtjärnsgruvan i Skelleftefältet däremot ca 9 g/ton.

Sekundärt anrikade vaskbergsavlagringar saknar helt betydelse i Sverige. Endast enstaka fynd av guld i bäckar m.m. har rapporterats.

Aitikmalmen håller endast 0,2 gram guld per ton i genomsnitt, men på grund av den stora malmbrytningen produceras årligen ca 1 500 kg. Detta är den största kvantitet som kommer fram i någon enstaka gruva i Sverige.

Den av Boliden ägda kvartsfyndigheten Enåsen håller nära 3 g/ton och bryts sedan 1984.

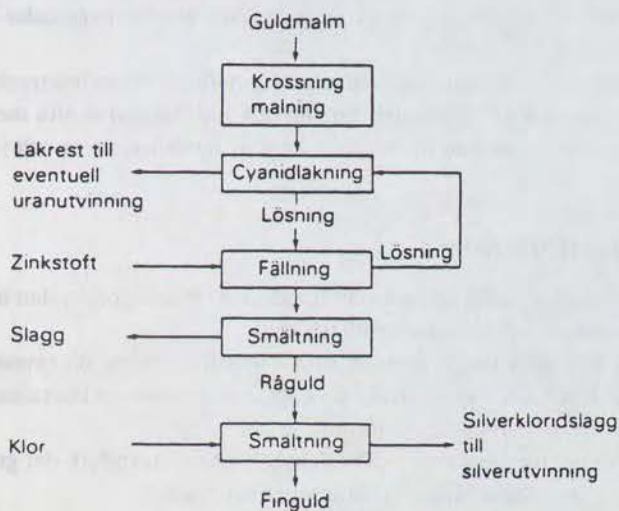
1988 togs Björkdalgruvan i drift. Denna ägs av Terra Mining.

En exakt bedömning av den svenska guldreserven ter sig svår att göra, då den huvudsakligen förekommer som biprodukt i komplexmalmer.

1.3 Framställningsteknik

Den utan jämförelse viktigaste metoden för guldutvinning är s.k. cyanidlakning. Den finmalda malmen behandlas med utspädd natriumcyanidlösning, varvid en lösning bildas ur vilken guld utfälls med zinkpulver, se figur 5:1.

Figur 5:1 Flytschema över guldutvinning i Sydafrika



Källa: Privat

I behandling av sulfidiska malmer som innehåller koppar eller bly samlas guldet tillsammans med dessa metaller och utvinns vid deras raffinering genom elektrolys. Den svenska guldproduktionen utvinns uteslutande med denna metod.

1.4 Användningsområden

Den äldsta och mest omfattande användningen av guld är för juvelerarändamål.

Guldets inerta egenskaper gentemot de flesta substanser gör det speciellt lämpat till juvelerarändamål, men även inom den dentala sektorn.

Guldet har vidare en mängd viktiga industriella applikationer, såsom i elektroniska instrument och i korrosionsresistenta material i kemiska processer.

Guldets goda elektriska egenskaper gör det synnerligen lämpligt i kontaktorer och tryckta kretsar och allmänt i den miniatyriserade elektroniska världen.

Moderna datamaskiner arbetar med låga spänningar och strömmar och är därför beroende av att kontaktytorna är fria från oxiderande skikt. Inom detta område finner sålunda guldet en viktig användning.

Guld legerat med palladium t.ex., används i elektronikindustrin och för tillverkning av mätinstrument för höga temperaturer i processindustrin och jetmotorer.

Guldets egenskaper som reflektor för infraröd strålning kommer till användning för tillverkning av värmeskyddande glas till byggnader och för rymdfarkoster.

För dekorativa ändamål används tunna gulfilmer inom boktryckeri och som utsmyckning av byggnader. Porslin och glas dekoreras ofta med guld.

För investerarändamål finns guld i form av medaljer, mynt och tackor.

1.5 Konsumtion

Konsumtionen av guld kan normalt uppdelas i två kategorier, den industriella efterfrågan och investeringsefterfrågan.

Tidvis kan dock dessa begrepp vara något förvirrande då investeringar också blivit alltmer vanligt bland privatpersoner sedan en liberalisering av handeln med obearbetat guld inträtt.

Med investeringsändamål i det följande menas i huvudsak det guld som absorberas av centralbanker, institutioner och traders.

1.5.1 Industriell efterfrågan

Den industriella efterfrågan av guld var 1 590 ton under 1987.

Efterfrågeutvecklingen per användningsområde framgår av tabell 5:2 och per region/land av tabell 5:3.

Tabell 5:2 Förbrukning av guld, ton

Region/ändamål	1975	1980	1985
<i>De industrialiserade länderna</i>			
Juvelerarändamål	312	276	513
Elektronik	65	87	107
Tandvård	59	61	50
Övrig industri/utsmyckning	54	57	48
Medaljer o.d.	9	18	3
Mynt	221	170	93
Totalt industrinationerna	720	669	814
<i>Utvecklingsländerna</i>			
Juvelerarändamål	204	-148	385
Elektronik	1	2	4
Tandvård	4	2	2
Övrig industri/utsmyckning	4	4	4
Medaljer o.d.	12	-2	11
Mynt	30	15	13
Totalt utvecklingsländerna	255	-127	419
Totalt västvärlden	975	542	1 223

Källa: Consolidated Gold Fields

Tabell 5:3 Konsumtionsfördelning på regioner/länder, industriell förbrukning

Region/länder	1975	1980	1985
Europa			
Italien	87,1	96,9	240,0
Västtyskland	57,5	71,3	58,3
Storbritannien	51,7	37,4	30,0
Schweiz	17,9	26,9	29,0
Frankrike	31,2	23,7	23,4
Grekland	10,5	4,2	10,6
Sverige	3,4	1,5	1,2
Övriga Europa	78,2	30,6	38,4
Totalt Europa	337,5	292,5	430,9
Nordamerika			
USA	132,8	150,1	162,3
Kanada	11,5	60,0	70,9
Totalt Nordamerika	144,3	210,1	233,2
Latinamerika			
Mexico	19,2	23,0	15,4
Brasilien	15,4	16,0	3,6
Övriga Latinamerika	-4,8	-7,2	-6,2
Totalt Latinamerika	29,8	31,8	12,8
Mellanöstern			
Turkiet	55,0	-16,3	36,2
Saudi-Arabien + Jemen	10,0	4,0	35,6
Gulf-staterna	9,0	4,6	19,3
Israel	5,5	4,8	11,4
Övriga Mellanöstern	55,7	-89,5	16,3
Totalt Mellanöstern	135,2	-92,4	118,8
Indiska halvön			
Indien	26,2	-8,3	124,3
Övriga	1,5	-4,0	21,5
Totalt Indiska halvön	27,7	-12,3	145,8
Asien			
Japan	63,4	56,9	121,7
Indonesien	15,0	-55,0	35,0
Taiwan	6,0	2,3	28,6
Hong Kong	0,5	3,0	20,0
Singapore	5,4	-0,5	16,9
Thailand	5,0	-1,0	12,5
Övriga Asien	0,8	-5,6	17,1
Totalt Asien	96,1	0,1	251,8
Afrika			
Sydafrika	175,2	100,7	26,2
Övriga Afrika	24,2	2,1	10,3
Totalt Afrika	199,4	102,8	36,5
Australien	5,2	6,3	3,5
Totalt världsliden	975,2	538,9	1 233,3

Källa: Consolidated Gold Fields

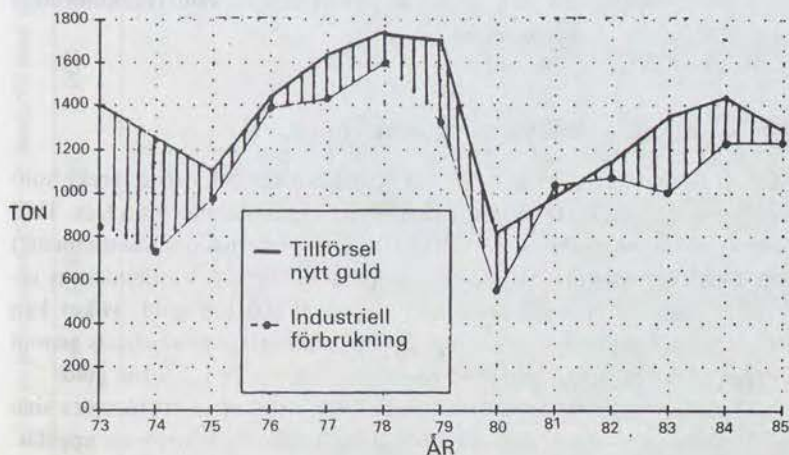
Den kraftiga nedgången under 1980 är speciellt märkbar för juvelerarändamål. Det höga priset under slutet av 1979 och 1980 resulterade i ett motstånd från marknaden. Utvecklingsländerna visar dessutom en negativ konsumtion, man har sålunda sålt tillbaka.

1.5.2 Investerings efterfrågan

Stora delar av den guldefterfrågan som traditionellt avgränsas som industriell förbrukning är av investeringskaraktär. Investerings efterfrågan på guld beskrivs ofta som den restpost, vilken uppkommer som skillnaden mellan den totala årliga nytillförseln av guldmetall och den industriella efterfrågan, se diagram i figur 5:2.

Den differens som anges av det streckade fältet i diagrammet skulle normalt sett ha varit ett uttryck för en kraftig lageruppbyggnad eftersom tillförseln sedan år 1973 nästan varje år överstiger förbrukningen. Vad gäller guldmetall är denna skillnad dock snarare en indikation på investeringar i obearbetat guld respektive år. Prisstegringarna på guld var som kraftigast åren 1973–74, 1977–79, 1980 samt 1983. Av figur 5:2 och tabell 5:4 framgår att även differenserna/investeringarna var som störst dessa år. Innebörden är i huvudsak att vid kraftiga prisstegringar på guld viker den industriella förbrukningen tillbaka (främst vad gäller guldsmedsvaror), men i gengäld ökar investerings efterfrågan lika mycket eller mera.

Figur 5:2 Förbrukning av guld, ton



Källa: SGU

Tabell 5:4 Utbud, förbrukning och investeringsefterfrågan för obearbetat guld åren 1973–85, ton

År	Utbud ¹	Industriell förbrukning	Differens
1973	1 392	845	547
1974	1 236	726	510
1975	1 104	975	129
1976	1 434	1 386	48
1977	1 632	1 428	204
1978	1 744	1 598	146
1979	1 702	1 319	383
1980	814	540	274
1981	980	1 039	-59
1982	1 143	1 074	69
1983	1 347	1 003	344
1984	1 439	1 233	206
1985	1 288	1 233	55

¹Tillförsel exkl. skrot.

Källa: SGU

Fr.o.m. 1968 släpptes guldpriset i princip fritt i och med att tio-gruppens medlemmar tillät en privatmarknad med fri prissättning på guld. Därmed ökade möjligheterna för privatpersoner i en del länder att lagligt inneha obearbetat guld och spekulera i prisändringar. Under 1970-talet medförde accelererande inflation och politiska omvälvningar att intresset för guld som värdebevarare och spekulationsobjekt ökade. Att äga guldtackor ger emellertid ingen förtjänst i form av räntor eller utdelningar, snarare kostnader för förvaring, osv. Trots detta har periodvis investeringar i guld förefallit vara bästa skyddet mot t.ex. inflation, devalveringar, valutakursändringar och svängningar i konjunkturen.

1.5.3 Offentliga sektorns transaktioner

Med den offentliga sektorn avses här centralbanker och organ direkt kontrollerade av regeringar samt internationella organisationer som t.ex. IMF (International Monetary Fund), BIS (Bank for International Settlements) och EMCF (European Monetary Co-operation Fund). Västländernas offentliga sektor innehar i storleksordningen 35 000 ton guld, vilket kan jämföras med det ca 100 000 ton guld som sammanlagt producerats genom tiderna eller den årliga gruvproduktionen i väst om ca 1 200 ton guld.

De flesta länder strävar normalt sett fortfarande efter att försvara sina guldreserver och säljer guld endast när stora finansiella svårigheter uppstår. Länder som USA, Kanada och Sydafrika har dock större möjligheter att agera som säljare (på grund av sina stora guldreserver). Även om u-ländernas växande skuldbördor tvingat fram vissa krisförsäljningar av guld har dessa länder särskilt stort intresse att behålla eller öka sina guldreserver, bl.a. för att användas som säkerhet vid internationell upplåning.

Sovjet har vid tider av missväxt och andra krissituationer sålt guld till väst

Tabell 5:5 Offentliga sektorns guldreserver 1950-85 länderfördelat avrundat till hela ton

Region	1950	1960	1970	1980	1981	1982	1983	1984	1985	Ändring 1970-80	Ändring 1980-85	Ändring 1984-85
USA	(1)	20279	15822	9839	8221	8214	8211	8191	8173	8168	-1618	-53
Västtyskland	(2)	-	2640	3536	2960	2960	2960	2960	2960	2960	-576	-5
Schweiz	(3)	1306	1942	2426	2590	2590	2590	2590	2590	2590	+164	
Frankrike	(4)	588	1458	3138	2546	2546	2546	2546	2546	2546	-592	
Italien	(5)	227	1958	2565	2074	2074	2074	2074	2074	2074	-491	
Holland	(6)	280	1290	1586	1367	1367	1367	1367	1367	1367	-219	
Belgien	(7)	522	1040	1306	1063	1063	1063	1063	1063	1063	-243	
Japan	(8)	6	218	473	754	754	754	754	754	754	+281	
Österrike	(9)	6	261	634	657	657	657	657	657	657	+23	
Portugal	(10)	171	488	802	689	689	687	635	631	629	-113	-2
Kanada	(11)	515	787	703	653	636	630	627	626	625	-50	-1
Storbritannien	(12)	2543	2488	1199	586	591	591	591	591	591	-613	+5
Spanien	(13)	99	158	443	454	454	454	454	455	456	+11	+2
Kina	(14)	..	..	..	398	395	395	395	395	395	..	-3
Australien	(15)	79	131	212	247	247	247	247	247	247	+35	
Sydafrika	(16)	175	158	592	378	289	235	242	229	151	-214	-78
(Sverige)	(17)	(80)	(151)	(178)	(189)	(189)	(189)	(189)	(189)	(189)	+11	
Övriga	(18)	2734	2704	3238	3812	3931	3854	3881	3880	4045	+574	+165
Samtliga IMF-länder		29610	33694	32870	29638	29646	29504	29463	29431	29510	-3232	+79
IMF		1328	2165	3856	3216	3216	3216	3216	3216	3216	-640	
EMCF		-	-	-	2663	2665	2667	2667	2667	2667	+2663	+4
BIS		..	..	..	236	237	227	205	205	205	..	-31
Offentliga sektorn totalt		..	..	..	35753	35764	35614	35551	35515	35598	..	-155

Källa: SGU

för att sålunda erhålla västvaluta för inköp av förnödenheter.

Under det senaste året har efterfrågan från Sydostasien varit hög. Taiwan och Sydkorea bl.a. har ett intresse i att placera de senaste årens överskott och har valt att göra det i guld.

Den offentliga sektorns guldreserver framgår av tabell 5:5.

1.6 Tillförsel av guld

1.6.1 Gruvproduktion

Gruvproduktionens utveckling framgår av tabell 5:6. Den helt dominerande producenten är Sydafrika. Dess andel är dock minskande, dels beroende på en absolut sett minskande produktion och dels att övriga länder kraftigt ökat sin produktion. Kanada, USA, Australien, Colombia och Brasilien är länder som på senare tid visat de största produktionsökningarna. Det är ett resultat av den alltmer omfattande prospekteringen som under senare år ägnats åt guld. Detta har möjliggjorts av det ökade priset, vilket medfört att tidigare identifierade låghaltiga mineraliseringar kunnat snabbt utvecklas till ekonomiskt bärkraftiga fyndigheter samt att potentialen för nyfynd ökat.

Tabell 5:6 Världens gruvproduktion av guld, ton

Region	1975	1980	1985
Sydafrika	713	672	671
Kanada	51	50	88
USA	33	30	77
Australien	16	17	59
Colombia	10	16	36
Papua Nya Guinea	25	14	31
Brasilien	5	14	30
Sverige	2	3	5
Övriga västvärlden	93	97	134
Summa västvärlden	948	913	1 131
Sovjetunionen	233	258	269
Kina	2	7	73
Övriga planekonomier	7	9	8
Summa planekonomierna	242	274	350
Summa totalt	1 190	1 187	1 481

Källa: WBMS

Förteckning över större gruvor

En förteckning av de större guldgruvorna i västvärlden framgår av tabell 5:6 a.

Sveriges produktion framgår av tabell 5:7.

Tabell 5:6 a Förteckning över större guldgruvor

Land/Gruva	Produktion 1987, ton produktionskapacitet
Sydafrika	
Vaal Reef (inkl. South Vaal)	94
Driefontein (East and West)	71
Western Deeps	64
Western Holdings	52
Kloof	37
Randfontein	34
Free State Geduld	32
President Brand	30
President Steyn	29
Buffelsfontein	28
Hartebresfontein	27
Harmony	27
USA	
Carlin	18
Kanada	
Golden Giant, Hemlo	12
Australien	
Telfer	7

Källa: Shearson Lehman

Tabell 5:7 Sveriges guldproduktion 1987

Gruva	Kg
Långsele	105
Udden	233
Långdal	157
Renström	477
Kristineberg	265
Rävlidenfältet	128
Holmtjärn	373
Näsliden	87
Enåsen	361
Aitik	1 289
Stekenjokk	86
Saxberget	22
Garpenberg	153
Garpenberg Norra	72
Falu gruva	30
Summa	3 838

1.6.2 Guldskrot

Huvuddelen av allt det guld som brutits i världen finns kvar, och detta till följd av att guldet alltid värderats högt.

Med skrotguld avses här i huvudsak färdiga produkter med guldinnehåll som återförts till marknaden. Detta har betingats av att produkterna är uttjänta eller att ett högt guldpris har motiverat försäljning. Exempel på sådana produkter är utrangerade datorer och privatägda guldföremål.

Historisk statistik för denna typ av recirkulation saknas. Consolidated Gold Fields har dock utfört vissa beräkningar fr.o.m. 1980. Resultatet av dessa framgår av tabell 5:8.

Tabell 5:8 Tillförsehn av guldskrot, ton

Region	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Europa	37,7	23,2	39,4	45,0	40,7	38,8
Nordamerika	75,8	51,5	46,1	41,8	39,7	39,3
Latinamerika	17,7	8,6	25,2	49,5	47,5	26,1
Mellanöstern	169,6	75,7	41,8	36,7	63,7	109,5
Indiska halvön	63,0	39,5	53,5	56,3	58,0	55,0
Asien	110,4	28,3	23,7	53,7	29,9	25,2
Afrika	13,8	10,1	10,8	9,2	8,7	7,3
Australien	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totalt	488,0	236,9	240,5	292,2	288,2	301,2

Källa: Consolidated Gold Fields

Statistiken visar en följsamhet till guldpriset i det att utbudet på skrot är högt under perioder av extremt höga guldpriser. Under 1980 kom den stora mängden guldskrot från utvecklingsländerna huvudsakligen från Mellanöstern.

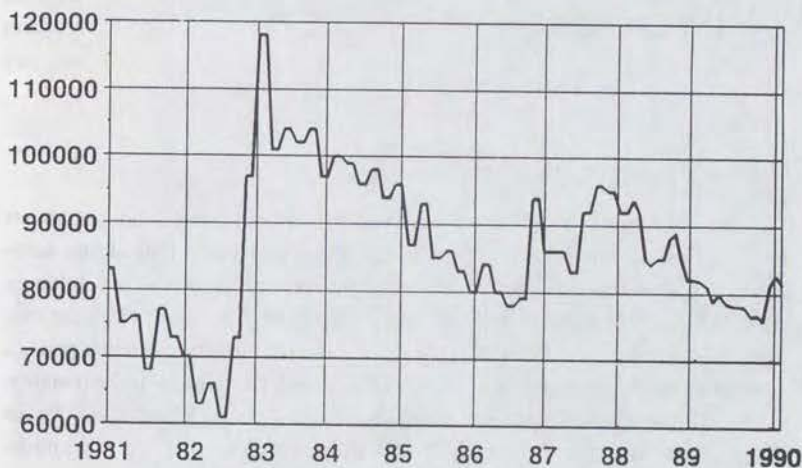
1.7 Priser, prissättning

Den officiella prisnoteringen, som utgör basen för den fysiska handeln, är den s.k. guldfixen i London.

Guldfixen bestäms genom konsensus hos de fem medlemmarna av "the London Gold Market". Detta sker två gånger per dag och är en procedur som utgår från föregående dags prifix och där medlemmarna, som ombud för sina uppdragsgivare, indikerar köp eller säljintresse. Därest samtliga fem indikerar köpintresse höjs priset tills både köpare och säljare finns. Säljarna anger då kvantiteterna och om dessa kan placeras fastställs denna prisnivå som "fix".

Guldprisets rörelser under 1980-talet framgår av figur 5:3.

Figur 5.3 Guld, London morning fix



Källa: Consolidated Gold Fields

1.8 Substitutionsförhållanden

Guldets samtliga egenskaper kan svårligen kopieras i ett och samma substitut, varför insatsen i kostnadsbesparande syfte framför allt i industriapplikationer inriktats på materialbesparing.

Platina och palladium kan ersätta guld i vissa applikationer. Prisrelationen här är dock avgörande samt att konsumenterna föredrar guld.

I elektronikindustrin kan guldkvantiteterna minskas genom ersättning av kontaktorerna med tenn, nickel, palladium eller palladium/silver och då enbart med ett oxidationsskyddande tunt lager av guld.

Silver kan i vissa applikationer ersätta guld men är inte lika resistent mot korrosion.

Inom tandvården har flera alternativ till guld utvecklats. Många tandläkare föredrar dock fortfarande att hellre arbeta med guld, då de legeringar som används är lättbearbetade. Substitut innehållande bl.a. nickel har visat sig ge allergiska effekter och miljöproblem i laboratorierna.

1.9 Internationellt samarbete

Producenterna av guld och guldprodukter har en gemensam intresseorganisation "The Gold Institute" med säte i Washington, USA.

Organisationens huvudsakliga uppgift är att bearbeta statistik över produktion och konsumtion, distribuera information avseende marknaden samt i viss mån också delta i promotionaktiviteter.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Guldet som numera även fått en viss industriell användning är annars ansett som den av ädelmetallerna som har det överlägset bästa långsiktiga sam-larvärdet. Det ansågs länge som huvudsaklig myntmetall och större delen av de producerade tackorna gick till lager i kassavalv hos centralbanker och stater. Sedan slutet av 1950-talet har dock industrianvändningen och privata placerare börjat konsumera guld och 1968 beslöt flertalet av industrinationerna att temporärt upphöra med att ytterligare fylla på kassavalvet. Priset som dittills hållits konstant tilläts nu fluktuera påverkat av marknads-krafterna.

Det sedan 1934 rådande förbudet i USA för privatpersoner att inneha guld upphävdes 1975. Sedan dess har USA-marknaden expanderat kraftigt. USA-marknaden expanderat kraftigt.

Det under lång tid fixerade priset vid 35 USD/oz fick till effekt att många producenter mot slutet av 1960-talet med stigande kostnader hade svårt att upprätthålla produktionen.

I samband med oljekriserna steg inflationen kraftigt 1973–74 och 1979, och guldet fungerade då som värdesäkrare. Priset steg kraftigt. Guldet nådde sin högsta topp över 800 USD/oz under 1980.

Sedan 1980 har inflationstakten i världen varit lägre samtidigt som oljepri-set sjunkit tillbaka kraftigt. Guldpriset har också följt denna trend och under 1980-talet fluktuerat mellan 300 och 500 USD/oz.

Den avsevärt förhöjda prisnivån jämfört med den som rådde under 1970-talet har lockat nya resurser till prospektering efter guld. Detta samtidigt då övriga metaller visat en svag pristrend. Den stora majoriteten av gruvföretag världen över allokerade om sina prospekteringsresurser från framför allt basmetaller till guld.

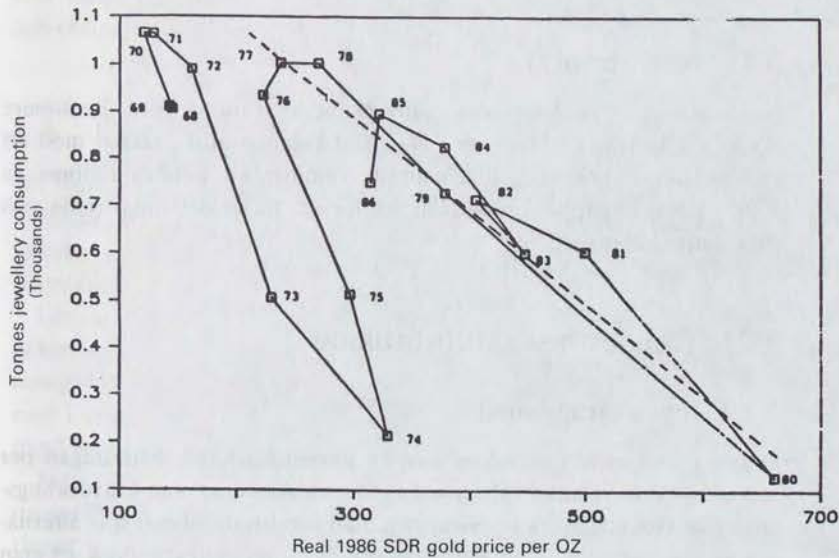
Den kraftiga prisökningen har dock ännu inte givit något stort utslag i ökad produktion. Produktionen var relativt jämn mot slutet av 1970-talet och har stigit något under 1980-talet.

Tillförseln av skrot till marknaden har ökat under år med höga priser. Sålunda tillfördes 940 ton under 1980 då priset var som medel 600 USD/oz, medan år 1982 vid ett medelguldpris på 375 USD/oz skrottillförseln blev 240 ton.

Guld har varit känt för att vara den metall där fundamentalia såsom konsumtions- och produktionsbalansen inte påverkar priset. Det spekulativa elementet samt mystiken kring affektionsvärdet – dess värdesäkerhet i tider av oro, har hållit priset på guld klart ovan den nivå som betingas av produktionskostnaderna.

Ett område där dock en klar priselasticitet förmärks är inom juvelerarin-
dustrin. Figur 5:4 illustrerar sambandet konsumtion-pris. Vid mycket höga
priser som t.ex. under 1980 sjönk konsumtionen kraftigt. Inom vissa regio-
ner som t.ex. utvecklingsländerna var konsumtionen t.o.m. negativ.

Figur 5:4 Jewellery demand/price relationship



Källa: Consolidated Gold Fields

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Konsumtion

Bedömningar av guldmarknadens utveckling är svåra att göra. Bedömare såsom US Bureau of Mines och Shearson Lehman m.fl., räknar med att världen under 1990-talet i genomsnitt kommer att behöva tillföras ca 1 300–1 500 ton/år av primärmaterial för att täcka det industriella och spekulativa behovet.

3.2 Trender hos slutförbrukare

3.2.1 Juvelerarändamål

Denna marknad kan betraktas som en mogen marknad. Efterfrågan per capita har varit relativt stabil såväl i industrinationerna som i utvecklingsländerna. Guldets unika egenskaper gör att substitutionshotet från alternativa material är ringa. Dess historiska priselasticitet indikerar dock att man även fortsättningsvis bör räkna med att efterfrågan till stor del kommer att avgöras av prisnivån. Vid varaktiga prisnivåer över 500 USD/oz avtar konsumtionen markant. Vid prisnivåer under 350 USD/oz upplevs guldets som billigt och konsumtionen ökar åter.

3.2.2 Tandvård

Denna sektor borde vara relaterad till befolkningsantalet i världen. Den förbättrade hygienien samt den utveckling av alternativa material som skett gör att denna sektor sammantaget är relativt konstant.

3.2.3 Elektronik och övrig industriell användning

Efterfrågan i denna sektor korrelerar inte med övriga ekonomiska indikatorer. En fortsatt ökning kan dock förväntas, då sofistikerad elektronisk utrustning är beroende av goda och korrosionsfria ledare. Guldets unika egenskaper. De små mängder som åtgår ger vid fluktuerande guldpris inte något nämnvärt utslag i priset för totalprodukten.

3.2.4 Investeringssektorn

Denna sektor har ökat framför allt i USA sedan 1975, då det blev tillåtet för privatpersoner att fritt äga guld. Denna sektor bedöms ha en fortsatt intressant utveckling. Här är dock den generella ekonomiska utvecklingen av betydelse. Under tider av oro tenderar guldets att ha en god attraktionskraft som värdebeständigt investeringsobjekt. Konkurrens finns här från aktier och obligationer.

3.3 Produktion

US Bureau of Mines räknar med att guldproduktionen fram emot år 2000 kommer att vara ca 1 400 ton/år. Den sydafrikanska andelen beräknas minska till förmån för andra regioner, företrädesvis USA, Kanada och Australien.

Ett varaktigt ökat guldpris kan dock få som konsekvens en ökad prospekteringsinsats som så småningom bör leda till en ökad produktion. Teknologiska utvecklingar som leder till att lagningsprocesser kan pågå året runt i områden med kallt vinterklimat kan också komma att bidra till en ökad årsproduktion.

Faktorer som motverkar en ökad produktion är att den senaste tidens prospekteringsinsatser identifierat en stor mängd lättillgängliga mineraliseringar som kan brytas i dagbrott. När dessa är utbrutna är det inte säkert att ersättningstonnaget kommer från dagbrott. En del fyndigheter kan möjligen fortsätta produktion men då från underjordsgruvor, men med högre produktionskostnader.

I dag identifierad mineralbas räcker dock för produktion med ovan skisserat uttag i mer än 20 år.

3.4 Förändringar i tillgång och efterfrågan

Åtgärder som kan leda till att marknaden får tillskott i form av investerings-tackor är försäljning från vissa skuldyngda nationer. Sålunda inträffade dylika försäljningar under de kraftiga inflationsåren 1979 och 1980. Plan-ekonomierna har vid dåliga skördeår också varit nödsakade att sälja ut guld eller använt det som betalning för import av säd m. m.

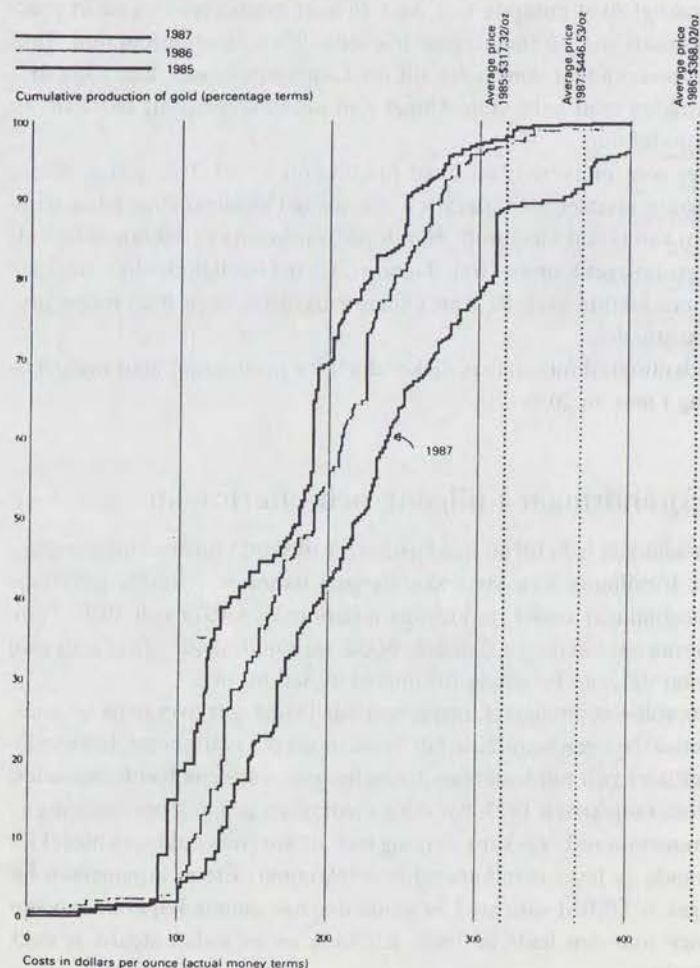
Guldets roll som monetärt instrument har i stort sett övergivits av samtliga nationer. Nyligen inträffade fall av ekonomiska svårigheter, internationella konflikter och fundamentala förändringar i världens handelsmönster, speciellt efter oljekrisen 1973, har dock medfört en generell omvärdering av guldets monetära roll. Tankar i riktning mot att använda guld som medel för återinförande av fasta växelkurser har förekommit. Ett av argumenten för detta anges av USBM vara att 1 oz guld i dag har samma köpkraft av varor och service som den hade år 1863. Effekten av en sådan åtgärd är dock svårbedömbär.

Det privata ägandet av guld är dock föremål för undersökning i ett antal länder. Restriktioner i eller förbud mot privat innehav skulle få en dämpande effekt på priset.

3.5 Kostnadsstruktur

Kostnaden för att producera guld framgår av figur 5:5. Även om guldpriset utvecklingen inte är strikt beroende av produktionskostnaderna tjänar ändå denna information sitt syfte i det att man kan få en uppfattning om en nedre gräns, vid vilket pris producenterna inte får täckning för sina kostnader. Av figur 5:5 framgår att det vid ett guldpris om ca 325 USD/oz erhåller ca 90 % av produktionen kostnadstäckning.

Figur 5:5 Gold production cost curves. Cash costs including royalty payments



Källa: Consolidated Gold Fields

4 Sammanfattning och slutsatser

Guldets roll kommer sannolikt under 1990-talet inte att omvärderas. Detta innebär att dess roll som en säker investering gentemot inflation bör bestå. Som sådan bör priset som medel befinna sig på en nivå över produktionskostnaden.

Vid prisnivåer under 325 USD förväntas producenterna respondera med minskat uttag och vid prisnivåer över 500 USD visar det största förbrukningsområdet, juvelerarändamål, tendenser till minskning.

Det är således rimligt att anta att guldpriset bör kunna hållas vid en nivå mellan 350 till 500 USD/oz.

Det temporära överskott som i en fluktuerande marknad förekommer absorberas av investeringssektorn.

Vid tider av stabilitet i världen och med låga inflationstal kan guldets förväntas röra sig i intervallet under 400 USD, medan det i tider av oro och med högre inflationsförväntningar bör röra sig i intervallet över 400 USD.

Prospekteringsinsatserna under 1980-talet bör kunna resultera i att tillräcklig produktion kan upprätthållas att motsvara efterfrågan under 1990-talet.

Silver

av bergsingenjör *Mati Sallert*, Boliden Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	201
1.1	Silver, förekomst	201
1.2	Råvarutillgång	201
1.3	Sveriges tillgångar	202
1.4	Framställningsteknik	203
1.5	Användningsområden	203
1.6	Konsumtion	204
1.7	Produktion	205
1.8	Återvinning	208
1.9	Handel	208
1.10	Pris, prissättning	208
1.11	Substitut	209
1.12	Marknadssituationen i Indien	209
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	211
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	213
3.1	Konsumtion	213
3.2	Trender hos slutförbrukare	213
3.2.1	Foto	213
3.2.2	Lödmetall	213
3.2.3	Juvelerarändamål	213
3.2.4	El, elektronik	214
3.2.5	Mynt, minnesmedaljer och övrigt	214
3.3	Kostnadsstruktur	214
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	215

1 Faktaavsnitt

1.1 Silver, förekomst

Silver, med den kemiska beteckningen Ag, är en vit, smidig och relativt tung metall med den bästa ledningsförmågan av alla metaller för såväl värme som elektricitet. Smältpunkten är 960°C och densiteten 10,5 kg/dm³. De mekaniska egenskaperna hos silver liknar koppars. Korrosionshärigheten i såväl atmosfär som mot kemikalier är mycket stor och det är praktiskt taget endast fuktiga halogener och varma oxiderande syror som ger påtagliga angrepp. Svavel och svavelföreningar ger svarta ytfilmer av silversulfid, men denna verkar skyddande för fortsatta angrepp. Vissa silversalter sönderdelas av såväl synlig som osynlig strålning, vilket bl.a. möjliggjort deras användning i fotografisk teknik och praktisk användning av röntgen.

Silver förekommer i naturen dels som gediget silver, dels i ett 60-tal silvermineral. Det viktigaste förekomstsättet är ingående i andra malmmineral som blyglans, kopparkis och zinkblände. Silverförekomster kan därför indelas i två huvudtyper, dels den viktigaste gruppen; malmer där silver ingår som biprodukt, dels malmer där silver är huvudbeståndsdel.

1.2 Råvarutillgång

Världens upptäckt av brytvärda tillgångar beräknas till ca 243 000 ton silver. I tabell 6:1 sammanfattas uppskattningar gjorda av USBM. Av tabellen framgår också tillgångarnas länderfördelning.

Med nuvarande konsumtion beräknas dessa räcka i ca 20 år.

Tabell 6:1 Världens silvertillgångar 1985, kt

Land	Totala tillgångar	Brytvärda tillgångar
Nordamerika		
USA	56	28
Kanada	45	36
Mexico	45	43
Övriga Nordamerika	7	1
Totalt Nordamerika	153	108
Sydamerika		
Peru	30	21
Övriga Sydamerika	10	8
Totalt Sydamerika	40	29
Europa		
Sovjetunionen	50	44
Övriga Europa	31	20
Totalt Europa	81	64
Afrika	14	9
Asien	8	7
Oceanien	39	26
Totalt världen	335	243

Källa: USBM

1.3 Sveriges tillgångar

I Skelleftefältets malmer är den genomsnittliga silverhalten ca 80 g/ton, men halterna varierar från ca 20 g/ton i några gruvor till 160 g/ton i Renströmsgruvan och ca 200 g/ton i Långdalgruvan. Silverhalten följer i stort sett blyhalten.

Fjällrandens blymalmer har en silverhalt av omkring 10 g/ton. De silverförande blyglansgångarna i fjällen typ Nasafjäll, Olden liksom blyfyndigheten i Sala har en omkring 10 gånger så stor silverhalt. Dessa gångar har också tidigare brutits på silver. Även fjällkedjans komplexmalmer för avsevärda silvermängder. Silverhalten i Stekenjokk var t.ex. 40 g/ton.

Bergslagens komplexmalmer är liksom Skelleftefältets malmer vanligen silverhaltiga i varierande grad. Garpenberg Norra är t.o.m. så silverrik att fyndigheten kan betraktas som en silvermalm med bly och zink. Den rikaste kända silvermalmen är Hällefors (nedlagd år 1978) som bröts på ett genomsnitt av ca 200 g silver/ton.

Mellan Garpenberg och Garpenberg Norra har under 1980-talet Dammsjöfyndigheten påträffats. Silverhalterna beräknas till omkring 130 g/ton.

Omfattande undersöknings- och utredningsarbete har nedlagts på Dammsjöfyndigheten. Fyndighetens belägenhet under Dammsjön och närheten till samhället Garpenberg medför att vid en eventuell exploatering omfattande miljöingrepp måste vidtas. Kostnaderna för dessa – tillsammans

med dagens prisnivå på silver – gör det för närvarande inte möjligt att bygga ut fyndigheten till produktion.

En exakt beräkning av Sveriges totala tillgångar är inte enkel att utföra, då huvuddelen av silvret finns som biprodukt och dess åtkomlighet är beroende av prisutvecklingen för andra metaller, främst koppar, bly och zink.

1.4 Framställningsteknik

Silver erhålls på olika sätt ur silverhaltiga malmer beroende på de övriga mineral som finns i malm. De gruvor som betraktas som rena silvergruvor är i regel små underjordsgruvor.

Vid smältning av blyslig samlas silvret i råblyet. För att utvinna silvret tillsätter man zink, varvid en legering erhålls som kan skummas av och pressas samman. Zinken avdestilleras och ett rikbly blir kvar, ur vilken silvret framställs genom avdrivning, dvs. oxiderande smältning i ugn. Detta silver raffinerar vidare genom fortsatt avdrivning vid högre temperatur och slutligen genom elektrolys.

Vid smältning av silverhaltig kopparslig samlas silvret i skärstenen och följer med i blisterkopparn. När denna raffinerar genom elektrolys samlas silvret i ett slam, ur vilket råsilver erhålls som sedan raffinerar på samma sätt som silver ur blymalm. För malmer utan koppar- eller blyvärde används hydrometallurgiska processer, vanligen cyanidlakning.

1.5 Användningsområden

Silvret har förutom en dekorativ användning också en stor industriell sådan.

Den mest betydande av de industriella användningarna är inom fotoindustrin. Silvret används vid framställning av filmer, fotopapper, fotokopieringspapper, röntgenfilm och i andra ljuskänsliga produkter.

Silver är den metall som har den bästa elektriska ledningsförmågan. Denna, tillsammans med god korrosionsbeständighet, gör det till en mycket användbar metall inom elektronikindustrin.

Det är huvudsakligen inom lågspänningselektroniken som silver används i kontaktorer.

I applikationsområden där bättre hållfasthetsegenskaper erfordras nyttjas oftast silverlegeringar. Sådana legeringar består av silver/koppar eller silver/palladium.

Silver kan vidare användas i batterier. Dessa batterier ger en mycket hög energi per enhet vikt och storlek, men är i gengäld mycket kortlivade. Sådana batterier används t.ex. inom rymdindustrin, där låg vikt och hög kapacitet och tillförlitlighet är avgörande.

För små silver/zink-knappceller ökar användningen inom användningsområdet minikalkylatorer och hörapparater.

Det äldsta användningsområdet för silver är sannolikt för juvelerarändamål. Silver används här för smycken och bordssilver. Alpaca (nysilver) är en legering ofta använd till bordssilver, då den är väsentligt billigare än rena silverprodukter.

I luftkonditioneringsanläggningar och kyl- och frysskåp används silverlegerade bronser och mässing, på grund av dessa ämnens vätningsförmåga gentemot övriga basmetaller under deras respektive smältpunkt. Denna legering lämpar sig således som lödmetall i ovan nämnda applikationer.

Silver används vidare i speglar, katalysatorer, mediciner, tandfyllningar (amalgam), lager, mynt och medaljer.

1.6 Konsumtion

Västvärldens konsumtion uppgick år 1985 till ca 12 000 ton.

Ca 40 % av denna konsumtion förbrukas av den fotografiska sektorn. El- och elektroniksektorn svarar för ca 30 %, medan 5 % förbrukas till juvelerarändamål. Konsumtionen för juvelerarändamål och matsilver har under den senaste 10-årsperioden sjunkit från ca 20 till 5 % år 1985. Silvrets användning i mynt är också i avtagande.

Konsumtionens länderfördelning framgår av tabell 6:2. USAs resp. Japans silverförbrukning illustreras i tabell 6:3 a resp. 6:3 b.

Tabell 6:2 Västvärldens silverkonsumtion 1985, ton

USA	3 710
Kanada	290
Mexico	250
Belgien	500
Frankrike	560
Västtyskland	990
Italien	450
Storbritannien	590
Indien	800
Japan	2 400
Övriga	1 370
Totalt	11 910

Källa: ABMS

Tabell 6:3 a Silverförbrukningen i USA, ton

	1974	1979	1983
Foto	1 543	2 053	1 611
El, elektronik	973	1 042	818
Bruks- och prydnadsföremål	1 098	659	318
Juveler och konst	159	168	215
Legeringar och lödmetall	451	339	180
Medaljer och minnesmynt	666	146	93
Batterier	131	143	81
Katalysator	227	174	75
Mynt	31	6	65
Övrigt	226	171	224
Totalt	5 505	4 901	3 680
Därav primärt	3 732	3 651	2 889

Källa: USBM

Tabell 6:3 b Silverförbrukningen i Japan, ton

	1982	1985
Foto	1 140	1 313
Nitrat	172	211
Elkontaktorer	205	233
Lödmetall	104	115
Plätering	73	101
Halvfabrikat	108	112
Bruksföremål, bordssilver	40	43
Övrigt	125	212
Totalt	1 966	2 340

1.7 Produktion

Världens produktion av silver framgår av tabell 6:4. De stora dominerande nationerna här är Mexiko och Peru som också svarat för stora ökningar under den senaste 10-årsperioden.

Tabell 6:4 Världens gruvproduktion av silver, ton silverinnehåll

Land	1975	1980	1985
Mexico	1 182	1 557	2 153
Peru	1 058	1 340	1 770
USA	1 087	1 006	1 224
Kanada	1 235	1 070	1 207
Australien	726	767	1 086
Chile	194	299	518
Japan	272	268	340
Sverige	140	166	190
Övriga västländer	1 453	1 842	1 874
Summa västvärlden	7 347	8 315	10 362
Sovjetunionen	1 550	1 550	1 620
Polen	450	766	831
Övriga planekonomier	252	240	490
Summa planekonomierna	2 252	2 556	2 941

Källa: WBMS

Presentation av större gruvor i världen återfinns i tabell 6:5. Sveriges produktion illustreras i tabell 6:6.

Tabell 6:5 Presentation av större gruvor

Land/Gruva	1984 ton
Mexico	
Fresnillo, Naica, Elmonte	316
Real de Angeles	281
Torres Complex	132
San Francisco	91
Peru	
Casapalca	127
Arcata	101
Cerro de Pasco	88
El Porvenir	82
Uchucchacua	90
USA	
Sunshine	150
Lucky Friday	149
Troy	133
Galena	130
Coeur	77
Kanada	
Kidd Creek	271
New Brunswick	206
Equity Silver	144
Sullivan	143
Lyon Lake	58
Australien	
Mount Isa Mines	506
Broken Hill	90
North Broken Hill	75
Elura	97
Que River	89
Chile	
Chuquicamata	172
Sydafrika	
Black Mountain	127
Honduras	
El Mocnito	81

Källa: ABMS, Shearson Lehman

Tabell 6:6 Sveriges gruvproduktion av silver 1987, ton

Långsele	4,7
Udden	13,1
Långdal	9,2
Renström	24,1
Kristineberg	10,0
Rävlidenfältet	12,9
Holmtjärn	7,0
Näsliden	3,9
Laisvall	12,6
Enåsen	0,6
Aitik	31,8
Stekenjokk	12,1
Saxberget	4,8
Garpenberg	17,6
Garpenberg Norra	66,2
Falu guva	4,9
Viscaria	5,0
Zinkgruvan	25,1
	265,6

1.8 Återvinning

Återvinning av silver utgör en viktig tillgångskälla för silver. Tillgången på recirkulationsskrot är dock avhängigt priset. I tider med höga silverpriser tenderar återförseeln av gamla silverföremål och bruksmynt öka. Även elektroniskskrotet återför betydande mängder silver till marknaden. Enligt USBM utgjordes 44 % av 1983 års konsumtion i västvärlden av sekundärmaterial.

1.9 Handel

Den huvudsakliga handelsvaran är silver bullions, tackor, men även andra former förekommer. Vissa mängder silver följer med handeln av koppar- och blykoncentrat.

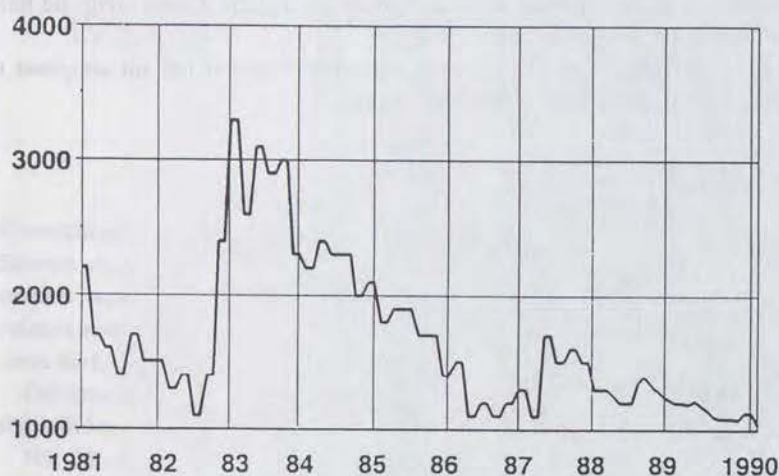
De dominerande exportörerna av silver är Australien, Kanada, Mexiko och Peru, medan de största importörerna är Belgien, Luxemburg, Västtyskland, Japan, Storbritannien och USA.

1.10 Priser, prissättning

Prissättningen sker på bl.a. Comex och påverkas från tid till annan starkt av den omfattande spekulationshandeln. På utbudssidan inverkar särskilt sporadiska leveranser av silver från Indien och Kina.

Prisets fluktuationer under 1980-talet framgår av figur 6:1.

Figur 6:1 Silver, London spot



1.11 Substitut

Inom fotoindustrin har utvecklats svart/vita filmer som i stort sett är silverfria. Xerox-tekniken har ersatt fotokopieringstekniken. Videotekniken har ersatt konventionell filmteknik i många applikationer. Dess jämförelsevis höga pris hindrar för närvarande en vidare spridning inom den breda allmänheten.

Rostfritt stål kan ersätta silver vid framställning av bruksföremål såsom bestick, m.m. Guld eller platinagruppens metaller kan ersätta silver inom el- och elektronikindustrin. Utveckling av nya batterier baserade på litium kan komma att medföra att silver i knappceller kan ersättas. Koppar/nickel och koppar/zink/nickel och aluminium har redan ersatt silver i mynt.

1.12 Marknadssituationen i Indien

Situationen vad beträffar silver i Indien är något speciell.

Ädelmetaller och då speciellt silver spelar en betydligt större roll hos privatpersoner i Indien än på något annat håll. Det rör sig här inte om en privilegierad liten grupp utan hela befolkningen, som har en tradition i att äga ädelmetaller. Det är en del av den sociala strukturen. Det är i huvudsak att betrakta som ett sparande och ett underlag för hemgifter.

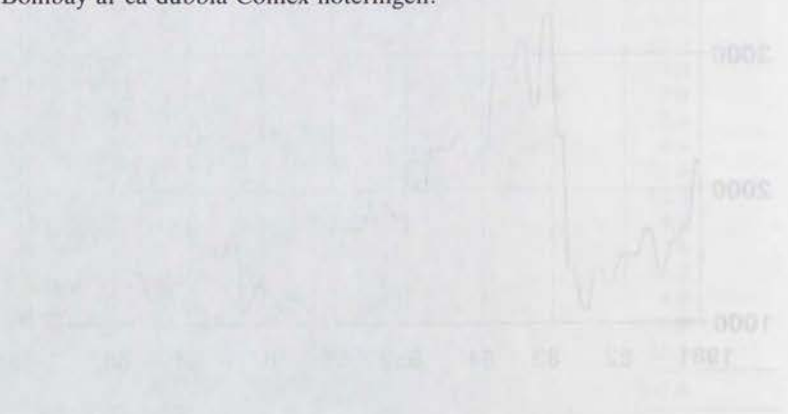
Totalt beräknas åtminstone ca 100 000 ton silver finnas i privatpersoners ägo i Indien. Detta skall jämföras med de totala börs- och privatlagren i USA, London och Zürich, som uppgår till ca 30 000 ton i form av investeringstackor.

Traditionellt har Indien varit en exportör av silver. Mellan 1964 och 1985 fanns silver i överskott på den indiska marknaden. Under missväxtår hjälpte

försäljningen av silver att förse landet med valuta.

Mellan 1974 och 1979 var export av silver tillåten. Under övrig tid har silvret smugglats ut ur landet.

För närvarande är silver en bristvara och detta har lett till att priset i Bombay är ca dubbla Comex-noteringen.



1.11 Subtitel

Enligt den svenska lagstiftningen är det inte tillåtet att exportera silver från Sverige. Detta innebär att silver som exporteras från Sverige till andra länder måste smugglas ut ur landet. Detta har lett till att priset i Bombay är ca dubbla Comex-noteringen.

1.12 Main title

Enligt den svenska lagstiftningen är det inte tillåtet att exportera silver från Sverige. Detta innebär att silver som exporteras från Sverige till andra länder måste smugglas ut ur landet. Detta har lett till att priset i Bombay är ca dubbla Comex-noteringen.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Utvecklingen av silverpriset var odramatiskt fram till slutet av 1970-talet. Silvrets delvis industriella prägel och delvis som investeringsmetall betecknades med ca 3–5 USD per oz. Det traditionella tänkandet med en relativt fast relation mellan guld och silver fick givetvis också sin grund i detta förhållande, där bägge metallerna hade en relativt lugn utveckling.

Oljekriserna under 1970-talet, som fick guldpriset att reagera, fick också följd effekter på silverpriset, som visade en tendens till fluktuationer.

När bröderna Hunt i Texas under 1979 försökte skaffa kontroll över världens silvermarknad medförde detta en mycket kraftig prisuppgång. Från ett årsmedelvärde om ca 4,5–5,5 USD per oz steg priset som högst till 28 USD per oz under 1979 och till 48 USD per oz under 1980. Bröderna Hunts försök misslyckades dock och priset har härefter sjunkit tillbaka till en nivå omkring 6 à 7 USD per oz.

Den bestående effekten av denna aktion blev en kraftig konsumtionsnedgång, framför allt inom fotoindustrin och bordssilver.

Under åren med högt silverpris 1979–1980 omvärderade gruvbolagen sin framtida syn på silver och flera justerade upp sina långsiktiga förväntningar. Detta medförde att ett antal marginella projekt blev lönsamma eller att silver som biproduktkredit kunde förmå förbilliga produktionen av andra metaller. Följden av detta blev att gruvproduktionen av silver har ökat kraftigt.

Det temporärt höga silverpriset medförde vidare att stora mängder mynt, matsilver och övriga bruksföremål omsmältes och bidrog till att öka utbudet.

Den sålunda ökande produktionen och minskande konsumtionen har lett till en successiv lageruppyggnad. Lagren i dag motsvarar ca 3 års konsumtion med nuvarande takt.

Med dessa stora lager finns metall i dag lätt tillgänglig för omedelbar leverans. Det spekulativa intresset har härmed förlorat något av sin betydelse och silvret har under en följd av år uppfört sig som en industriell råvara, dvs. produktionskostnaden har varit vägledande för priset.

Endast under tider av ekonomisk oro och då andra alternativa placeringar/investeringar såsom guld, aktier och obligationer uppfattas som dyra har silver förmått att attrahera investerare. Priset har därmed lyfts något över nivån 5–6 USD/oz.

Genom det höga pris som rådde 1979–1980 finns det fortfarande mycket silver kvar som hanterades i prisnivåer kring 10 USD och däröver. Så fort priset närmar sig den nivån ökar utbudet kraftigt och verkar ånyo prispres-

sande.

Producenterna som oftast erhåller silver som biprodukt, eller som Peru och Mexiko, vilka är beroende av inkomsterna från silver, har sålunda inte varit benägna att reducera silveruttaget att motsvara en minskande konsumtion.

Svenska gruvors situation har präglats av samma bild. Silverprisets nedgång i USD har dock inte förmärkts i Sverige, då USA-dollar stärktes i förhållande till svenska kronan och speciellt i samband med den svenska devalveringen 1982. Sedan 1985 har dock USA-dollar försvagats samtidigt som priset i USD sjunkit. Prisfallet i svenska kronor har sålunda haft en fördröjd effekt.

Den negativa trenden kopplat med miljömässiga svårigheter har medfört att Dammsjöfyndigheten inte har exploaterats.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Konsumtion

3.2 Trender hos slutförbrukare

3.2.1 Foto

Videotekniken har redan ersatt vissa delar som var att betrakta som traditionella filmsektorer. Möjligheterna med video att direkt återspela inspelade sekvenser utan att använda komplicerade kemiska bad kopplat med en tidsaspekt gör att marknaden för film sannolikt kommer att minska.

För stillbildsfotografering kommer dock marknaden för silver att bestå liksom för röntgenfilm. Denna sektor bedöms t.o.m. kunna öka något.

3.2.2 Lödmetall

Denna sektor har varit på tillbakagång, då aluminium och plaster har ersatt kopparrör. En resubstitution till kopparrör som under senaste åren förmärkts samt att kylskåps- och luftkonditioneringsanläggningarna ökar i antal gör att marknaden för silverlegerade lödmetaller synes kunna komma tillbaka. Förbättrad lödningsteknik medför dock att mängden lödmetall kommer att minska.

3.2.3 Juvelerarärendamål

Prisrelationen till andra objekt är en avgörande faktor för hur denna sektors konsumtion kommer att utvecklas.

Med modesta prisantaganden för platina och guld finns det en relativt god potential för silver.

En annan faktor är mera modebetingad. I USA spekuleras huruvida "babyboomen" kan få någon märkbar effekt på konsumtionen. Äldre generationer brukade samla till bordssilver, som ju ansågs vara en god investering. Den stora potentialen bedöms vara de ungdomskullar, som nu nått mogen ålder och då förväntas ha behov att prestigemässigt lyfta standarden och övergå från rostfria bestick till silverbestick. Med dagens prisnivå är en sådan utveckling mycket möjlig.

3.2.4 El, elektronik

Den industri- och hushållsutrustning som i dag innehåller silverhaltigt elektronikmaterial tillhör den mogna marknaden och bedöms inte ha någon tillväxtpotential.

Knappceller som innehåller silver kommer troligtvis att utföras med litium, som ger batterierna samma egenskaper som med silver, men till betydligt lägre kostnad.

3.2.5 Mynt, minnesmedaljer och övrigt

Denna sektor förväntas uppvisa stora årliga variationer, då den är beroende av hur olika länder lanserar minnesmedaljer och mynt och hur de reglerar silverinnehållet i mynten.

Det torde dock inte förmärkas någon minskning.

3.3 Kostnadsstruktur

Huvuddelen, eller ca 2/3 av silvret produceras som biprodukt ur malmer med företrädesvis bly, zink och koppar. Produktionskostnaderna för silver är sålunda i hög grad beroende av prisnivån för övriga metaller. Metallprisuppgången under 1987 har emellertid medfört att för de gruvor, där biproduktskrediterna utgör en betydande del (enligt CRU ca 5 000 ton) har kostnaden att producera silver sjunkit med 2 USD per oz jämfört med 1986 års nivå. Detta har lett till att ca 80 % av allt silver som produceras i dag har en kostnad som är lägre än 6 USD per oz.

4 Sammanfattning och slutsatser

Silvret kommer en tid framåt att befinna sig undanskymt, sannolikt betraktat som en industriell metall och bestämd av relationen tillgång och efterfrågan. Med de höga lagren och de måttliga utsikterna för konsumtionstillväxt kommer en bristsituation knappast att föreligga under 1990-talet. Under tider av ekonomisk oro i världen kan dock silverpriset tidvis vara förhöjt och då huvudsakligen beroende på att övriga investeringsobjekt såsom guld, aktier och obligationer uppfattas som dyra.

Priset långsiktigt kan förväntas röra sig i spannet 6–8 USD per oz. Kortvariga rörelser utanför dessa ramar kan dock förekomma. Det är dock osannolikt att priset över en längre period skulle kunna hålla sig över 10 USD per oz, då det sannolikt skulle utlösa stora utförsäljningar från de silverlager som handlades till priser över denna nivå 1979 och 1980.

Vid prisnivåer under 5 USD per oz kommer en stor del av produktionen att förlora pengar och justeringar av produktionsapparaten blir troliga.

De stora dominerande nationerna Peru och Mexiko har vid olika tillfällen försökt höja priset genom att strypa leveranserna. Detta har dock misslyckats, då dessa länder är beroende av intäkter för silver. Dylika åtgärder kan inte heller framgent väntas få någon betydelse, framför allt så länge lagren är höga.

Platinagruppens metaller

av tekn dr *Sven Arvidsson*, Sveriges geologiska undersökning

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	219
1.1	Allmänt om platinametallerna, deras egenskaper och förekomst	219
1.2	Tillgångar	220
1.2.1	Tillgångar i världen	220
1.2.2	Tillgångar i Sverige	222
1.3	Produktion	222
1.3.1	Framställningsteknik	222
1.3.2	Produktionens länderfördelning	223
1.3.3	Företagsstruktur	223
1.4	Konsumtion	224
1.4.1	Användningsområden	224
1.4.2	Konsumtionens länderfördelning	227
1.4.3	Substitutionsförhållanden	228
1.4.4	Behov i Sverige	228
1.5	Handel	228
1.5.1	Internationell handel	228
1.5.2	Öst/västhandel	229
1.5.3	Priser, prissättning	229
1.6	Internationellt samarbete	231
2	<i>Marknadsutvecklingen under modern tid till nutid</i>	232
2.1	Produktion	232
2.2	Konsumtion	233
2.3	Handel	234
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	236
3.1	Internationella prognoser och kommentarer till dessa	236
3.1.1	Generellt	236
3.1.2	Konsumtion	236
3.1.3	Trender hos slutförbrukare	237
3.1.4	Produktion	242
3.1.5	Kostnadsstruktur	243

4	Sammanfattning och slutsatser	245
	Referenser	247

1 Faktaavsnitt

1.1 Allmänt om platinametallerna, deras egenskaper och förekomst

Platinametallerna är en grupp om sex grundämnen som står nära varandra i det periodiska systemet och därmed har ungefär samma egenskaper. De kan indelas i två grupper – lätta och tunga. Till de lätta med densiteter omkring 12 g/cm^3 hör rutenium (kemisk beteckning Ru), rodium (Rh) samt palladium (Pd). Gruppen av tunga platinametaller utgörs av osmium (Os), iridium (Ir) och platina (Pt). Densiteten i den tyngre gruppen är 21–22 g/cm^3 .

Platinametallerna är ädelmetaller och uppvisar därmed stor resistens mot korrosion och oxidation. De är praktiskt taget opåverkade av de flesta syror och alkalier. Utmärkande egenskaper är även hög smältpunkt och god formbarhet. Metallerna uppvisar sinsemellan skillnader i densitet, hårdhet och smältpunkt som framgår av tabell 7:1.

Tabell 7:1 Fysiska och mekaniska egenskaper hos platinametallerna

	Platina	Iridium	Osmium	Palladium	Rodium	Rutenium
Kemisk symbol	Pt	Ir	Os	Pd	Rh	Ru
Atomnummer	78	77	76	46	45	44
Atomvikt	195,09	192,22	190,2	106,4	102,91	101,07
Täthet g/cm^3	21,45	22,65	22,61	12,02	12,41	12,45
Smältpunkt $^{\circ}\text{C}$	1769	2443	3050	1554	1960	2310

Rutenium är silvervit, spröd och lätt pulvriserbar. Vissa föreningar är giftiga. Den används sällan olegerad.

Rodium är silvervit, kan lätt formas plastiskt, och har god katalytisk förmåga.

Palladium är vitgrå till silvervit, och är den mest lättsmälta och mjukaste av platinametallerna. Den kan som palladiumsvamp absorbera väte upp till 850 gånger sin egen volym. Palladium utgör därvid katalysator vid hydriering. Den är den minst ädla av platinametallerna, men även den som lättast kan legeras.

Osmium är gråblå, spröd och hård och är tillsammans med iridium det tyngsta grundämnet av alla. Den är mest svårsmält och den mest sällsynta. Vissa föreningar är giftiga.

Iridium är silvervit med dragning mot gult. Den är spröd och mest korrosionsresistent av alla metaller. Rent iridium används mest i deglar som

används vid smältning av vissa legeringar över 2000°C.

Platina är grå till silvervit, något mörkare än silver. Den är mjuk och kan lätt kallbearbetas utan att bli spröd. Platina i finfördelad form kan liksom palladium binda stora mängder väte. Längdutvidgningen vid upphettning är mycket liten. Den elektriska resistensen är relativt hög.

Platinametallerna följs vanligen åt i naturen. Halterna är låga i jordskorpan (ofta under 0,01 g/ton), men beräknas vara högre i jordens inre. Platinametallerna förekommer främst i metallfaser, men i mindre utsträckning även i sulfidfaser. I metallfas är de ofta legerade med varandra och med järn, stundom med guld. Värdbergarterna är vanligtvis basiska till ultrabasiska (olivinrika eller pyroxenrika) och för i många fall kromit eller nickel-sulfidmineral (främst pentlandit). De senare innehåller på sina ställen platinametaller i fast lösning. De tidigaste brutna fyndigheterna var s.k. vaskavlagringar – dvs. värdbergarten har brutits ned och frilagda platinametaller förekom ofta tillsammans med guld i flodbäddar. Brytvärda förekomster av platinametaller är begränsade till relativt få länder i världen. Sydafrika och Sovjetunionen är jämte Kanada de länder, där de mest betydelsefulla fyndigheterna har påträffats.

1.2 Tillgångar

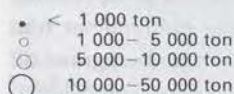
1.2.1 Tillgångar i världen

De största kända reserverna av platinametaller finns i Sydafrika, som har över 80 % av världens reserver och över 97 % av västvärldens reserver. I Kanada och Sovjet utvinns platinametallerna som biprodukt vid nickelproduktion. Reserverna i USA hänför sig till Stillwater Complex i Montana, som innehåller palladium, platina, krom och nickel. Potentiella reserver i USA är även Duluthgabbbron samt vaskavlagringarna vid Goodnews Bay i Alaska, där utvinning av platinametallerna pågick t.o.m. 1982. En sammanfattning av reservernas länderfördelning avseende platinametallerna finns i tabell 7:2. (Se även figur 7:1).

Tabell 7:2 Reservernas länderfördelning

Land	Mängd platina- metaller ton	därav	
		platina ton	palladium ton
USA	1 090	200	720
Kanada	280	106	112
Sydafrika	49 970	23 950	15 740
Sovjet	6 230	1 560	4 420
Totalt	57 570	25 836	20 992

Figur 7:1 Fördelningen av platinametaller i världen – metallinnehåll i brytbar malm



I Sydafrika utvinns platinametallerna inom det s.k. Bushveldkomplexet i Transvaal. Metallerna är koncentrerade i ett mycket vidsträckt lager kallat Merensky Reef. Det består av pyroxenit som normalt håller ett eller flera tunna lager med kromit och sulfidmineral som impregnation. Mäktigheten varierar från 10 cm till 7,5 m på olika ställen inom Bushveld. Lokalt är mäktigheten relativt konstant. Halterna av platinametaller är ca 4–15 g/ton. Inom Rustenburgområdet har de inbördes halterna mellan platinametallerna (inkl. guld) angivits till: Pt 60 %; Pd 27 %; Ru 5 %; Rh 2,7 %; Ir 0,7 %; Os 0,6 % samt Au 4 %.

Merensky Reef är känt över en sammanlagd längd av 25 mil, varav gruvor finns över ca 8 mil. Genom borrhningar har man påvisat fortsättning av detta lager ner till ett vertikalt djup av 1 900 m. Platinametallerna finns dessutom i ytterligare två rev inom Bushveld: Platreef och UG 2.

UG 2 (Upper Group Chrome) är i likhet med Merensky Reef ett kromitförande lager. UG 2 ligger 35–45 m under Merensky Reef i norra delarna av Bushveldkomplexet vid Amandelbult och Union, medan avståndet är större – ca 160 m – i söder vid Rustenburg.

Platreef har påträffats i de norra delarna i Potgietersrusområdet. Det är en zon med mineraliseringar av sporadiska fläckar till mer uthålliga skikt med sulfider, som finns i pyroxenit och harzburgit. Zonen är över 60 km lång och upp till 200 m mäktig.

I Kanada och Sovjetunionen är de ekonomiskt betydelsefulla fyndigheterna av platinametaller knutna till nickelmalmer. Sudburyområdet i

Ontario står för huvuddelen av den kanadensiska produktionen av platina-metaller. Halterna är ca 0,7–0,9 g/ton med 38 % Pt, 40 % Pd, 1,2 % Ir, 2,9 % Ru och 1,2 % Os, 3,3 % Rh, samt 13,5 % Au (guld). De viktigaste produktionsområdena för platinametallerna i Sovjet är nickelmalmerna vid Noril'sk (öster om Jenisej) i Sibirien med metallhalter omkring 4 g/ton och följande halter: 25 % Pt, 67 % Pd, 2 % Ir, 3 % Rh, 2 % Ru och 1 % Os, samt på Kolahalvön, Pechenga (Petsamo) och Monchegorsk med ca 0,6 g platina per ton och ca 0,5 g palladium per ton.

Under 1987 startades brytning i Stillwater i Montana, USA. Det är ett lagrat komplex inte olikt Bushveld. Malmen förekommer i ett ca 2 m mäktigt lager med mellan 0,5 och 2 % metallsulfider och platinametaller. Halterna av de senare är i genomsnitt 4,9 g/ton Pt och 17,1 g/ton Pd. Lagret i Stillwater är 40 km långt.

1.2.2 Tillgångar i Sverige

Några reserver av platinametallerna har ännu inte upptäckts i Sverige. Nämnden för statens gruvegendom (NSG) startade 1985 en prospektering som var kunskapsuppbyggande. Målet var att utnyttja erfarenheter från andra länder tillsammans med vår egen kunskap om Sveriges berggrund till att identifiera områden som kan innehålla fyndigheter av platinametallerna.

Dessa metaller förekommer oftast associerat med metallerna krom, järn och nickel. Det är främst i basiska och ultrabasiska bergarter som malmer har upptäckts. Särskilt intressant är lagrade intrusioner där platinametallerna kan förekomma koncentrerat i specifika lager, som fallet är i Bushveld i Sydafrika.

För Sveriges del kan konstateras att basiska och ultrabasiska bergarter finns på många håll. De finns bl.a. i fjällkedjan i utbredda peridotitkroppar. Genom den kunskap som byggts upp inom NSGs platinaprojekt har flera av dessa förekomster undersökts och kunnat konstateras vara lagrade intrusioner. Provtagning av dessa och av äldre insamlat material har påbörjats. Hittills har platinametaller kunnat påvisas i enstaka prover, men ingen samlad malmkropp har påträffats.

1.3 Produktion

1.3.1 Framställningsteknik

Den malm ur vilken platinametallerna utvinns bryts nästan undantagslöst i underjordsgruvor.

Ett metallkoncentrat framställs med konventionella anrikningsmetoder (flotation och våtmekanisk anrikning). Koncentratet genomgår en smältprocess med påföljande elektrolys, då bl.a. medföljande nickel utvinns. Anodslammet från elektrolysen innehåller platinametaller, som kan särskiljas och utvinnas i en vätske-vätske-extraktionsprocess (V VX).

I Bolidens smältverk i Rönnskär kan platinametaller (om de förekommer i ingående gods) erhållas i anodslammet, vilket kan säljas för extraktion.

Det förekommer ett par smärre extraktionsanläggningar i landet, som främst utvinner platina ur skrot.

1.3.2 Produktionens länderfördelning

Produktionen av platinametallerna är i hög grad koncentrerad till ett fåtal länder. Sydafrika stod 1988 för över 91 % av platinaproduktionen i västländerna, Kanada stod för 5 % och USA för 2 %. Hur stor produktionen av platina är i Sovjetunionen har inte offentliggjorts, men exporten till västländerna beräknas uppgå till drygt 12 ton, dvs. det motsvarar ca 15 % av Sydafrikas produktion.

Palladiumproduktionen i väst är visserligen störst i Sydafrika, som står för 71 %, men tillförseln från Sovjet är större än den totala produktionen i väst. Sovjets andel av tillförseln var 1988 53,8 ton, vilket är nära 53 %.

Tabell 7:3 Produktion av platina och palladium 1988 i västvärlden (ton)

	Pt	Pd
Sydafrika	79,6	34,1
Kanada	4,5	5,3
Övriga	3,0	8,4
Produktion i väst	87,1	47,8
Sovjets försäljning till väst	12,4	53,8
Tillförsel till väst	99,5	101,6

Källa: Johnson Matthey

1.3.3 Företagsstruktur

Utvinningen av platinametaller domineras av ett fåtal företag, varav de största finns i Sydafrika. Dessa, jämte huvudsaklig ägarstruktur, gruvor samt produktion av platinametaller finns sammanställt i tabell 7:4.

Tabell 7:4 Företag som utvinner platinametaller

Företag	Större ägare	Gruvor	Beräknad gruvproduktion 1987, ton metall
Rustenburg Platinum Mines Ltd	– Johannesburg Consolidated Investment – Anglo American Corp	Rustenburg, Uion, Amandelbult	43,5 ¹
Impala Platinum Mines Ltd	– Gencor	fyra gruvor i Rustenburg	37,3
Western Platinum Ltd	– Lonhro Ltd	Western	5,3
Lebowas Platinum Mines	– Lebowas regering, – Rustenburg Platinum	Atok ²	¹

¹ Lebowas produktion inkluderad i Rustenburg

² Har tidigare tillhört Rustenburg

I Kanada kommer den största mängden platinametaller från Inco och Falconbridge, som biprodukt från nickelproduktionen, i Sudburyområdet. Viss mängd kommer även från Thompson-gruvan i Manitoba. Tillsammans beräknas dessa båda företag ha producerat 13,5 ton platinametaller 1987. Andelen palladium är något större än platina.

I USA har produktionen av platinametaller (palladiumdominerad) startat i Stillwater, Montana av Stillwater Mining Company, som ägs av Chevron och Manville. Produktionen sker från fyra stollar, och beräknas under 1988 kunna ge 3,4 ton palladium och 1 ton platina.

1.4 Konsumtion

1.4.1 Användningsområden

Platinametallernas användningsområden är knutna till de speciella egenskaper som dessa metaller har – korrosionsmotstånd, hög smältpunkt, smidbarhet, glans, katalytisk förmåga m.m. I jämförelse med guld har platina-metallerna mycket stor användning inom industrin, medan användningen till smycken eller som penningplacering hittills är mera begränsad. Användningen inom olika branscher för resp. metall under år 1987 i USA framgår av tabell 7:5.

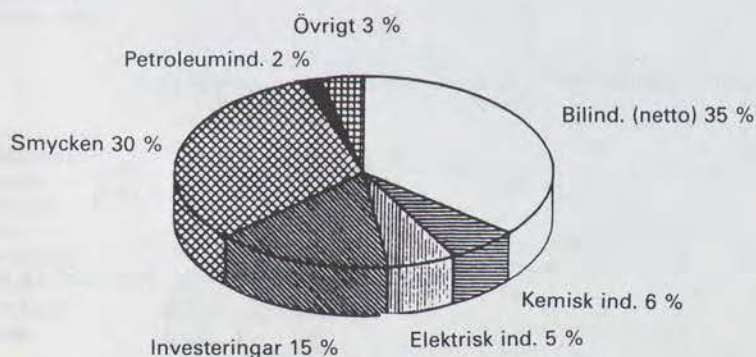
Tabell 7:5 Platinametallernas användning inom olika industrisektorer, 1987, kg

	Platina	Palladium	Iridium	Osmium	Rodium	Rutenium
Bilindustri	35 454	6 376	62		7 029	
Kemisk	6 065	1 241	217	40	684	1 866
Dental o medicin	521	30 945	4	120		
Elektrisk	5 598	50 227	32		467	2 706
Glas	3 732	5	1		467	
Smycken/Invest.	42 918	5 132	24			
Petroleum	1 711	1 551	124			
Övrigt	3 732	8 397	622		964	560
Summa	102 319	101 075	1 057	160	9 641	5 132

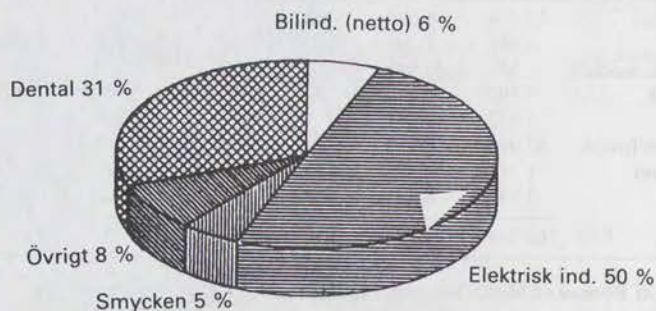
Källa: US Bureau of Mines/Johnson Matthey och SGU

Tabellen visar att platina och palladium är de platinametaller, som används i störst omfattning och som har funnit användning inom många olika näringsgrenar. Det är värt att notera att platina har störst användning inom bilindustrin, samt som investeringsobjekt och för smycketillverkning främst i Japan, medan palladium används mest inom dentaltekniken, därnäst följt av elektrisk-elektronisk industri samt först på tredje plats inom bilindustrin. Användningsmönstret för rodium är likt det för platina, men med betydligt mindre mängder involverade. Rutenium används huvudsakligen i kemisk och elektrisk industri, iridium används i små mängder inom flera olika industrigrenar medan osmium med sin begränsade mängd helt används inom medicin/dentalindustrin och kemisk industri.

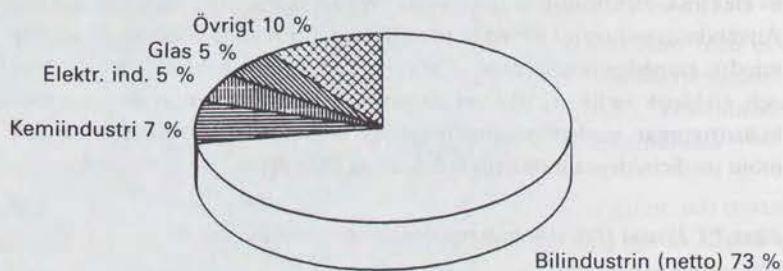
Figur 7:2 Platina (Pt): Användningsområden i västvärlden år 1987



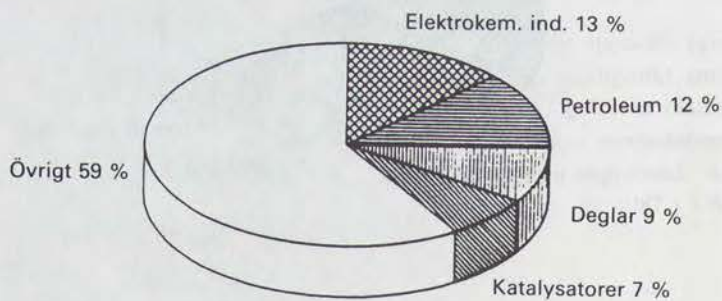
Figur 7:3 Palladium (Pd): Användningsområden i västvärlden år 1987



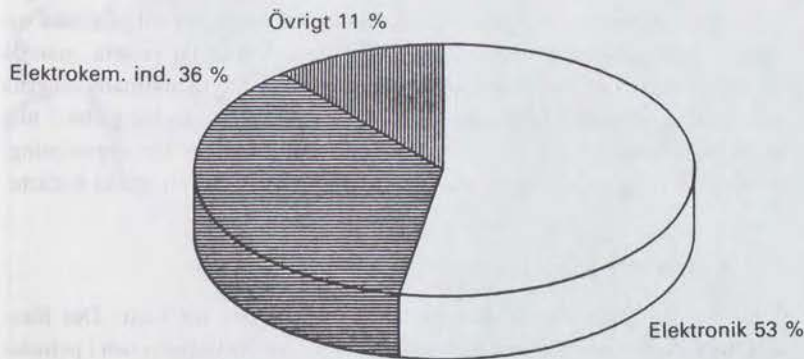
Figur 7:4 Rhodium (Rh): Användningsområden i västvärlden år 1987



Figur 7:5 Iridium (Ir): Användningsområden i västvärlden år 1987



Figur 7:6 Rutenium (Ru): Användningsområden i västvärlden år 1987



1.4.2 Konsumtionens länderfördelning

Platinametallerna används nästan uteslutande inom industriländerna. De flesta användningsområdena har högteknologisk prägel. Konsumtionen av platina har under de senaste åren ökat mycket markant i Japan beroende på ökad användning inom smyckeindustrin, för investeringsändamål och för avgasrening på bilar. Detta gör att Japan numera konsumerar hälften av platinat i världen, medan 27 % används i Nordamerika. Den branschvisa fördelningen på regioner framgår av tabell 7:6.

Tabell 7:6 Platinaefterfrågan branschvis i Nordamerika, Japan samt övriga västvärlden, 1987

	Nordamerika		Japan		Övriga västvärlden inkl. Europa	
	kg	%	kg	%	kg	%
Bilindustri	18 349	65,6	9 175	17,9	7 931	34,5
Kemisk	1 711	6,1	467	0,9	3 888	16,9
Elektrisk	2 022	7,2	1 400	2,7	2 177	9,5
Glas	778	2,8	1 400	2,7	1 555	4,8
Investering	2 644	9,4	10 419	20,3	2 177	9,5
Smycken	467	1,7	27 990	54,5	2 333	10,1
Petroleum	467	1,7	—	—	1 244	5,4
Övrigt	1 555	5,6	467	0,9	1 711	7,4
Totalt	27 990		51 315		23 014	

Källa: Johnson Matthey

Materialet utgör uppskattningar av den branschvisa användningen av platina.

1.4.3 Substitutionsförhållanden

I de flesta nu förekommande tillämpningar har inte platinametallerna några konkurrerande råvaror. I vissa fall förekommer möjlighet till inbördes utbyte av platinametaller, och i några fall kan andra metaller ersätta, men då med betydligt sämre resultat. Försöken att ersätta de dyra platinametallerna med andra billigare råvaror har pågått under lång tid. Detta gäller i hög grad inom bilindustrin, där man sökt billigare lösningar för avgasrening, men där trevägskatalys med platina och rodium har fått ett starkt fotfäste.

1.4.4 Behov i Sverige

I Sverige används platina och rodium i avgasrenare för bilar. Det förekommer även stora processkatalysatorer inom kemisk industri och i petroleumindustrin, vilka inte utbyts i sin helhet varje år, men som måste göras om med vissa intervall och då ersätts den metall som förbrukats eller skadats. Små mängder platina och större mängder palladium används inom dentaltekniken. Även inom glasindustrin och på kemiska laboratorier används deglar och termoelement som innehåller platinametaller. Totalt uppskattas det årliga behovet av platina till ca 1,5 ton per år i Sverige. En stor del av detta köps som färdiga produkter eller halvfabrikat.

1.5 Handel

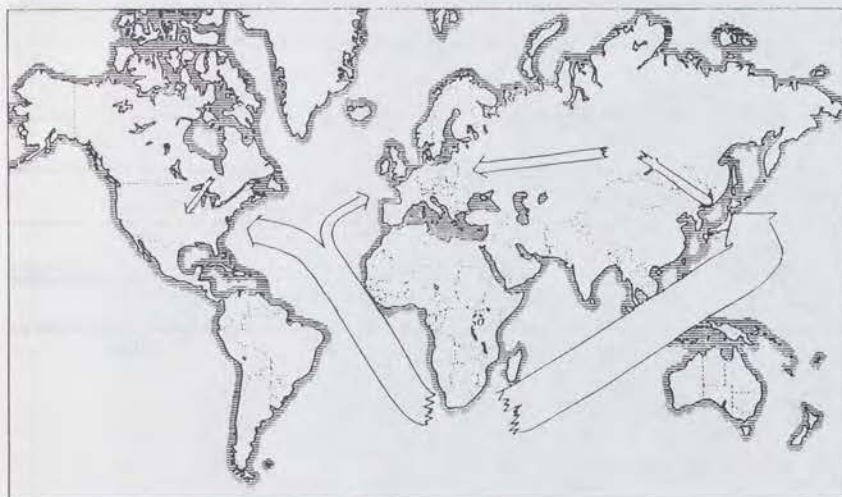
1.5.1 Internationell handel

De platinaproducerande gruvföretagen i världen är alla mer eller mindre integrerade företag, som har inflytande på metallframställning och handel. De flesta har egna raffinaderier och säljer metall direkt till större kunder eller via agenter, banker och börser. Börshandel äger rum i New York och Tokyo.

Agenter i ursprungligen London och Zürich har kommit överens om en gemensam standard för handeln med platina och palladium. Till denna standard har agenter från ett tiotal länder anslutit sig.

Bruttohandelsströmmarna av platina från gruva till användare har illustrerats i figur 7:7.

Figur 7:7 Flödet av platina från gruva till användare



1.5.2 Öst/västhandel

Sovjetunionen producerar platinametaller från två gruvområden, Noril'sk och Kolahalvön. Dessa fyndigheter innehåller mest palladium av platinametallerna. Följaktligen är palladiumproduktionen störst. Hur stor den är har inte offentliggjorts, men exporten till västvärlden uppgick 1988 till 53,8 ton. Någon handel med palladium i andra riktningen, dvs. till östländerna har inte rapporterats för 1988.

Mängden platina som exporteras från öst till väst uppgick 1988 till 12,4 ton. Samma år uppgick exporten i motsatt riktning till 1,2 ton. Detta innebär att nettoexporten av platina från öst till väst under 1988 uppgick till 11,2 ton.

1.5.3 Priser, prissättning

Priset på platina och palladium anges av börserna, men även av några större producenter. Dessutom ger Metal Bulletin priser på fria marknaden i Europa och USA baserat på spothandeln och producentpriser, för alla platina-metallerna utom osmium. I London ges dagligen två priser på platina och palladium vid London Platinum and Palladium Market. Priset sätts där av åtta deltagande agenter på samma sätt som gäller för guld.

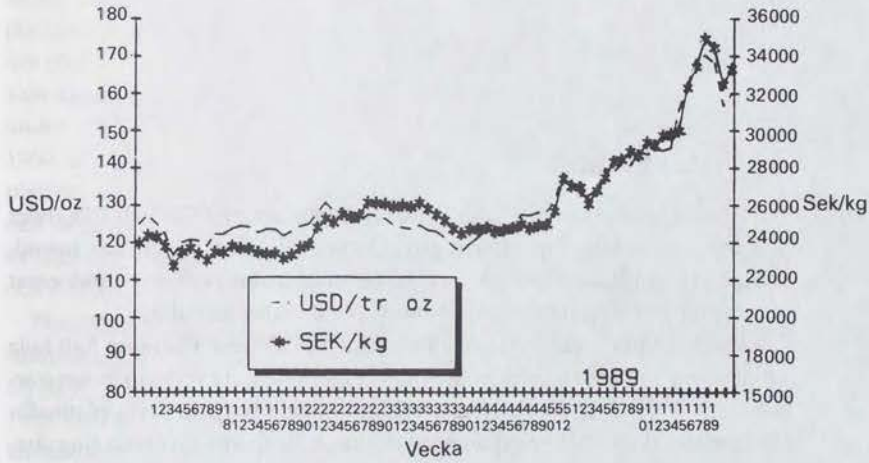
Även för rodium och iridium anges baspriser av större producenter.

I Sverige förekommer prisnoteringar för platina och palladium i dagspressen som vanligtvis utgörs av Londonfixingen.

Priset på platina varierar relativt mycket och visar en tendens att följa guldets rörelser, även om prisnivån vanligtvis är högre för platina.

Priset för platina är vid halvårsskiftet 1989 något över 500 dollar per uns, vilket är ca 106 kr per gram.

Figur 7:10 Prisutvecklingen för palladium januari 1988–15 maj 1989 (veckomedeltal basis London)



Källa: SGU

1.6 Internationellt samarbete

Industrin som sysslar med platinametallerna har i många år varit mycket hemlighetsfull och har hållit så mycket information som möjligt dold för andra. Något samarbete annat än mellan eljest samverkande företag synes inte ha förekommit. På de senaste 5–10 åren har dock en större öppenhet förmärkts, vilket bl.a. tagit sig uttryck i mera publicerat material.

Det finns även ett International Precious Metals Institute med säte i Allentown, Pennsylvania, USA. Det anordnar bl.a. årliga konferenser och publicerar där framlagt material.

2 Marknadsutvecklingen under modern tid till nutid

2.1 Produktion

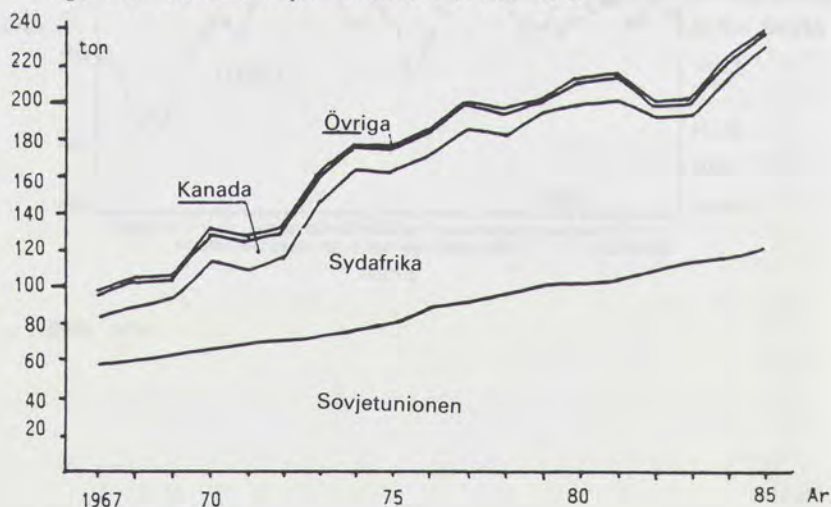
Produktionen av platinametaller har ökat stadigt under 1970- och 1980-talet och har i stort sett följt efterfrågan. Ökningen i västvärlden har huvudsakligen skett i Sydafrika, det enda landet som under perioden producerat platinametaller som inte utgjort biprodukt till andra metaller.

Av de tre stora gruvföretagen i Sydafrika har Western Platinum haft hela sin uppbyggnad under den senaste tjugoförårsperioden, då verksamheten startade först 1971. Det näst största företaget Impala började bryta platinaförande malm 1969 och har expanderat starkt under denna sin första tjugoförårsperiod.

Sovjets produktion har inte redovisats officiellt, utan beräkningar har tillgripits för att få en uppskattning av produktionen. Eftersom platinametallerna är biprodukter till nickel-koppar, som produceras i Noril'sk och på Kolahalvön, kan en viss ledning erhållas från nickelproduktionen. Det är känt att Sovjet förfogar över modernaste teknik för utvinning av platinametallerna. Raffinering sker i Krasnojarsk vid den transsibiriska järnvägen. Den uppskattade produktionen av platinametaller i världen under perioden 1967–1985 framgår av figur 7:11.

Mönstret för platina resp. palladium ser likartat ut, eftersom metallerna följer varandra åt.

Figur 7:11 Produktion av platinametaller åren 1967–1985



Källa: SGU

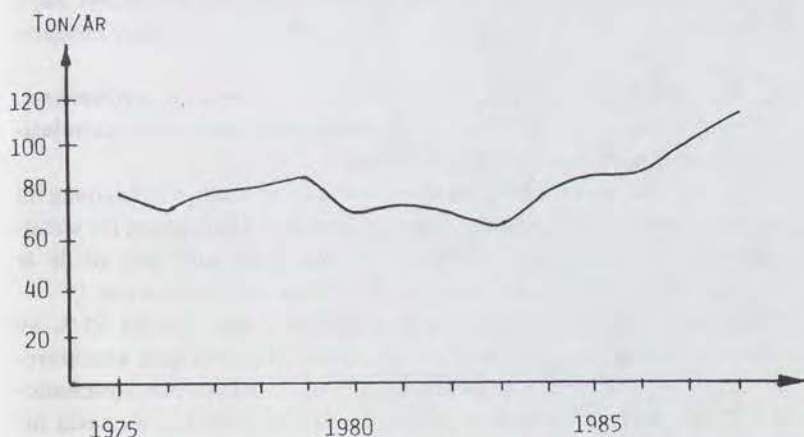
2.2 Konsumtion

Konsumtionsmönstret av platina har ändrats väsentligt under tiden efter andra världskriget. I slutet av 1940-talet användes nästan hälften av allt platina för smyckeändamål. Då var världskonsumtionen (västvärlden) 11,5 ton platina. Under 1950-talet introducerades platina i reformeranläggningar som katalysator vid bensintillverkning. Konsumtionen i västvärlden ökade under 1950-talet och nådde upp till 21 ton 1960. Under senare delen av 1960-talet hade välståndet stigit i Japan så att man började köpa smycken av platina, som av tradition är den populäraste smyckemetallen. Konsumtionen av platina nådde 1970 upp till 42 ton. Nästa dekad, 70-talet, präglades av tillämpningar för avgasrening inom bilindustrin, som först började i USA och i Japan.

Platinakonsumtionen nådde en topp 1979 på 88,6 ton. Därpå föll konsumtionen under 1980 och påföljande år för att först 1985–86 åter nå upp till 88 ton. De senaste åren har konsumtionen stigit ytterligare till 112,6 ton 1988 beroende på användning som bilavgasrenare i allt fler länder, ökad användning av platinasmycken i Japan samt ökad investering i små tackor och medaljonger av platina.

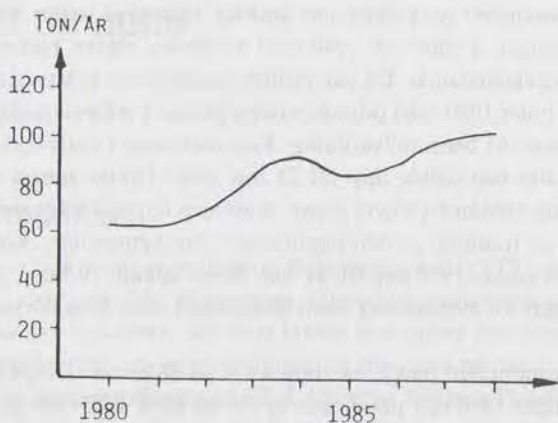
Utvecklingen under perioden 1975–1988 framgår av figur 7:12.

Figur 7:12 Platinakonsumtionen i västvärlden



Palladiumkonsumtionen visar en likartad utveckling som platina. Användningen är dock något annorlunda. Mer än hälften av all palladium används inom den elektroniska industrin, främst som komponent i integrerade kretsar. Ca 30 % används inom tandvården i olika legeringar bl.a. i tandställningar och bryggor. Även palladium har användning i bilavgasreningen, men ger inte lika hög reningsgrad som platina-rodiumkatalysatorer. Konsumtionsmönstret framgår av figur 7:13.

Figur 7:13 Palladiumkonsumtionen i västvärlden



2.3 Handel

Marknaden för platinametallerna har expanderat och antalet konsumenter har ökat, till följd av att nya tillkommit. Expansionen i producentledet har till stor del skett genom ökad produktion i befintliga anläggningar. Under 1980-talet har antalet producenter varit konstant i Sydafrika, Kanada och USA. I USA har utvinningen från vaskavlagringarna vid Goodnews Bay i Alaska lagts ner, men brytningen har i stället påbörjats i Stillwater i Montana.

Platina har flera unika egenskaper som gör användandet mångfacetterat. Ursprungligen användes platina för smyckeändamål, men åtskilliga industriella tillämpningar har efter hand tillkommit.

Prissättningen på platina influeras delvis av platinats tidiga anknytning till guld och därmed dess inordning i ädelmetallsektorn. Gemensamt för metallerna är att de är sällsynta (platina mera sällsynt än guld) och att de är bestående vackra och därmed används för tillverkning av smycken.

För platina finns en konkurrens från industrin, som står för 55 % av konsumtionen. Producentstrukturen för platina är synnerligen koncentrerad med 90–95 % av produktionen förlagd till Sydafrika och Sovjetunionen. Dessa faktorer synes göra platina synnerligen känsligt för såväl inflatoriska tendenser som störningar i produktionsledet. Platinapriset har därför oftast legat högre än guldpriset, då priserna varit höga, och lägre vid låga nivåer. Platinats strategiska aspekter och historiskt oroliga uppträdande på marknaden gör att metallen blir föremål för spekulativ aktivitet då marknaderna börjar visa rörelse.

Londonnoteringen har sannolikt stärkt sin position genom att antalet handelshus som deltar i prisfixeringen under 1989 har utökats från två till åtta.

Marknaden under senare år har karakteriserats av högre konsumtion än produktion, något som kan kompenseras med lagerminskningar. Platina

lagerförs av börser, vissa banker, handelshus, slutanvändare och av producentföretagen. Eftersom platinametallerna i vissa tillämpningar inte förbrukas eller inte ens rörs, finns alltid mer eller mindre dolda reserver som vid lämpligt pris kan komma ut på marknaden.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Internationella prognoser och kommentarer till dessa

3.1.1 Generellt

Den makroekonomiska utvecklingen i världen förväntas generellt vara god under hela 1990-talet. Tillväxttakten i BNP för industriländerna förväntas ligga i intervallet 2,5–3,5 %. Många prognosinstitut varnar dock för att USA under början av 1990-talet kan få en något sämre utveckling i BNP än de flesta övriga industriländer. Det beror främst på USA:s problem med bytesbalansen och budgetunderskottet.

Den största utvecklingspotentialen finns i Stilla havsområdet, där Japan förväntas ligga med en tillväxt i BNP kring 3,5 % per år, vissa år kanske ännu högre. Taiwan förväntas ha en högre tillväxttakt än Japan.

I Europa torde BNP visa något lägre tillväxttal under inverkan av USA:s problem under början av perioden.

3.1.2 Konsumtion

Konsumtionen av platina i västvärlden beräknas ha varit ca 99 ton under 1988. Den väntas öka med ca 5 % per år till mitten av 1990-talet.

En markant ökning av konsumtionen har under de senaste åren ägt rum i Japan. Denna trend förväntas fortsätta, dock inte så markerat som tidigare.

Platina har som ädelmetall med katalytiska egenskaper applikationer såväl inom industrin som inom andra områden och har inte alltid något enkelt samband med makroekonomin. Exempel på den senare kategorin är platinats användning som investeringsobjekt.

För många tillämpningsområden gäller att marknaden är mättad och stagnant (exempelvis inom petroleumbranschen). Andra marknadssegment har fortfarande stor marknadspotential och visar kraftig marknadstillväxt. Ett exempel på den senare kategorin är katalysatorer för avgasrening i bilar. Där har en starkt växande medvetenhet om de miljöproblem, som avgaserna utgör, tvingat fram lagstiftning om avgasrening. Den tekniska lösning, som valts i de flesta fall, innefattar katalytisk förbränning av avgaserna med platina och rodium som katalysatorer.

Det relativt höga priset på platina medför dock att andra tekniska lösningar prövas inom flera områden. I de flesta fall är det dock bara de andra platinametallerna, som kan substituera platina, och de inbördes utmärkan-

de egenskaperna avgör vilken av dem som väljs.

Nya tillämpningsområden kan snabbt förändra konsumtionsmönstret för platina. Exempel på ett sådant område är inom energisektorn, där platina används i bränsleceller. Dessa har ännu inte utvecklats till ekonomiskt konkurrenskraftiga energikällor, men den forskning som pågår i bl.a. USA och Japan syftar till att om några år få fram bränsleceller på över 1 MW. Om och när den forskningen lyckas, kan platinakonsumtionen påverkas avsevärt förutsatt att platina då fortfarande ingår i cellerna.

Ungefär samma mönster som för platina gäller även för övriga platinametaller. Möjligen kan osmium undantas. Den metallen (som oxid) har endast en användning av betydelse, nämligen som kontrastmedel vid elektronmikroskopi av bl.a. cellprover.

3.1.3 Trender hos slutförbrukare

Bilindustrin

Det marknadssegment, som rönt störst intresse under den senaste tioårsperioden, är avgasrenare för bilar. Där har statsmakernas agerande för renare luft i olika länder, alltsedan lagstiftning om renare avgasutsläpp infördes i Kalifornien 1973, drivit fram en stadigt stigande efterfrågan på platina. Eftersom platina är dyr har försök gjorts för att ersätta denna metall med billigare alternativ, varvid främst palladium har nämnts. Dessa försök har oftast inte varit framgångsrika, då palladium kräver högre temperatur för att fungera och är svagare katalysator än platina. Ford meddelade dock i slutet på 1988 att man lyckats finna en tillfredsställande ersättare till platina i katalysatorer. Ryktesvis skulle ersättningen utgöras av palladium.

Det är tre gaser som anses vara farliga: ofullständigt förbrända kolväten (de oxideras till koldioxid och vatten), kväveoxider (de reduceras till kväve) och kolmonoxid (den oxideras till koldioxid). Om alla dessa tre gaser skall renas talar man om trevägsrening. Den sker oftast i en katalysator med platina och rodium, där rodium står för den reducerade effekten. Mycket forskning har också ägnats försöken att ta fram motorer, som har en mera fullständig förbränning, så att renare avgaser erhålls. Man vill därigenom helt slippa att använda katalysatorer.

Med utgångspunkt från förväntad biltillverkning i världen och offentliggjorda avgasreningskrav kan den framtida platinaförbrukningen prognosticeras.

Tabell 7:7 Platinaanvändning i bilkatalysatorer 1985–1993 (ton)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Nordamerika	19,5	20,1	18,0	17,9	18,1	18,3	18,3	18,9	19,7
Japan	8,0	8,1	9,0	9,3	10,1	10,0	10,1	10,3	10,4
EEC	2,1	3,1	4,9	7,0	8,2	13,2	13,5	15,4	15,5
Övriga	0,3	0,5	0,6	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	2,7
Summa	29,9	31,9	32,5	35,1	37,3	42,5	42,9	45,7	48,3

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

För rodium gäller att användningen inom denna sektor troligen kommer att utgöra 20–25 % av platinat, motsvarande andelen rodium i trevägskatalysatorerna.

Palladium kan komma att få ökad användning inom bilindustrin om man lyckas använda den som fullgod ersättning för platina. För närvarande används ca 6 % (6 ton) av producerat palladium inom bilindustrin.

Kemisk industri

Inom den kemiska industrin används platina som katalysator för oxidering av ammoniak till salpetersyra. Denna tillämpning står för ungefär 2/3 av platinaförbrukningen inom denna sektor. Salpetersyran i sin tur är bas för framställning av gödselmedel. Den framtida avsättningen av platina inom denna bransch beror således till stor del på den framtida jordbrukspolitiken i världens länder.

Tabell 7:8 Platinaanvändning inom kemisk industri 1985–1993 (ton)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Nordamerika	2,3	2,0	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,2	2,2
Japan	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6
Övriga	4,2	3,6	3,6	3,7	3,6	3,5	3,5	3,6	3,6
Summa	7,0	6,1	5,8	5,9	5,9	5,8	5,9	6,3	6,4

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

Katalysatorerna för salpetersyraframställning är vanligtvis legerade med rodium. Efterfrågemönstret för platina bör således gälla även för rodium, med varning för att andelen rodium kan komma att minska om rodiumpriset fortsätter att vara avsevärt högre än platinapriset.

Rutenium och iridium används som anodbeläggning i kloralkaliindustrin. Användningen av klor och natronlut styr således efterfrågan på rutenium och iridium inom den kemiska sektorn. Utvecklingen har varit svag under slutet på 1980-talet, och väntas som helhet för 1990-talet vara svag. Vissa år kan dock visa ökad konsumtion då nya fabriker byggs.

Petroleumindustrin

Petroleumindustrin använder i likhet med den kemiska industrin stora processkatalysatorer av platina. De används för att bryta sönder kolkedjorna i råolja för att få en högre andel av den lättare fraktionen. Katalysatorerna räcker länge innan de behöver renoveras. Det är således endast den kvantitet, som behöver tillsättas vid renoveringen för att återställa funktionen, som anges i förbrukningen. Därutöver tillkommer den nettomängd, som installeras i nyuppförda raffinaderier. Nedläggning av raffinaderier tillför platina till marknaden (redovisas som minuspost i tabell 7:9).

Tabell 7:9 Platinaanvändning inom petroleumindustrin 1985–1993 (kg)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Nordamerika	311	311	467	467	467	467	467	467	467
Japan	467	0	0	0	0	156	311	311	311
Övriga	- 311 ¹	311	1244	1244	1400	1556	1556	1556	1556
Summa	467	322	1711	1711	1867	2179	2334	2334	2334

¹ Minuspost innebär utförsäljning av metall

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

Iridium används i vissa katalysatorer inom petroleumindustrin. Den framtida användningen beror på vilken process, som används i raffinaderierna. Sannolikt kommer användningen att vara oförändrad.

Elektrisk och elektronisk industri

Användningen av platina inom elektrisk och elektronisk industri förväntas förbli på ungefär oförändrad nivå. Det är som termoelement för användning vid höga temperaturer som platina används mest inom den elektriska industrin.

Inom den elektroniska sektorn används platina i kontakter för kretsar samt som tunnfilmsbeläggning. Palladium med lägre pris och något sämre egenskaper kan konkurrera med platina liksom koppar i vissa kontakttillämpningar.

Tabell 7:10 Platinaanvändning inom elektrisk-elektronisk industri 1985–1993 (ton)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Nordamerika	2,5	2,0	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4
Japan	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
Övriga	2,5	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
Summa	6,2	5,5	5,5	5,6	5,8	6,0	6,3	6,6	6,8

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

Palladium finner sin största användning inom elektroniksektorn. Det är som tunna lager i integrerade kretsar och kapacitorer som metallen används. Totalt förbrukades under 1987 drygt 50 ton palladium (50 %) inom denna sektor i västvärlden. Antalet enheter förväntas öka ytterligare, medan mängden metall per enhet visar en minskande trend. Totalt förväntas användningen fortsätta att öka under början av 1990-talet, främst i Japan.

Rutenium används liksom palladium i integrerade kretsar. Mer än hälften (27 ton) av metallen går till denna sektor. Även i detta fall är Japan en expansiv marknad, medan Europa och USA visar avtagande tendens. Sammantaget förväntas användningen av rutenium minska något inom elektroniksektorn.

Rodium används i termoelement och ugnar. I båda fallen påverkas utvecklingen av stålindustrins behov. Användningen uppgår till ca 500 kg/år och trenden är avtagande.

Glasindustrin

Platina används inom glasindustrin vid framställning av glasfiber, där egenskaper som hög smältpunkt och stort motstånd mot vätning och korrosion utnyttjas. Även inom denna sektor är det på grund av det höga priset en tendens att minska mängden platina som används. Platina kan återanvändas och redovisade kvantiteter är endast de mängder, som behövs som ersättning för det som förbrukats.

Tabell 7:11 Platinaanvändning inom glasindustrin 1985–1993 (ton)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Nordamerika	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Japan	1,9	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Övriga	1,2	1,1	1,6	1,7	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9
Summa	4,3	3,7	4,2	4,4	4,5	4,7	4,7	4,7	4,7

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

Ca 500 kg rodium används årligen i glasindustrin. Rodium används legerat med platina och trenden för de båda metallerna är likartad.

Smyckeindustrin

Ett av de största användningsområdena för platina är i smyckeindustrin, främst i Japan där platina har en mycket stark ställning sedan över 200 år. På 1660-talet infördes bestämmelser om att rikare människor inte fick visa sin rikedom utåt. Guld kunde därför inte bäras som smycken, medan däremot platina, som mer liknade järn, kunde användas.

Tabell 7:12 Platinaanvändning inom smyckeindustrin 1985–1993 (ton)

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
Japan	21,0	21,5	25,5	39,0	31,1	32,0	29,8	31,0	32,3
Västtyskland	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3
Övriga Europa	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7
Nordamerika	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7
Övriga	1,6	1,6	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1
Summa	24,5	25,0	28,4	42,0	34,3	35,2	33,3	34,6	36,0

Källa: Shearson, Johnson Matthey, Sumitomo

Investerare

Platina har under den senaste tioårsperioden rönt ökat intresse från investeringssynpunkt. Det finns tackor av olika vikt att köpa, men även mynt och medaljonger har utgivits i många länder. Det är främst i småtackor och medaljonger som handel har skett. Det enda gångbara mynt som funnits har varit "The Noble", som gavs ut på Isle of Man i november 1983. Under 1988 gavs två nya mynt ut: "The Koala" i Australien och "The Maple Leaf" i Kanada. Av "The Koala" beräknas ca 3 ton säljas under det första året. Ungefär samma mängd räknar man med att sälja av "The Maple Leaf".

Skillnaden mellan medaljonger och mynt är att den senare kategorin har status av legalt betalningsmedel, vilket den förstnämnda saknar. Platina placerad i kategorin investering förbrukas inte, utan förvaras i enskilda lager, varifrån det åter kan komma ut på marknaden. Styrande för köp och försäljningar är priset samt behovet hos investeraren att omsätta platinat i någon annan form av tillgång.

Tabell 7:13 Platinatillförsel för investeringsändamål (ton)

		1983	1984	1985	1986	1987	1988
Japan	Små ¹	0,2	0,5	1,1	1,1	1,9	3,7
	Stora ²	2,0	4,7	5,3	-3,9 ³	8,6	8,1
Nordamerika	Små	1,2	0,9	4,0	9,3	2,6	3,9
Övriga	Små	1,4	3,9	3,0	3,6	2,2	3,6
Summa		4,8	10,0	13,4	10,1	15,3	19,3

¹ "Små" investeringar är långsiktigt innehav av metall i form av tackor och mynt, som väger 10 oz eller mindre (dvs. under 310 g).

² "Stora" investeringar är tackor på 500 g och 1 kg i Japan.

³ Minuspost innebär utförsäljning av metall.

Källa: Johnson Matthey

Medicin-dental

Platina används i små mängder i cancerhämmande läkemedel som heter cisplatin och carboplatin. Det är relativt små mängder som förbrukas för detta ändamål. Det är dock exempel på ett användningsområde, som snabbt kan få ökad betydelse om forskningen t.ex. finner flera effektiva likartade mediciner på platinabas.

Betydligt större är dentalmarknaden, där främst palladium används i olika legeringar i s.k. tandguld. Totalt beräknas ca 31 ton palladium användas inom detta område under 1987. Detta innebär att denna sektor är den näst största med avseende på palladiumkonsumtion. Den står för 31 % av förbrukningen i västvärlden.

Av det palladium som används inom dentalsektorn går 41 % till USA. Det konkurrerar med guld, som är tyngre och ca tre gånger så dyrt.

Det är i USA som en ökning har noterats, medan marknaden i Europa och Japan är stagnerande. Denna marknad är i likhet med avgasrening utsatt för styrning från myndigheter. I detta fall gäller det bl.a. utformning av tandvårdsstöd. Totalt förväntas denna marknad ha en fortsatt tillväxtpotential.

3.1.4 Produktion

Konsumtionsbehovet av platina i västvärlden har under senare år inte fullt kunnat mättas med gruvproduktion, skrot och import från Sovjet. Skillnaden, som har varit 1–16 ton/år, har tagits ur existerande lager, som finns hos gruvföretag, handelshus, börser, banker och slutanvändare.

De flesta av dessa redovisar inte sina lager och det är därför inte möjligt att bedöma hur mycket platina som är tillgängligt på marknaden ur dessa lager.

Känt är att USA har ca 14 ton platina i sitt strategiska lager, vilket motsvarar ca 6 veckors platinaproduktion i västvärlden.

Investerare kan uppskattas ha ca 100 ton platina i lager, vilket motsvarar ett års behov inom industrin. En del av detta material kan komma tillbaka på marknaden, om produktionen inte kan tillfredsställa efterfrågan.

En stor andel av investerarlagren finns i Japan. Uppskattningsvis över 30 ton utgörs av spekulativa lager av större tackor, som lätt kan återföras till marknaden. Småtackor, mynt o.d. kommer sällan tillbaka på marknaden och kan därför inte antas användas av industrin.

Gruvproduktionen visar en stigande trend under resten av detta århundrade.

Sydafrika stod 1988 för 92 % (79 ton) av västvärldens gruvproduktion av platina. Kanada beräknas ha bidragit med 5 %.

Kända expansionsplaner i Sydafrika visar på en ökning om 31 % (24 ton) av gruvproduktionen till 1993. Detta åstadkoms främst genom att nya gruvor öppnas, och i ett fall genom att produktionen ökas i befintlig gruva.

Gruvproduktionen i Kanada är huvudsakligen beroende av utvecklingen

på nickelmaknaden, då platinametallerna är biprodukt vid nickelframställningen. Endast en måttlig ökning förutspås under början av 1990-talet med ca 750 kg platina/år. Detta härrör från fyndigheten Lac des Iles, som är en ny gruva med platinametallerna som primär värdebeståndsdel.

Bland övriga fyndigheter kan den nyligen öppnade gruvan i Stillwater, USA, nämnas. Den är palladiumdominant, men producerar även platina.

Prospekteringsaktivitet i flera länder har identifierat ett antal målområden i främst Kanada, Australien och Zimbabwe. Någon eller några av dessa borde ge upphov till nya gruvor under 1990-talet. Sannolikt är det mindre gruvor som öppnas, med undantag för Zimbabwe, där det finns potential för större malmer inom "the Great Dyke", en lång sprickzon fylld med bergarter liknande dem som finns i Bushveldkomplexet i Sydafrika.

Under kommande år kommer även återvunnet platina och rodium från skrotade avgasrenare att tillföras marknaden. Mängden kan förutsägas med kännedom om mängden katalysatorförsedda bilar i världen samt beräknad livslängd för katalysatorerna. Prognosen påverkas dock i viss mån av priset på platina och rodium.

I marknadsbalansen ingår även handeln med östländerna. Sovjetunionen säljer årligen 6–10 ton platina och 45–50 ton palladium till västländerna. Det innebär att Sovjet dominerar palladiummarknaden med 55–60 % av tillförseln. För platinamarknaden innebär Sovjets tillförsel ca 10 % av västmarknaden. Denna andel förväntas minska något under kommande år beroende på ökat behov av metallen inom östblocket.

3.1.5 Kostnadsstruktur

Producenterna av platinagruppens metaller kan delas in i två grupper: primära och sekundära producenter.

Viktigast bland de primära producenterna är de sydafrikanska företagen. Dessa är vanligtvis relativt förtegrna med uppgifter om kostnader, men vissa uppskattningar kan dock göras med hjälp av årsredovisningar, uppskattad produktion samt iakttagelser av branschkännare.

Bland de tre stora producenterna i Sydafrika har Western Platinum under många år ansetts vara effektivast och ha den modernaste utrustningen.

Rustenburg har ansetts vara den som kommer närmast och Impala har ansetts vara den minst lönsamma av de tre.

Efter hand som brytningen går mot större djup i gruvorna kommer kostnaderna att öka. För att möta denna har främst Rustenburg förvärvat nya områden, där de malmförande lagren går i dagen. Impala förvärvade under 1988 Messina, som planerar att påbörja brytning av både Merensky Reef och UG2 som går i dagen.

Av betydelse för den framtida kostnadsbilden för dessa företag är kursutvecklingen av randen i förhållande till dollarn. Randens värde halverades mot dollarn från 1983 till 1985 och har sedan dess varit relativt stabilt.

Uppskattningsvis bör såväl Western som Rustenburg kunna klara produktionen vid ett platinapris ner mot ca 300 dollar/troy ounce. Impala bör

sannolikt ha något högre pris för att täcka sina kostnader.

Till de sekundära producenterna hör de som producerar platinametaller som biprodukt. I Kanada är det Inco och Falconbridge, som är de största producenterna. I båda fallen är det nickelpriset som är styrande.

Samma förhållande torde gälla i Sovjetunionen, som producerar främst palladium som biprodukt från nickelgruvorna i Pechenga (f.d. Petsamo) och Noril'sk. Möjligen kan behovet av västvaluta i någon mån påverka situationen.

4 Sammanfattning och slutsatser

Större delen av världens reserver av platinametaller finns i Sydafrika. Därnäst i storlek kommer Sovjetunionen.

Intensiv prospektering har pågått under ett tiotal år. Ett antal fyndigheter har upptäckts, av vilka Stillwater i USA var först att tas i drift (1987).

Nämnden för statens gruvegendom (NSG) påbörjade en kunskapsuppbyggande prospektering i Sverige 1985. Ett antal mineraliseringar har undersökts, men ingen har hittills befunnits brytvärd.

Platinametallerna har flera industriella tillämpningar, men utnyttjas även som investeringsobjekt. Industriellt är största användningen för platina och rodium som katalysatorer inom bilindustrin.

Katalysatorer används även inom kemisk industri och i petroleumindustrin (platina, palladium, rodium, iridium, rutenium). Inom elektrisk-elektro-nisk industri används platina, palladium, rodium och rutenium bl.a. som skikt i integrerade kretsar. Glasindustrin använder platina-rodium i dysor och kärl. Medicinskt-dentalt används bl.a. palladium i tandguld. Dessutom används platina och palladium i smycken.

Nya användningsområden för platina kan bli i energisektorn som katalysatorer i bränsleceller och inom bilindustrin för partikelrening av diesellavgaser.

Konsumtionen av platina visar en stigande tendens med en årlig öknings-takt om 5,7 %/år till 1993.

Produktionen av platina domineras av Sydafrika, som står för drygt 92 % av västvärldens gruvproduktion av platina (drygt 81 % av västvärldens tillförsel av nyproducerad platina inkl. Sovjets export till väst).

Palladiumtillförseln domineras av Sovjet (56 %) och Sydafrika (36 %).

Gruvföretagen har egna raffinaderier, som tillverkar metaller i tackor och som svamp samt metallsalter.

Större kunder köper platinametallerna direkt från producenterna under långtidskontrakt. I övrigt sker handeln via handelshus och banker. Börshan-del förekommer i New York och Tokyo.

Produktionen har under de senaste åren inte förmått mätta efterfrågan på platina. Metallen har under dessa år även tagits från lager.

I Sverige finns inget raffinaderi, som kan skilja alla platinametallerna åt. Skrot och biprodukter från vissa malmer kan dock behandlas av Boliden Mineral i Rönnskär. Där erhålls ett slam, som för platinametaller. Detta slam måste för närvarande sändas utomlands för att framställa metallerna. Ur rent skrot kan dock platina och palladium skiljas åt i en svensk anläggning. Det finns två företag i landet, som bearbetar platinametaller, till

exempelvis tråd och plåt.

Kunskapen om hur platinametallerna förekommer i samband med vissa mineral och bergarter utvecklas hela tiden. Speciellt förväntas mycket nya rön komma fram under den senaste tidens prospekteringskampanjer i världen. Dessa rön bör fångas upp även i Sverige.

I Norge och Finland pågår prospektering efter platinametaller. Den norska prospekteringen har främst inriktats på fjällkedjans bergarter, där man söker kromitförande lager. Några fyndigheter har påträffats. Dessa är dock inte brytvärda. I Finland har man funnit platinagruppens metaller i urberget. Prospektering pågår där sedan många år. Man utvinner även dessa metaller, i internationellt sett liten skala, som biprodukt från nickelproduktion från Hituragruvan. Fyndigheter har påträffats i norra Finland, som med nuvarande priser inte bedöms som brytvärda.

Sannolikheten att påträffa platinametaller i Sverige kan ses mot bakgrund av fynden i Norge och Finland. De norska fynden har knappast följts upp alls i Sverige. De finska fynden har delvis följts upp i Sverige, där ekvivalenta bergartsled har undersökts. Även den finska forskningen ger nya resultat. Nya idéer och uppfattningar om hur platinametallerna förekommer framläggs efter hand.

NSG startade 1985 en prospektering, som var kunskapsuppbyggande. Erfarenheter från andra länder skulle, parade med vår kunskap om Sveriges berggrund, identifiera målområden för närmare undersökning.

Ungefär samma målsättning bör gälla även för framtiden.

Vi bör således ha och underhålla en kunskap om platinametallernas geologiska uppträdande, som kan tillämpas på svenska förhållanden. Detta bör vara en bas för prospekteringen. Sedan bör man vara flexibel med resurserna som satsas på denna prospektering. Om man identifierar målområden, som kräver ingående undersökningar, bör nödvändiga medel kunna allokeras för detta ändamål när så behövs.

Referenser

Nickel
av försämrings
Om & Metall

1. Annual Review of the World Platinum Industry 1988. Shearson Lehman Brothers, London

2. Arvidsson, S. 1986 Platinagruppens metaller. SGU PM 1986:2, 56 s.

3. Arvidsson, S. 1989 Tema: Platinagruppens metaller, i Mineralmarknaden. Tertialrapport januari 1989 s. 24–40 SGU PM 1989:1, samt löpande i Mineralindustrin – SGUs tertialrapporter

4. Loebenstein, J.R. 1985 Platinum-group Minerals; i Mineral Facts and Problems. USBM Bull. 675 s. 595–616

Nickel

av försäljningsingenjör *Mattias Rapaport*, Axel Johnson
Ore & Metals AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	251
1.1	Nickelmineral, kort historik	251
1.2	Tillgångar	251
1.2.1	Malmtyper och tillgångar i världen	251
1.2.2	Svenska tillgångar	252
1.3	Produktion	253
1.3.1	Framställningsteknik	253
1.3.2	Avgörande faktorer för lönsam produktion	254
1.3.3	Produktionens länderfördelning	255
1.3.4	Företagsstruktur	255
1.4	Konsumtion	256
1.4.1	Användningsområden	256
1.4.2	Konsumtionens länderfördelning	258
1.4.3	Substitutionsförhållanden	258
1.4.4	Sveriges förbrukning	259
1.5	Handel	259
1.5.1	Internationell handel	259
1.5.2	Öst/väst-handel	259
1.5.3	Priser, prissättning	260
1.6	Forskning, utveckling, internationellt samarbete	261
1.7	Nickellegerat skrot	261
2	<i>Marknadsutvecklingen under modern tid till nutid</i>	262
2.1	Produktion	262
2.2	Konsumtion	263
2.3	Handel	265
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	267
3.1	Generellt	267
3.2	Konsumtion per användningsområde	267
3.3	Produktion	270

1 Faktaavsnitt

1.1 Nickelmineral, kort historik

Nickel spelar en betydande roll inom stålindustrin och har haft stor betydelse för utvecklingen inom kemi- och flygindustrin. Som legeringsmetall tillför nickel järn eller andra metallbaser korrosionsbeständighet, hållfasthet och motstånd mot höga temperaturer.

Nickel har i flera avseenden sin vagga i Norden. Den svenske kemisten A.F. Cronstedt upptäckte 1751 i Los gruvor i Hälsingland ett nytt grundämne, som han tre år senare gav namnet nickel. Knappt 100 år senare upptäcktes i den norska malmfyndigheten Espedalen ett nytt Fe-Ni-mineral, pentlandit $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$, det särklassigt viktigaste och vanligaste Ni-mineralet i dagens nickelsulfidmalmer. Norge var också världens största producent av nickel åren 1861–1875. Garnierit, ett slags Ni-serpentin, från Nya Kaledonien var den viktigaste nickelråvaran från 1875 till 1905, varefter sulfidmalmerna i Sudbury, Kanada, började dominera.

Den totala nickelproduktionen från svenska gruvor, mellan 1845 och 1945, var ca 4 000 ton Ni. Knappt hälften kom från gruvorna i Kleve (Småland), Kuså och Slättberg (Dalarna), samt ytterligare några små förekomster i södra Sverige. Den största gruvan var Lainijaur (Västerbotten), som producerade ca 2 000 ton Ni under andra världskriget.

1.2 Tillgångar

1.2.1 Malmtyper och tillgångar i världen

Två huvudtyper av nickelmalm är av ekonomiskt intresse i dag, dels *sulfidmalmer*, som svarar för ca 60 % av nickelproduktionen (1986) men bara för 20 % av världens identifierade tillgångar, dels *lateritmalmer*, som ger ca 40 % av världens nickel i dag men utgör 80 % av de globala reserverna.

Sistnämnda typ bildas i områden med tropiskt klimat genom kemisk vittring av ultramafiska bergarter, varvid nickel anrikas i järnoxid (oftast i goethit) och/eller magnesiumsilikat (garnierit). Oxidmalmen, som vanligen innehåller 0,8–1,5 % Ni, är den vanligaste och bryts på Kuba, Dominikanska Republiken, Filippinerna m.fl. Silikatmalmen är vanligtvis rikare med 2–4 % Ni och bryts framför allt på Nya Kaledonien.

Nickelsulfidmalmer kan grupperas i två klasser: (1) dunit-peridotitklassen, vilken omfattar malmer associerade med komatiitiska bergarter

och som underindelas i en intrusiv dunitgrupp och en vulkanisk peridotitgrupp; och (2) gabbroida klassen, som underindelas i intrusiva mafiska-ultramafiska komplex, stora lagrade intrusioner och Sudbury-intrusivet. Malmer tillhörande den gabbroida klassen utgör den viktigaste källan för Ni, även om världens största nickelmalm, Sudbury i Kanada, undantas. Världens näst största nickelmalm, i Norilsk-området i Sovjet, hör till undergruppen mafiska-ultramafiska komplex liksom Pechenga (Kolahalvön), Jinchuan (Kina) och finska malmerna Kotalahti, Laukunkangas och Vammala.

Till den första klassens dunitgrupp räknas de stora malmerna Agnew i Australien och flera förekomster i Thompson Belt i Kanada. Till den vulkaniska peridotitgruppen räknas Kambalda och Mt. Windarra i Australien, Shebandowan och Ungava District i Kanada samt några malmer i Zimbabwe.

Världens identifierade nickelmineraliseringar i malmer med $> 1\%$ Ni beräknas till ca 110 miljoner ton Ni. Tillgångarna med lägre nickelhalter är mycket stora. Nickelförande mangannoduler som är utbredda på havsbottenarna, speciellt i Stilla Havet, beräknas inte ge något nämnvärt tillskott till världsproduktionen av nickel under detta århundrade.

Tabell 8:1 Upptäckta brytvärda tillgångar samt kända mineraliseringar, tusen ton nickelinnehåll

	Brytvärda tillgångar	Andel %	Kända mineraliseringar	Andel %
Kuba	20 000 000	35	25 000 000	23
Kanada	8 000 000	14	14 800 000	13
Sovjetunionen	7 300 000	13	8 000 000	7
Indonesien	4 300 000	8	5 800 000	5
Sydafrika	2 800 000	5	2 900 000	3
Grekland	2 600 000	5	2 800 000	3
Australien	2 300 000	4	5 300 000	5
Nya Kaledonien	2 000 000	3	17 000 000	15
Övriga	7 700 000	13	29 300 000	26
Totalt världen	57 000 000	100	111 000 000	100

Källa: USBM, preliminära uppgifter utgivna 1989

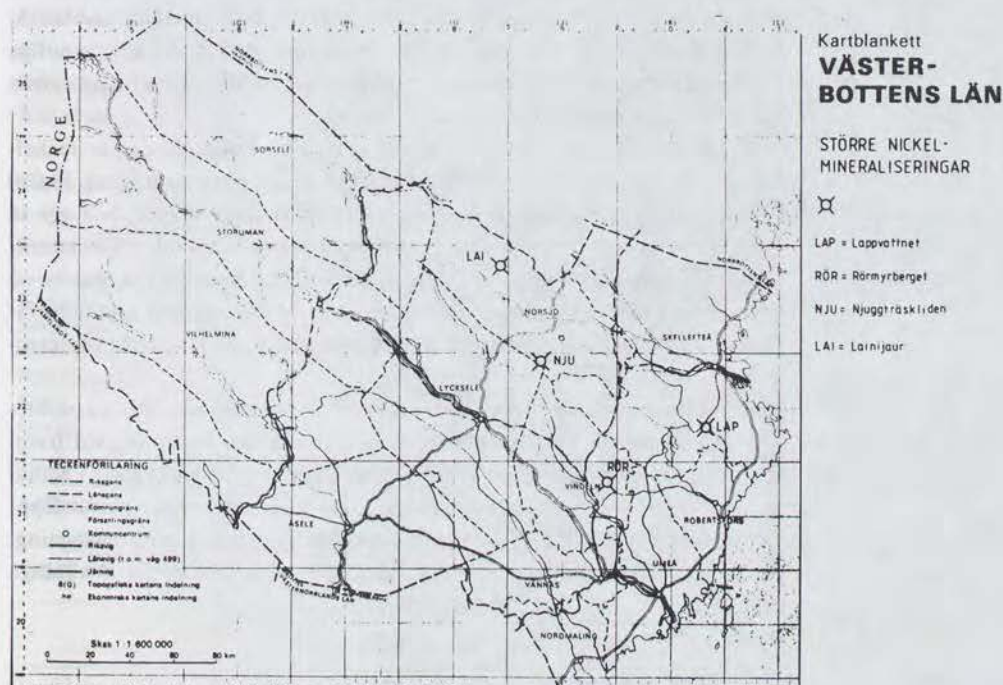
1.2.2 Svenska tillgångar

De kvalitetsmässigt bästa nickelfyndigheterna i Sverige finns i Västerbotten. De är Lappvattnet, Brännorna, Mjödvattnet, Rörmrberget och Njuggsträskliden. Samtliga utgörs av ultramafiska lagergångar och räknas till dunit-peridotit-klassen. Halterna varierar mellan 0,6 % Ni och 1,3 % Ni och tonnaget mellan 0,17 och 4,2 miljoner ton malm med gränshalt av 0,4 % Ni. I Lappvattnet genomfördes en gruvundersökning fram till 1982, varvid man skattade innehållet till 11,000 ton Ni och 2,300 ton Cu men dock oekonomiskt att bryta. I Rörmrberget beräknas summan av flera nickelmineraliseringar innehålla 26,000 ton Ni. Samma nickelinnehåll som Lappvattnet

har Kukasjärvi och Fiskelträsk i Norrbotten, men nickelhalter och sulfid-faskvaliteter är oekonomiska. Kopparfyndigheten Älgleden i Västerbotten har samma nickelnehåll som Rörmyrberget, men även här är nickelhalten låg i såväl bergart som i sulfidfas.

Ett 70-tal nickeluppslag är kända i Västerbotten och södra Norrbotten, varav mindre än hälften har undersökts i varierande grad. Några av de största kända mafiska-ultramafiska kropparna undersöks för närvarande med konventionella prospekteringsmetoder.

Figur 8:1 De viktigaste kända nickelmineraliseringarna i Sverige



Källa: SGAB, 1989

1.3 Produktion

1.3.1 Framställningsteknik

Nickelbrytning sker både under jord och i dagbrott. Av sulfidmalterna bryts ca 80 % under jord och resterande 20 % i dagbrott. I huvudsak alla lateritmalmer bryts i dagbrott. Metoder har utvecklats för att utvinna nickel ur djuphavsnodulerna (Continuous Line and Bucket system, CLB, av Sumitomo samt hydraulisk teknik av Deepsea Ventures) men ingen används ännu i kommersiell drift.

Sulfidmalmerna anrikas genom flotation. Den erhållna sligen rostas normalt och smälts till skärsten som blåses i konverter, varvid man erhåller koncentrationsskärsten som innehåller sulfider av koppar och nickel. Efter långsam avsvälning, nedkrossning och malning kan koppar och nickelsulfiderna särskiljas genom flotation. Ur dessa koncentrat framställs resp. metall vanligen genom elektrolys, varvid man erhåller nickeln som katoder. Inco renframställer även nickel gasmetallurgiskt, där koncentratet under tryck reagerar med koloxid och bildar nickelkarbonylgas som sedan reduceras till högrena nickelpellets.

De erhållna nickelprodukterna utgörs främst av katoder, briketter, pellets, pulver, ferronickel (20–50 % Ni) och nickeloxyd (75–90 % Ni). De två senaste kallas klass 2 nickel genom sitt lägre nickelinnehåll, medan de förra kallas klass 1 nickel och håller minimum 99,5 % nickel. Samtliga nämnda produkter är primärnickelprodukter och skiljs i fortsättningen från sekundärnickel som är producerat ur skrot.

Nickelframställning är mycket energikrävande. Framställning av nickelskatoder ur sulfidmalm med 1 % nickel kräver i storleksordningen 40 000 kWh/ton nickel. Nickelframställning ur lateritmalmer kräver 2–3 ggr så mycket energi som framställning ur sulfidmalmerna, beroende på att lateritmalmen innehåller upp till 35 % fukt. I dessa är nickel dessutom så finfördelat i malmen att vanlig anrikning blir omständigt och kostnadskrävande. Vanligen smälts därför lateritmalmen (ca 80 %) direkt till ferronickel.

Ur miljösynpunkt är nickelproduktion relativt belastande. Största problemet är emissionen av svaveldioxid från rostning och smältning vid framställning av koncentrationsskärsten. Incos Copper Cliff-anläggning i Kanada sågs vara en av världens största enskilda källa till svaveldioxidutsläpp, 1985 uppskattades att 1 % av världens utsläpp kom från denna anläggning. Även vid renframställningen genom elektrolys sker utsläpp av klorhaltiga kolväten.

1.3.2 Avgörande faktorer för lönsam produktion

De faktorer, som avgör hur lönsam produktionen av nickel vid en anläggning blir, kan sägas vara energikostnad, malmkvalitet, malmtonnage, produktivitet och utvinningsgraden hos processen. Den uppräknade ordningen speglar ganska väl den inbördes vikten av dessa faktorer. Eftersom förädlingsgraden i nickelmetall eller ferronickel till stor del utgörs av tillförd energi är det dominerande kriteriet kostnaden för energin till rostning, smältning och elektrolys. Naturligtvis är även malmkvaliteten avgörande, där en lägre nickelhalt än 1 % i dag kan sägas vara en nedre gräns för vad som är intressant att bryta.

Investeringskostnaderna i brytnings- och produktionsanläggningar är mycket stora, varför kapaciteten och tonnaget processat material också är avgörande för lönsamheten. Processens effektivitet och utvinningsgrad är

naturligtvis också viktig, där dock dessa faktorer till stor del står i motsatsförhållande till krav på miljövänlig produktion.

En viktig aspekt för lönsamheten är även möjligheten att utvinna biprodukter ur nickelproduktionen. De vanligaste biprodukterna är koppar, kobolt och ädelmetaller. Man kan dock inte generellt ge några inbördes förhållanden mellan metallinnehållen i olika malmer, utan dessa är olika från fall till fall. Vid direktsmältning av lateritmalmer till ferronickel kan dock endast järn utvinnas som biprodukt.

1.3.3 Produktionens länderfördelning

Nickelproduktionen har på senare år blivit spridd i ett större antal länder, för närvarande sker nickelproduktion i någon form i ca 25 länder. Fortfarande domineras världsproduktionen av Kanada, Sovjetunionen, Nya Kaledonien och Australien.

Tabell 8:2 Världens gruvproduktion av nickel, tusen ton nickelnehåll

	1965 ton	andel %	1975 ton	andel %	1987 ton	andel %
Kanada	235	54	243	33	220	27
Sovjetunionen	80	18	125	17	173	21
Australien	-	-	60	8	73	9
Nya Kaledonien	61	14	133	18	59	7
Kuba	29	7	37	6	40	5
Övriga	32	7	135	18	253	31
Totalt	437	100	733	100	818	100

Källa: Metal Statistics, Metallgesellschaft

Tabell 8:3 Världens produktion av raffinerad nickel, tusen ton nickelnehåll

	1965 ton	andel %	1975 ton	andel %	1987 ton	andel %
Sovjetunionen	80	19	143	20	191	24
Kanada	160	39	178	25	132	17
Japan	27	6	78	11	94	12
Norge	32	8	37	5	45	6
Nya Kaledonien	16	4	53	8	29	4
Storbritannien	41	10	39	6	30	4
Övriga	60	14	172	25	261	33
Totalt	415	100	700	100	782	100

Källa: Metal Statistics, Metallgesellschaft

1.3.4 Företagsstruktur

Kanadensiska Inco och Falconbridge, franska SLN samt australiensiska Western Mining dominerar västvärldens produktion av nickel. Tillsammans har man ca 60 % av västvärldens produktion av alla primärnickelprodukter.

International Nickel Ltd, Inco, är och har varit den absolut dominerande nickelproducenten under all tid. Företaget har en långt gången vertikal integration och är således aktivt inte bara inom nickelproduktion utan även inom högnickellegeringar, nickelbatteriproduktion m.m. Man producerar även de nickelrelaterade metallerna koppar, kobolt samt ädelmetaller. Man har en egen världsomspännande försäljningsorganisation. Nickelbrytningen sker huvudsakligen i Kanada (sulfidmalmer), varför produkterna i huvudsak är klass 1 nickel. 1987 stod Inco för 34 % av västvärldens produktion av nickel.

Falconbridge Limited utgör tillsammans med sitt dotterbolag Falconbridge Dominicana (66 %) i Dominikanska Republiken västvärldens näst största nickelproducent. Produktionen är delad i två oberoende segment; klass 1 nickelprodukter baserade på kanadensisk sulfidmalm och ferronickel i en helt integrerad anläggning i Dominikanska Republiken baserad på lateritmalm. Falconbridge äger ett nickelverk i Kristiansand i Norge, som producerar elektrolytnickel baserad på kanadensisk skärsten. 1987 producerade detta verk 44 000 ton nickel och totalt stod Falconbridge för 13 % av västvärldens produktion av nickel.

Societe Metallurgique le Nickel, SLN, är helägt dotterbolag till franska ERAMET-SLN som är statskontrollerat i ägandet. SLN står för större delen av brytningen på Nya Kaledonien. Där producerar man ferronickel samt skärsten som exporteras till eget nickelverk i Sandouville, Frankrike, för produktion av klass 1 nickel. 1987 stod SLN för 7,5 % av västvärldens nickelproduktion.

Western Mining Corporation är Australiens största nickelproducent och är i samma storleksordning som SLN på världsmarknaden. 30–35 % av den totala produktionen går direkt till Japan, största delen i form av nickelkoncentrat, resten sprids jämnt i västvärlden. 1987 stod Western Mining för 7,5 % av västvärldens nickelproduktion.

1.4 Konsumtion

1.4.1 Användningsområden

Rostfritt stål: Det absolut viktigaste användningsområdet för nickel är som legering i rostfritt stål. Nickel tillsammans med krom ökar kraftigt motståndet mot korrosion och ökar även stålets hållfasthet. Rostfria industrin svarar för närvarande för ca 60 % av världens nickelkonsumtion. Kommerciellt förekommer rostfria stål med nickelhalter på mellan 1,25 % och 37 %. För oss mest bekant är det s.k. "18/8-stålet", som är legerat med 18 % krom och 8 % nickel. Typiska användningsområden för rostfritt stål är som valsad plåt till rör och cisterner inom kemi- och livsmedelsindustrin, till vitvaruindustrin, som höghållfasta element inom flyg-, lastbils- och järnvägsindustrin, som fästelement etc., samt en mängd användningsområden, där motståndskraft mot korrosion samt hög hållfasthet är nödvändigt.

Högnickellegeringar: Legeringar med 60–70 % nickel, så kallade "super alloys". Dessa har mycket hög hållfasthet och motstår extrema temperaturer och används därför till turbinblad i jetmotorer, gasturbiner, i ventiler etc.

Förnickling: Allt s.k. "krom" på bilar och andra produkter är en förnicklad bas som är kromtäckt. Största användningsområdet finns just inom bilindustrin. Även förnickling inom olika typer av industri tillämpas som korrosionsskydd och skydd mot föroreningar.

Konstruktionsstål: Nickel kan ingå med upp till 9 % som legeringselement i olika konstruktionsstål.

Järn- och stålgiutgods: Nickellegerade gjuteriprodukter kan innehålla 13–36 % nickel och används bl.a. i pump- och ventilhus.

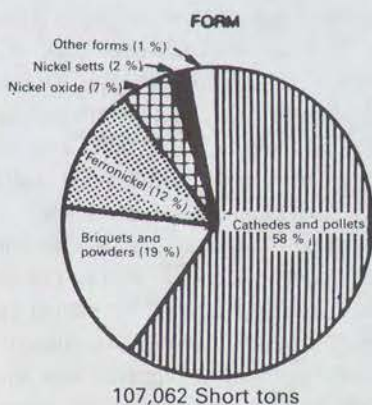
Övrigt: Mässingsprodukter, kemiska produkter m.m.

Tabell 8:4 Förbrukningen av primärnickel i västvärlden fördelad på viktiga användningsområden

	andel %
Rostfritt stål	60
Högnickellegeringar	14
Förnickling	11
Konstruktionsstål och gjutgods	9
Övrigt	6

Källa: SLN, 1987

Figur 8:2 Nickelförbrukning per nickelprodukt i USA 1986



Källa: USBM Minerals Yearbook, 1986

1.4.2 Konsumtionens länderfördelning

Västvärldens totala konsumtion av primärnickel 1987 var ca 640 000 ton och är den högsta någonsin. Totala världskonsumtionen 1987 var ca 850 000 ton. Konsumtionen har sedan 1976 ökat med i genomsnitt ca 2 % per år.

Tabell 8:5 Världens konsumtion av primärnickel, länderfördelad

	1965		1975		1987	
	ton	andel %	ton	andel %	ton	andel %
USA	156	36	136	23	141	17
Japan	29	7	90	15	154	18
Västtyskland	31	7	43	7	81	10
Frankrike	21	5	39	7	39	5
Storbritannien	37	9	26	4	33	4
Sverige	13	3	22	4	19	2
Övriga västländer	35	8	66	11	170	20
Totalt västvärlden	321	74	422	72	637	75
Sovjetunionen						
inkl. övriga planekonomier	110	26	167	28	210	25
Totalt hela världen	431	100	589	100	847	100

Källa: Metal Statistics, Metallgesellschaft

1.4.3 Substitutionsförhållanden

Ersättningsmaterial finns för de flesta av nicklets användningsområden med undantag för vissa högnickellegeringar. I rostfritt stål kan man tillsätta mer krom och mangan. I andra legerade stål kan molybden, kobolt, vanadin och krom delvis ersätta nickel. I de flesta fall sker dock en substitution på bekostnad av produkternas fysikaliska och kemiska egenskaper.

Möjligheterna för ett stålverk att på grund av rådande marknadssituation snabbt substituera nickel med någon annan metall är dock kraftigt begränsad, eftersom man är bunden till de normer stålet skall följa och som är garanterade mot kund. Detta faktum får ökande betydelse i och med de allt hårdare försäkringskrav slutanvändare ställer på sina underleverantörer. Allt oftare utför stålkonsumenter s.k. quality audits, QA, hos sina leverantörer och certifierar dessa sedan de uppfyllt en mängd krav på sina processer, sin kvalitetskontroll och sina legeringsleverantörer. Stålkonsumenterna kan i sin tur ha QA-certifikat att uppfylla mot sina kunder. Hela kedjan stramas åt från råvara till färdigprodukt vad gäller möjligheter att vara flexibel i materialval av legeringar och stål.

Nya material såsom plaster, keramer etc. bör här också nämnas, eftersom dessa i vissa fall kan substituera rostfria stål- och nickellegeringar och på så vis påverka nickelkonsumtionen.

1.4.4 Sveriges förbrukning

Sveriges totala förbrukning av primärnickel var 1987 ca 19 000 ton och utgör ca 3 % av västvärldens totala konsumtion. De stora förbrukarna är de rostfria producenterna Avesta AB och AB Sandvik Steel, där Avesta uppskattas stå för cirka hälften av Sveriges förbrukning. Importen till Sverige kommer främst från Storbritannien (Inco), Canada, Norge (Falconbridge) och Finland. Betydande kvantiteter kommer även från tid till annan från Sovjetunionen.

1.5 Handel

1.5.1 Internationell handel

En uppskattning baserad på 1987 års nickelproduktion och snittpris ger att handeln under året omsatte 3,7 miljarder USD. På grund av produktionens geografiska fördelning omsätts en mycket stor del av produktionen i internationell handel.

De former nickel handlas i är malm (min 1 % Ni), koncentrat (slig 8–12 % Ni, skärsten 20–30 % Ni och andra mellanprodukter), nickeloxydsinter (75–90 % Ni), ferronickel (20–50 % Ni) samt nickelmetall (min 99,5 % Ni).

Nickelmetallexporten domineras av Canada. Stora kvantiteter exporteras även av Norge (Falconbridges verk) och Storbritannien (Incoss verk). Även Finland (Outokumpu Oy) är exportör av nickelmetall.

Ferronickelexporten kommer främst från Nya Kaledonien, Dominikanska Republiken, Grekland, Jugoslavien, Colombia och Indonesien. Av detta går från Nya Kaledonien huvudparten till Frankrike och övriga EG, Japan, Sverige och USA. Från Dominikanska Republiken går exporten främst till USA och EG, från Grekland och Jugoslavien främst till Västtyskland, Frankrike, Storbritannien och Sverige, från Colombia främst till Europa, Japan och USA och från Indonesien huvudsakligen till Japan.

De största exportörerna av nickelskärsten är Kanada, Australien, Indonesien, Botswana och Nya Kaledonien. Av exporten går det största tonnaget från Indonesien och Australien till Japan. Från Nya Kaledonien går huvudparten till Frankrike och från Kanada till Incoss resp. Falconbridges nickelverk i England resp. Norge.

1.5.2 Öst/väst-handel

Östblocket har under 1970- och 1980-talet varit en nettoexportör av nickel till väst. Man har haft en överproduktion i förhållande till egen konsumtion och har därför låtit nickel generera västvaluta. Exporten kommer främst från Sovjetunionen och Kuba, men även mindre kvantiteter från Kina. Vissa år har detta medfört ganska betydande störningar av marknadsbalansen i

väst. Under 1987 uppgick flödet av nickel från öst till väst till ca 50 000 ton nickel, men har tidigare under 1980-talet legat kring mellan 20 000 till 30 000 ton/år.

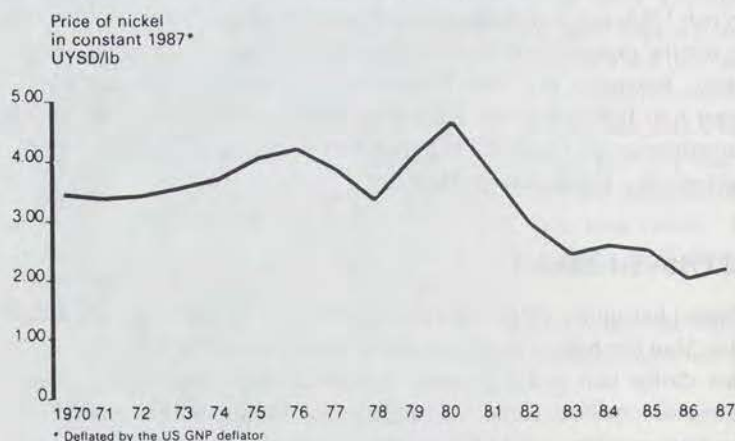
1.5.3 Priser, prissättning

Traditionellt har nickelpriiset kontrollerats av de stora producenterna, främst Inco. Detta har gjort att priset i reala termer har varit relativt stabilt under modern tid, med undantag för en nickelbrist åren 1969–1970. Men sedan 1979 handlas nickel på metallbörsen i London, London Metal Exchange (LME), där även koppar, aluminium, bly och zink handlas. Numera är de flesta nickelpriiser, både hos producenter och handlare, knutna till LME:s fixeringar av nickelpriiset.

På LME handlas nickelskontrakt, där varje kontrakt representerar 6 ton (1 "lot") LME-godkänt nickel. Handeln sker via mäklare som har medlemskap i LME. Ursprungligen är denna börs skapad som ett instrument för konsumenter att säkra sin exponering i råvarupriiser (s.k. hedging) genom handel med leverans på termin (future contracts). Dessutom är tanken att börsen skall fungera som en barometer på utbud/efterfrågan i den totala marknaden. Till börsen finns lager, vilka skall garantera att man alltid kan ta leverans på sitt kontrakterade material och därigenom skall LME:s pris representera ett marknadspris. Inslag av spekulation och manipulation saknas dock inte.

Generellt kan sägas att nickelpriiserna fluktuerat väsentligt mer sedan introduktionen på LME (se vidare kapitel 2.3). På LME omsätts en bråkdel av världens nickelhandel, men som ovan nämnts är trots det nickelpriiset i de flesta affärer relaterat till ett LME-pris. LME-kontraktet representerar klass 1 nickel i klippta katoder eller pellets, men priset används som bas för de flesta olika former av nickel.

Figur 8:3 Nickelpriiset i 1987-års konstant USD sedan 1970



Källa: SLN 1987

1.6 Forskning, utveckling, internationellt samarbete

Nickel Development Institute, NiDi, i Toronto, Kanada, är primärnickelindustrins intresseorganisation för marknadsutveckling och forskning kring nickel och dess användningsområden. Man ger regelbundet ut tidskriften "Nickel", där det redogörs för forskningsframsteg och utveckling av nya produkter inom nickellegeringar, rostfritt, elektronik etc. Vidare deltar man i konferenser etc. för att redogöra för/marknadsföra nickel och nickelhaltiga material. Organisationen är inte aktiv i kommersiella frågor gällande nickel, inte heller för man offentlig statistik eller gör prognoser för nickelkonsumtion/prisutveckling etc.

I sammanhanget kan också nämnas kromproducenternas intresseorganisation Chromium Association och Chromium Centre, som tillsammans med NiDi aktivt samarbetar med den rostfria industrin.

1.7 Nickellegerat skrot

Denna rapport har koncentrerat sig på primärnickel. Dock utgör även nickellegerat skrot i olika former, s.k. sekundärnickel, en viktig nickelkälla. Skrotet förekommer både som nytt fall direkt från bearbetningsfabrik och som gammalt skrot från rivningar av olika anläggningar. Nickelhalten varierar kraftigt, från 0,5–1 % Ni i låglegerat stål, från 7–13 % Ni i olika typer av rostfritt material upp till olika typer av högnickellegerat skrot med 75–80 % Ni-innehåll. Den fysiska beskaffenheten kan variera alltifrån styckeskrot och spånskrot till slipspånpulver, katalysatorrester etc.

Sekundärnickel svarar inom den rostfria industrin för mellan 25–30 % av nickelbehovet. Världens största exportör av nickellegerat skrot är USA, vars export senare år legat kring 175 000 ton material per år. Av detta går ca 60 % till Europa och 30 % till Japan och Korea. Priset på nickel i legerat skrot följer i princip priset på primärnickel, men beroende på form och analys förekommer en stor variation av rabatter på sekundärnicklet.

Sveriges rostfria producenter är i hög utsträckning skrotbaserade och tillgodoser därmed sitt nickelbehov till relativt stor del genom sekundärnickel jämfört med andra rostfria producenter. 1988 importerades till Sverige 122 000 ton rostfritt skrot, främst från Västtyskland, Nederländerna, USA och Danmark. Importen har kraftigt ökat från att under slutet på 1970-talet ha varit ca 20 000 ton per år.

2 Marknadsutvecklingen under modern tid fram till nutid

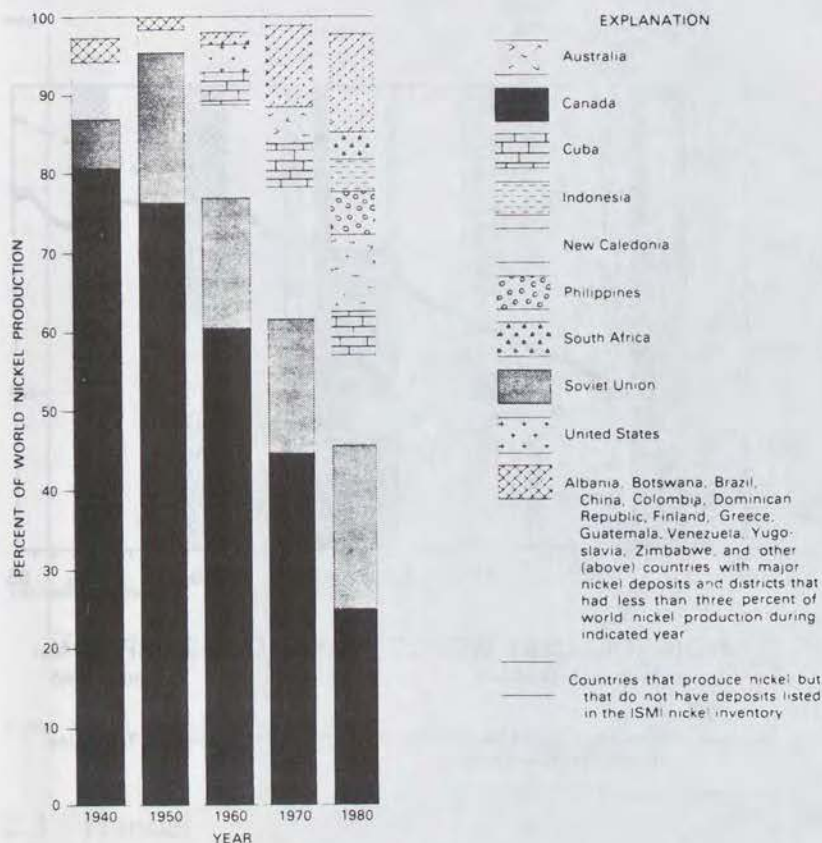
2.1 Produktion

På 1950-talet stod Inco, Falconbridge och SLN för över 95 % av västvärldens produktion av nickel och man formade därigenom ett producent-oligopol. De kanadensiska företagens dominans hänger historiskt samman med tillgången på de ekonomiskt förmånligare sulfidmalmerna i landet. Den kanske viktigaste förändringen av nickelmarknaden sedan dess är de nya former nickel, som har blivit tillgängliga för förbrukarna. Som tidigare nämnts finns i dag nickel som handelsvara i över tiotalet olika produkter, förutom nickelmetall såsom ferronickel, nickeloxid, nickelsinter etc., s.k. klass 2 nickel (skiljt från nickelmetall som kallas klass 1 nickel). De nya producenterna sedan 1950-talet är främst producenter av klass 2 nickel. Somliga är ägda av de ovan nämnda tre, men i de flesta fall är det nya, oberoende producenter som kommit i marknaden.

Vad som främst möjliggjort etableringen av de nya producenterna är en utveckling av metallurgin för utvinning av nickel ur lateritmalmer samt en real minskning av energikostnaderna under 1960-talet, vilket gjorde den mer energikrävande utvinningen ur dessa malmer lönsam.

Bland de nya ferronickelproducenterna kan nämnas Feni och Ferronickel Pristina i Jugoslavien, Larco i Grekland, Aneka Tambang i Indonesien och Falconbridge Dominicana i Dominikanska Republiken. För briketter och katoder kan nämnas Western Mining och Queensland Nickel i Australien, Outokumpu i Finland, Rustenburg och Impala i Sydafrika, Bindura Nickel i Zimbabwe m.fl. Dessutom är ett nickelverk i Albanien nyligen taget i drift. De ovan nämnda "stora tre" är fortfarande de dominerande producenterna, men deras andel av västvärldens totala produktion ligger nu kring 50 %.

Figur 8:4 Världens gruvproduktion, proportionellt länderfördelat



Källa: U.S. Geological Survey, 1985

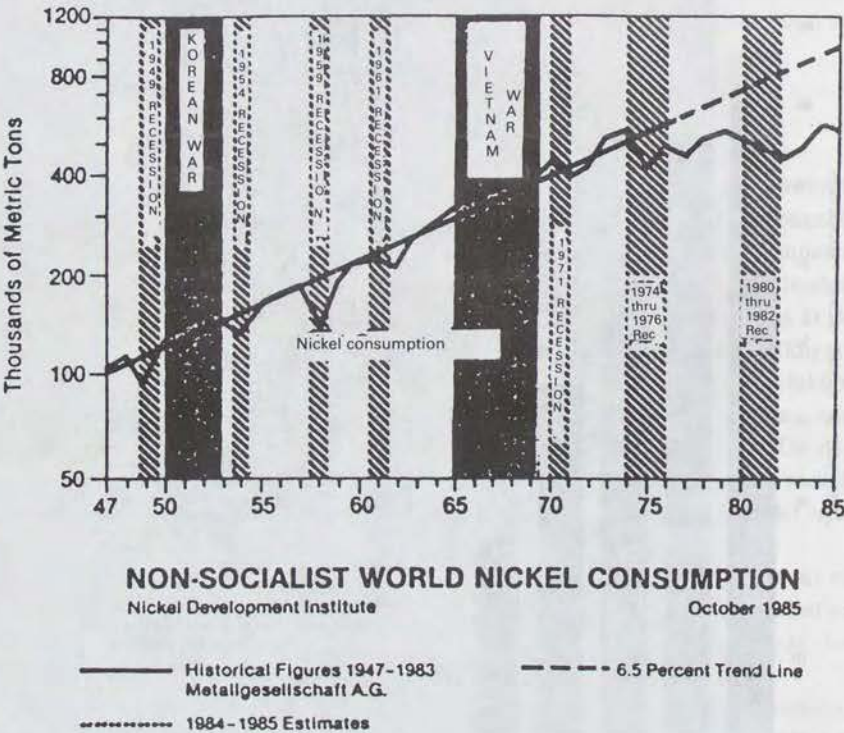
Viktigt för utvecklingen av den ökade marknaden för klass 2 nickel på konsumentsidan är en utveckling av metallurgin inom stålindustrin, där man lärt sig använda mindre ren nickel än högren nickelmetall. I dag utgör klass 2 nickel ca 50 % av världens nickelkonsumtion.

2.2 Konsumtion

Från andra världskriget fram till början av 1970-talet växte nickelkonsumtionen med hela 6,5 % i genomsnitt per år. Sedan dess fram till mitten på 1980-talet stagnerade konsumtionen för att under de senaste årens högkonjunktur åter öka markant. Under perioden 1970 till mitten av 1980-talet minskade de facto förbrukningen i industriländer som USA, Storbritannien, Sverige m.fl. Orsaken här till kan bl.a. knytas till oljekrisen och den allmänna låga konjunkturer och investeringsnivån i industriländerna. Dock kan även ett ökat användande av ersättnings- och konkurrerande material ha

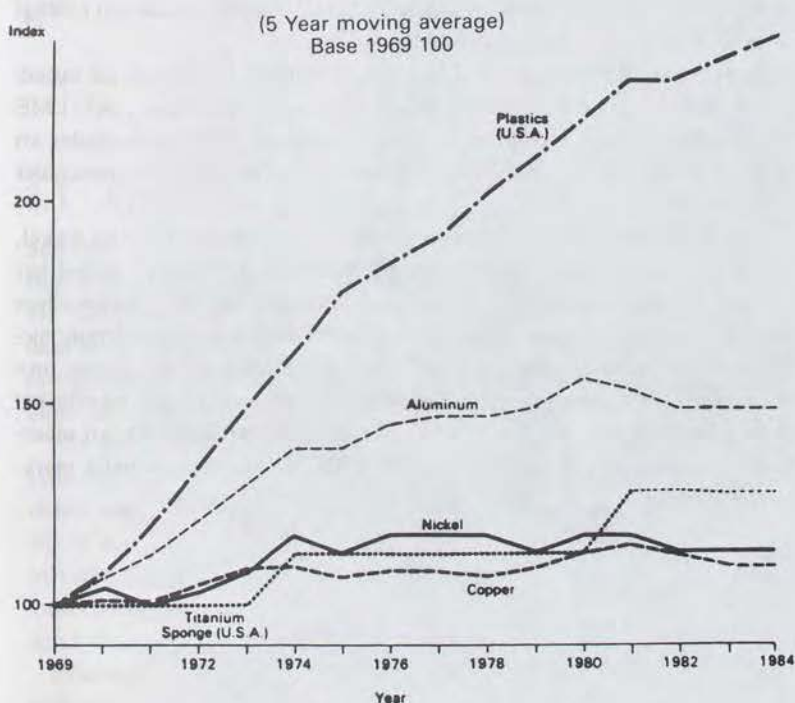
haft betydelse, vilket framgår av en proportionellt större ökning av användningen av sådana material.

Figur 8:5 Västvärldens nickelkonsumtion, historisk utveckling



Källa: Nickel Development Institute, October 1985

Figur 8:6 Konsumtionstillväxt för några valda material, historisk utveckling



Källa: Nickel Development Institute, 1985

2.3 Handel

Generellt kan sägas att handeln med nickel har koncentrerats till ett färre antal aktörer, men att dessa är betydligt större och starkare. Samma sak gäller på konsumentsidan, där det nu finns färre men betydligt större nickelkonsumenter. Exempelvis fanns inom OECD 89 rostfria stålproducenter i mitten på 1970-talet, medan det i slutet av 1987 fanns 48.

Den förmodligen största förändringen vad gäller nickelhandeln under modern tid är de kraftiga prisfluktuationer och de prissättningsmekanismer, som uppträtt sedan nickeln år 1979 introducerades på metallbörsen i London, London Metal Exchange (LME). Innan dess har nickelprierna legat förhållandevis stabila och har i princip styrts av Inco och anpassats av de övriga marknadsdominanta. Men i och med att deras marknadsandel sjunkit från 95 % till kring 50 % har en betydande frimarknad skild från dominanternas producentmarknad utvecklats. I början av 1980-talet existerade dessa marknader till viss del parallellt, dvs. man köpte nickel både till frimarknadpriser satta av LME och producentpriser satta av Inco. De stora producenterna vägrade först acceptera LME som prisinstrument och detta skall ses mot bakgrund av de kraftigt pressade priserna från mitten av

1970-talet till första åren på 1980-talet, främst beroende på en betydande överkapacitet. Man menade att LME skulle bli ett instrument för spekulation och för att hålla priserna nere och att utbud/efterfrågebalansen kraftigt överdrivs av ett instrument som LME.

Konsumenterna menade att LME är en utmärkt barometer på utbud/efterfrågan i marknaden. 1983 började Inco agera på börsen och LME accepterades således motvilligt av dem. I början av 1987 uppskattades att 70 % av västproducenternas långtidskontrakt med konsumenter baserades på LME-priser.

Under 1987 och 1988 har utvecklats närmast en bristmarknad på nickel, driven av den kraftiga konjunkturen på rostfritt stål. Priset på nickel har under perioden flerdubblats. Ovan beskrivna situation kan därför sägas vara den omvända, där exempelvis Inco under 1988 rekommenderade nickelkonsumenterna att utnyttja LME. Att gå tillbaka till det gamla producentpriset är förmodligen inte längre möjligt och förmodligen inte önskat av vare sig konsumenter eller producenter. Ingendera part hävdar att marknaden är under deras kontroll, utan att LME speglar den aktuella marknaden.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Generellt

Sett över den senaste 20-årsperioden har nickelförbrukningen i västvärlden ökat i stort sett i samma takt som industriproduktionen, i genomsnitt med 3,7 %/år. Inom resp. användningsområde har det rostfria stålet hela tiden ökat sin andel av konsumtionen, förnicklingsindustrin har minskat sin andel och nickellegeringar inom elektriska industrin har ökat sin. Förändringarna inom de två sista sektorerna har i stort sett kompenserat varandra.

För att få möjlighet att få en sammanhängande bild av marknadsförutsättningarna för nickel bör man titta på några enskilda användningsområden och försöka bedöma marknadsförutsättningarna för dessa. I nicklets fall är den absolut viktigaste och klart avgörande marknaden den för rostfritt stål. Det rostfria stålet har stått för en kontinuerligt växande del av den totala förbrukningen av nickel och står nu för ca 60 % av nickelkonsumtionen i västvärlden.

Eftersom nickel för stålindustrin är en strategisk råvara finns en mängd personer och företag specialiserade på nickelmärknaden. Denna bevakning är dock oftast koncentrerad på den aktuella marknaden, med en tidshorisont på några månader framåt. Detta är nödvändigt i det fall man gör dagliga affärer, vare sig som konsument, producent eller handlare. Prognoser med fleråriga tidshorisonter är dock få och naturligtvis mycket svåra att göra. Dessutom kan nämnas att den nickelboom som upplevts under 1987 och 1988 har sin bakgrund i en klassisk kombination av en lång högkonjunktur, speciellt för rostfritt stål, allt lägre nickellager och en nickelproduktion nära kapacitetstaket. Trots detta förutsade nästan ingen aktör på nickelmärknaden den extrema prisökning som skedde.

3.2 Konsumtion per användningsområde

Rostfritt stål: Västvärldens konsumtion av rostfritt stål har växt med i genomsnitt 5,7 %/år under den senaste 20-årsperioden, med störst tillväxt i utvecklingsländer i Asien, Afrika och Latinamerika. Konsumtionen har också ökat mer än OECD:s industriproduktionsindex under denna period. Det rostfria stålets unika egenskaper innebär med säkerhet att vi får se en fortsatt ökning av konsumtionen av rostfritt stål i förhållande till industriproduktionens tillväxt.

Transportindustrin kommer med stor säkerhet att vara en tillväxtmarknad för rostfritt stål. Inom bilindustrin kommer ökade krav på katalytisk

avgasrening att medföra en ökad konsumtion av rostfritt stål, då katalysatorerna är kapslade i rostfritt stål. Vidare ökar användningen av rostfria avgassystem, främst i USA men även på övriga marknader. Även andra komponenter gjorda i gjutjärn ersätts med rostfritt. I USA har innehållet av rostfritt stål per byggd bil ökat från 11,8 kg 1977 till 14,5 kg 1987, nära 25 %. Även vid konstruktion av bussar och tåg/tunnelbane/spårvagnar ökar användningen av rostfritt markant, som konstruktionsmaterial för både chassin och karosser. Förutom minskade underhållskostnader har rostfritt stål en mycket hög energiupptagningsförmåga som ger ökad säkerhet vid kollisioner.

Inom energi- och miljösektorn kan man vänta en ökad användning av rostfritt. Modern reningsteknik förutsätter relativt stor användning av rostfritt stål. Off shore-plattformar borrar på större djup, vilket innebär en korrosivare miljö som i sin tur innebär en ökad konsumtion av rostfria rör. Kärnkraftsindustrin är en mycket intensiv konsument av rostfritt stål och trots en stagnation av utbyggnaden i många västländer under senare år sker en betydande nybyggnation i Indien, Sovjet, Kina, Frankrike, Japan m.fl.

Konsumentvaror som innehåller rostfritt såsom diskbänkar, spistoppar, hushållsapparater etc. är i industriländerna ofta mogna produkter, medan det i länder som Taiwan, Indien, Brasilien m.fl. är produkter i en expanderande marknad. Denna sektor kan därför globalt sett vara en tillväxtsektor.

Ett tillämpningsområde med en mycket stor potential för tillväxt finns inom entreprenad och arkitektur. Hittills har rostfritt vid byggnation mest använts som dekorativa element. Men om ett genombrott kommer för rostfria konstruktionselement, som balkar, strukturer, plåtar etc., kan en verklig rostfri boom skönjas.

Slutligen bör beaktas att det finns en noggrann bevakning av marknaden för rostfritt stål från de rostfria producenternas sida, i form av bevakning av konkurrerande material och tillämpningar, egna material- och tillämpningsutvecklingar etc. Stora resurser satsas på att vinna nya marknader och behålla gamla.

Rapporter och prognoser från Commodities Research Unit (CRU), Roskill, Alloy Metals & Steel Research och Chromium Centre visar att konsumtionen av rostfritt stål i västvärlden kommer att öka med mellan 3 % och 3,5 %/år fram till år 2000, där det mest optimistiska scenariot visar en ökning med 4,7 %/år. Konsumtionsökningen av nickel inom rostfria industrin väntas dock bli något lägre, 2,5 %-3 %/år, främst beroende på teknologiska framsteg medförande ökat utbyte i stålprocesserna. Vidare medför en ökad användning av stränggjutning ett minskat behov av samtliga ferrolegeringar per ton färdigt stål på grund av ett högre utbyte av färdigt stål i förhållande till råstål.

Högnickellegeringar: Produktionen av högnickellegeringar ökade från 1960 till 1985 med i genomsnitt 4,4 %/år, vilket är något högre än nickelkonsumtionen totalt ökade. Dock visade de traditionella användningsområdena såsom turbiner och motorkomponenter en svagare tillväxt, medan

högnickellegeringar inom elektroniken visat en betydligt starkare tillväxt.

Utvecklingen av gasturbiner och motorer är i mycket avhängig utvecklingen av nya material med högre värme- och korrosionsbeständighet samt högre hållfasthet. Högnickellegeringarna har ju i dessa tillämpningar en mycket stark ställning. Men dessa är relativt mogna produkter och man tror i dag inte på nya legeringar som drastiskt kommer att förbättra de kritiska egenskaperna. Samtidigt finns heller inte konkurrerande material (keramer, kompositer) mogna för att ersätta nickellegeringar inom överskådlig tid. En sådan ersättning kommer förmodligen att kräva nykonstruktioner från grunden, vilket ytterligare kommer att förlänga tiden tills kommersiell tillämpning är möjlig. Vidare behöver en väntad god marknad för både militär och civil flygindustri inte innebära en ökad konsumtion av högnickellegeringar, eftersom utvecklingen där är mycket koncentrerad till ökat materialutnyttjande och viktbesparingar.

Inom kemisk och petrokemisk industri kommer det förmodligen att finnas ett ökat behov av högnickellegeringar. Utvecklingen inom dessa industrier går ofta mot höjda processtemperaturer och behandling av mer korrosiva och krävande råvaror, vilket ställer krav på ökad resistens hos strategiska komponenter.

Som nämnts har det stora uppsvinget för högnickellegeringar funnits inom elektrisk och elektronisk industri. Här måste man dock vara väldigt försiktig med att utfästa en prognos, därför att nickellegeringarna inte alls har samma särställning inom sina tillämpningar utan har en mängd konkurrerande material att möta. Materialutvecklingen sker ju också mycket snabbt inom denna industrigren. Att dra några slutsatser hur konsumtionen här kommer att påverkas genom att basera sig på en prognos för elektronikindustrins utveckling är därför mycket vanskelig.

Totalt kan man anta att konsumtionen av högnickellegeringar fram till år 2000 inte drastiskt kommer att avvika från den tidigare utvecklingen, dvs. i stort följa industriproduktionens tillväxt.

Förnickling: Nickelkonsumtionen inom denna sektor har markant minskat under de senaste 15 åren, i USA med i genomsnitt 1,4 %/år mellan 1973–1986. Detta beror främst på den kraftigt minskade användningen av förkromade stötfångare och lister inom bilindustrin. Här har plasten konkurrerat ut kromen på grund av produktionskostnadsfördelar, säkerhetskrav (bättre energiupptagningsförmåga möjlig), underhållsfördelar etc. Förnickling är ju det tillämpningsområde för nickel som snabbast och lättast påverkas av ändrade marknadsförutsättningar, eftersom det först och främst är en dekorativ tillämpning.

En potentiell tillväxt av användningen av förnickling ligger i möjligheten att substituera rostfritt stål med förnicklat och förkromat kolstål i tillämpningar, där det rostfria stålets ytegenskaper är de väsentliga. Detta sker ju i så fall på bekostnad av konsumtionen av rostfritt stål, varför nickelkonsumtionen förmodligen påverkas negativt.

Konsumtionen av nickel i samband med förnickling kommer förmodligen även fram till år 2000 att minska.

Konstruktionsstål, järn- och ståljudgods samt övriga tillämpningsområden: Nickelkonsumtionen inom dessa sektorer har i princip följt ökningen av den totala nickelkonsumtionen under modern tid. Några drastiska förändringar eller nya tillämpningsområden för nickel synes inte uppträda före år 2000.

Man kan således anta att nickelkonsumtionen inom dessa sektorer i stort sett kommer att följa industriproduktionens tillväxt.

För att sammanfatta och ge en prognos för den totala nickelkonsumtionen fram till år 2000 vill vi säga, att inga direkta tecken eller förutsättningar synes föreligga för att man skall se en drastisk förändring av konsumtionen. Mönstret att den rostfria sektorn kommer att öka sin andel av nickelkonsumtionen, förnicklingsindustrin att minska sin, medan de övriga områdena i princip kommer att behålla sin kommer med sannolikhet att fortråda. Denna självbalanserade effekt bör få till följd att nickelkonsumtionen även fram till år 2000 ungefär bör följa tillväxttakten hos industriproduktionen.

3.3 Produktion

Nickelproduktionen ligger för närvarande i västvärlden nära kapacitetstaket. För att höja kapaciteten krävs betydande investeringar, enligt en kanadensisk uppskattning skulle en ny kapacitet på 50 000 ton nickelproduktion/år kräva en investering i storleksordningen 800 miljoner USD. Dessutom dröjer det minst 5 år från projektstart till full produktion vid en sådan investering. För närvarande pågår inte något betydande nickelprojekt som kommer att märkbart öka västvärldens produktionskapacitet.

Den strategiska frågan är förstas varifrån en ökad nickelkonsumtion skall balanseras av en ökad produktion. Av stor vikt är då statshandelsländernas framtida agerande. De få redovisade siffror som finns vad gäller produktion, konsumtion och reserver i exempelvis Kina och Sovjetunionen måste tas med en stor nypa salt. Även initierade nickelanalytiker vågar inte säga om de skall justeras uppåt eller nedåt med 50 % eller mer.

Som tidigare redovisats finns betydande reserver i världen, men distributionen av dessa är ur västvärldens synpunkt tämligen strategisk. Baserat på USBM:s siffror finns hela 48 % av de i dag uppskattade reserverna på Kuba och i Sovjetunionen, medan Västeuropa och Nordamerika tillsammans har 23 %. Vidare finns mycket stora tillgångar på nickel i de nickelförande mangannodulerna utbredda på havsbottnarna. Som nämnts finns metoder utvecklade för utvinning ur dessa, men storleken på kostnaderna för en sådan utvinning gör det svårt att se detta som en potentiell nickelnäla inom överskådlig tid.

4 Sammanfattning och slutsatser

Marknadsförutsättningarna för nickel förblir fram till år 2000 goda. En stabil efterfrågan, främst driven av den rostfria industrin, kommer att kvarstå på nickel. Totalt sett bedömer vi att efterfrågan kommer att öka i samma takt som industriproduktionen. Eftersom nickelproduktionen för närvarande ligger nära kapacitetstaket kommer en ökad efterfrågan på sikt att mötas av ny/utbyggd produktion, vilket bör innebära en ur producenternas synvinkel förhållandevis stabil marknad och därmed en prisnivå på en för dem lönsam nivå. Vad priser beträffar är det dock mycket vanskligt att ge en prognos för nickel, eftersom nickel är en börsmetall och priset därför ofta speglar en överreaktion på rådande nickelmärknad i ett kort perspektiv.

Förutsättningarna att framgångsrikt bryta/producera nickel i Sverige bedömer vi mot bakgrund av i dag kända fakta dock som mindre goda. Som redovisats är de viktigaste förutsättningarna för en lönsam produktion ett lågt energipris, en hög malmkvalitet och tillgång till ett stort malmtonnage. Dessa förutsättningar föreligger för närvarande inte i Sverige. Vidare kan man räkna med att miljöaspekter både vad gäller nickelbrytning och nickelproduktion kan vålla avsevärda problem vid framtida eventuella inhemska nickelprojekt.

Som positiva faktorer bör dock framhållas den bedömda goda efterfrågan på nickel samt den stora närmarknaden som finns genom Sveriges rostfria producenter. Dock är nickel en så pass global handelsvara att det är svårt att bedöma om detta faktum skulle innebära någon betydande konkurrensfördel. Eftersom nickel har ett relativt högt kilopris är inte frakten en avgörande faktor ur konkurrenssynpunkt, varför man även i Sverige alltid får räkna med full priskonkurrens från samtliga nickelproducenter.

Ur försörjningsstrategisk synvinkel är en inhemsk nickelproduktion för vår stålindustri en fördel. Emellertid kommer man fortfarande att förbli helt beroende av import av andra legeringsmetaller såsom krom och molybden m.fl.

Referenser

1. Australian mineral industry annual review 1987; Australian Government Publishing Service, 1989
2. Bureau of Mines Minerals Yearbook 1986; USBM, 1987
3. First global market development – Forum for stainless steel; Chromium Association 1988
4. International Strategic Minerals Inventory, Summary report – Nickel; US Geological Survey, 1985
5. Market Development – A vital task for every raw material supplier – How the nickel industry does it; J.P.Schade, Nickel Development Industry, 1985
6. Mineralmarknaden, översikt första tertialet 1988; SGU 1988
7. Mining annual review – Nickel 1988
8. Mineral facts and problems; USBM, 1985
9. Mineral facts and problems, preliminary summary 1988; USBM, 1989
10. Nickel; Rudolph Wolf & Co. Ltd, 1983
11. Price prospects for major primary commodities, Nickel; World Bank, 1988
12. The economics of Nickel; Roskill Information Services, 1988
13. The changing face of the nickel trade; Patrick Klein, Comsup Trading S.A., 1984
14. The changing face of the nickel marketing; John Gillies, Falconbridge Ltd, 1987
15. Vidare har använts årsredovisningar, en mängd artiklar i branschtidskrifter, nyhetsbrev, marknadsanalyser etc. (Metal Bulletin, CRU, Metals Week, Heinz H. Pariser, McGraw-Hill's Metal Price Report och liknande) samt information hämtad från många samtal med producenter, konsumenter, analytiker, traders och andra aktörer initierade i nickelmarknaden.

Kobolt

av bergsingenjör *Curt Dahlin* och tekn lic *Kaljo Käärrik*,
tidigare Sandvik AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	275
1.1	Egenskaper och användning	275
1.1.1	Kemiska egenskaper	275
1.1.2	Fysikaliska och metallurgiska egenskaper	275
1.1.3	Farmaceutiska egenskaper	276
1.2	Förekomstsätt och geologiska förutsättningar	276
1.2.1	Mineralogi	276
1.2.2	Geologiskt uppträdande	277
1.2.3	Svenska koboltmineraliseringar	277
1.2.4	Sveriges förutsättningar	278
1.3	Råvarutillgångar i världen och i Sverige	279
1.3.1	Reserver (landbaserade)	279
1.3.2	Identifierade reservers livslängd (landbaserade)	281
1.4	Konkurrerande råvaror/material	282
1.5	Framställningsteknik	283
1.5.1	Sulfid- och oxid-kopparmalm	283
1.5.2	Sulfidiska nickelmalmer	283
1.5.3	Lateritiska malmer	283
1.5.4	Extra finkornigt Co-pulver	284
1.6	Produktion	285
1.6.1	Förädlad kobolt	285
1.6.2	Återvinning	287
1.7	Handel	287
1.8	Prissättning, priser	291
1.9	Konsumtion	292
1.9.1	Västvärlden	292
1.9.2	Väst- och östvärlden	295
1.9.3	Sverige	296
1.10	Försörjning/Behov – balans	297
1.11	Ägarstruktur	297
1.12	Forskning, utveckling och internationellt samarbete	298

2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	299
2.1	Koboltindustrins utveckling	299
2.2	Konsekvenser för koboltindustrin	300
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	301
3.1	Prognoser	301
3.2	Bedömning av världens konsumtion år 2000	304
3.2.1	Legeringar	304
3.2.2	Kemikalier	305
3.2.3	Magneter	305
3.2.4	Keramik	305
3.2.5	Hårdmetall	305
3.2.6	Sveriges förbrukning år 2000	306
3.3	Produktion	306
3.4	Pris	306
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	307
4.1	Sammanfattning	307
4.2	Slutsatser	307
	<i>Referenser</i>	309
	<i>Ordlista</i>	311

1 Faktaavsnitt

Kobolt var känd redan för 4000 år sedan, då kobolt användes för att färga glas och keramik. Metallisk kobolt framställdes första gången år 1735 av den svenske kemisten Georg Brandt. Först på 1900-talet har kobolt fått större ekonomisk och strategisk betydelse genom dess användning till hårdmetall, legerat stål, superlegeringar, permanentmagneter och produkter för el- och elektronikindustrin, kemikalier samt ammunition.

1.1 Egenskaper och användning

Kobolt, kemisk beteckning Co, tillhör tillsammans med järn och nickel den s.k. järngruppen. Kobolt har många unika kemiska, fysikaliska och metallurgiska egenskaper, som gör den mycket användbar för olika tillämpningar.

1.1.1 Kemiska egenskaper

Kobolt kan vara dels 2- och dels 3-värd och övergången mellan dessa sker med lätthet. 2- resp. 3-värd kobolt bildar inte bara stabila föreningar och salter utan även ett ovanligt stort antal komplexer med olika ligander såsom syre, kväve, kol och svavel. Exempel på industriell användning av dessa egenskaper är kemikalier, katalysatorer, s.k. sickativer (föreningar med organiska syror) för att underlätta torkning av tryck- och målarfärg, speciella föreningar som polymeriseringstillsats för plaster.

Kobolt bildar med syre dels oktaedrisk (6 ligander) och dels tetraedrisk (4 ligander) komplexer, som har helt olika egenskaper beträffande absorption och utstrålning av ljus. Detta utnyttjas för framställning av färgämnen från rosa till kraftigt blå (koboltblå) för färgning eller avfärgning av glas och keramik.

1.1.2 Fysikaliska och metallurgiska egenskaper

Kobolt har en förhållandevis hög smältpunkt, 1495°C, och den mjuknar inte nämnvärt före smältning (som järn och nickel). Tillsats av kobolt i legeringar av olika slag ökar deras temperatur- och korrosionsbeständighet, exempelvis superlegeringar. Vidare tillsätts kobolt till vissa legeringar för att få konstant utvidgningskoefficient inom ett visst temperaturområde; andra legeringar med kobolt har ingen utvidgning med temperaturen eller har konstant elasticitetsmodul.

Kobolt har också utmärkta magnetiska egenskaper och har den högsta curiepunkten, 1121°C, av alla grundämnen. Järns curiepunkt ligger vid 770°C. Kobolt är det enda grundämne, som kan öka järns mättningsmagnetism. Kobolt används i legeringar för många "magnetiska tillämpningar" som elektromagneter, permanentmagneter och dessutom på senare år för att förbättra koerciviteten för järnoxid som belagts på video- och ljudband samt för att öka minneskapaciteten hos skivminnen i datorer.

Kobolt har bara en isotop, som förekommer i naturen. Denna är inte radioaktiv. Genom att utsätta kobolt för strålning i en atomreaktor kan ytterligare 12 isotoper framställas, av dessa är Co-60 den viktigaste. Denna har fått användning för teknisk radiografi, såsom felsökning i metallföremål och för medicinska ändamål såsom bestrålning av tumörer och sterilisering av preparat samt för bestrålning av livsmedel (för att öskadliggöra bakterier, mögelsporer och ohyra). Genom användning av Co-60 har betydligt mindre och billigare utrustningar kunnat användas.

Kobolt har stor löslighet för karbider vid temperaturer mellan 1300–1500°C, vilket är väsentligt för framställning av hårdmetall. De upplösta karbiderna utskiljs sedan vid avsvälning och en tillräckligt seg binde- metall erhålls.

1.1.3 Farmaceutiska egenskaper

För såväl människor som djur är kobolt en väsentlig tillsats i födan. Vitamin B-12, som innehåller kobolt (4,4 %), är nödvändig för blodbildningen i benmärgen. För idisslare är kobolt helt nödvändig för matsmältningen. Brist på kobolt leder till allvarliga bristsjukdomar för människor och djur. Många preparat, som tillverkas av veterinär-, jordbruks- och läkemedelsindustrierna, innehåller också kobolt.

1.2 Förekomstsätt och geologiska förutsättningar

Källa: Manuskript: Lars Göran Ohlsson, SGAB

Viss geologisk nomenklatur har förklarats i ordlistan i slutet av bilagan. Kobolt har påträffats på alla kontinenter.

1.2.1 Mineralogi

De ur ekonomisk synpunkt viktigaste koboltmineralen är:

Linneait Co_3S_4 , carrollit, (variant av linneait)

Kobolt-nickel pyrit $(\text{Co}, \text{Ni}, \text{Fe})_3\text{S}_4$

Bravoit $(\text{Ni}, \text{Fe}, \text{Co})\text{S}_2$

Koboltglans CoAsS

Safflorit CoAs_2

Skutterudit CoAs_3

Smaltit $(\text{Co}, \text{Ni})\text{As}_{3-x}$

Asbolan $(\text{Co}, \text{Ni})\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$

1.2.2 Geologiskt uppträdande

Generellt kan koboltförekomster delas upp i fem huvudtyper:

1. *Likvidmagmatiska pyritrika nickel-kopparmalmer* är knutna till basiska intrusiv. Merparten av kobolten i dessa malmer är bundet till andra sulfidmineral. Viktiga fyndigheter finns bl.a. i Sudbury-distriktet (Kanada) och Kalgoorlie-Kambalda-distriktet (Australien).

2. *Nickel-kobolthaltiga lateritmalmer* bildas genom vittring av ultrabasiska bergarter (Nya Kaledonien, Kuba och Filippinerna samt i Syd- och Mellanamerika).

3. *Koboltförande gångar* är oftast knutna till svaghetszoner i berggrunden. Två huvudtyper kan särskiljas:

- Arsenik-koboltförande gångar (Blackbird-regionen i USA).
- Komplexa arsenik-nickel-koboltgångar i vilka silver, uran samt vismut ofta ingår (Cobolt-distriktet och Great Bear Lake området i Kanada).

4. Merparten av världens koboltproduktion kommer från *sedimentära koppar- och koboltfyndigheter*. De mest betydande gruvorna ligger i Centralafrika (Zaire och Zambia). Koppar uppträder normalt i kopparkis eller bornit och kobolten som linneait eller carrolit samt i pyriten.

5. De *pollymetalliska nodulerna*, som finns på havsbotten, kan i framtiden bli en viktig källa för bl.a. kobolt.

1.2.3 Svenska koboltmineraliseringar

Merparten av koboltmineraliseringarna i Sverige är kända sedan långt tillbaka och bröts ursprungligen som kopparfyndigheter. Som resultat av den legeringsmetallinriktade prospekteringen under perioden 1975–1985 lokaliserades ett antal nya mineraliseringar.

Venafältets koppar-koboltmineraliseringar bröts redan i slutet av 1700-talet. Mineraliseringarna är knutna till ett antal parallella impregnationsstråk. Malmmineralen utgörs av magnetkis, svavelkis, kopparkis, koboltglans, arsenikkis, smaltit och vismutglans.

Kopparmalmsbrytningen i *Gladhammar* påbörjades redan på 1400-talet. Mot slutet av 1700-talet konstaterades att fyndigheten också höll kobolt. De malmförande zonerna uppträder stratiformt i en vulkanisk/sedimentär bergartssekvens. Dominerande malmmineral är magnetit, hematit, svavelkis, kopparkis, bornit, linneait och koboltglans.

Bäsinge koppar-koboltmineralisering upptäcktes under senare hälften av 1500-talet. Mineraliseringen är knuten till en hornbländeskiffer och utgörs av magnetkis, koboltförande svavelkis samt kopparkis.

Tunabergs koppar-koboltfyndighet bröts redan under 1400-talet. Förekomsten av kobolt i malmen konstaterades i slutet av 1700-talet. Mineraliseringarna är knutna till en i gnejser inlagrad karbonatstenshorisont.

Håkansboda koppar-koboltfyndighet bröts på koppar under 1400-talet.

Mineraliseringarna är knutna till ett karbonatstensstråk. Dominerande malmmineral är svavelkis, magnetkis, kopparkis och zinkblände. I underordnad mängd ingår bl.a. koboltglans. Fyndighetens djupare delar har, med negativt resultat, undersökts i början av 1980-talet.

Inom *Riddahyttefältet* finns ett flertal sulfidförande järnmalmer, i vilka kobolt uppträder som såväl separata mineral (koboltglans) som i svavelkisen och magnetkisen.

Ingelsby koppar-koboltmineralisering har brutits i mindre omfattning. De dominerande malmmineralen är svavelkis, kopparkis och koboltglans.

Såggårdens koboltmineralisering upptäcktes 1980. Den uppträder i Larsboseriens sediment nära kontakten mot vulkaniterna. Mineraliseringen domineras av pyrit (ca 2 % Co) och magnetkis (ca 1,6 % Co). I underordnad mängd ingår arsenikkis och koboltglans.

Från *Los-gruvfält* har kobolt utvunnits sedan i mitten av 1700-talet. Paragenesen omfattar mineral innehållande Cu, Fe, Co, Ni, Bi, U, As och S. Mineraliseringarna är knutna till en relativt smal sprickzon i en amfibolitiserad basalt.

I modern tid har kobolt utvunnits ur malmer i *Skelefftefältet*. Nickelfyndigheten *Lainijaur* håller i vissa delar över 1 % Co. I *Bolidengruvan* bröts under krigsåren arsenikkismalm, vilken höll ca 0,6 % Co. Även i *Adakgruvan* förekom noterbara kobolthalter. I *Lindsköldsgruvan* och *Lavergruvan* finns karbonatfyllda sprickor med As-Ag-Co-Ni-mineraliseringar.

I slutet av 1970-talet konstaterades att svavelkisen i *Kiskamavaara* var koboltförande (0,3–1,3 %). Mineraliseringen uppträder som impregnation eller sprickfyllnader i en kraftigt breccierad finkornig fragmentförande vulkanit.

1.2.4 Sveriges förutsättningar

I MPU-utredningen 1979 hade man förhoppningar om utvinning av nickel (Ni) med kobolt som biprodukt ur peridotiterna i fjällkedjan. Fyndigheterna har stor volym, men är fattiga, Ni: ca 0,2 % och Co: ca 0,01 %. Ni förekommer i huvudsak bundet som silikat och är då inte ekonomiskt utvinnbart. I de serpentinerade peridotiterna förekommer Ni delvis som sulfid. Ur dessa är det möjligt att producera Ni-koncentrat med höga Ni-halter med relativt gott utbyte. Även kobolt (Co/Ni 1/20) är utvinnbar till ungefär samma utbyte som nickel.

Den utvärdering, som gjordes under 1970-talet, visade att fyndigheterna inte var brytvärda förrän vid ett betydligt högre nickelpreis än det då aktuella. Det finns andra stora peridotitfyndigheter i världen, USA och Kanada, med högre halter än de svenska. Dessa kan förväntas bli brytvärda vid ett lägre pris än de svenska peridotiterna, vilket skulle betyda att priset inte torde stiga till en för de svenska fyndigheterna tillräcklig nivå. Ur miljösynpunkt är det också tveksamt om tillstånd skulle fås för brytning, då fyndigheterna är belägna i obrutna fjällområden.

På Cu-Co-fyndigheten i *Kiskamavaara* (Norrbotten) har utmål erhållits.

Co finns i svavelkis. Anrikningsförsök har visat att mineraliseringens koppar- och koboltinnehåll kan utvinnas i separata koncentrat med högt utbyte. En utvärdering, som gjordes år 1984, visar dock att Cu och Co inte kan utvinnas till kostnader som gör fyndigheten brytvärd förrän priserna blivit väsentligt högre. I dag bedöms det intressant att undersöka om bakteriellakning är möjlig att tillämpa. Processkostnaderna förväntas då bli betydligt lägre.

Av de fem huvudtyper koboltförekomster, som redovisats under "Geologiskt uppträdande" ovan, är det endast de likvidmagmatiska och möjligen sedimentära som kan tänkas finnas i den svenska berggrunden i ekonomiskt intressanta kvantiteter. Förutsättningarna att finna brytvärda fyndigheter i Sverige bedöms dock som mindre gynnsamma. Det bör emellertid understrykas att någon prospektering riktad direkt mot kobolt inte genomförts, varför kunskapen är låg. De i Sverige funna koboltmineraliseringarna har påträffats som resultat av prospektering efter andra metaller. Flera geofysiska anomalier som undersökts på basmetaller har t.ex. visat sig vara massiva pyritkroppar med noterbara kobolthalter. I dessa mineraliseringstyper är kobolten bunden till pyriten, vilket medför att "malmvärdet" blir lägre på grund av ett kraftigt smältavdrag. Det bör generellt påpekas att kobolt ofta uppträder likartat med t.ex. nickel, vanadin och koppar. Vid prospektering efter fyndigheter med dessa metaller bör således även koboltinnehållet beaktas. De intressantaste områdena för Co är Bergslagen och Norr- resp. Västerbotten.

Nodulförekomster i Bottenviken och Östersjön har undersökts i mindre omfattning. Co-halten är emellertid för låg, mindre än 0,1 % i Bottenviken och ännu lägre i Östersjön, för att vara av ekonomiskt intresse.

1.3 Råvarutillgångar i världen och i Sverige

1.3.1 Reserver (landbaserade)

Uppskattningar av världens reserver, även uppdelade på olika länder, publiceras av USBM, US Bureau of Mines, vart 5:e år. Reserver definieras som ekonomiskt brytbara vid tidpunkten för bestämningen. Reservbas omfattar även de marginellt ekonomiskt brytbara.

Tabell 9:1 Världens reserver, 1000 ton Co

År	Reserv	Reserv- bas	Källa
1968	2 180		USBM: Minerals Facts and Problems 1970
1973	2 450		USBM: Minerals Facts and Problems 1975
1976	3 665	8 120	Bundesanstalt für Geowissenschaften "Kobalt", 1978
1978	2 400	5 430	USBM: Minerals Facts and Problems 1980
1983	3 630	8 340	USBM: Minerals Facts and Problems 1985
1985		8 350	USBM: Bulletin 692, 1987
1988	3 630 (2 430)	8 350 (6 265)	USBM: Opublicerat, 1989 I marknadsekonomiländerna

Reserver och reservbas har ökat fram till 1983, därefter redovisas ingen ökning.

I tabell 9:2 har olika länders reserver resp. reservbas sammanställts.

Tabell 9:2 Världens landbaserade reserver och reservbas av kobolt 1978¹, 1983² och 1988³, 1000 ton Co

Land	Reserver			Reservbas		
	1978	1983 1988	%	1978	1983 1988	%
Nordamerika:						
USA	-	-	-	770	860	10
Kanada	30	25	1	260	285	3
Kuba	180	1 045	29	1 130	1 800	22
Totalt	210	1 070	30	2 160	2 930	35
Sydamerika:						
Brasilien	-	5	-	-	25	-
Guatemala	-	-	-	-	45	-
Peru	-	-	-	-	90	1
Totalt	-	5	-	-	160	2
Europa:						
Finland	20	20	-	20	35	-
Grekland	-	15	-	-	125	1
Sovjet	225	135	4	250	225	3
Jugoslavien	-	10	-	-	45	-
Totalt	245	180	5	270	430	5
Afrika:						
Botswana	30	10	-	30	25	-
Marocko	45	-	-	70	5	-
Sydafrika	25	20	1	30	70	1
Uganda	-	-	-	-	20	-
Zaire	1 180	1 360	37	1 400	2 090	25
Zambia	360	360	10	590	540	7
Zimbabwe	-	5	-	-	5	-
Totalt	1 640	1 755	48	2 120	2 755	33

Land	Reserver			Reservbas		
	1978	1983 1988	%	1978	1983 1988	%
Asien:						
Indien	-	20	-	-	40	-
Indonesien	-	180	5	-	540	7
Filippinerna	180	140	4	200	400	5
Totalt	180	340	9	200	980	12
Oceanien:						
Australien	45	20	1	300	90	1
Nya Kaledonien	90	230	6	380	860	10
Nya Guinea/Papua	-	-	-	-	140	2
Totalt	135	250	7	680	1 090	13
Totalt	2 410	3 630	100	5 430	8 340	100
Marknadsekonmiländer, %	87	67		75	62	
Planekonomiländer, %	13	33		25	38	

Källa: ¹USBM, Mineral Facts and Problems 1980, ²USBM, Mineral Facts and Problems 1985, ³USBM, Mineral Commodity Summaries 1989

Tabell 9:3

Länder med de största reserverna 1988		Reserver i länder med	
	%	1988	%
Zaire	37	marknadsekonomi	67
Kuba	29	planekonomi	33
Zambia	10		
Nya Kaledonien	6		
Indonesien	5		
Filippinerna	4		
Sovjet	4		
Summa	95	Summa	100

Sverige, Norge och Finland har inga brytvärda fyndigheter.

1.3.2 Identifierade reservers livslängd (landbaserade)

Källa: Minerals Handbook 1988–89, baserat på USBM's uppgifter 1985

Identifierade reserver omfattar alla kända reserver, även de i dag oekonomiska. Vid en produktionsnivå motsvarande 1985/1986 års nivå räcker kobolt i ca 100 år. Vid dessa beräkningar har man inte tagit hänsyn till att endast ca 70 % av reserverna kan utvinnas, men å andra sidan kan reserverna också förväntas öka genom att nya fyndigheter upptäcks och att kunskaper om existerande fyndigheter ökar. Om de identifierade reserverna ställs mot den ackumulerade förbrukningen 1983 till år 2000, enligt USBM's prognos 1985 (mycket optimistisk), blir dessa 9 gånger större än behovet.

Förutom de landbaserade tillgångarna finns som nämnts nodulerna på havsbotten i mycket stora mängder, men är i dag inte ekonomiskt utvinnbara.

1.4 Konkurrerande råvaror/material

Kobolt används endast då en eller flera av dess unika egenskaper ger resultat, vilka är omöjliga eller endast kan uppnås med stora svårigheter på annat sätt. Nickel kan ersätta kobolt i vissa tillämpningar utan att slutprodukten egenskaper påtagligt påverkas. Att inte nickel mera allmänt ersatt kobolt fastän nickel tidigare varit billigare, visar att man inte kan ersätta kobolt utan uppoffring av prestanda. Det finns en trend att i legeringar använda lägre Co-halt, men inte att eliminera kobolt helt. Exempel på detta är superlegeringar och hårdsvetsmaterial och syrafasta rör för oljeborring.

Ersättare för kobolt i katalysatorer eller som sickativer i färger har vanligen inte visat sig effektiva. I vissa sickativer kan mangan och bly utgöra komplement eller ersättning. För katalysatorer är aluminium och molybden komplement till kobolt och legeringar av nickel och volfram kan utgöra ersättningsmaterial.

I hårdmetall kan nickel inte ersätta kobolt utom för vissa sorter för skärande bearbetning, s.k. cermets, vilket är ett material innehållande titankarbid och -nitrid med nickel som bindemedel. I dessa har emellertid på senare tid nickel till en del ersatts med kobolt. Dessa material, som utvecklats i Japan och där fått stor användning vid finbearbetning, har hittills inte fått så stor tillämpning i den övriga världen.

Under 1960-talet var AlNiCo (Aluminium-Nickel-Kobolt)-magneter en stor Co-produkt, men har sedan successivt minskat genom användning av material utan kobolt eller med mindre mängd kobolt. Under 1970-talet ersattes AlNiCo av billigare massproducerade ferritmagneter (järnoxid-barium-strontium) för många tillämpningar. AlNiCo-magneters användning begränsades till "pålitliga", (temperaturstabilare) stora magneter speciellt i besvärlig industriell miljö.

Andra nya material för magneter är kobolt-samarium, Co-Sm, och neodym-bor-järn, Nd-B-Fe. Co-Sm-magneter har mycket höga prestanda och används i stället för AlNiCo, i första hand där liten volym är väsentlig. Dessa har visat sig utomordentligt pålitliga under varierande förhållanden. De nyaste Nd-B-Fe-magneterna, i synnerhet de som innehåller mindre mängd Co för att öka deras korrosionsbeständighet och prestanda vid högre temperatur, har givit något bättre prestanda än Co-Sm-magneter. Det finns i dag också en viss ersättning av ferritmagneter med Co-Sm-magneter baserat på pålitlighet. Av den kobolt som i dag används i magneter går emellertid fortfarande den största delen ca 70 % till AlNiCo och ca 20 % till Co-Sm.

1.5 Framställningsteknik

Kobolt framställs antingen tillsammans med koppar eller koppar/nickel eller som biprodukt vid nickelframställning. Detta ger upphov till olika processer, vilka beskrivs nedan.

1.5.1 Sulfid- och oxid-kopparmalm

Brytning av malmen sker i dagbrott eller under jord. Malmer som innehåller såväl oxid- som sulfidmineral anrikas genom selektiv flotation. Tre typer av sliger erhålls: oxid-, sulfid- och dolomitslig. Numera framställs inte skärsten, då utbytet blir lågt genom att kobolten har benägenhet att gå tillsammans med järn till slaggen.

I dag används huvudsakligen den metod som Luilu-raffinaderiet i Zaire har utvecklat. Sulfidslig (40 % Cu och 3,5 % Co) rostas till sulfat. Oxidslig (23 % och 2,3 % Co) samt dolomitslig (21 % Cu och 1,2 % Co) blandas med den rostade sligen och lakas med svavelsyra. Laklösningen renas och Co-hydroxid utfälls med släckt kalk. Hydroxiden upplöses i svavelsyra och med elektrolys erhålls kobolt (99,9 %) som katoder, vilka krossas eller klipps, avgasas i vakuum och trumlas.

1.5.2 Sulfidiska nickelmalmer

Brytning av malmen sker under jord.

"INCO-processen"

Genom selektiv flotation erhålls en Cu-slig (30 % Cu och 9 % Ni) och en Ni-slig (22 % Ni och 2,5 % Co). Co utvinns inte ur Cu-sligen. Ni-sligen smälts till skärsten i flera steg, varvid Ni-rik skärsten innehållande 2 % Co erhålls. Denna krossas och genom magnetseparation erhålls en Ni-rik fraktion innehållande Co och platinagruppens metaller. Genom elektrolys utvinns sedan Ni, Co och "platina-metaller".

"Sherritt-Gordon processen"

Vid denna process lakas nickelsulfid-skärsten med ammoniak under syrgastryck och vid hög temperatur. Ur den ammoniakaliska lösningen utvinns först Ni och sedan Co genom reduktion med vätgas under tryck. Ni och Co erhålls i pulverform.

1.5.3 Lateritiska malmer

Utvinning av Ni och Co ur lateritiska malmer sker genom metallurgiska eller hydrometallurgiska (våtkemiska) metoder. Vid de metallurgiska metoderna går kobolt "förlorad" (direkt reduktion till ferronickel) eller också

erhålls ett lågt utbyte (smältning i närvaro av svavel till skårsten). Två hydrometallurgiska metoder är vanliga:

1. Lakning med svavelsyra vid hög temperatur och högt tryck.

De översta skikten av lateritfyndigheterna består huvudsakligen av järnhydroxid. Förbrukningen av svavelssyra vid lakningen blir då låg. Vid lakning av de nedre skikten, som håller mycket magnesium, blir förbrukningen av syra hög, då även magnesium går i lösning. Denna lakningsmetod är därför numera inte vanlig vid lateriter med hög magnesiumhalt.

2. Torkning och därefter selektiv reducerande rostning (endast Ni och Co överförs till metallisk form) med efterföljande lakning med ammoniak under syrgastryck. Härvid går metallisk Ni och Co i lösning (Caron-processen).

Denna metod gav tidigare låga utbyten (50–60 %) men med tillsatser av svavel- och klorföreningar har utbyten på 90 % för Ni och 85 % för Co uppnåtts (USBM- resp. Universal Oil Products-(UOP)processen).

Som nämnts ovan torkas malmen (15–30 % fukt) före den selektiva rostningen. Detta är en mycket energikrävande (kol, naturgas, olja) och därmed dyrbar process.

Vid de ovan beskrivna hydrometallurgiska metoderna erhålls en sur (svavelsyra) eller en alkalisk (ammoniak) lösning. Ur dessa lösningar utfälls Co tillsammans med en del Ni med svavelväte. De utfällda sulfiderna upplöses och separeras med flytande jonbytare (vätske-vätske-extraktion). Numera kan man också direkt separera Ni och Co ur laktlösningarna med jonbytare. Ur de erhållna lösningarna produceras katoder för metallurgiskt ändamål eller oxider och olika salter.

1.5.4 Extra finkornigt Co-pulver

Tillverkning av extra finkornigt koboltpulver (hög renhet), som används vid hårdmetalltillverkning och vid tillverkning av diamantverktyg, görs huvudsakligen enligt två metoder:

- Kobolt utfälls ur renade och svagt sura lösningar med oxalsyra eller ammoniumoxalat. Det bildade kobolttoxalatet glödgas till oxid och reduceras med vätgas.
- Kobolt utfälls ur renade kloridlösningar med natriumhydroxid som hydroxid, vilken sedan glödgas och reduceras.

Kornstorleken regleras vid reduceringen genom ändring av temperatur och vätgasflöde.

1.6 Produktion

1.6.1 Förädlad kobolt

Som nämnts (1.5 Framställningsteknik) framställs kobolt antingen tillsammans med koppar eller koppar/nickel eller som biprodukt vid nickelframställning.

För närvarande finns det i Kina en gruva som bryter malm med kobolt som huvudprodukt, vilken är den enda i världen. Bou Azzir i Marocko, vilken dock stängdes 1983 (brist på malm), hade också kobolt som huvudprodukt.

Kobolt som biprodukt vid nickelframställning är mer eller mindre beroende av hur mycket nickel som framställs. Beroendet av koppar har varit mindre och under de senaste 15 åren har kobolt inte påverkats av kopparframställningen.

Världens produktion 1987 av förädlad kobolt uppdelad på producenter och med uppgift om varifrån malm, slig eller skärsten kommer har sammanställts i tabell 9:4.

Kobolt förädlas i stor utsträckning i det land, där gruvorna är belägna, se tabell 9:5, som också visar att en mycket stor del av produktionen sker i marknadsekonmiländer.

I Belgien förädlas material från Gecamines, Zaire, men ingår i sammanställningen som producerat av Gecamines. I Falconbridge's (Kanada) produktion ingår 450 ton producerat vid deras anläggning i Norge.

Sammanställningen i tabell 9:4 är den första i sitt slag som gjorts av CDI. För tidigare år har de också sammanställt västvärldens totala produktion från 1983–1987:

1983	1984	1985	1986	1987	
13 500	19 600	21 900	25 900	22 710	ton Co

Sovjets produktion har ökat under senare år genom försörjning med Co-Ni-sulfid från Kuba, som för närvarande bygger nya anläggningar för att öka sin produktion. Deras avsikt är att på sikt även kunna sälja till västvärlden.

Produktionen i Nya Kaledonien från lateriter planeras också att öka, men då man har för avsikt att framställa ferronickel kan kobolt inte separat utvinnas.

Sverige har ingen koboltproduktion.

Kapaciteten i väst för förädling av kobolt har trots stagnerande produktion ökat under 1970- och 1980-talen, från ca 26 000 ton/år (början av 1970-talet) till ca 35 000 ton/år (1985). (Källa: Cobalt Market 1985 Review & Outlook, Monique Jones, SGM.) På senare år har kapacitet "fallit" bort genom att följande producenter har slagit igen:

Nippon, Japan	1 700 ton
Metaux Speciaux, Frankrike	1 000 "
Amax, USA	450 "
	3 150 ton

Tabell 9:4 Primär koboltproduktion 1987, producenter och råvarans (malm, slig eller skärsten) ursprungsland¹, ton Co

Land	Producent	Pro-duk-tion	Zaire	Zambia	Sovjet	Kanada ²	Kuba	Austra-lien	Filipp. Pacif. S.Amer.	Syd-afrika	Kina	Botsw. Zim-babwe	Fin-land	Åter-vinn-mtrl övr ³	Pro-duk-tion i %
Zaire	Gecamines	12000	12000												43,7
Zambia	ZCCM	4490		4490											16,3
Kanada	Inco	1584				1444			30					110	5,8
"	Falconbridge	1575				750		70	50			255		450	5,7
Finland	Outokumpu	1234						1034					200		4,5
Kanada	SherittGordon	920				430		270						220	3,3
Japan	Sumitomo	126							126						0,5
Övrig	västprodukt	781							135	280				366	2,8
Total	västprodukt	22710	12000	4490		2624		1374	341	280		255	200	1146	82,6
Sovjet	Staten	4510			2670		1840								16,4
Kina	Staten	270									270				1,0
Världs totalt		27490	12000	4490	2670	2624	1840	1374	341	280	270	255	200	1146	100,0
% råvaru-andel från varje land			43,7	16,3	9,7	9,5	6,7	5,0	1,3	1,0	1,0	0,9	0,7	4,2	100,0

¹ Bureau of Mines, Geo. Surveys, Journals, 5-Years Plans, etc.

² Uppskattat, CDI

³ Nästan allt är återvinningsmaterial

Källa: CDI

Copyright: Cobalt 87, The Cobalt Development Institute (CDI)

Tabell 9:5

De största råvaru-producenterna, %		De största förädlings-länderna, %		Produktion (primär kobolt) i länder-med; %	
Zaire	44	Zaire	44	marknadsekonomi	83
Zambia	16	Sovjet	16	planeekonomi	17
Sovjet	10	Zambia	16		
Kanada	10	Kanada	13		
Kuba	7	Finland	5		
Australien	5				
Summa	92		94		100

Outokumpu (Finland) har friställt kapacitet genom att producera oxid och kemikalier direkt från slig.

Totalt kapacitetsutnyttjande i väst har sjunkit till ca 65 %. Då en mycket stor del av råvaran är "bunden" till de stora producenterna och endast ca 8 % är "fri" kan de producenter, som inte har egen råvara, endast utnyttja överkapacitet i mån av tillgång på råvara eller återvinningsmaterial. Den enda producent som kan öka sin produktion väsentligt är Zaire, men även Zambia och Kanada har möjlighet att öka.

1.6.2 Återvinning

CDI har försökt få uppgifter om återvinning i ton av kobolt men inte lyckats. I USA har återvinningen av kobolt ökat från ca 5 % år 1983 till ca 15 % 1988 (enligt USBM).

Man kan utgå från att producenter av koboltprodukter i hög grad utnyttjar i produktionen fallande material. I vissa produkter som kemikalier, salter och sickativer "försvinner" kobolt. Material från superlegeringar, dels från tillverkningen (kasserade produkter, spån etc.), dels från använda produkter (t.ex. delar till flygmotorer) är områden, där återvinning är relativt enkel. Det som återvinns av superlegeringar går vanligen tillbaka till dessa legeringar. Andra Co-produkter som återvinns är katalysatorer. Kobolt från använda hårdmetallprodukter återvinns också till stor del och återgår i stor utsträckning till hårdmetallindustrin. Kobolthaltiga stålprodukter från snabbstålsindustrin går till stor del tillbaka till stålindustrin.

Den del av återvinningsmaterialet, som producenter utan egen råvara kan komma över, torde vara en liten del av det som totalt återvinns.

1.7 Handel

Som tidigare nämnts förädlas en mycket stor del av koboltsligen i det land där malmen finns. Om man bortser från Co-Ni-sulfid från Kuba, vilken går till Sovjet för förädling, finns det en viss handel i väst med "fri" Co-Ni-sulfid eller skärsten från producenter, som inte förädlar vidare. Denna del utgör

ca 8 % av totalt förädlad material. De raffinaderier, som inte har egen råvara eller inte har tillräckligt med råvara, konkurrerar i dag på marknaden om den "fria" delen, som vanligen säljs på långtidskontrakt.

Under 1986 skedde en viss förändring i handeln enligt tabell 9:6.

Tabell 9:6 Förändring i handeln med kobolt 1986

Råvaruleverantör Land, företag	Produkt	Ton Co	Förädlas av	
			"I dag"	Tidigare
Australien:				
Agnew	Skärsten	Ca 80	"Kanada"/ Outokumpu	Amax
Greenvale	Ni-Co-sulfid	Ca 1200	Outokumpu	Nippon Mining
Botswana:				
Selebi-Pikwe	Skärsten	Ca 250	Falconbridge	Amax
Filippinerna:				
Nonoc	Ni-Co-sulfid	Ca 125	Sumitomo (på uppdrag av March Rich)	—

Källa: Cobalt Market 1985 Review & Outlook, Monique Jones, SGM

Den största delen av metallisk kobolt säljs i dag som katoder (kross eller klipp) och granuler. Rondeller och briketter förekommer också. Vidare saluförs kobolt som pulver och "extra fine" pulver. Andra produkter är koboltoxid och kobolthydroxid samt salter som koboltkarbonat, -sulfat, -nitrat, -acetat och -klorid.

CDI har sammanställt till vilka länder producenterna säljer "Primär kobolt" i tabell 9:7, vilket är den vara som först uppträder på marknaden. Vanligen är detta katoder eller liknande med undantag av Outokumpu, som tillverkar kemikalier och pulver (extra fine) direkt ur slig. Outokumpus produkter ingår som primär kobolt.

Tabell 9:7 Geografisk fördelning av producenternas försäljning 1987

Land/Område	Ton	% resp. område	% världen	ton	% världen
Frankrike	1 089	13,5	4,1		
Västtyskland	1 328	16,5	5,0		
Storbritannien	1 212	15,0	4,5		
Övriga Nordeuropa EEC	2 978	36,9	11,1		
Övriga SydeuropaEEC	470	5,8	1,7		
TotaltEEC	7 077	87,7	26,5		
Västeuropa icke EEC	988	12,3	3,7		
TOTALT VÄSTEUROPA		100,0		8 065	30,2
USA	6 692	88,6	25,0		
Övriga Nordamerika	862	11,4	3,2		
TOTALT NORDAMERIKA		100,0		7 554	28,2
Brasilien	440	69,3	1,7		
Övriga Sydamerika	90	14,2	0,3		
Indien	55	8,7	0,2		
Turkiet/Israel/Afrika	50	7,8	0,2		
TOTALT DENNA GRUPP		100,0		635	2,4
Japan	3 080	87,2	11,5		
Sydkorea	235	6,6	0,9		
Taiwan	180	5,1	0,7		
Australien/Nya Zeeland	32	0,9	0,1		
Övriga Oceanien	8	0,2	-		
TOTALT OCEANIEN		100,0		3 535	13,2
TOTALT VÄSTVÄRLDEN				19 789	74,0
Sovjet (egen produktion uppskattad)	4 510	75,5	16,9		
Sovjet (import väst)	395	6,6	1,5		
Östtyskland	148	2,4	0,5		
Övriga Östeuropa	923	15,5	3,5		
TOTALT ÖSTEUROPA		100,0		5 976	22,4
Kina (egen produktion uppskattad)	270	28,4	1,0		
Kina (import väst)	680	71,6	2,6		
TOTALT KINA		100,0		950	3,6
TOTALT VÄRLDEN				26 715	100,0

Copyright: Cobalt 87, The Cobalt Development Institute (CDI)

Försäljning (import) till resp. land av primär kobolt visar vad som förbrukas totalt för egen konsumtion och för återexport av ytterligare förädlade produkter. De största importörerna är USA (25 %), Japan (12 %), Västtyskland (5 %), Storbritannien (5 %) och Frankrike (4 %).

Av de västländer, som finns med i tabell 9:7, är det endast Kanada (ingår i övriga Nordamerika) och Japan som är producentländer. Det bör då observeras att försäljning till eller i Kanada är betydligt mindre än exporten från Kanada. Beträffande Japan är deras egen produktion i dag obetydlig,

men däremot importeras stora kvantiteter. Om man jämför tabell 9:4 (produktion) med tabell 9:7 (försäljning) framgår att en mycket stor del av produktionen av primär kobolt exporteras. De största producenterna är därför också de största exportörerna.

Såväl Sovjet som Kina har en viss import (mindre kvantiteter) från väst. Det har antagits att vad som produceras i öst också förbrukas i öst (mycket små kvantiteter av oxid och kemikalier från Kina exporteras dock till väst).

CDI har också sammanställt försäljning 1976 resp. 1987 till Europa, Nordamerika, Oceanien, Östeuropa och Kina, tabell 9:8.

Tabell 9:8 Geografisk fördelning av koboltförsäljning 1976 resp. 1987

Land	1976 Ton	%	1987 Ton	%	Föränd- ring i ton
Europa EEC	5 936	21,0	7 077	26,5	+1 141
Totalt Västeuropa	7 426	26,4	8 065	30,2	+ 639
USA	8 982	31,8	6 692	25,0	-2 290
Totalt Nordamerika	9 712	34,4	7 554	28,2	-2 158
Japan	3 516	12,5	3 080	11,5	- 436
Totalt Pacific	4 038	14,3	3 535	13,2	- 503
Övriga	105	0,4	635	2,4	+ 530
Totalt västvärlden	21 281	75,5	19 789	74,0	-1 492
Sovjet	4 500	16,0	4 905	18,4	+ 405
Totalt Östeuropa	5 925	21,0	5 976	22,4	+ 51
Kina	1 000	3,5	950	3,6	- 50
Totalt världen	28 206		26 715		-1 491

Källa: 1976: West German Federal Institute for Earth Sciences and Economic Research, published EEC Substitution Dossier of 1981. 1987: CDI
Copyright: Cobalt 87, CDI

Den totala försäljningen i världen av primär kobolt var praktiskt taget lika stor 1976 som 1987. Europas andel (import) har ökat från 26 till 30 %, medan däremot Nordamerikas minskat från 34 till 28 %. Japans andel var 13 resp. 12 %, Sovjets 16 resp. 18 % och Kinas 4 % båda åren.

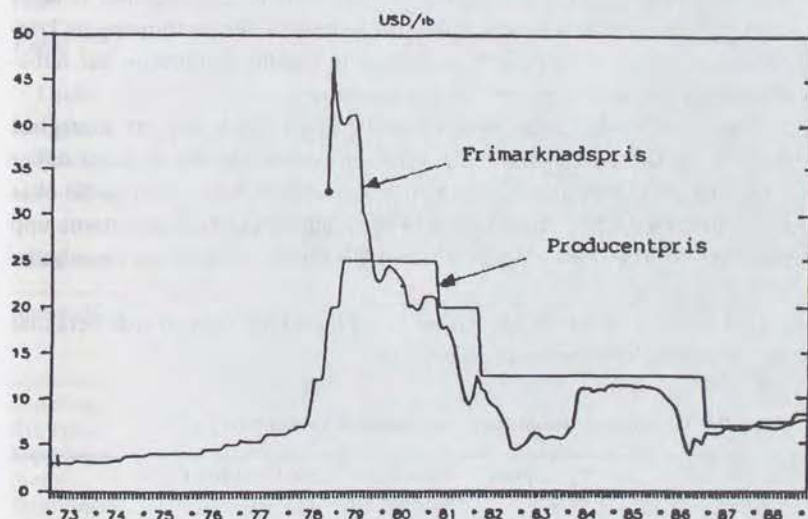
Sovjets import från väst har minskat från ca 1 000 ton i början av 1980-talet till ca 400 ton 1987.

Det finns också en s.k. frimarknad för primär kobolt som hanteras av traders, som kommit över vissa mindre kvantiteter, men som ibland varit relativt stora vid överproduktion.

1.8 Prissättning, priser

Priset på kobolt (katoder) har utvecklats enligt nedanstående diagram 9:1.

Figur 9:1 Koboltpris 1973–1988



Källa: Outokumpu Oy, Helsingfors, underlag London Metal Bulletin (LMB)

Den kraftiga uppgången i pris 1978–1979 var beroende av flera samverkande faktorer. Produktionen i Zaire var relativt låg och dessutom hade de transportsvårigheter och behovet i världen ökade bl.a. genom uppbyggnad av ett strategiskt lager i USA. Detta ledde till kvotering (minskning med 30 %) av kobolt till kund från den 1 maj 1978. Två veckor därefter invaderades Shaba-provinsen, vilket ledde till ett kortvarigt produktionsstopp. Effekten på produktionen 1978 blev emellertid försumbar, då man producerade ca 28 % mer än 1977. Den psykologiska effekten blev emellertid enorm, då det uppstod stor osäkerhet beträffande tillgången på kobolt.

Före uppgången 1978–1979 hade koboltpriset varit ett rent producentpris. I och med turbulensen 1978 förlorade producenterna greppet om priset, vilket banade väg för ett s.k. frimarknadspris, som också införts på diagram 9:1.

Då världen kommit över chocken från 1978–1979, vilket tog 30 månader, och man inte hade någon bristsituation, som man säkerligen aldrig haft, sjönk åter priset till en nivå som anslöt sig till prisutvecklingen före uppgången.

I början av 1984 bestämde sig Zaire och Zambia för ett gemensamt producentpris och blev ånyo prisledare. Nedgången i pris i slutet av 1986 berodde på att det fanns stora lager.

1.9 Konsumtion

1.9.1 Västvärlden

Totala konsumtionen i västvärlden av kobolt har tidigare varit svår att bestämma, varför man ofta använt producenternas försäljning, som varit lättare att följa upp som ett mått på konsumtionen. Uppbyggnad av lager eller försäljning från lager har haft stort inflytande för bedömning av konsumtionen, men då detta inte beaktats i tillräcklig omfattning har felbedömningar gjorts av den verkliga konsumtionen.

Under 1950- och början av 1960-talet byggde USA upp ett strategiskt lager på 46000 ton Co och sålde sedan en betydande del av detta under 1960-talet. 1977 började USA på nytt bygga upp sitt lager, som skulle ökas med 19000 ton. Efter Zaire-krisen 1978 byggde också konsumenterna upp stora lager 1979–1981. Under 1982–1984 förbrukades deras överskotts-lager.

CDI har försökt att ta hänsyn till dessa lagerförändringar och beräknat den sannolika konsumtionen, tabell 9:9.

Tabell 9:9 Västvärlden: försäljning resp. sannolik konsumtion

År	Försäljning medeltal ton Co/år	Sannolik konsumtion medeltal ton Co/år	Medeltal ton Co/år
1936–1946	4 000	4 000	
1947–1952	7 000	7 000	
1953–1962	14 000	10 000	4 000 till USAs lager
1962–1972	14 000	16 800	2 800 från USAs lager
1973–1978	19 500	19 500	
1979–1981	25 000	21 000	4 000 till USAs eller konsumenters lager
1982–1984	13 500	17 500	4 000 från konsumenters lager

Källa: CDI

Som synes har konsumtionen en ökande trend t.o.m. 1981 och har sedan gått ned under lågkonjunkturen. Motsvarande uppställning för senare år finns inte publicerade. Efter diskussioner med CDI har följande uppskattningar gjorts enligt tabell 9:10.

Tabell 9:10

År	Produktion ton Co	Konsumtion ton Co
1985	21 900	ca 18 000
1986	25 900	ca 18 000
1987	22 700	ca 20 000
1988	ca 22 000	ca 22 000

Källa: CDI

Under 1985–1986 ökade lagren av primär kobolt. Bl.a. håller Afriment Indussa Inc (Gecamines) i USA ett stort kundlager.

Fördelningen på olika användningsområden av den primärkobolt som sålts till väst 1987 har sammanställts av CDI, tabell 9:11.

Tabell 9:11

Material/områden	Nord- amerika ton	Väst- europa ton	Japan ton	Övriga ton	Totalt ton	%
Superlegeringar/ flyg-rymd	2 661	1 880	560	-	5 101	25,8
Superlegeringar/ övrigt	110	240	60	80	490	2,5
Stellit/snabbstål hårdsvets	301	251	484	200	1 236	6,2
Totalt legeringar	3 072	2 371	1 104	280	6 827	34,5
Hårdmetall	528	853	305	329	2 015	10,2
Magneter	681	494	805	165	2 145	10,8
Keramik	676	908	350	102	2 036	10,3
Kemikalier	2 597	3 439	516	214	6 766	34,2
Totalt	7 554	8 065	3 080	1 090	19 789	100,0

Copyright: Cobalt 87, CDI

De största förbrukningsområdena 1987 var:

Kemikalier	34 %
Superlegeringar/flyg-rymd	26 %
Magneter	11 %
Keramik	10 %
Hårdmetall	10 %

CDI har även sammanställt historiska data för förbrukningen i väst (uppdelad på olika användningsområden), tabell 9:12.

Tabell 9:12

Material	1950		1960		1970		1981		1987	
	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton	%	Ton	%
Alla										
legeringar	2850	38,0	5945	41,0	6975	42,3	8740	46,0	6827	34,5
Hårdmetall	300	4,0	725	5,0	775	4,7	1425	7,5	2015	10,2
Magnet-										
legeringar	2100	28,0	3770	26,0	3410	20,6	2470	13,0	2145	10,8
Keramik	900	12,0	1595	11,0	1550	9,4	1805	9,5	2036	10,3
Kemikalier	1350	18,0	2465	17,0	3790	23,0	4560	24,0	6766	34,2
Totalt	7500		14500		16500		19000		19789	

Copyright: Cobalt 87, CDI

Många av de historiska siffrorna är uppskattade och osäkra, men en viss uppfattning om trenden kan man dock få.

Legeringar har ökat i tonnage och andel t.o.m. 1981 men har sedan minskat. Hårdmetall har ökat såväl i tonnage som andel t.o.m. 1987. Ökningen av hårdmetall under 1970- och 1980-talen förefaller att vara för stor om man jämför de bedömningar som vi gjort i motsvarande rapport om volfram. Troligen har definitionen av "hårdmetall" varierat. Vi har också fått uppgift om att i 1987 års siffror ingår även kobolt för diamantindustrin. Förbrukningen för magneter har sedan 1960 varit fallande såväl i tonnage som i andel. Kobolt för keramik har haft ett ökande tonnage men i stort sett samma andel. Troligen har keramik inte ökat under 1980-talet (olika produkter ingår 1981 och 1987).

Den snabbast ökande gruppen är kemikalier såväl i tonnage som andel. Fördelningen på olika tillämpningar 1987 (enligt CDI) visas i följande, tabell 9:13.

Tabell 9:13 Kemikalier

Kemikalier	Ton Co	% inom	% totalt
Oxider, salter, katalysatorer, torktillsatser till tryck- och målarfärg	4 913	72,6	24,9
Elektronik, magnetband	557	8,2	2,8
Medicin-, veterinärtillämpningar	296	4,4	1,5
Ytbeläggningar	265	3,9	1,3
Övrigt	735	10,9	3,7
Totalt	6 766	100,0	34,2

Copyright: Cobalt 87, CDI

CDI har också gjort en beräkning av världens nettokonsumtion uppdelad på olika länder, tabell 9:14. Man har här tagit hänsyn till import och export av legeringar, kemikalier, oxid etc. De påpekar dock att uppgifterna beträffande konsumtion är osäkrare än inköpssiffrorna beroende på svårigheterna att få in uppgifter.

1.9.2 Väst- och östvärlden

Tabell 9:14 Försäljning och konsumtion av kobolt i olika länder år 1987

Land	Primär kobolt-försäljning		Netto konsumtion	
	Ton	% världen	Ton	% världen
Frankrike	1 089	4,1	1 309	4,9
Västtyskland	1 328	5,0	1 700	6,4
Storbritannien	1 212	4,5	1 472	5,5
Övriga Västeuropa	4 436	16,6	2 433	9,1
TOTALT VÄST-EUROPA	8 065	30,2	6 914	25,9
USA	6 692	25,0		
Övriga Nordamerika	862	3,2		
TOTALT NORD-AMERIKA	7 554	28,2	6 988	26,2
Brasilien	440	1,7	516	1,9
Övriga Sydamerika	90	0,3	147	
Indien	55	0,2	125	
Turkiet/Israel/ Afrika/övriga	50	0,2	280	1,0
TOTALT DENNA GRUPP	635	2,4	1 068	4,0
Japan	3 080	11,5	3 780	14,1
Sydkorea	235	0,9	429	1,6
Taiwan	180	0,7	289	1,1
Australien/Nya Zeeland	32	0,1	64	
Övriga Oceanien	8		43	
TOTALT OCEANIEN	3 535	13,2	4 605	17,2
TOTALT VÄST-VÄRLDEN	19 789	74,0	19 575	73,3
Sovjet	4 905	18,4	4 957	18,6
Östtyskland	148	0,5	185	0,6
Övriga Östeuropa	923	3,5	1 043	3,9
TOTALT ÖSTEUROPA	5 976	22,4	6 185	23,1
Kina	950	3,6	955	3,6
TOTALT ÖST	6 926	26,0	7 140	26,7
TOTALT VÄRLDEN	26 715	100,0	26 715	100,0

Copyright: Cobalt 87, CDI

De största konsumenterna var:

USA	25 %
Sovjet	19 %
Japan	14 %
Västtyskland	6 %
Storbritannien	6 %
Frankrike	5 %

Ett sammandrag av tabell 9:14 visar de olika blockens nettokonsumtion och inköp av primär kobolt 1987, tabell 9:15.

Tabell 9:15

Område	Primär kobolt inköp		Nettokonsumtion Co	
	Ton	%	Ton	%
Västeuropa	8 065	30,2	6 914	25,9
Nordamerika	7 554	28,2	6 988	26,2
Oceanien	3 535	13,2	4 605	17,2
Övriga	635	2,4	1 068	4,0
TOTALT VÄSTBLOCKET	19 789	74,0	19 575	73,3
TOTALT ÖSTEUROPA	5 976	22,4	6 185	23,1
Kina	950	3,6	955	3,6
VÄRLDEN TOTALT	26 715	100,0	26 715	100,0

Copyright: Cobalt 87, CDI

1.9.3 Sverige

Konsumtionen av primär kobolt i Sverige är svår att fastställa genom bestämning av tillförseln såsom skillnaden mellan import och export, då de s.k. statistiska numren inte skiljer på mycket ren kobolt som katoder/pulver och avfall och skrot med varierande kobolthalt. Genom förfrågan hos olika företag har följande uppskattningar av koboltbehovet i Sverige 1988 erhållits, tabell 9:16.

Tabell 9:16

Material	Pulver	Katoder	Oxider Salter	Återvinnings- material	Summa
Hårdmetall	120				
Stål		125			
Legeringar		60			
Övrigt	10		15		
Summa	130	185	15	160	490

Som synes utgör återvinningsmaterial en väsentlig del, ca 33 %. Enligt MPU-utredningen 1973/1975 var förbrukningen 550 ton.

1.10 Försörjning/Behov-balans

Västvärldens försörjning med primär kobolt, som helt ombesörjs av väst, fördelar sig enligt tabell 9:17.

Tabell 9:17

Land	1984	1987
Zaire	51,7	52,8
Zambia	17,7	19,8
Kanada	15,8	18,0
Finland	7,4	5,4
Japan	4,6	0,6
Övriga	2,8	3,4

Källa: CDI

Centralafrika (Zaire och Zambia) har under lång tid svarat för en stor del av försörjningen. Från 1984 till 1987 har andelen ökat från 69 till 73 %. Även Kanadas andel har ökat men däremot har Japans andel drastiskt minskat på grund av problem med råvaruförsörjningen.

Väst har också till en del försörjt öst med primär kobolt enligt tabell 9:18.

Tabell 9:18

Område	Totalt behov	Import från väst	
		ton	%
Sovjet	4 905	395	8
Östtyskland	148	148	100
Övriga Östeuropa	923	923	100
Totalt Östeuropa	5 976	1 466	25
Kina	950	680	72
Totalt östblocket	6 926	2 146	31

Östblockets beroende av väst har minskat under senare år, framför allt genom att Sovjet kunnat öka sin produktion då de fått Ni-Co-sulfid från Kuba.

1.11 Ägarstruktur

De största producenterna av primär kobolt har sammanställts i tabell 9:5. I Zaire, som är den största producenten (44 %), tillverkas kobolt av det statsägda företaget **General des Carrieres et des Mines**, Gecamines. Företaget bryter Cu-Co malm i sina gruvor Kamoto och Musonoi och förädlar i raffinaderierna Shituru och Luilu. De näst största producenterna är Zambia och Sovjet, ca 16 % vardera.

I Zambia tillverkas kobolt av det statsägda företaget **Zambia Consolida-**

ted Copper Mines Ltd, ZCCM. Brytningen av Cu-Co malm görs i deras gruvor Chibuluma och Baluba och förädlingen sker vid Chambishi och Nkana.

I Kanada är de största producenterna International Nickel Ltd, Inco (ca 6 %) och Falconbridge Ltd (ca 6 %).

Tillsammans svarar enligt ovan Zaire och Zambia för ca 60 % av världens produktion och då de överenskommit om ett gemensamt producentpris kontrollerar de marknaden.

1.12 Forskning, utveckling och internationellt samarbete

Det har funnits ett "The Cobalt Development Institute" (CDI) sedan 1957. Detta institut ombildades 1982 men har samma namn. Det är i dag en internationell organisation med en vetenskaplig inriktning utan något vinstintresse. Det är en sammanslutning av producenter och konsumenter av kobolt med följande målsättning

- att främja kobolts användning i alla former
- att vara konsult till organisationer, institutioner och regeringar beträffande forskning och undersökning av alla frågor som berör kobolt
- att förse medlemmarna med aktuell information vad gäller alla koboltfrågor inkluderande lagstiftning och affärsöverenskommelser, vilka kan påverka deras intressen
- att främja samarbetet mellan medlemmarna och att skapa ett forum för utbyte av information i frågor om malmtillgångar, produktion och användning av kobolt.

Det finns fastslaget i statuterna att institutet icke får delta i några aktiviteter, som begränsar produktionen eller fixerar priset.

Institutet har en stående kommitté för hälso- och miljöfrågor. Statistik beträffande produktion publiceras regelbundet i institutets tidskrift "Cobalt News". Vart tredje år skall institutet publicera en marknadsstudie omfattande konsumtion av kobolt i världen. Institutet är beläget i Slough i England. Det har 30 medlemmar från 14 länder inkluderande alla stora producenter.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

2.1 Koboltindustrins utveckling

Under 1950-, 1960- och 1970-talen steg konsumtionen av primär kobolt kraftigt i västvärlden, framför allt genom en stor ökning av konsumtionen för legeringar, i första hand superlegeringar, och kemikalier. Legeringar och kemikalier är de största förbrukarna. Under 1980-talet har koboltkonsumtionen (trenden) inte ökat. Behovet för legeringar har minskat ungefär lika mycket som kemikalier ökat. Hårdmetall har enligt CDIs rapport ökat, men torde till en stor del bero på att även produkter för diamantindustrin ingår. Konsumtionen för keramik har varit oförändrad och för magnetlegeringar har den minskat. Kemikalier är det snabbast växande området.

Totala behovet av primär kobolt har minskat genom ett effektivare utnyttjande av återvinningsmaterial från olika slutprodukter, dock inte från kemikalier, som i stor omfattning "försvinner". Återvinningsmaterialet går sedan till stor del tillbaka till produktion av resp. produkt.

Produktionen av primär kobolt har fluktuerat mycket beroende på att USA byggt upp strategiska lager, som senare avvecklats till stor del för att ånyo byggas upp (har höjt kvaliteten på lagret). Även kundlager har byggts upp och avvecklats.

Produktionskapaciteten har ökat under 1970-talet, men även under 1980-talet trots en stagnerande produktion, vilket hänger samman med att 1970-talets kraftiga ökning skapade förväntningar, som sedan inte infriats. Det totala kapacitetsutnyttjandet i västvärlden är i dag ca 65 %.

Överkapaciteten hos producenter utan egen råvara är mer eller mindre "frusen", då tillgången på "fri" råvara är mycket begränsad och återvinningsmaterial inte går tillbaka till produktion av primär kobolt i någon stor omfattning. Zaire, där kapacitetsutnyttjandet är ca 70 %, är det enda land som väsentligt kan öka sin produktion.

Hela västvärldens behov av primär kobolt har under lång tid täckts av västs egen produktion. Zaire-Zambia svarar i dag för 73 % av västvärldens behov.

Sovjet har på senare år kunnat öka sin produktion genom att de fått C-Ni-sulfid från Kuba, som ökat sin produktion avsevärt.

Västvärlden försörjer också östblocket med primär kobolt till en viss del.

Tabell 9:19 Östblockets import av primär kobolt 1987

Område	Import från väst av totalt behov
	%
Sovjet	8
Östtyskland	100
Övriga Östeuropa	100
Totalt Östeuropa	25
Kina	72
Totalt östblocket	31

Östblockets beroende av väst har minskat under senare år.

Prisutvecklingen på primär kobolt har varit ganska odramatisk bortsett från Zaire-krisen.

2.2 Konsekvenser för koboltindustrin

Utvecklingen av produktionen i västvärlden har lett till att väst blivit allt mer beroende av koboltproduktionen från koppar-koboltfyndigheterna i Zaire och Zambia, som tillsammans är prisledare och har kontroll av marknaden. Politiska eller andra problem (Zaire har stora transportproblem) i dessa länder skulle få förödande konsekvenser för försörjningen, vilket med all tydlighet demonstrerades vid Zaire-krisen 1978.

Producenter av primär kobolt utan egen råvara torde få en allt osäkrare framtid, då de är beroende av råvara från den "fria" marknaden, vilken är mycket begränsad. Antalet av dessa producenter har också minskat.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Prognoser

US Bureau of Mines, USBM, upprättar vart femte år för olika metaller en långtidsprognos, dels för USA och dels för övriga världen. Denna publiceras i Mineral Facts and Problems. I den senaste upplagan från år 1985 utgår man från 1983 års konsumtion och gör sedan beräkningar fram till år 2000. Inom ramen för vår utredning finns ingen möjlighet att göra någon egen fullständig ny prognos, varför vi valt att utgå från USBMs prognos och kommentera denna. USBM har studerat och beräknat konsumtionsutvecklingen för kobolt i olika form och inom olika användningsområden såsom metallisk form: transport (flygindustri), elektrisk industri, utrustning för skärande bearbetning resp. entreprenörverksamhet och gruvdrift och "övrigt" (innefattar även keramik och glas) samt icke metallisk form: färg och kemikalier.

För de olika användningsområdena har man för beräkning av USAs behov använt olika ekonomiska indikatorer, vilka visat sig ha haft god korrelation med den hittillsvarande utvecklingen, för framräkning till år 2000. En uppskattning har också gjorts av den övriga världens totala behov. För såväl USA som världen i övrigt har förbrukningen uppdelats i primärt behov och mängd återcirkulation av återvinningsmaterial. De prognosvärden, som framräknats, omfattar dels ett sannolikt värde och dels en låg och en hög prognos (prognosintervall).

Prognosen för den totala koboltförbrukningen (primär + återvinning) i USA framgår av tabell 9:20 nedan.

Tabell 9:20

Användningsområden	Förbrukning Co ton år 1983	Prognos Co ton år 2000		
		Låg	Hög	Sannolik
<i>Metallisk form:</i>				
- Transport (flyg)	2 540	4 080	5 440	4 530
- Elindustri	1 080	1 800	3 630	2 720
<i>Utrustning för:</i>				
- Skärande verktyg	570	910	1 810	1 350
- Entreprenörverk-samhet	450	680	1 590	1 120
Övrigt	200	230	1 130	680
Totalt	4 840	7 700	13 600	10 400
<i>Icke metallisk form:</i>				
- Färger	1 590	1 360	2 720	2 270
- Kemikalier	700	1 820	3 630	2 730
Totalt	2 290	3 180	6 350	5 000
Totalt	7 130	10 880	19 950	15 400

Källa: USBM

Som synes förväntas förbrukningen (sannolika prognosen) mer än fördubblas från år 1983 till 2000, vilket i dag måste betraktas som mycket optimistiskt.

I tabell 9:21 har gjorts en sammanställning av USAs, övriga världens och hela världens behov av kobolt uppdelat på primär- och återvinningsmaterial.

Tabell 9:21 (omräknad från lbs), ton Co

Område	Prognos					Sannolik årlig tillväxt (medel) 1983-2000 %
	1983	Prognosområde år 2000		Sannolik 1990 2000		
		Låg	Hög			
USA:						
Primärmtl	6 800	9 500	16 350	9 250	13 100	3,2
Återvinn.mtrl	330	1 400	3 650	750	2 300	12,0
Totalt	7 130	10 900	20 000	10 400 ¹	15 400	3,9
Övriga världen:						
Primärmtl	13 400	20 900	30 800	19 500	26 800	3,3
Återvinn.mtrl	900	1 800	3 200	1 400	2 700	6,7
Totalt	14 300	22 700	34 000	20 900	29 500	3,5
Totalt i världen:						
Primärmtl	20 200	33 400	45 400	29 000	39 900	3,3
Återvinn.mtrl	1 200	3 200	6 850	2 150	5 000	8,6
Totalt	21 400	36 600	54 400	31 300 ¹	44 900 ¹	3,7

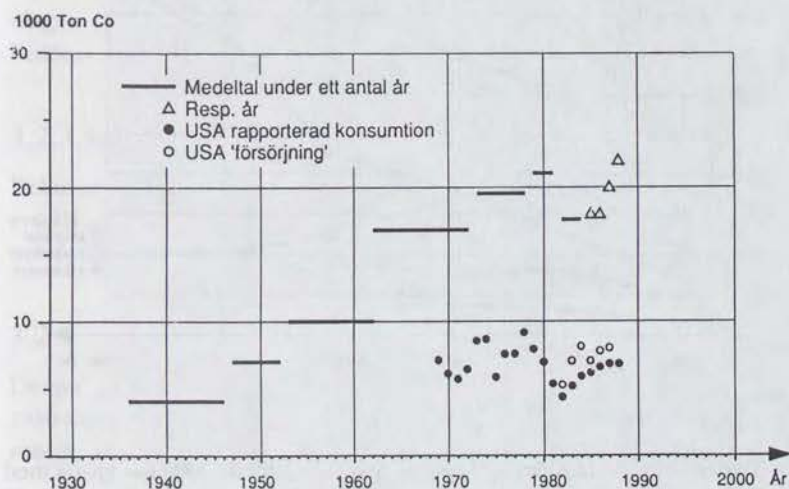
¹ Avrundningar enligt USBM.

Källa: USBM

USBM har som synes bedömt tillväxttakten för primär Co i "övriga världen" lika stor som för USA, vilket totalt ger en mycket optimistisk prognos. Andelen återvinningsmaterial var 1983 ca 5 %, men beräknas öka till ca 9 % för övriga världen och till ca 15 % för USA till år 2000.

I diagram 9:2 har USAs och västvärldens konsumtion inprickats. USAs värden åren 1969–1981 är de av industrin rapporterade. Från år 1982 anger USBM även "försörjning" som definieras: import-export + produktion + återvinningsmaterial $\pm$ lagerförändringar. Värdena för rapporterad konsumtion finns tillgängliga under en längre period.

Figur 9:2 Konsumtion av primär kobolt totalt i västvärlden och i USA



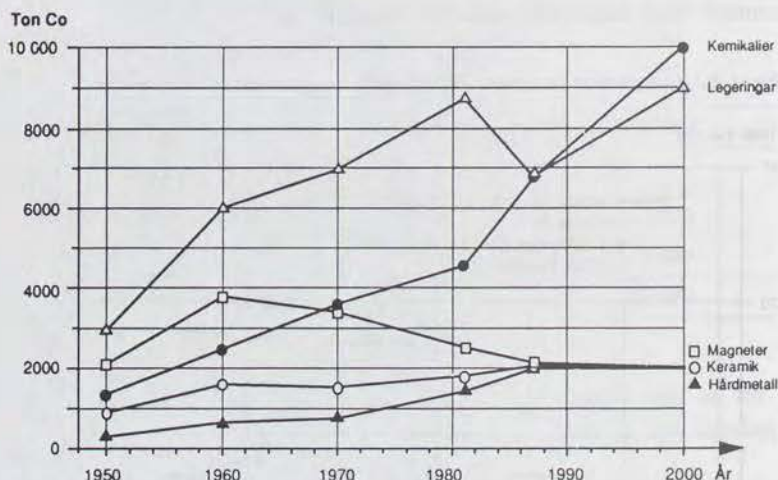
Källa: USBM (USA 1969–1987) och CDI (västvärlden 1935–1987)

Den höga ökningstakten för västvärlden under 1940-, 1950- och 1960-talen har avtagit under 1970- och 1980-talen. USAs konsumtion under 1970- och 1980-talen visar ingen påtaglig ökning.

3.2 Bedömning av världens konsumtion år 2000

I diagram 9:3 nedan har Co-konsumtionens utveckling i västvärlden, uppdelad på användningsområden, sammanställts (se avsnitt 1.9 Konsumtion, tabell 9:10).

Figur 9:3 Förbrukning av kobolt i västvärlden uppdelad på olika användningsområden



Källa: CDI
Copyright: CDI

Bedömning av de olika områdenas utveckling till år 2000 har gjorts med hjälp av några större tillverkare samt några personer med god kännedom om marknaden. Ingen av dessa har gjort några prognoser till år 2000. Vissa har inte varit villiga att lämna uppgifter, medan andra varit mycket hjälpsamma.

3.2.1 Legeringar

Denna grupp har tidigare varit den stora "förbrukaren" men har under 1980-talet minskat kraftigt. Ca 75 % av legeringarna har använts inom flygindustrin. Då en stor del av världens flygplan är i behov av omfattande reparationer eller utbyte förväntas konsumtionen öka. Konsumtionsökningen av primär kobolt kommer emellertid att hållas tillbaka av återvinning. De produkter, som används inom flygindustrin, är nämligen relativt lätta att sortera ur och återanvända vid tillverkning av superlegeringar. Vår bedömning är att koboltförbrukningen för legeringar åter kommer att öka till tidigare max. nivå, ca 9000 ton år 2000.

3.2.2 Kemikalier

Kemikalier innehållande kobolt används till ett stort antal produkter, se under avsnitt 1.9 Konsumtion tabell 9:13. Inom "kemikalier" är de största förbrukarna de som tillverkar däck (beläggning på ståltråd i radialdäck för att öka vidhäftningen), torktillsatser till tryck- och målarfärg och katalysatorer. För dessa är tillväxten stor.

Ett mycket snabbt växande område för kobolt har varit beläggning av magnetband, ljud- och videoband (kobolt tillsätts till järnoxid för att förbättra de magnetiska egenskaperna) och skivminnen för datorer (kobolt-krom). För dessa "magnetiska" tillämpningar, som utvecklats speciellt i Japan, förbrukas i dag ca 3 % av totala förbrukningen i väst. Förbrukningen förväntas öka snabbt. Behovet inom hela gruppen "kemikalier" bedöms öka till 10 000 ton år 2000.

3.2.3 Magneter

Behovet för denna grupp har minskat mycket genom att AlNiComagneter ersatts av ferritmagneter och kobolt/samarium- och järn/bor/neodym-magneter. Behovet beräknas vara oförändrat till år 2000.

3.2.4 Keramik

Denna grupp har haft en långsam tillväxt. En del av ökningen under 1980-talet beror troligen på att flera produkter rapporterats under denna rubrik. Bedömning för år 2000: 2 000 ton.

3.2.5 Hårdmetall

Här ingår förutom konventionell hårdmetall även den kobolt, som används för diamantindustrin (ca 5 % av "hårdmetall"). Förbrukningen av hårdmetall beräknas minska (se Volfram, bil. 10), men kompenseras av ökning inom diamantindustrin, varför behovet år 2000 beräknas bli oförändrat.

Tabell 9:22 Bedömning år 2000, ton Co

Område/material	1987 (enl. CDI)	2000	
Väst			
Legeringar	6 827	9 000	
Hårdmetall	2 015	2 000	
Magneter	2 145	2 100	
Keramik	2 036	2 000	
Kemikalier	6 766	10 000	
Väst totalt	19 789	25 100	ca 25 000
Öst totalt	6 926	8 700	
Totalt	26 715	33 800	ca 34 000

Det har antagits att "östs" ökning är procentuellt lika stor som "västs".

Tabell 9:23 Jämförelse med USBMs prognos år 2000

Konsumtion av primär kobolt år 1983	USBM-prognos år 2000		Vår bedömning
20 200	Låg	33 400	34 000
	Sannolik	39 900	
	Hög	45 400	

USBMs bedömning, som gjordes 1984, är mera optimistisk än den bedömning vi gjort i dag.

3.2.6 Sveriges förbrukning år 2000

Enligt MPU var Sveriges totala förbrukning av Co för hårdmetall- och stålindustrin år 1973/1975 ca 550 ton. Förbrukningen för hårdmetall-, stål- och övrig industri var år 1988 ca 490 ton (varav ca 33 % återvinningsmaterial). Förbrukningen förväntas bli oförändrad år 2000.

3.3 Produktion

Med den konsumtionsökning, som bedömts enligt ovan, kan världen försörjas inom ramen för befintlig kapacitet. Om konsumtionen skulle bli högre än den bedömda, krävs att de raffinaderier, som i dag inte har tillräckligt med egen råvara, får tillskott. Kuba, som för närvarande levererar hela sin produktion av Ni-Co-sulfid till Sovjet, planerar emellertid att öka sin produktion väsentligt under 1990-talet, så att de även kan leverera till väst. En konsumtionsökning utöver den bedömda kan då bli möjlig. Kuba har också planer på att ytterligare förädla sin Ni-Co-sulfid.

3.4 Pris

Priset på primär kobolt har, bortsett från "Zaire-krisen", varit relativt stabilt. Zaire/Zambia, vilka är prisledare, har valt en prispolicy, som inte alltför mycket skall uppmuntra till substitution.

Priset under 1990-talet kommer i första hand att vara beroende av leveranssäkerheten från Zaire och Zambia, som svarar för en stor del av världens försörjning. Båda dessa länder har en besvärlig ekonomisk situation, bekymmer med transporter och elförsörjning, brist på reservdelar (administrativa problem). Zaire har dessutom för närvarande en allvarlig konflikt med Belgien, som tidigare under lång tid givit dem tekniskt och administrativt stöd. Vad som sagts ovan ger anledning till oro beträffande leveranssäkerheten.

4 Sammanfattning och slutsatser

4.1 Sammanfattning

Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talen har sammanfattats i avsnitt 2. Konsumtionen av primär kobolt i världen år 2000 har bedömts till 34000 ton, vilket motsvarar en ökning med 25 % från 1987. USBMs bedömning från 1984 är betydligt högre, 40 000 ton (sannolik prognos).

Vår bedömning baserar sig dels på en fortsatt stark ökning av kemikalier, dels på en ökning av superlegeringar. Dessa minskade under 1980-talet, men beräknas nu åter öka genom behov inom flygindustrin (förnyelse av flygplansflottan).

Den förväntade konsumtionsökningen kan täckas med befintlig kapacitet. Ytterligare ökat behov kräver emellertid tillskott av råvara för att kunna utnyttja reservkapaciteten hos de raffinaderier, som saknar egna råvaror.

Tillskott av råvara beräknas på sikt kunna fås från i första hand Kuba, som i dag levererar all sin produktion av Ni-Co-sulfid till Sovjet. Kuba har också planer på att ytterligare förädla sin produkt.

Priset på kobolt beräknas även i framtiden bli relativt stabilt om leveranssäkerheten från Zaire och Zambia kan upprätthållas. Dessa länders interna svårigheter ger dock anledning till viss osäkerhet. Störningar leder till prishöjningar.

Världens tillgångar beräknas räcka under lång tid. Sverige har inga brytvärda tillgångar. Förutsättningarna att finna brytvärda koboltfyndigheter i Sverige bedöms som mindre gynnsamma.

4.2 Slutsatser

Mot bakgrund av att

- Co har en relativt måttlig konsumtionsutveckling
- Co finns tillgängligt i världen i kända reserver under lång tid
- Co-priset inte kan förväntas öka väsentligt under normala marknadsförhållanden
- Zaire/Zambia har en dominerande ställning och ett lågt kostnadsläge och därför kan kontrollera priset
- förutsättningarna att finna brytvärda koboltfyndigheter i Sverige bedöms som mindre gynnsamma

kan man inte rekommendera en satsning på prospektering efter kobolt. Om man däremot finner att prospektering skall göras efter Cu, Ni eller V är det motiverat att även ta med Co.

Ur beredskapssynpunkt är det naturligtvis otillfredsställande att i så hög grad vara beroende av Zaire/Zambia. För Sverige är det viktigt att ha tillgång till Co, då vi har en mycket framstående hårdmetall- och stålindustri, som 1988 förbrukade ca 490 ton Co. Dessa industriers totala fakturering 1988 var ca 7,3 GSEK varav 6,7 GSEK på export, vilket motsvarar ca 2,2 % av Sveriges totala export.

Cu-Co-fyndigheten i Kiskamavaara bedömdes i maj 1984 inte brytvärd förrän priset ökat väsentligt. Förutsättningarna att i en direkt nödsituation utvinna Co (tillsammans med Cu) i Kiskamavaara bör utredas. Följande tillverkningsgång kan tänkas: Brytning av malmen i dagbrott, transport till Viscaria (4 mil) och anrikning (prov har visat att malmen är relativt lätt anrikad) samt därefter transport av sligen till Outokumpu OY för förädling till katoder resp. finkornigt Co-pulver. Möjligheten att använda bakerielakning för anrikning bör även utredas.

Referenser

1. COBALT 87: A Market Research Study. Published by The Cobalt Development Institute (CDI), 25 Oct. 1988. ix + 25 pp.
2. Malmer och metaller MPU: SOU 1979:4. Bilaga 8: Kobolt s.499–511.
3. Minerals Facts and Problems: 1980 and 1985, Editions. US Bureau of Mines.
4. Mineral Yearbooks: 1969–1987, Chapter: Cobalt. US Bureau of Mines, Washington, DC.
5. Staff, Bureau of Mines. An appraisal of minerals – Availability for 34 commodities. BuMines Bull 692, 1987. Cobalt, 65–72 p., 8 ref. Nickel 201–209 p., 5 ref.
6. J.L. Ritchey, Cobalt-rich manganese crust in the U.S. exclusive economic zone: A potential source of strategic metals. Minerals and Materials. A Bimonthly Survey, Oct–Nov 1988. US BuMines. 13–24 pp, 12 ref.
7. K.Käärrik, Co – kobolt, livsviktigt för naturen och tekniken. Kemisk Tidskrift 1976:10. 1 s.
8. Untersuchungen Über Angebot und Nachfrage mineralischen Rohstoffe. Band XI – Kobalt, 1978, 251 S. Band X – Nickel, 1978, 347 S. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
9. J. Priem und Eberhard Wettig: Cobalt substitution in Denmark, The Federal Republic of Germany, France, Ireland and the Netherlands. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin, 1980, 116 S.
10. Intern. Conf. on Cobalt: Metallurgy and Uses, Brussels, November 10–13, 1981. Benelux Metallurgie and Centre d'Information des Métaux non Ferreux.
11. Cobalt Metallurgy and Uses. Second Conference, Venice, Sept. 30, Oct. 1–2-3, 1985. Cobalt Development Institute. 515 pp.
12. R.N. Crockett, International strategic minerals inventory. Summary report – Cobalt. US Geological Survey Circular 930/F, 1985, vi + 54 pp.
13. C.P. Mishra, et al. Cobalt availability – Market economy countries: A mineral availability program appraisal. BuMines IC 9012, 1985, vi + 32 pp.
14. M.E. Kukura, et al. Development of the UOP process for oxide silicate ores (=laterites) of Nickel and Cobalt. Mineral Sciences Division, Universal Oil Products Inc. Tuscon, Arizona. 26 pp. 20 ref.
15. M. Jones, Cobalt Market: 1985 Review and Outlook, 115th TMS Annual meeting, March 1986, New Orleans, La.

16. C.E. Jordan, Processing technologies for extracting cobalt from domestic resources. BuMines IC 9176, 1988 23 pp, 33 ref.
18. L-G. Ohlsson, Manuskript. Kobolts geologiska uppträdande och fyndigheter i Sverige, Luleå, 88-12-28, 6 s.

Ordlista

Förklaringar till viss geologisk nomenklatur (i bokstavsordning)

Breccia:	Kan vara tektonisk eller vulkanisk. Tektoniska breccior bildas vid förkastningar och överskjutningar genom mekanisk sönderbrytning av berggrunden, så att större och mindre, kantiga bitar uppkommer. Vulkaniska breccior utgörs av relativt grova kantiga bergartsbitar, som bildats i samband med explosiv vulkanism.
Impregnation:	Malmmineral uppträdande i en fin fördelning i bergartsmassan
Larsbo-seriens sediment:	En serie sedimentära bergarter (huvudsakligen glimmerskiffer) i områden mellan Norberg och Smedjebacken
Likvid- magmatisk:	Bildad genom kristallisation och differentiation av en magma
Paragenes:	Beteckning för dels mineralens sätt att i ett givet fall förekomma tillsammans i naturen, dels själva den genetiska enheten av ifrågavarande mineralsällskap eller -association
Sedimentär:	Sägs om en bergart som bildats genom avlagring av mer eller mindre finfördelat material, vilket avskilts ur vatten eller luft. Bergarten är vanligen skiktad och sorterad.
Stratiform:	Sägs om en bergart eller malm som uppträder parallellt med lagringen
Ultrabasisk:	Magmatisk bergart med lägre kiseldioxid-halt än en basisk bergart
Vulkanisk/sedimentär bergartssekvens:	En serie av bergarter av vulkaniskt och sedimentärt ursprung
Vulkaniter:	Bergarter av vulkaniskt ursprung

Volfram

av bergsingenjör *Curt Dahlin* och tekn lic *Kaljo Käärrik*,
tidigare Sandvik AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	315
1.1	Egenskaper	315
1.2	Förekomstsätt och geologiska förutsättningar	315
1.2.1	Mineralogi	315
1.2.2	Geologiskt uppträdande	316
1.2.3	Svenska volframmineraliseringar	317
1.2.4	Sveriges förutsättningar	318
1.3	Råvarutillgångar i världen och i Sverige	318
1.3.1	Reserver	318
1.3.2	Identifierade reservers livslängd	320
1.4	Användningsområden	320
1.5	Konkurrerande råvaror och material	321
1.6	Framställningsteknik	322
1.6.1	Anrikning	322
1.6.2	Tillverkning av APT	325
1.6.3	Tillverkning av volfram, volframkarbid och ferrovolfram	324
1.6.4	Återvinning	325
1.7	Produktion	326
1.8	Konsumtion	331
1.8.1	Konsumtion i världen	331
1.8.2	Sveriges konsumtion	336
1.9	Försörjning/Behov-balans	336
1.10	Handel	336
1.11	Prissättning, priser	339
1.12	Ägarstruktur	342
1.13	Forskning, utveckling och internationellt samarbete	342
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	344
2.1	Volframindustrins utveckling	344
2.2	Konsekvenser för volframindustrin	345

3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	347
3.1	Prognoser	347
3.2	Bedömning av världens konsumtion år 2000	349
3.2.1	Västvärlden	350
3.2.2	Östvärlden	351
3.3	Sveriges förbrukning	352
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	353
4.1	Sammanfattning	353
4.2	Slutsatser	354
	<i>Referenser</i>	355
	<i>Ordlista</i>	356

1 Faktaavsnitt

Volfram, kemisk beteckning W, framställdes första gången 1783, men har först på 1900-talet fått större ekonomisk och strategisk betydelse genom dess användning till hårdmetall, legerat stål, superlegeringar och produkter för el- och elektronikindustrin samt ammunition.

1.1 Egenskaper

Volfram har

- mycket hög densitet, $19,3 \text{ g/cm}^3$, en av de högsta
- extremt hög smältpunkt, 3410°C , den högsta av alla metaller
- låg utvidgningskoefficient
- stor draghållfasthet vid hög temperatur, den högsta av alla metaller över 1650°C
- stort motstånd mot korrosion
- god termisk och elektrisk ledningsförmåga.

Volfram bildar med kol karbiderna WC och W_2C , vilka har stor hårdhet och slitstyrka.

Volfram har unika egenskaper i vissa legeringar vid höga temperaturer.

1.2 Förekomstsätt och geologiska förutsättningar

Källa: Manuskript Lars Göran Ohlsson, SGAB

Viss geologisk nomenklatur har förklarats i ordlistan i slutet av bilagan.

Volfram har påträffats på alla kontinenter.

1.2.1 Mineralogi

Volframs mineralogi är enkel. Endast ett tjugotal mineral som innehåller volfram har konstaterats. Av dessa är det enbart scheelit samt de tre mineralen i volframitgruppen, som har någon större ekonomisk betydelse.

Huebnerit	MnWO_4	(0 -20 atomv.-% Fe)
Volframit	$(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$	(20-80 atomv.-% Fe)
Ferberit	FeWO_4	(80-100 atomv.-% Fe)
Scheelit	CaWO_4	

1.2.2 Geologiskt uppträdande

Ur genetisk synpunkt kan volframmineraliseringar delas upp i fem huvudtyper:

1. *Kontinental vittringsmalmer* karakteriseras av att volframinnehållet har ett exogent ursprung, dvs. de är bildade genom vittring av "primära" mineraliseringar.

2. Ur ekonomisk synpunkt har de till olika typer av *gångar* knutna volframmineraliseringarna stor betydelse.

Volframförande *pegmatitgångar* är kända från bl.a. USA och Kina. Som regel är de oregelbundet mineraliserade. Förutom de normala pegmatitmineralen uppträder scheelit och/eller volframit samt också mer speciella mineral som beryll, flusspat och kassiterit.

Volframförande *greisenmineraliseringar* är relativt vanligt förekommande. De är knutna till sura intrusiv och uppträder antingen i dessa eller i deras randzon. Mest kända är kanske de klassiska tennvolframförekomsterna i England (Cornwall).

Volframförande *hydrotermala gångmineraliseringar* har stor ekonomisk betydelse. Mineraliseringarna utgörs vanligen av kvarts- och/eller kalcitfyllda gångar, vilka innehåller scheelit och/eller volframit samt stundom också sulfidmineral. Betydande fyndigheter finns bl.a. i Kina, USA, Sovjetunionen, Australien och Portugal.

3. *Epigenetiska "replacement" mineraliseringar* anses ha bildats som ett resultat av hydrotermala lösningars reaktion med företrädesvis sedimentära bergartsled (vanligen karbonatstenar). De mineraliserade lösningarna var troligen direkt eller indirekt knutna till intrusionen av sura magmor. Malmtypen är vanligt förekommande och har stor ekonomisk betydelse. Exempel på mer kända fyndigheter är Pine Creek i USA; King Island i Australien; Canada Tungsten vid Flat River i Kanada; Brejui, Barra Verde och Boca de Lago i Brasilien; Sangdong i Korea samt Yxsjöberg i Sverige.

4. *Stockwork-mineraliseringar* uppträder som sprickfyllnader och impregnationer (Climax i USA).

5. *Exhalatitvulkanogena mineraliseringar* kan generellt delas upp i proximala och distala fyndigheter.

De proximala fyndigheterna karakteriseras av en utbredd sidostensomvandling. Miljön utmärks av explosionsartad sur vulkanism samt subvulkanisk plutonism. Ett numera klassiskt exempel på denna typ av volframförekomst är Felbertal i Österrike.

Distala volframmineraliseringar uppträder i s.k. "back-arc basin" miljöer. De mineraliserade horisonterna uppträder ofta i anslutning till kemiska avsättningar som chert, kalksten eller dolomit. Scheelitmineraliseringarna i Broken Hill (Australien) anses vara av denna typ.

1.2.3 Svenska volframmineraliseringar

De svenska volframtillgångarna domineras helt av epigenetiska "replacement" mineraliseringar. Dock förekommer också ett antal gångmineraliseringar samt "greisenmineraliseringar". I huvudsak finns de kända svenska volframmineraliseringarna lokaliserade till två provinser: Bergslagen och S. Norrbotten-Västerbotten. Den omfattande prospektering efter legeringsmetaller, vilken gjordes under slutet av 1970-talet, resulterade i att ett flertal fyndigheter hittades.

Den mest betydande förekomsten är *Yxsjöbergsfyndigheten*, som utgörs av tre malmkroppar (Nävergruvan, Finngruvan och Kvarnåsen), vilka ligger inom samma karbonatstenshorisont som veckats i en synform och en anti-form. De ekonomiskt viktiga mineralen är *scheelit*, kopparkis och flusspat. Volframhalten i de olika malmerna varierar mellan 0,25 och 0,4 % W. Finngruvans och Kvarnåsengruvans mineraliserade skarn övergår mot djupet i karbonatsten. Kvarvarande kända malmreserv, som huvudsakligen tillhör Nävergruvan, kan beräknas till ca 2 500 ton W. Karbonatstenen och skarnkropparna uppträder inlagrade i en mäktig sekvens av vulkaniska ryoliter.

Elgfallets scheelitmineralisering bröts under en kortare period under 1970-talet. Fyndigheten ligger i en antiklinalveckad suprakrustalrest inom ett yngre granitmassiv. Den är relativt fattig (ca 0,25 % W) och de kända reserverna är i huvudsak utbrutna.

Wigströmsgruvan var i drift under ett par år på 1970-talet. Malmen utgjordes av en förskarnad karbonatsten i kontakt med en yngre granit. Halten varierade mellan 0,25 och 0,3 % W. Den kända malmreserven är utbruten.

Sanduddenfyndigheten utgörs av förskarnade och mineraliserade karbonatstenshorisonter i nära anslutning till en yngre granit. En mindre provbrytning gjordes under 1970-talet.

Förutom de ovan beskrivna epigenetiska "replacement" mineraliseringarna finns ett mycket stort antal, ofta relativt små, fyndigheter av denna typ: Gussarvshytan, Bersen, Flatenberg, Grantorpsgruvan, Kolheden, Snöån, Stimmerbo, Orabäcken, Valdemarsgruvan, Torrbo, Sälktjärn, Tjärns, Båstens, Björntjärn, Laggarrudden, Skommarberget, Hörken, Oraberget och Gänsgruvan.

Baggetorps volframalm bröts under perioden 1944–1953. Fyndigheten utgörs av en kvartsgång med volframit, molybdenglans samt i mindre omfattning svavelkis och kopparkis. Mineraliseringen intruderar gnejs av sörm-landstyp.

Volframmineraliseringar av greisentyp uppträder i, och i anslutning till flera graniter (Tyfors, Starvbäcken och Stabburbäcken).

Svaga scheelitmineraliseringar förekommer relativt ofta i samband med sulfidmalmer i Skelleftefältet, Bergslagen och Norrbotten. Som regel uppträder scheeliten i smala kvartsgångar eller som impregnation i sulfidmalmen (Stollberg, Saxberget, Blyberg, Boliden, Långdal, Åkulla, Kristineberg, Lainijaur och Liikavaara).

1.2.4 Sveriges förutsättningar

Sammanfattningsvis kan man säga att ur geologisk/mineralogisk synpunkt bör Sverige ha goda förutsättningar att finna volframfyndigheter, då vår berggrund liknar den som finns i exempelvis Kanada, där stora och rika fyndigheter hittats. Man bör dock hålla i minnet att Sveriges yta endast är 5 % av Kanadas och att hittills har vi endast hittat en fyndighet av någon betydelse, nämligen Yxsjöberg, med en medelhalt på 0,29 % W och ett totalinnehåll på 17 000 ton W. Övriga fyndigheter har också hållit låg W-halt och dessutom haft mycket begränsad volym. De intressantaste områdena för prospektering är Bergslagen och Arjeplog-området.

Volframmineral kan inte prospekteras med geofysiska metoder, då de inte är magnetiska eller elektriskt ledande. Om de skall upptäckas med dessa metoder måste volfram förekomma tillsammans med andra mineral, som reagerar på dessa metoder. De metoder som kan användas är de geokemiska. Härvid uttas prover dels 0,5 m under markytan, dels från prover av morän erhållna genom borrhning ned till berget. Analysen kan i dag snabbt och billigt bestämmas med modern apparatur.

1.3 Råvarutillgångar i världen och i Sverige

1.3.1 Reserver

Uppskattningar av världens reserver, även uppdelade på olika länder, finns i olika publikationer. Reserver definieras som ekonomiskt brytbara vid tidpunkten för bestämningen. Reservbas omfattar även de marginellt ekonomiskt brytbara.

Tabell 10:1 Världens reserver, tusen ton volframminnehåll

År	Reserv	Reservbas	Källa
1973	1780		MPU: US Bureau of Mines (USBM), 1975
1975	1817		ITE 1975
1977	1820		MPU: Mineral Commodity Summaries
1977	2033	3396	Bundesanstalt für Geowissenschaft und Rohstoffe, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
1979	2586		USBM: Mineral Facts and Problems 1980
1980		3280	Minerals Handbook 1984-85
1981	2635		ITE 1981
1982	2903		W.E.Lamprecht och W.Fairhurst, Stahl und Eisen 1982
1983	2800	3500	USBM: Mineral Facts and Problems 1985
1984/			
1985	2798	3500	Minerals Handbook 1988-89
1988	2656	3545	USBM, ej publicerad

Enligt uppgift från USBM ökade reserverna från 1973 till 1979 genom en mycket omfattande prospektering. Därefter har prospekteringen mer eller mindre upphört, varför reserverna varit konstanta. Priset på volfram har från 1979 till 1988 sjunkit till mindre än hälften. Enligt USBM har emellertid reserverna inte omräknats, då det låga priset orsakats av Kinas agerande på marknaden och representerar därmed inte normala förhållanden. I tabell 10:2 har olika länders reserver resp. reservbas sammanställts.

Tabell 10:2 Världens reserver och reservbas 1983¹ och 1988² av volfram

Land	Reserver 1000 ton W			Reservbas 1000 ton W		
	1983	1988	%	1983	1988	%
Nordamerika:						
USA	150	150	6	290	210	6
Kanada	480	350	13	670	493	14
Mexico	8	8	—	20	20	—
Övriga	—	—	—	5	5	—
Totalt	640	508	19	985	730	20
Sydamerika:						
Bolivia	45	45	2	70	110	3
Brasilien	20	20	1	20	20	—
Övriga	15	15	—	20	20	—
Totalt	80	80	3	110	150	4
Europa:						
Österrike	15	15	2	20	20	2
Frankrike	20	20		20	20	
Portugal	40	25		40	26	
Sovjet	280	280	10	490	490	14
Storbritannien	70	70	3	70	70	2
Övriga	25	25	1	25	25	—
Totalt	450	435	16	665	650	18
Afrika:						
Ruanda	5	5	—	5	5	—
Zimbabwe	5	5	—	5	5	—
Övriga	10	10	—	10	10	—
Totalt	20	20	1	20	20	—
Asien:						
Burma	15	15	—	15	34	1
Kina	1200	1200	45	1230	1560	44
Nordkorea	80	80	3	100	100	3
Sydkorea	58	58	2	60	77	2
Malaysia	17	17	—	20	20	—
Thailand	30	30	1	30	30	1
Turkiet	65	65	2	70	70	2
Övriga	5	5	—	10	10	—
Totalt	1470	1470	55	1535	1900	53

Land	Reserver 1000 ton W			Reservbas 1000 ton W		
	1983	1988	%	1983	1988	%
Oceanien:						
Australien	130	130	5	140	150	5
Övriga	10	10	–	10	10	–
Totalt	140	140	5	150	160	5
Totalt världen	2800	2656	100	3500	3545	100
Marknadsekonmiländer 1988			42 %			39 %
Planekonomiländer 1988			58 %			61 %

Källa: ¹ USBM: Mineral Facts and Problems, 1985

² USBM: Mineral Commodity Summaries, 1989

Tabell 10:3 Reserver 1988

Länder med de största reserverna 1988	%	Reserver i länder med planekonomi 1988	%
Kina	45	Kina	45
Kanada	13	Sovjet	10
Sovjet	10	Nordkorea	3
USA	6		
Australien	5		
Summa	79	Summa	58

Planekonomiländernas andel har minskat från 69 % år 1973 till 58 % i dag.

Sveriges reservbas (Yxsjöberg) är ca 2 500 ton W, dvs. 0,09 % av världens. Det finns inga reservbaser i Finland eller i Norge.

1.3.2 Identifierade reservers livslängd

Källa: Minerals Handbook 1988–89, baserat på USBMs uppgifter

Identifierade reserver omfattar alla kända reserver, även de i dag oekonomiska. Vid en produktionsnivå motsvarande 1985/1986 års nivå räcker volfram i ca 60 år. Reserverna kan också förväntas öka genom att nya fyndigheter upptäcks och att kunskaper om existerande fyndigheter ökar. Om de identifierade reserverna ställs mot den ackumulerade förbrukningen 1987 till år 2000, enligt USBMs prognos 1985 (optimistisk), blir dessa 3,5 ggr större än behovet.

1.4 Användningsområden

Största användning av volfram är inom hårdmetallsektorn, där volframkarbidens egenskaper utnyttjas. Till denna grupp hör hårdmetall för skärande bearbetning, för bergbörning (berg, mineral, olja, gas) och för slit-

detaljer ("slitdelar"), dvs. verktyg för kall- och varmastukning, "varmvalsar", dragskivor, kniv- och slitsverktyg samt dessutom diverse slitdetaljer inom alla industriområden. Liknande tillämpning som slitdelar är detaljer som genom hårdsvetsning belagts med W_2C/WC .

Valsade, smidda och dragna produkter av ren W-metall är nästa stora sektor med tillämpningar inom el- och elektronikindustrierna, exempel glödtråd i lampor, elektroder i rör för elektronik tillämpning etc. Valsade produkter används även till sköldar för skydd mot värme- och radioaktiv strålning.

Volfram som legeringsmetall är också av stor betydelse för snabbstål (borrar, gängverktyg, fräsar, pinnfräsar etc.). I verktygsstål (formande och klippande verktyg) ingår också lägre halter.

Superlegeringar med hög hållfasthet vid hög temperatur för flygindustrin samt övriga metallegeringar är en annan betydelsefull grupp.

Volfram ingår också i olika kemikalier och produkter för icke metallurgiska tillämpningar, t.ex. katalysatorer samt beståndsdelar i lacker.

1.5 Konkurrerande råvaror och material

Genom att volfram under hela 1900-talet varit en "osäker" metall (mycket fluktuerande pris, bristsituationer) har intresset för substitution varit stort.

Snabbstål med 18 % W var tidigt den stora förbrukaren av volfram. I USA utvecklades emellertid nya sorter, där volfram ersattes med Mo (molybden), som då var en mycket "stabilare" metall än volfram och som dessutom USA hade stor tillgång av. I USA håller i dag den vanligaste sorten 8,5 % Mo och 1,5 % W och i Europa är den vanligaste sorten 5 % Mo, 6 % W och 2 % V (vanadin). Sovjet använder fortfarande den "gamla" sorten, 18 % W. Kvalitativt är sorterna likvärdiga genom anpassning av värmebehandlingen, varför inverkan på förbrukningen förväntas bli marginell. I verktygsstål är i dag medelhalten av W under 1 %. Utvecklingen går mot ytterligare minskad användning av W, då nya sorter främst baserade på Mo, Cr (krom) och V utvecklas. Övergången bestäms dock av tillgången på V.

Inom hårdmetallindustrin har för vissa tillämpningar för skärande bearbetning utvecklats material som inte innehåller W. I början av 1970-talet påbörjades i Japan utveckling av s.k. cermets, baserade på titan. I dag består dessa av titankarbid och titannitrid med nickel och kobolt som bindemedel. Cermets, som är relativt sprött, har speciellt fått användning vid finbearbetning, där goda resultat erhållits. Cermets svarar i dag för ca 25 % av alla vändskär i Japan. I övriga västvärlden används cermets hittills i mindre omfattning, ca 5 %.

Keramiska material, keramer för vändskär, har också utvecklats.

Tabell 10:4 Keramiska material för skärande bearbetning

Keram	Sammansättning	Användningsområde	Anmärkning
Renkeramik	Aluminiumoxid Al_2O_3 , 80–97 %, + zirkoniumoxid ZrO_2	Bearbetning gjutjärn, bromstrum-mor, bromsskivor	Sedan länge etablerat material
Blandkeramik	Aluminiumoxid Al_2O_3 , ca 25 vikts % titankarbid, titannitrid	Hårda material, exv härdat stål	Sedan länge etablerat material
Kiselnitrid	Kiselnitrid, Si_3N_4 95 %, och Al_2O_3	Samma tillämpning som renkeramik, har bättre motstånd mot mekanisk och termisk belastning	Ökar på bekostnad av renkeramik,
Sialon	Kiselnitrid med tillsats Al_2O_3 , yttri-umoxid och aluminiumnitrid AlN	Bearbetning varmhållfasta material, kan köras med 5–10 ggr högre skärhastighet relativt hårdmetall	Nyutvecklade
Aluminiumoxid "armerad" med s.k. whiskers av kiselkarbid		Som Sialon, kan köras med 15–20 ggr högre hastighet relativt hårdmetall. Dessutom bearbetning av härdat stål	Nyutvecklade

På grund av sin sprödhet och termochockkänslighet har keramer inte använts vid bearbetning av stål, som utgör det helt dominerande arbetsmaterialet, ca 75 %. Med Sialon och "armerad" Al_2O_3 har vid bearbetning av varmhållfasta material (superlegeringar), som används till flygmotorer, betydligt högre skärhastigheter kunnat användas än med hårdmetall. Keramer svarar för 2–3 % av förbrukningen av vändskär i västvärlden.

PDC – Poly crystalline Diamond Compact – används vid skärande bearbetning av icke järnbaserade material såsom aluminium, fiberförstärkt plast etc., där skäreggstemperaturen är låg men kravet på nötningsmotstånd högt samt vid oljeborring.

CBN – Cubic Boron Nitride – används för bearbetning av härdat stål. PDC och CBN är mycket dyra, pris ca 10 ggr hårdmetallens, och svarar för mindre än 1 % av vändskärsmarknaden.

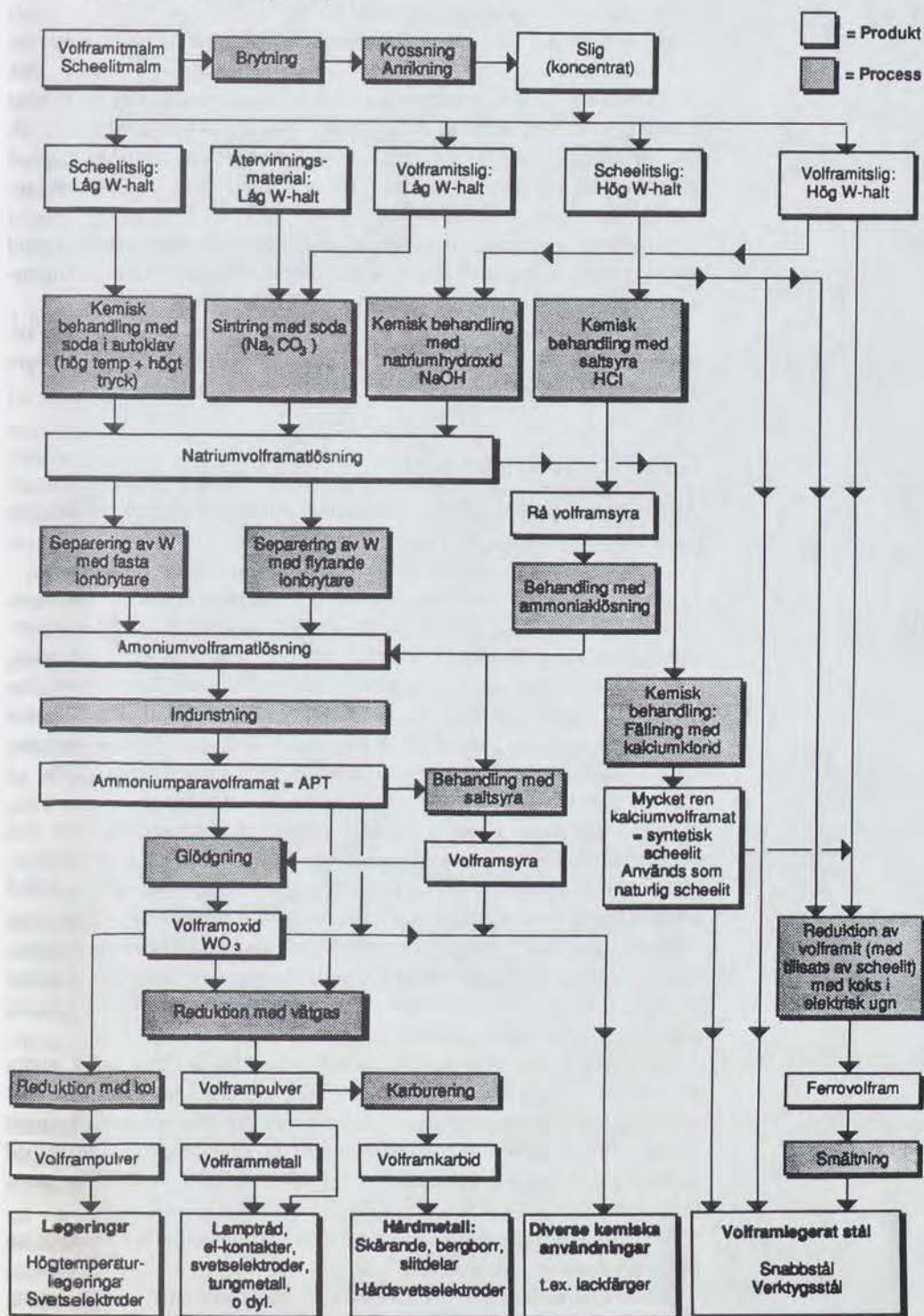
1.6 Framställningsteknik

1.6.1 Anrikning

Volframalm bryts i de flesta fall i underjordsgruvor, men dagbrott förekommer också. Malmens halt av W varierar kraftigt från gruva till gruva, 0,07–2 % W. Den anrikas till en slig av scheelit eller volframit vanligen med halter på 65–74 % WO_3 (volframoxid) = 52–59 % W. I samband härmed utvinns också i vissa gruvor biprodukter som molybden, koppar, tenn, vismut, guld och antimon.

För sortering före anrikning har nya helt automatiska utrustningar konstruerats baserade på färg och röntgenabsorption. Härvid sorteras den grovkrossade malmen på färg och på volframmineralens förmåga att absor-

Figur 10:1 Produktionsprocess för volfram



bera röntgenstrålar. Denna metod har tillämpats vid Mount Carbine-gruvan i Australien, vars malm endast håller 0,07 % W.

Vid anrikningen används antingen våtmekanisk anrikning, som länge var den enda metoden, eller flotation, eller en kombination av dessa. Den första metoden utnyttjar volframmineralens höga densitet. För att få högt utbyte (vid våtmekanisk anrikning) krävs att mineralet är grovkornigt och inte för sprött och att det vid malning faller sönder i sina naturliga fogar så att s.k. halvkorn (mineral+gråberg) inte uppstår. Vid våtmekanisk anrikning nås ett utbyte av ca 70 %.

Vid spröda, finkorniga scheelitmalmer har man använt flotation, varvid en hög- och en låghaltig slig (ca 30 % WO_3) erhållits. Med flotationsmetoden har betydligt högre utbyten uppnåtts, 80–85 %.

Vid svåränrikade malmer har man valt att optimera utbytet genom anrikning till 10–30 % WO_3 och därefter kemisk behandling. Betydligt högre utbyte har därvid nåtts från malm till APT (ammoniumparavolframmat).

1.6.2 Tillverkning av APT

APT tillverkas genom kemisk bearbetning, som baserar sig på två karakteristiska kemiska egenskaper hos volfram.

1. *I stark saltsyrahaltig lösning bildar volfram svårlöslig volframsyra.*

Vid behandling av scheelitslig med saltsyra bildas svårlöslig volframsyra, som tillsammans med gråberg kallas rå volframsyra, och löslig kalciumklorid. Den råa volframsyran filtreras ifrån och behandlas med ammoniak, varvid volframsyran löses och gråberg kan filtreras bort. Den bildade lösningen av ammoniumvolframmat indunstas, varvid APT erhålls. Om ren volframsyra önskas, vilken används för vissa produkter, behandlas ammoniumvolframmatlösning eller APT med saltsyra, varvid volframsyra utfälls.

2. *I alkaliska lösningar bildar volfram lösliga volframater.*

Denna egenskap utnyttjas på flera olika sätt. Volframitslig med hög W-halt behandlas med NaOH (natriumhydroxidlösning), varvid natriumvolframmatlösning erhålls. På samma sätt kan man också behandla oxiderat (rostat) återvinningsmaterial från hårdmetall. Vid behandling av låghaltiga volframitsliger, återvinningsmaterial och olika rester med höga föroreningshalter används sintring med Na_2CO_3 (soda) som ger ett "mildare" angrepp än NaOH. Härvid utlöses mindre mängd av föroreningar. Genom lakning med vatten erhålls natriumvolframmatlösning.

Vid den s.k. autoklav-soda-metoden (utvecklad i USA under andra världskriget) behandlas slig med sodalösning vid hög temperatur och högt tryck. Metoden är speciellt lämplig vid slig med låg W-halt och har kommit allt mer till användning vid den ovan beskrivna optimeringen av utbytet vid anrikning och kemisk behandling. Det är en trend i världen för detta förfarande.

Den på olika sätt enligt ovan framställda natriumvolframmatlösningen rensas och vidarebehandlas på olika sätt.

Den traditionella metoden har varit att fälla volframmat med kalcium-

klorid, varvid mycket rent kalciumvolframat, syntetisk scheelit, erhålls. Denna använd som naturlig scheelit.

För att undvika omvägen över syntetisk scheelit har två nya metoder för framställning av APT direkt ur natriumvolframatlösningen utvecklats. Dessa är antingen separering av volfram med flytande jonbytare (vätske-vätskeextraktion) eller separering med fasta jonbytare. Den sistnämnda metoden har på senare år utvecklats i Kina. Efter separering tillförs ammoniaklösning, varvid ammoniumvolframatlösning erhålls. Denna indunstas till APT. Den miljövänligaste metoden är "autoklav.-soda" kombinerad med fasta jonbytare.

1.6.3 Tillverkning av volfram, volframkarbid och ferrovolfram

Ur APT utvinns W antingen direkt genom reduktion med vätgas eller först genom glödgning till WO_3 , som sedan reduceras med vätgas eller kol beroende på användning. Volframkarbid för hårdmetall framställs genom blandning av W och sot och efterföljande karburering (hög temperatur). Mycket grov volframkarbid framställs genom direkt karburering av WO_3 med kol.

Smält volframkarbid (fused carbide) är en blandning av WC och W_2C som tillverkats genom smältning av W och WC.

FeW (ferrovolfram) produceras från volframit med tillsats av scheelit genom reduktion med kol. Vid framställning av W-legerade stål med låg W-halt används ferrovolfram. Vid tillverkning av snabbstål används ferrovolfram, volframhaltigt återvinningsmaterial 30–50 % (skrot), (snabbstålsprodukter, diverse W-produkter som tråd, stång och hårdmetall) och naturlig eller syntetisk scheelit. Vad som används beror på tillverkningsmetod och i hög grad på priset och tillgången.

1.6.4 Återvinning

Intresset för återvinning av diverse material (återvinningsmaterial) innehållande volfram har alltid varit stort på grund av priset. Vad det används till bestäms av priset i förhållande till primära råvaror. Intresset för återvinning är störst vid höga priser på primära råvaror och lägst vid låga priser, eftersom återvinningsmaterial oftast inte går ned lika mycket som priset på primära råvaror motiverar.

Inom hårdmetallsektorn har under lång tid förbrukade slutprodukter insamlats och omarbetats, tidigare genom kemisk omarbetning, sedan i allt större omfattning genom andra mer ekonomiska metoder. En mycket stor del av hårdmetallen för skärande bearbetning kan återvinnas efter övergång till s.k. vändskär, då mindre än 1 % förbrukas vid användningen. Vid produkter för bergborrning är den "förlorade" hårdmetallen genom förslitning och slipning ca 40 %. För övriga produkter, som exempelvis slitdelar, förloras mindre än 10 %.

Före mitten av 1970-talet återvanns hårdmetall genom kemisk omarbetning, "uppblåsning" (behandling vid hög temperatur i vätgas, krossning och malning) eller med Coldstream-metoden (grovkrossad hårdmetall blåstes med tryckluft mot en hårdmetallplatta, varvid pulver erhöles). Den därefter utvecklade s.k. zinkmetoden har fått mycket stor användning. Vid denna metod behandlas hårdmetall i smält zink, som tränger in i kobolten, varvid denna sväller. Zinken destilleras sedan av och efter avsvälning är materialet lätt att krossa och mala till pulver. Vid denna metod liksom vid uppblåsning och Coldstream återvinns samtliga beståndsdelar. Zinkmetoden är den mest ekonomiska.

Skillnaden i den mängd material som i dag återvinns genom zinkmetoden och tidigare använda kemiska metoder utgör skillnaden i utbyte, ca 8 %. Dessutom är nu insamlingsrutinerna mer effektiva. I dag återcirkuleras, förutom i produktion fallande material, ca 25 % mot ca 15 % för 15 år sedan.

1.7 Produktion

Den totala produktionen i världen av volframslig, ton W, uppdelad på olika länder har sammanställts i tabell 10:5. UNCTADs statistik bygger på för västvärlden officiell statistik eller genom förfrågningar erhållna uppgifter. Från Kina och Sovjet, som är de största producenterna, lämnas inga uppgifter, varför angivna värden är bedömningar, vilket naturligtvis ger en stor osäkerhet.

Tabell 10:5 Produktion av volframslig, 1 000 ton W

Land	1975	1980	1985	1987
Totalt i världen	38 200	50 500	48 300	38 000
Marknadsekonominländer	9 149	14 418	11 161	4 852
<i>Nordamerika:</i>	3 707	5 932	4 001	34
Kanada	1 172	3 178	3 005	0
USA	2 535	2 754	996	34
<i>Europa:</i>	3 208	4 498	4 817	3 321
EEC	2 695	2 676	2 934	1 737
Frankrike	897	577	735	0
Portugal	1 467	1 580	1 737	1 657
Spanien	351	451	462	80
Storbritannien	10	68	0	0
EFTA	513	1 822	1 883	1 584
Österrike	362	1 495	1 481	1 250 ¹
Sverige	151	327	402	334
<i>Asien:</i>	732	668	568	340
Japan	732	668	568	340
<i>Oceanien:</i>	1 502	3 320	1 975 ¹	1 157
Australien	1 497	3 316	1 970	1 152
Nya Zeeland	5	4	5 ¹	5 ¹
Utvecklingsländer	10 474	9 925	8 516	6 255
<i>Södra Afrika:</i>	717	696	215	150
Namibia	7	150	0	0
Ruanda	307	366	167	100 ¹
Uganda	109 ¹	18	20 ¹	20 ¹
Zaire	255	72	18	20 ¹
Zimbabwe	38	90	10	10
<i>Sydamerika:</i>	4 522	4 398	3 977	2 509
Argentina	56 ¹	34	17	14
Bolivia	2 693	2 661	1 643	472
Brasilien	950	875	1 297	800
Guatemala	1	0	6	10 ¹
Mexico	220	211	282	213
Peru	602	617	732	1 000 ¹
<i>Asien:</i>	4 771	4 831	4 324	3 596
Burma	330	476	945	500 ¹
Indien	19	23	28	26
Malaysia	106	14	20	20 ¹
Sydkorea	2 533	2 607	2 572	2 200 ¹
Thailand	1 773	1 615	585	652
Turkiet	5	96	174	198
<i>Övriga utvecklingsländer</i>	417	384	187	120
Planekonominländer i Östeuropa	7 780 ¹	8 930 ¹	10 350 ¹	10 050 ¹
Tjeckoslovakien	80 ¹	80 ¹	50 ¹	50 ¹
Sovjet	7 800 ¹	8 850 ¹	10 300 ¹	10 000 ¹
Planeekonominländer i Asien	11 130 ¹	17 200 ¹	18 000 ¹	16 800 ¹
Kina	8 980 ¹	15 000 ¹	17 000 ¹	16 000 ¹
Nordkorea	2 150 ¹	2 200 ¹	1 000 ¹	800 ¹

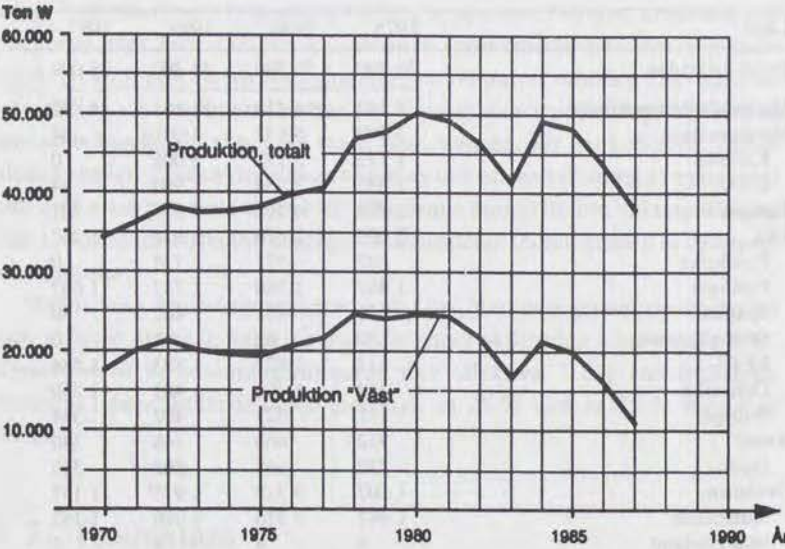
¹ Uppskattade

Källa: UNCTADs statistik

Ca 60 % av produktionen i väst kommer från scheelit- och 40 % från volframitmalmer. I Kina är motsvarande fördelning 35/65.

I figur 10:2 har produktion av slig från åren 1970 till 1987 sammanställts.

Figur 10:2 Produktion av slig



Produktionen i världen steg från 34 500 ton år 1970 till 50 500 ton år 1980, storleksordning 3,5 % per år, men har sedan varit mycket varierande (konjunktursvängningar) med en fallande tendens. 1987 producerades endast 38 000 ton W.

I västvärlden har produktionen från 1970 till 1980 stigit från 17 600 ton till 24 500, storleksordning 2 % per år, därefter har den fallit till mindre än hälften. Den kraftiga nedgången har orsakats av att många gruvor slagit igen av lönsamhetsskäl, se nedan.

Tabell 10:6 De tio största producentländerna av volframslig

Världen totalt, ton W Land	1975		1980		1985		1987
	38 200 %	Land	50 500 %	Land	48 300 %	Land	38 000 %
Kina	23	Kina	30	Kina	35	Kina	42
Sovjet	20	Sovjet	17	Sovjet	21	Sovjet	26
Bolivia	7	Australien	7	Kanada	6	Sydkorea	6
Sydkorea	7	Kanada	6	Sydkorea	5	Österrike	3
USA	7	USA	5	Australien	4	Portugal	3
Nordkorea	6	Bolivia	5	Portugal	4	Australien	3
Thailand	5	Sydkorea	5	Bolivia	3	Peru	2
Australien	4	Nordkorea	4	Österrike	3	Brasilien	2
Portugal	4	Thailand	3	Brasilien	3	Thailand	2
Kanada	4	Portugal	3	USA	2	Burma	2
Sverige	0,4 % 151 ton		0,6 % 327 ton		0,8 % 402 ton		0,9 % 336 ton
Länder med marknadsekonomi	50 %		48 %		41 %		29 %
planekonomi	50 %		52 %		59 %		71 %

Källa: UNCTAD:s statistik

Länderna med planekonomi har stor andel av produktionen, den extremt höga andelen 1987 beror helt på att Kina, genom att sälja APT resp. FeW till ett mycket lågt pris i stället för slig, påverkat sligpriset så att de flesta gruvorna i västvärlden, ca 60, har tvingats stoppa sin produktion. Det har nu beslutats att gruvan i Yxsjöberg skall nedläggas vid halvårsskiftet 1989.

De största volframgruvorna i världen och planerade nya större gruvprojekt i västvärlden har sammanställts i tabell 10:7 och 10:8. För Kina och Sovjet saknas uppgifter om produktion och kapacitet. De gruvor som medtagits för dessa länder är de gruvor som har de största reserverna.

Förädling av slig till APT, W, WC och FeW har tidigare skett i andra länder än de som producerat sligen. Här har emellertid skett en förändring, då först Sydkorea i mitten på 1970-talet började producera APT, W och WC och senare Kina från 1984–1985 producerat stora mängder APT av hög kvalitet även för export. De har också exporterat mindre mängder av W och WC.

De största producentländerna av APT har under början av 1980-talet varit USA, Sovjet, Västtyskland, Sydkorea, Sverige och Österrike, men i dag är Kina störst. Sverige har kraftigt minskat sin produktion och i stället köpt APT. De största producenter av W och WC är USA, Sovjet, Västtyskland, Kina, Sverige, Österrike och Sydkorea. De länder, som tidigare varit störst för tillverkning av FeW, har varit: Österrike, Kina, Portugal, Frankrike, England, Tyskland och Belgien. I dag kommer praktiskt taget all FeW från Kina.

Produktionskostnaderna per ton W i de olika gruvorna i västvärlden varierar mycket beroende på W-halt, brytningssätt (dagbrott/underjordsbrytning), anrikningsmetod, utbyten och gruvans storlek samt löner. De gruvor, som har de högsta produktionskostnaderna, torde ligga 3–5 ggr högre än de, som har de lägsta. Stor betydelse för lönsamheten har naturligtvis också varit om man kan utvinna biprodukter eller om W utvinns som biprodukt. Valutan spelar också stor roll.

Produktionskostnader resp. lönsamhetsgränser vid de olika gruvorna offentliggörs inte av naturliga skäl. En viss uppfattning om "smärtgränsen" kan man få om man ser på sligpriset det år de första gruvorna upphört med sin tillverkning. Denna gräns torde ligga vid 70–80 USD/MTU WO_3 (MTU WO_3 = 10 kg volframoxid = 7,93 kg W). Lönsamhetsgränsen ligger alltså högre. Man kan också notera att vissa gruvor varit i produktion vid de låga priser, som gällt under 1986–1988, men då har nog i de flesta fall andra orsaker än lönsamhetsskäl varit avgörande.

När västvärldens gruvor kan komma igång beror naturligtvis på behovet och Kinas möjlighet att täcka detta och på deras prispolicy för slig resp. APT. De flesta större gruvor, som inte är i produktion i dag, håller en sådan beredskap att de kan komma i produktion inom 6–12 månader. Vissa gruvor kommer troligen aldrig i produktion igen.

Tabell 10:7 Världens största volframruvor

Land	Gruva	Företag	Typ ¹	Halt % W	Utvinnbar W i slig ton W	Kapacitet ton W/år	Produktion ton W 1986 1987 1988 ⁴
Australien	King Island	King Island Scheelite	S	1,03	27 100	1 950	766 900 1 000
"	Mt Carbine	Peko Wallsend Ltd	WS	0,07	18 200	1 000	506 - -
Bolivia	Chojilla	Queensland Wolfram	W	0,32	6 700	-	480 484 460
"	Kami	International Mining	W	0,77	2 900	-	411 - -
Kanada	Cantung	Comibol					
		Canada Tungsten					
		Mining Co	S	1,03	20 500	2 880	1 417 - -
Portugal	Panasqueira	Beralt Tin and Wolfr.	W	0,29	13 700	-	1 585 1 657 1 550
Sydkorea	Sangdong	Korea Tungsten Min.	S	0,68	48 500	-	2 260 2 200 1 750
Österrike	Mittersill	Metallgesellschaft	S	0,40	20 000	1 500	1 400 1 250 1 250
USA	Pine Creek	Strategic Metals Co	S		-	1 360	170 - 350
"	Climax	AMAX	W	0,04	-	900 ³	170 - -
"	Emerson	Teledyne-Wah Chang	S		-	400	- - -
"	Springer	Ranchers Exploration and Development	S		-	730	- - -
"	Strawberry	Teledyne-Wah Chang			-		440 - -
Kina	Daminshan	Staten		0,82	80 600 ²	-	- - -
"	Shizhuyuan	"		0,26	350 000 ²	-	- - -
"	Xihaushan	"		0,65	62 000 ²	-	- - -
"	Akchatau	Staten		0,40	7 600 ²	-	- - -
Sovjet	Dzhida Field	"		0,34	26 000 ²	-	- - -
"	Tyrny-Auz	"		0,48	168 000 ²	-	- - -
"	Vostok-2	"		0,46	70 000 ²	-	- - -

¹ Typ: S = Scheelit, W = Wolframit² Beräknat ur malmskroppsens innehåll (1983 års värden enligt USBM) med uppskattat utbyte av 70 %.³ W som biprodukt⁴ Uppskattade värden

Källa: USBM, Proceedings of the Third International Tungsten Symposium, 1985, ITIA

Tabell 10:8 Planerade större nya gruvprojekt i väst

Land	Gruva	Företag	Typ ¹	Halt % W	Utvinnbar W i slig ton W	Kapacitet ton W/år
Bolivia	Cicote Grande	Anschutz Mining		0,34	50 000	1 000
Kanada	Mactung	AMAX Northwest Mining Co	S	0,76	320 000	1 000–3 500
England	Hemerdon	AMAX-Hemerdon Mining and Smelt.Ltd	W	0,13	43 600	2 000
Peru	Cemtromin		W	0,40	17 000	–
"	Altiplano	Minera Regina S A	W	1,06	13 000	680

¹ Typ: S = Schellit, W = Volframit

Källa: UNCTAD 1988

1.8 Konsumtion

1.8.1 Konsumtion i världen

Total konsumtion av volframslig i världen fördelad på olika länder redovisas i tabell 10:9. Uppgifter beträffande Sovjet och Kina i UNCTADs statistik är uppskattade, vilket ger en stor osäkerhet.

Konsumtionens utveckling totalt i världen följer konjunktursvängningarna (bl.a. nedgångarna efter 1:a – 1973 – och 2:a – 1979 –/ oljekrisen). Från början av 1970-talet har den en stigande tendens till toppen 51 200 ton W år 1979. Därefter är tendensen fallande. Västvärldens konsumtion följer samma konjunkturförlopp, däremot fanns ingen tendens till ökning under 1970-talet. Under 1980-talet har den däremot, liksom den totala konsumtionen, en fallande tendens. Nedgången i "väst" påverkas bl.a. av minskat behov av slig, då flera länder köpt APT resp. FeW i stället för slig. Dessa köp började 1984–1985 och har sedan ökat, men det har inte varit möjligt att kvantifiera dem år för år. År 1987 torde minskningen i behov av slig på grund av köp av APT/FeW vara i storleksordningen 4 000 ton W. Om man tar hänsyn till de ovan nämnda köpen har ändå den totala konsumtionen av W i väst en fallande tendens.

Under 1970- och 1980-talet har många tekniska och kvalitativa förbättringar införts som minskat förbrukningen avsevärt i västvärlden, vilket betyder bromsad ökningstakt under 1970-talet och ökad minskningstakt under 1980-talet.

Tabell 10:9 Konsumtion av volframslig, 1 000 ton W

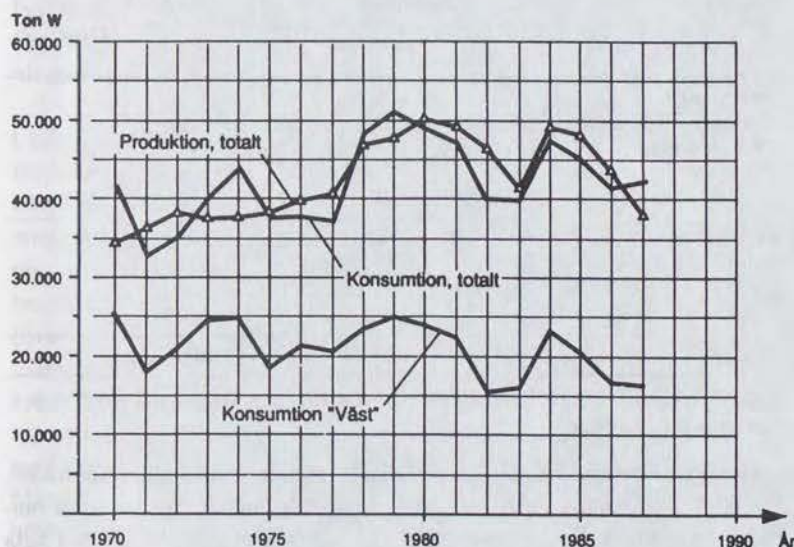
Land	1975	1980	1985	1987
Totalt i världen	37 300	49 100	45 100	42 100
<i>Marknadsekonominländer</i>	18 042	21 736	17 111	13 666
Nordamerika:	6 478	9 268	6 838	5 506
USA	6 356	9 268	6 838	5 506
Kanada	122	0	0	0
Europa:	9 109	9 211	7 296	5 544
EEC	6 552	4 735	4 476	3 177
Belgien-Luxemburg	41	100 ¹	341	8
Frankrike	1 442	841	808	269
Västtyskland	1 157	1 499	2 073	1 863
Italien	127 ¹	90 ¹	92	87
Nederländerna	1 118	400 ¹	400 ¹	300 ¹
Portugal	354	206	133	100 ¹
Spanien	60	137	29	100 ¹
Storbritannien	2 253	1 462	600 ¹	550 ¹
EFTA	2 557	4 476	2 820	2 367
Österrike	911	2 321	2 000 ¹	1 800 ¹
Sverige	1 646	2 155	820	567
Sydafrika	250 ¹	250	250 ¹	200 ¹
Asien:	2 165	2 931	2 616	2 116
Japan	2 165	2 931	2 616	2 116
Oceanien:	40	76	111	200 ¹
Australien	40	76	111	200 ¹
<i>Utvecklingsländer</i>	392	2 348	3 453	2 946
Sydamerika:	237	615 ¹	1 155	996
Argentina	55	19	28	65
Brasilien	134	556	1 048	867
Mexico	48	40	79	64
Asien:	155	1 733	2 298	1 950 ¹
Indien	130	299	250 ¹	250 ¹
Sydkorea	25	1 434	2 048	1 700 ¹
<i>Planekonomiländer i Östeuropa</i>	15 660 ¹	18 965 ¹	17 573 ¹	18 714 ¹
Tjeckoslovakien	1 200 ¹	1 300 ¹	1 300 ¹	1 300 ¹
DDR	250 ¹	270 ¹	270 ¹	270 ¹
Ungern	600 ¹	600 ¹	400 ¹	400 ¹
Polen	1 610 ¹	895 ¹	603 ¹	744 ¹
Sovjet	12 000 ¹	15 900 ¹	15 000 ¹	16 000 ¹
<i>Planekonomiländer i Asien</i>	3 200 ¹	6 100 ¹	7 000 ¹	6 800 ¹
Kina	2 100 ¹	4 500 ¹	6 000 ¹	6 000 ¹
Nordkorea	1 100 ¹	1 600 ¹	1 000 ¹	800 ¹

¹ Uppskattade

Källa: UNCTAD

Figur 10:3 Konsumtion och produktion 1970–87 av W-slig

Under 1970–1987 har totalt producerats ungefär lika mycket som konsumerats. Tidvis har det uppstått relativt stora lager.



Under 1970–1987 har totalt producerats ungefär lika mycket som konsumerats. Tidvis har det uppstått relativt stora lager.

Tabell 10:10 De tio största konsumentländerna av volframslig

Världen totalt,	1975		1980		1985		1987
ton W	37 300		49 200		45 200		42 000
Land	%	Land	%	Land	%	Land	%
Sovjet	20	Sovjet	32	Sovjet	33	Sovjet	38
USA	19	USA	19	USA	15	Kina	14
Storbrit.	7	Kina	9	Kina	13	USA	13
Japan	7	Japan	6	Japan	6	Japan	5
Kina	6	Österrike	5	Västtyskland	5	Västtyskland	4
Sverige	5	Sverige	4	Sydkorea	5	Österrike	4
Polen	5	Nordkorea	3	Österrike	4	Sydkorea	4
Nordkorea	5	Västtyskland	3	Tjeckoslov.	3	Tjeckoslov.	3
Frankrike	4	Storbrit.	3	Brasilien	2	Brasilien	2
Västtyskland	4	Sydkorea	3	Nordkorea	2	Nordkorea	2
Sverige	4,4 %		4,4 %		1,8 %		1,3 %
	1 646 ton		2 155 ton		820 ton		567 ton

Källa: UNCTAD:s statistik

Sovjet, Kina och USA är de största konsumenterna. Sovjets och Kinas andel har ökat. USAs, Japans, Englands och Sveriges andel har sjunkit, vilket beror på att APT i stället för slig har varit utgångsmaterialet i större omfattning än tidigare.

Tabell 10:11 Förbrukningen av volfram för olika produkter i västvärlden

Material	USA		Japan		Övriga västvärlden	
	Totalt %	Inom grupp %	Totalt %	Inom grupp %	Totalt %	Inom grupp %
<i>Hårdmetall</i>						
Skärande bearbetning	28	45	32	55	30	55
Bergbörning	15	24	4	7	11	20
Slitdelar	19	31	21	36	8	15
Övrigt			1	2	6	10
<i>Totalt hårdmetall</i>	62	100	58	100	55	100
<i>Volframmetall</i>	23		17		15	
<i>Stål</i>	5		23		20	
<i>Övrigt</i>	10		2		10	
Totalt	100		100		100	

Källa: "Proceedings of the Fourth International Tungsten Symposium 1987" B.F. Kieffer och E. Lassner

Hårdmetallprodukter är det klart största användningsområdet, 55–62 %, "skärande" utgör ca 50 % inom hårdmetall. Andra stora områden är produkter av volframmetall, 15–23 % och stål, 20–23 % i hela västvärlden med undantag av USA (5 %). Några uppgifter om ammunition finns inte, men får antas ligga i "övrigt", där även superlegeringar är inkluderade. Förbrukningen för ammunition torde i dag ligga på en låg nivå.

De största tekniska och kvalitativa förbättringarna har skett inom hårdmetallsektorn. Hårdmetall för skärande bearbetning har fått en avsevärt högre livslängd genom införande av skiktbeläggning. Redan i slutet av 1960-talet började Sandvik AB, som varit ledande inom detta område, att introducera svarvskär med ett skikt av titankarbid, tjocklek ca 5 µm. Därefter har nya förbättringar införts genom beläggning med titankarbid-titan-nitrid och efter ytterligare utveckling titankarbid-aluminiumoxid-titan-nitrid, tjocklek ca 8 µm. För många tillämpningar har 10-faldig livslängd uppnåtts i förhållande till obelagd hårdmetall. I praktiken har man i viss utsträckning utnyttjat denna förbättring till ökad produktivitet (ökad skärhastighet och matning), varför livslängdsförbättringen i genomsnitt kan uppskattas till ca 3-faldig. Konsumtionen har också sänkts genom användning av andra skärmaterial såsom keramer, cermets, PDC och CBN, som redogjorts för under avsnitt 1.5 (Konkurrerande råvaror och material) ovan.

Övergången från lödda svarvstål till vändskär, som skett under 1960- och 1970-talet och som fortsätter under 1980-talet och då i ökad takt i utvecklingsländerna, har minskat behovet starkt. Vidare finns en tendens till övergång från enkel- till dubbelsidiga vändskär, vilket också minskat behovet.

Vidare har konsumtionen av hårdmetall för skärande bearbetning minskat genom minskat behov av bearbetning (avverkning) genom de tekniska förbättringar som införts. Detaljer för bearbetning kan nu tillverkas till

noggrannare mått genom kall- och varmastukning, precisionsgjutning och pulvermetallurgisk tillverkning. Detaljer av exempelvis stål kan tillverkas i klenare dimensioner genom förbättrad hållfasthet och ökad förmåga att beräkna erforderlig dimension, vilket leder till minskat bearbetningsbehov. Övergång till andra material som exempelvis plast minskar också bearbetningsbehovet.

Vad som nämnts om minskat behov av bearbetning gäller också snabbstål i tillämpliga delar. Behovet av snabbstål har också minskat genom introduktion (början 1970-talet) av s.k. ASP-stål (ASP: ASEA-STORA-PROCESSEN), som förbättrat livslängden avsevärt på verktyg för kallbearbetning, klippning, stansning och på verktyg för skärande bearbetning för exempelvis kuggjul och snäckor. Snabbstål, i första hand fräsar för kuggbearbetning och pinnfräsar, beläggs nu också med tunna skikt av TiN (titannitrid), varvid betydligt högre livslängd erhålls.

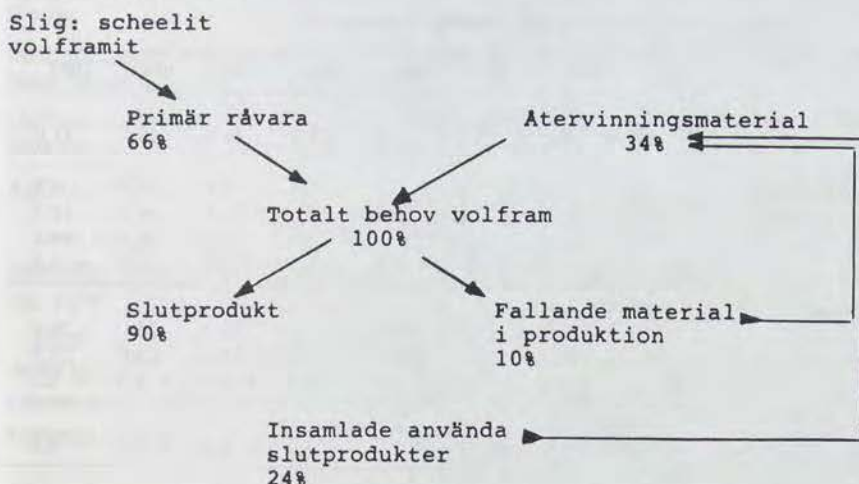
Behovet av hårdmetall för bergbörning har också minskat genom tekniska och kvalitativa förbättringar. I mitten av 1970-talet introducerades en ny typ av borrhonor för slående börning. De tidigare använda skären ersattes med stift. I början av 1980-talet hade dessa borrhonor fått stor användning. Mängden hårdmetall per borrhona minskade avsevärt och dessutom erhöles en stor livslängdsförbättring genom att slitstarkare hårdmetall kunde utnyttjas. Borrhjulkningen ökade också betydligt. Behovet av hårdmetall i dessa borrhonor per bormeter räknat minskade till ca en tredjedel.

Inom olje- och gasbörning (roterande börning) har PDC (Poly crystalline Diamond Compacts)-belagda hårdmetallstift introducerats, dels för skären i borrhonan, dels också för vissa styrdetaljer.

För ammunition av grövre kalibrar har hårdmetallen ersatts av s.k. "depleted" uranium.

Återvinning av material är av största betydelse för behovet. Nedan visas ett typiskt flödesschema.

Figur 10:4 Flödesschema



Källa: "Proceedings of the Fourth International Tungsten Symposium 1987", B.F. Kieffer och E. Lassner

De angivna siffrorna varierar naturligtvis från land till land och från industri till industri. Under de senaste 15 åren torde behovet av slig i västvärlden ha minskat med ca 10 % beroende på effektivare återvinningsmetoder.

1.8.2 Sveriges konsumtion

Den helt dominerande användningen av volfram, ton, i Sverige är för hårdmetall och stål.

Tabell 10:12 Sveriges konsumtion av volfram

Material	1973/1975	1988
Stål	800	950
Hårdmetall	1 040	1 470
Övrigt	7	45
Totalt	1 847	2 465

Källa: 1973/1975 MPU, 1988: svensk industri

Av 1988 års konsumtion (2 465 ton) kommer ca 28 % från återvinningsmaterial.

1.9 Försörjning/Behov-balans

Balansen för "väst" och "öst" samt världen totalt har sammanställts i tabell 10:13. Totala balansen visar ett överskott, 1980–1987, på 20 000 ton W. Det finns flera möjliga förklaringar: de uppskattade konsumtionssiffrorna för Sovjet och Kina är underskattade, ett strategiskt lager har byggts upp av Sovjet eller ett lager har byggts upp av Kina för senare försäljning. "Väst" har på senare år konsumerat mera än de producerat.

Tabell 10:13 Försörjning/Behov-balans, 1 000 ton W

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
<i>Marknadsekonomiländer</i>								
Produktion	24,5	24,2	21,8	16,6	21,2	19,9	15,9	11,0
Försäljning från USAs strategiska lager	1,7	1,0	0,3	0,3	1,4	0,7	0,5	0,7
Total tillförsel	26,2	25,2	22,1	16,9	22,6	20,6	16,4	11,7
Konsumtion	24,1	22,3	15,3	16,0	23,1	20,6	16,9	16,5
Balans	+ 2,1	+ 2,9	+ 6,8	+ 0,9	- 0,5	0,0	- 0,5	- 4,8
<i>Planeekonomiländer</i>								
Produktion	26,1	25,0	24,7	24,8	28,1	28,4	28,0	26,8
Konsumtion	25,1	24,9	24,8	24,0	24,6	24,6	25,0	25,5
Balans	+ 1,0	+ 0,1	- 0,2	+ 0,9	+ 3,5	+ 3,8	+ 3,0	+ 1,3
<i>Totalt världen</i>								
Balans	+ 3,1	+ 3,0	+ 6,7	+ 1,7	+ 3,0	+ 3,8	+ 2,5	- 3,5

Summa 1980–1987 = + 20,3

Källa: UNCTADs statistik

1.10 Handel

Vid genomgång av statistiken för Sveriges export och import av W-slig och import av APT har upptäckts flera felaktigheter, vilka också påverkat de uppgifter, som lämnats till UNCTAD. Exempelvis har syntetisk scheelit, kalciumvolframmat, som skall föras på samma statistiska nummer som scheelitslig, förts på samma nummer som APT, dvs. volframater. Det finns också exempel där APT inte förts som volframmat utan i stället registrerats bland "övrigt", vilket innebär att dessa kvantiteter inte kommer med i UNCTAD-statistiken. Några år saknas också uppgifter om import av slig, då betydande kvantiteter importerats. Man kan också misstänka att vissa fel uppstått genom att kvantiteten W-slig inte omräknats till W-innehåll.

De uppgifter, som angivits för Sveriges import resp. export nedan är de, som finns medtagna i UNCTADs officiella statistik. I vissa fall har det varit möjligt att kontrollera uppgifterna och då har kommentarer lämnats.

50–60 % av produktionen av slig i världen har under åren 1975–1987 exporterats.

Tabell 10:14 De tio största exportländerna av volframslig

Världen totalt,	1975		1980		1985		1987
ton W	21 800		30 500		26 500		22 500
Land	%	Land	%	Land	%	Land	%
Kina	18	Kina	34	Kina	41	Kina	53
Bolivia	12	Australien	11	Kanada	11	Hongkong	9
Sydkorea	11	Kanada	10	Australien	7	Portugal	6
Thailand	8	Bolivia	9	Portugal	6	Bolivia	5
Australien	7	Thailand	6	Bolivia	5	Australien	5
Portugal	6	Portugal	4	Burma	4	Peru	4
Kanada	6	Sydkorea	4	Hongkong	4	Nordkorea	4
Nordkorea	5	Nordkorea	3	Singapore	3	Singapore	3
Brasilien	4	Nederländerna	3	Peru	3	Thailand	2
Peru	3	USA	3	Nordkorea	3	Burma	2
Sverige	–		0,6 %		0,4 %		0,6 %
			178 ton		104 ton		143 ton
Totalt länder med:	1975		1980		1985		1987
Marknadsekonomi	77 %		62 %		56 %		44 %
Planekonomi	23 %		38 %		44 %		56 %

Källa: UNCTAD:s statistik

Som synes har Kina ökat sin andel och blivit än mer dominerande, dessutom har de ökat sin export av förädlade produkter, i första hand APT och FeW. Denna export motsvarar ca 6 000 ton W i slig.

Totalt har exportandelen från marknadsekonmiländerna minskat och deras ledande ställning har övertagits av planekonomiländerna. Hongkongs export avser material som tidigare importerats från Kina. Detta material kommer därför med 2 ggr.

Tabell 10:15 De tio största importländerna av volframslig

Världen totalt, ton W	1975 21 500	1980 28 300	1985 24 900	1987 21 000			
Land	%	Land	%	Land	%	Land	%
Sovjet	20	Sovjet	26	Sovjet	26	Sovjet	33
USA	14	USA	18	USA	19	USA	21
Sverige	9	Österrike	8	Hongkong	9	Västtyskland	9
Storbrit.	9	Sverige	7	Västtyskland	8	Tjeckoslov.	6
Polen	7	Japan	7	Österrike	8	Japan	5
Västtyskland	7	Västtyskland	6	Japan	7	Österrike	5
Tjeckoslov.	6	Storbrit.	5	Tjeckoslov.	5	Polen	4
Japan	6	Tjeckoslov.	4	Singapore	4	Hongkong	3
Frankrike	6	Polen	3	Sverige	3	Singapore	3
Nederländerna	5	Nederländerna	3	Polen	2	Ungern	2
Sverige	9 % 1 987 ton	7 % 2 004 ton	3 % 621 ton	0,7 % 145 ton			
Totalt länder med:	1975	1980	1985	1987			
Marknadsekonomi	62 %	63 %	63 %	53 %			
Planekonomi	38 %	37 %	37 %	47 %			

Källa: UNCTAD

För åren 1985 och 1987 är Sveriges kvantiteter, som kunnat kontrolleras, för låga. De borde vara för år 1985 ca 1 050 ton W och för år 1987 ca 600 ton W.

Sovjet och USA är de största importörerna. Import till Hongkong och Singapore avser material från Kina. Marknadsekonmiländernas andel har minskat, men fortfarande importerar de mest.

Övriga viktiga trender inom handeln under 1970- och 1980-talet har varit

- allt mer förädlade produkter i första hand APT från Kina och Syd-korea exporteras i stället för slig,
- i allt större utsträckning sker köp/försäljning direkt mellan producent och konsument,
- antalet traders har minskat till mindre än hälften beroende på att volfram är en svårbedömd produkt med stora prisvariationer och varierande försörjningssituationer, brist/överskott,
- tidigare spekulerade traders genom köp och lagerläggning. I dag är de i första hand en länk mellan producent och konsument.
- Kantonmässan i Kina, 2 ggr per år, hade tidigare stor betydelse för handeln med slig. Allt mindre affärer görs vid dessa mässor, men ger dock intressenterna möjlighet att samtidigt träffas,
- allt fler konverterare kan använda såväl scheelit som volframit och dessutom olika låghaltiga material. Dessa kan då med hänsyn till priset välja material.

Kinas export har tidigare varit helt centralt reglerad genom China National Metals & Minerals Import and Export Corporation, MinMetals, men här skedde en uppmjukning under början av 1980-talet. China National Non-ferrous Corporation (CNNC), bildades och fick ansvaret för produk-

tion och försäljning av volframslig och volframprodukter. Deras "division" för import och export, China National Non-ferrous Metals Import and Export Corporation (CNIEC) och MinMetals konkurrerade och de enskilda gruvprovinsernas lokala organ fick större möjlighet att själva direkt göra affärer för sina gruvor och konverterare. Detta innebar också att de fick del av eller t.o.m. helt fick behålla den västvaluta som erhöles. Valutan kunde sedan användas till köp av maskiner och utrustning. Resultatet av denna decentralisering blev kraftigt sänkta priser genom den interna konkurrens som uppstod.

Genom påtryckning från västvärlden, där gruvor och konverteringsanläggningar tvingats slå igen på grund av de låga priserna, har Kina på nytt skärpt centralstyrningen. Detta betyder skärpt licenssystem för exporten, som skall administreras av CNIEC och MinMetals, men dessutom har "Chamber of Export of Tungsten Ores and Products" tillsatts för att svara för koordinering av exporten.

Import till USA av APT från Kina ökade kraftigt från 1984 (låga priser), vilket bidrog till lågt kapacitetsutnyttjande i USA. För att skydda den amerikanska konverteringsindustrin gjorde USA i oktober 1987 ett avtal med Kina, OMA (Orderly Marketing Agreement), om kvotering av importen av APT. Detta avtal skall gälla i fyra år. Då WO_3 inte inkluderats i kvoten, steg i stället importen av denna, men WO_3 har nu också inkluderats. USAs import av slig från Kina har ökat sedan avtalet trädde i kraft. Tullen på slig i USA har tagits bort under 1988. Även inom EG diskuteras åtgärder mot import av produkter (slig, APT, W, WC och FeW) från Kina till "orealistiska" priser.

USA byggde på 1950-talet upp ett strategiskt lager (GSA), som haft betydande inverkan på handeln med slig, se under priser (avsnitt 1.11). De lager som byggs upp i Hongkong har till och från stort stabiliteten.

1.11 Prissättning, priser

Slig: Priset på volframslig har sedan början på 1900-talet noterats i tidskriften London Metal Bulletin (LMB). Max- och min-pris har fastställts av LMB 2 ggr/vecka genom bedömning av de uppgifter som rapporterats eller per telefon inhämtats från i första hand traders. Även små kvantiteter har ibland fått stor inverkan på priset. Allmänt kan noteras att reglerna för prissättningen varit något subjektiva. LMB-indexet har under årens lopp starkt kritiserats av såväl producenter som konsumenter, då uppgiftslämnarna kunnat påverka indexet genom undanhållande av vissa affärer eller genom försäljning mellan varandra. Trots all kritik har indexet använts i stor omfattning som bas för prissättningen.

På initiativ av Sandvik AB utarbetades, tillsammans med tre andra företag under 1971–1972, normer för ett nytt index, "Users Index", omfattande månatliga vägda medeltal för pris och WO_3 -halt och dessutom kvantiteter per månad för såväl scheelit som volframit, två kvaliteter för varje. Dess-

utom beräknades 6 månaders vägt medeltal för priset, samtliga priser har liksom LMB angivits i GBP/MTU WO_3 (MTU = Metric Ton Unit = 10 kg). Rapporteringen organiserades genom en revisionsfirma i England, som också skulle sköta beräkningar och rapportering till LMB. För att skapa full trovärdighet skall enligt reglerna alla deltagare rapportera 100 % och dessutom acceptera kontroll i företagets bokföring om detta bedöms nödvändigt.

Users Index publicerades tillsammans med LMB-indexet första gången i LMB 1972 och hade då beräknats från de fyra företagens uppgifter. Efter 3 år hade antalet uppgiftslämnare ökat till 20 och representerade en betydande del av västvärldens förbrukning. Users Index har fått inflytande på LMB genom sin existens och bidragit till stabilisering i de fall, då inte speciella händelser eller rent marknadsmässiga krafter styrt utvecklingen. I långtidskontrakt har Users Index använts och då ofta i kombination med LMB, vilket haft en ömsesidig inverkan.

I juli 1978 byttes Users Index mot International Tungsten Indicator, ITI, varvid även producenter kunde rapportera. I samband härmed förenklades indexet genom att alla sliger sammanslogs och omfattade vägt medeltal för pris och WO_3 -halt och dessutom kvantitet. Priset angavs i USD/MTU WO_3 , vilket LMB hade övergått till 1977. Publicering 2 ggr/månad infördes. Kvantiteterna, som låg till grund för indexet, steg till ca 30 % av världens förbrukning. 1978 infördes också i LMB-indexet kvantiteter och dessutom 1984 ett scheelit-index.

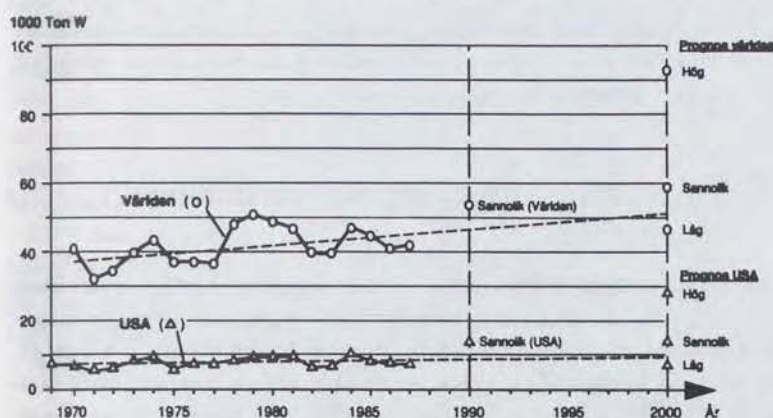
Under senare år då förbrukningen gått ned och Kina levererat allt mer APT har allt mindre mängd slig sålts. Tonnaget som legat till grund för prisindex har då minskat kraftigt, vilket på så sätt ökat osäkerheten.

Slig har sålts dels som spot-försäljning, där priset fastställts vid försäljningstillfället, eller på kontrakt vanligen löpande på 6 till 12 månader, där priset varit fast eller fixerats till något index eller kombination av index. Hänsyn till kvalitet har tagits genom rabatter eller premier.

W-produkter: för APT, WO_3 , W och WC finns inget internationellt index.

Ferrovolftram: för ferrovolftram finns också ett LMB-index, max och min, framtaget på ett liknande sätt som indexet för slig. Basen för producenternas prissättning för ferrovolftram har tidigare varit $\text{LMB}_{\min}$ för volframit + en konverteringskostnad, allt uttryckt i USD/kg W, men denna princip har från slutet av 1987 helt satts ur spel av kinesernas agerande. Under en stor del av 1987 har priset per kg W i FeW varit i stort sett lika med priset per kg W i slig och sedan slutet av 1987 och under 1988 t.o.m. varit lägre.

Priset på volframit har flukturerat kraftigt under årens lopp.

Figur 10:5 Priset på volframit 1950–1988, USD/MTU WO₃

Priset har påverkats, förutom av konjunktursvängningar, av oroligheter i världen såsom Korea-krisen 1951 och som en följd härav USAs uppbyggnad av strategiska lager med start 1953, vilket ledde till kraftigt ökad produktion. När USA avbröt denna uppbyggnad 1960 hade man en stor överproduktion i världen, vilket ledde till prissänkning.

Relationerna mellan Kina och Sovjet har också inverkat. I början av 1950-talet sålde Kina en stor del av sin export till Sovjet, som i sin tur sålde stora kvantiteter av detta material till västvärlden. I början av 1960-talet sålde Kina inget material till Sovjet utan traders i väst köpte allt, vilket de sedan sålde till Sovjet. Den kraftiga uppgången från 1963 till 1967 berodde på att traders såg till att priset gick upp innan de sålde till Sovjet och på ökad efterfrågan. Nedgången i pris till 1972 berodde på överkapacitet, då de sålt stora kvantiteter 1969–1970 från USAs strategiska lager (GSA).

Den kraftiga uppgången 1972–1976 berodde på att Sovjet gick ut på den öppna marknaden. Den ytterligare stegringen till toppen 1977 berodde på att den person, som bestämde LMB, hade tappat kontrollen över sin uppgift, men han påverkades också av traders. Genom påtryckning av Users Index' representanter införde LMB 1978 kvantiteter. Små kvantiteter kunde sedan inte påverka priset. Detta bidrog sedan till stabilisering av priset trots ett starkt ökat behov. Efter 1981 föll priset, då behovet minskade. Genom kinesernas agerande med låga priser på slig och APT från 1984/1985 föll priset ytterligare och nådde sin botten, 35 USD/MTU WO₃, i slutet av 1986, vilket resulterade i att under perioden slog många gruvor igen. Därefter har det åter stigit genom att Kina hade intresse av att höja priset och genom agerande från vissa av de övriga gruvländerna.

Som ovan nämnts införde LMB 1984 ett prisindex även för scheelit, vilket dock har skapat ytterligare instabilitet genom att prisskillnaden mellan volframit och scheelit varierat. Under en period var scheelit 17 USD/MTU WO₃ dyrare än volframit. Det finns inget skäl till prisskillnad, varken ur försörjnings- eller produktionskostnadssynpunkt.

1.12 Ägarstruktur

Inom västvärlden finns inget företag som har en så stor marknadsandel att det skulle kunna utöva någon kontroll, däremot har Kina denna möjlighet och har också utnyttjat den, vilket framgått ovan.

1.13 Forskning, utveckling och internationellt samarbete

Som framgått tidigare har priset på volframslig varierat kraftigt under årens lopp, vilket skapat stora svårigheter för såväl producenter som konsumenter. Uppgifter om produktion och konsumtion har alltid varit svåra att få. Det fanns av dessa skäl ett behov att få till stånd ett internationellt samarbete. FN bildade 1963 en volframkommitté (The Committee on Tungsten). Denna blev 1965 en kommitté inom UNCTAD och rapporterade till "Committee on Commodities". Alla de stora producent- och konsumentländerna är representerade, även Kina och Sovjet.

Volframkommitténs målsättningar är

- att skapa möjligheter för utbyte av information beträffande handeln med volfram,
- att insamla statistik beträffande produktion, konsumtion, import och export, att bidra till förbättring av denna statistik och att utge denna samt
- att följa marknadsutvecklingen.

Med producentländer som Kina och Bolivia i spetsen har inom kommittén arbetats för ett volframavtal omfattande bl.a. min- och max-pris och upprättande av buffertlager. Stora konsumentländer som USA, Västtyskland, England och Sverige har varit emot ett dylikt avtal och någon överenskommelse har inte nåtts. Inom denna kommitté finns också en viss möjlighet att påverka enskilda länders agerande. Så har t.ex. Kina utsatts för mycket kritik beträffande sin prispolicy på slig och APT under senare år.

The Consumer Reporting Group, CRG, bildades 1970 av de fyra företag som introducerade Users Index och utökades senare till 17 medlemmar. Den huvudsakliga uppgiften har varit

- att säkerställa kontinuitet i rapporteringen till Users Index och ITI,
- att tillvarata konsumenternas intressen,
- att vara samtalspartner till PTA sedan de bildades.

The Primary Tungsten Association, PTA, bildades 1975 av sligproducenter, som ett uttryck för missnöje med resultaten inom UNCTAD och mot bakgrund av låga priser 1972, 1973 och i början av 1974.

PTAs huvudsakliga målsättning var

- att tillvarata producenternas intressen,
- att främja användningen av volfram samt
- att förbättra den statistiska informationen.

Medlemmarna har stötts av sina regeringar. PTA fick också en representant i UNCTAD.

CRG och PTA har fyra gånger organiserat International Tungsten Symposium, som visat sig vara mycket värdefulla. Det första hölls i Stockholm 1979. För att ytterligare stärka samarbetet mellan konsumenter och producenter bildades i februari 1988 The International Tungsten Industry Association, ITIA, varvid PTA upphörde och CRG i praktiken förlorat sin betydelse.

ITIA har övertagit CRGs och PTAs arbetsuppgifter och skall nu också tillvarata såväl producenternas som konsumenternas intressen. Framtiden får visa om detta är en möjlig uppgift. ITIA har fått akkreditering till UNCTADs volframkommitté.

Något globalt forsknings- och utvecklingssamarbete finns inte.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

2.1 Volframindustrins utveckling

Volframindustrins utveckling (slig) totalt i världen har i stort följt konjunkturcyklerna. Under 1960- och början av 1970-talet fram till 1974 steg konsumtionen i storleksordningen 4 % per år och optimismen om fortsatt utveckling även i ökande takt var stor och man förväntade en brist av volfram på sikt. Det var då naturligt att befintliga gruvor utökades och att prospekteringsaktiviteten intensifierades samt att nya gruvor planerades.

Efter första oljekrisen (1973) följde lågkonjunktur 1975–1977, därefter steg ånyo konsumtionen snabbt 1978–1979. Som en följd av oljekriserna ökade speciellt aktiviteten inom olje- och gasindustrierna. Detta ledde till ökad förbrukning av hårdmetall, dels för själva borrarbningen och dels för tillverkningen av denna utrustning (skärande bearbetning). Optimismen för återgång till den "gamla" ökningstakten var påtaglig. Prospekteringen hölls på en hög nivå och utbyggnad av kapaciteten inom gruv- och konverteringsindustrin fortsatte, uppmuntrade av ett högt sligpris. Efter nedgång från konsumtionstoppen 1978–1980 har trenden sedan varit fallande.

Västvärldens konsumtion (slig) har inte haft någon ökande trend under 1970-talet. Under 1980-talet har trenden varit fallande bl.a. beroende på minskat behov av slig, då flera länder (från 1984–1985) i stället köpte APT resp. FeW. Om man tar hänsyn till dessa köp har ändå den totala konsumtionen av W i väst en fallande tendens.

Under såväl 1970- som 1980-talet har behovet av W successivt alltmer påverkats av de tekniska och kvalitativa förbättringar, som införts, speciellt inom hårdmetallsektorn, men även inom snabbstålindustrin. Återcirkulation av återvinningsmaterial har också successivt ökat i omfattning. W-behovet har dessutom minskat genom införande av nya material utan W.

Under 1980-talet har prospekteringsverksamheten mer eller mindre upphört och planerade gruvprojekt skjutits på framtiden. Priset har under 1980-talet sjunkit kraftigt och nådde sin botten, 35 USD/MTU WO₃ i slutet av 1986, därefter har det successivt ökat. Det finns för närvarande en viss optimism i världen om ökad förbrukning, 1989–1990.

Sverige har en mycket förnämlig förädlingsindustri för W-produkter, dels för hårdmetall och dels för snabb- och verktygsstål med stora marknadsandelar i världen.

Tabell 10:16 Svensk industri: Hårdmetall, snabb- och verktygsstål

Material/Företag	Produkter
<i>Hårdmetall</i>	
Sandvikskoncernen:	
AB Sandvik Coromant	Hårdmetall och verktyg för skärande bearbetning
AB Sandvik Rock Tools	Utrustning för bergborrning slående resp. roterande-krossande samt för gas- och oljeborrning
AB Sandvik Hard Materials	Hårdmetall för slitdelar och konstruktionsdetaljer
Seco Tools AB	Hårdmetall och verktyg för skärande bearbetning
Seco Roc AB	Utrustning för slående bergborrning
<i>Stål</i>	
Kloster Speed Steel AB	Snabbstål för tillverkning av snabbstålsprodukter
Uddeholm Tooling AB	Verktygsstål för formande och klippande verktyg

Dessa industrier har sedan länge anpassat sig till minskat tonnage på sikt genom att tillverka alltmer sofistikerade "högprestanda"-produkter.

2.2 Konsekvenser för volframindustrin

Det minskade behovet i världen under 1980-talet har lett till en allt större överkapacitet inom såväl gruv- som förädlingsindustrin. Överkapaciteten inom gruvsektorn har haft till följd att sligpriset fallit kraftigt och genom Kinas låga pris på APT och FeW i förhållande till slig har det ytterligare pressats ned. Den bidragande orsaken till Kinas låga pris har varit de olika gruvprovinsernas ökade frihet att själva göra direkta affärer med västvärldens kunder. Detta har lett till intern konkurrens och därmed lägre priser.

Resultatet har blivit katastrofalt för västvärldens gruv- och konverteringsindustrier, vilka successivt har tvingats slå igen eller kraftigt begränsa sin produktion. Många av de ca 60 gruvor, som står still, håller dock en sådan beredskap att de kan vara i produktion inom 6–12 månader. Vissa gruvor kommer troligen aldrig i produktion igen. Konverterarna kan ånyo starta inom ca 3 månader. Sveriges enda W-gruva, Yxsjöberg, upphörde med produktionen vid halvårsskiftet 1989, varefter den kommer att hållas i "beredskap" t.o.m. 1990.

Den uppkomna situationen har lett till att Kina utsatts för press från flera länder med inflytande. Sålunda har USA med Kina gjort en överenskommelse om kvotering på en låg nivå av importen av APT och WO₃. EG förbereder åtgärder mot import av slig, APT, W, WC och FeW till "realistiska" priser. Inför risken att förlora betydelsefulla marknader har Kina skärpt sin kontroll av exporten och har dessutom med vissa stora producent- och exportländer överenskommit att gemensamt arbeta för höjda priser. Vid ett möte i Kina i september 1988 beslöt dessa länder att försöka få med övriga producenter på ett sligpris för volframit av min 69 och max 72 USD/MTU WO₃ och scheelit 7–8 USD/MTU WO₃ högre. Det är inte sannolikt att ett avtal om en prisöverenskommelse kan komma till stånd då flera "tunga" länder i UNCTADs volframkommitté varit emot ett dylikt avtal.

Kina har säkerligen kommit in i en besvärlig balanssituation, som kommer att bli svår att bemästra. För låga priser ger problem med bl.a. USA och EG enligt ovan. Kina har å andra sidan önskemål om en ökning av priset så att de får in mer västvaluta, vilken är av största betydelse för deras utveckling. Vidare måste de för att i så stor utsträckning som möjligt behålla sina uppnådda marknadsandelar (har hög kapacitet) avväga priset så att de stora gruvorna i världen inte går i gång.

Om behovet av någon anledning skulle öka påtagligt, vilket dock inte är sannolikt, skulle det bli en kraftig turbulens tills västvärldens gruvor åter kommit i gång. En temporär brist skulle uppstå och priset skulle öka kraftigt.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Prognoser

US Bureau of Mines, USBM, upprättar vart femte år för olika metaller en långtidsprognos, dels för USA och dels för övriga världen. Denna publiceras i Mineral Facts and Problems. I den senaste upplagan från år 1985 utgår man från 1983 års konsumtion och gör sedan beräkningar fram till år 2000. Inom ramen för vår utredning finns ingen möjlighet att göra någon egen fullständig ny prognos, varför vi valt att utgå från USBMs prognos och kommentera denna. USBM har studerat och beräknat konsumtionsutvecklingen inom olika områden såsom utrustning för metallbearbetning resp. bergbörning, vidare ingår behov för transport, lampor och belysning, utrustning för el och elektronik, kemikalier samt övrigt.

För utrustning för metallbearbetning resp. bergbörning ingår såväl den hårdmetall som används för den skärande bearbetningen och börningen, som den hårdmetall som används för sliddelar inom dessa områden. Då dessa olika områden för hårdmetall har olika utveckling försvåras bedömningen.

För olika användningsområden har man för beräkning av USAs behov använt olika ekonomiska indikatorer, vilka visat sig ha haft god korrelation med den hittillsvarande utvecklingen, för framräkning till år 2000. En uppskattning har också gjorts av den övriga världens totala behov. För såväl USA som världen i övrigt har förbrukningen uppdelats i primärt behov och mängd återvinningsmaterial. De prognosvärden, som framräknats, omfattar dels ett sannolikt värde, dels en låg och en hög prognos (prognosintervall).

Prognosen för den totala volframförbrukningen (primär + återvinning) i USA framgår av tabell 10:17 nedan.

Tabell 10:17 USA: Förbrukning år 1983, prognos år 2000

Användningsområden	Förbrukning W ton år 1983	Prognos W ton år 2000		Sannolik
		Låg	Hög	
Utrustning för				
– Metallbearbetning	3 285	4 300	10 000	6 000
– Entreprenörverksamhet och gruvindustri	1 253	2 000	6 000	4 000
Transporter	529	700	2 000	1 000
Lampor och belysning	635	600	1 000	1 000
Elindustri	529	700	2 000	1 000
Kemikalier	71	500	2 000	1 000
Övrigt	176	200	13 000	5 000
Summa	6 478	9 000	36 000	19 000

Som synes är den sannolika prognosen mycket optimistisk och prognosens osäkerhetsområden mycket stora. Man räknar med en kraftig ökning för "utrustning" samt också för nya produkter, som finns upptagna under "övrigt". Man har räknat med följande årliga ökningar för totala behovet, 1984: 70 %, 1985: 4 %, 1986: 4 %, 1987: 30 % och 1988: 15 %. De två senaste årens ökningar beror i hög grad på nya produkter. Ökningen 1989 till år 2000 beräknas totalt till 6 % eller 0,5 %/år. Baserat på detta scenario beräknas USAs sannolika årliga tillväxt från 1983 till år 2000 (i medeltal) bli 7,6 %. Motsvarande värde för primär volfram beräknas bli 9,2 %.

De värden, som angivits för den "höga" prognosen, bygger på en hög industriell aktivitet och ökat behov för försvarsindustrin såsom hårdmetall och tungmetall för ammunition samt volframmaterial till sköldar för skydd mot värme och strålning (radioaktiv).

Den "låga" prognosens värden är baserade på en låg industriell aktivitet och en kraftigt ökad substitution av volfram med andra material.

I tabell 10:18 (USBM) har gjorts en sammanställning av USAs, övriga världens och hela världens behov av volfram uppdelat på primär- och återvinningsmaterial:

Tabell 10:18

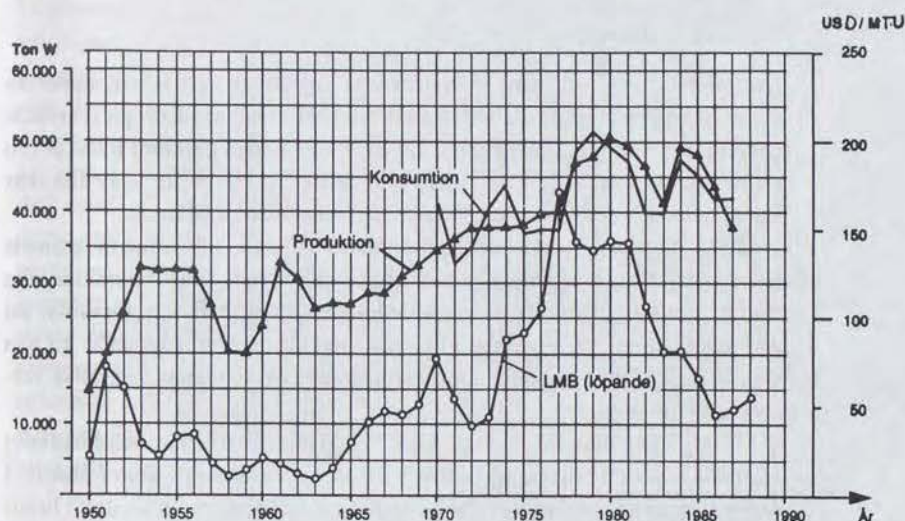
Område	Prognos					Sannolik årlig tillväxt (medel) 1983–2000, %
	1983	Prognosområde år 2000		Sannolik 1990	2000	
		Låg	Hög			
<i>USA:</i>						
Primärmaterial	4 402	7 000	28 000	14 000	14 000	9,2
Återvinn.material	2 076	2 000	8 000	4 000	5 000	6,6
Totalt	6 478	9 000	36 000	18 000	19 000	7,6
<i>Övriga världen:</i>						
Primärmaterial	34 523	40 000	65 000	40 000	45 000	1,6
Återvinn.material	8 000	10 000	30 000	12 000	16 000	4,3
Totalt	42 523	50 000	95 000	52 000	61 000	2,1
<i>Totalt i världen:</i>						
Primärmaterial	38 925	47 000	93 000	54 000	59 000	2,6
Återvinn.material	10 076	12 000	38 000	16 000	21 000	4,5
Totalt	49 001	59 000	131 000	70 000	80 000	2,9

USBM har som synes bedömt ökningstakten i "övriga världen" till betydligt lägre än i USA. En väsentlig del av försörjningen i USA och övriga världen kommer från återvinningsmaterial, 20–30 %.

Vår bedömning är att även "övriga" världens prognos är mycket optimistisk.

I diagram 10:4 har USAs och hela världens verkliga konsumtion av primär W åren 1970–1987 inprickats och dessutom motsvarande prognosvärden från tabell 10:18 ovan.

Figur 10:6 Konsumtion av primär volfram i USA och världen samt USBM-prognoser



Om man beräknar den trend som de inprickade värdena har och förlänger denna till år 2000 blir förbrukningen ca 51 000 ton för världen och ca 9 000 för USA. USBMs motsvarande värden för den sannolika prognosen är 59 000 resp. 14 000 ton. De har med andra ord räknat med en ökande trend och då framför allt för USA.

Den ovan angivna optimistiska prognosen för USA åren 1984–1987 har inte uppnåtts. Enligt prognosen skulle förbrukningen 1987 ha blivit ca 15 500 ton W, men verkligheten blev ca 7 000 ton W, figur 10:6. De förväntade nya produkterna har inte kommit fram och tekniska och kvalitativa förbättringar inom i första hand hårdmetallsektorn har bidragit till betydligt lägre förbrukning än som förväntats. Vidare har inte olje- och gasborrning ökat i den takt som beräknats på grund av pressade oljepriser.

3.2 Bedömning av världens konsumtion år 2000

Teknik- och volymutveckling

Under avsnitt 1.8 Konsumtion har redogjorts för de tekniska och kvalitativa förbättringar, som påverkat konsumtionsutvecklingen under 1970- och 1980-talet. Med hjälp av de svenska tillverkarna av hårdmetall och snabbstål har teknik- och marknadsutveckling under 1990-talet bedömts.

3.2.1 Västvärlden

Skärande bearbetning

Hårdmetall: I "väst" kan man förvänta sig att en allt större andel av vändskären kommer att beläggas med skikt. Hittills har i Europa svarvskär (2 tredjedelar av alla skär) belagts till ca 70 %, medan däremot frässkär (en tredjedel av alla skär) endast belagts till ca 10 %, dvs. ca 50 % av alla skär är belagda. I USA är endast 30–35 % av vändskären belagda.

Ca 25 % av alla vändskär, som används i Japan, tillverkas av cermets (hårdmetall utan volfram). Cermets användning i hela "väst" beräknas öka från dagens ca 5 % till ca 10 %. Anledningen till att man inte förväntar att cermets kommer att användas i lika stor omfattning som i Japan är att nya skiktbelagda konventionella hårdmetallkvaliteter beräknas begränsa cermets användning.

I Europa kan man förvänta en ökad beläggning av frässkär och successivt kommer USA att närma sig Europas siffror för såväl svarv- som frässkär. I Japan har man i dag lägre andel belagda skär än i Europa, men detta beror på att man i stället satsat på cermets. Om man slår samman "belagda" och cermets blir denna andel ungefär lika stor som andelen belagda skär i Europa. Det finns alltså i världen fortfarande en stor potential till förbättringar.

De belagda skärens ökade prestanda har hittills i stor utsträckning utnyttjats till ökad livslängd, vilket lett till kraftigt minskad förbrukning. I framtiden kan man förvänta sig att skärens prestandaökning i större omfattning utnyttjas till att öka produktiviteten allt eftersom förbättrad maskinpark möjliggör detta. Detta innebär då att förbrukningen inte minskar lika mycket.

Keramer för bearbetning av superlegeringar beräknas ersätta konventionell hårdmetall till stor del och öka från dagens 2–3 % av totala antalet skär till ca 5 %. PDC (Poly crystalline Diamond Compact) och CBN (Cubic Boron Nitride) förväntas tillsammans endast nå ca 1 %.

Behovet av hårdmetall uppskattas också minska ytterligare genom minskat bearbetningsbehov, dels genom att detaljer kan tillverkas till ännu noggrannare mått genom förbättrade tillverkningsmetoder och dels genom att de kan tillverkas i klenare dimensioner genom ytterligare förbättrad hållfasthet hos stål.

Snabbstål: Behovet beräknas minska genom ytterligare utveckling av pulvermetallurgiska snabbstål, genom effektivare verktyg med bättre geometri, genom bättre bearbetningsmaskiner med förbättrade prestanda, genom konkurrerande bearbetningsmetoder (kall- och varmformning) samt genom ökad omfattning av beläggning med TiN.

Bergborrning

Hårdmetall: Införande av stiftborrkronor för slående borrar beräknas ytterligare öka i omfattning och minska behovet. AB Sandvik Rock Tools introducerar nu också en förbättrad hårdmetall, s.k. DP, **Dual Properties**, som förväntas öka livslängden med ca 25 %.

Behovet av hårdmetall för olje- och gasborrning har avtagit under senare år. Som exempel kan nämnas att i USA är i dag endast ca 900 borrar i drift mot ca 4 000 åren 1980–1981 efter andra oljekrisen. Aktiviteten inom detta område är under normala politiska förhållanden helt beroende av oljepriset, som i dag är "pressat". Bedömare förutspår att detta förhållande kommer att gälla fram till mitten av 1990-talet, då behov och produktionsvolym beräknas mötas. Det är troligt att oljepriset vid denna tidpunkt kommer att öka i reella termer, men inte särskilt mycket, då OPEC beräknas få en stabiliserande inverkan. Man tror inte att OPEC kommer att göra om misstaget att öka priset så att prospekteringsborrning och sökande efter alternativa energikällor får ökad omfattning.

Slitdelar

Volymökningen inom detta område har under senare år varit mycket måttlig och behovet av dessa produkter beräknas i framtiden förbli mer eller mindre konstant. Behovet för nya användningsområden förväntas balanseras av att andra material ersätter hårdmetall och av att behovet minskar genom kvalitetsförbättringar.

3.2.2 Östvärlden

I Kina och Sovjet, vilka förväntas få en stark industriell utveckling, beräknas aktiviteterna öka inom alla områden, där W förbrukas. I dessa länder finns emellertid en stor potential för tekniska och kvalitativa förbättringar. Ett exempel är hårdmetallområdet. Såväl Sovjet som Kina har med hjälp av företag från väst byggt om eller byggt nya hårdmetallfabriker med modern teknik, vilka nu är en bas för fortsatt utveckling. Inom "öst" kan man också förvänta ökad återvinning. Det totala behovet av W i dessa länder beräknas bli oförändrat.

En sammanvägning av teknik- och marknadsutveckling i världen 1988–2000, tabell 10:19, har givit följande trendbedömning:

Tabell 10:19

Område/Material	Förändring per år, %
<i>Västvärlden:</i>	
Hårdmetall	
- Skärande bearbetning	- 0,5
- Bergbörning	+ 0,5
- Slitdelar	± 0
Snabbstål	- 2
Öst:	± 0

I avsnitt 1.8 har fördelningen av förbrukningen av W för västvärlden för olika produktområden angivits. Om man kombinerar denna fördelning med trendbedömningen ovan finner man att totala förbrukningen av W (1987–2000) minskar med ca 5,5 % på grund av minskat behov för hårdmetall och stål.

För övriga användningsområden, som svarar för ca 25 % av totala behovet, och som omfattar W-metall (W för legeringar, el-industri, kemikalier, etc.) samt "övrigt" där bl.a. produkter för försvarsindustrin ingår, har vi inte kunnat göra någon egen bedömning. Vi föreslår därför att vi för dessa produkter, som har betydligt mindre rationaliseringspotential, räknar med en tillväxt av 50 % från 1987 till 2000, vilket dock är betydligt lägre än USBMs bedömning.

Det totala behovet i världen år 1987 av primär W var 42 000 ton. Approximativt är östs resp. västs behov lika. Västs behov år 2000, tabell 10:20, blir då:

Tabell 10:20

Totalt behov	Förändring av behov för hårdmetall + snabbstål		Behov för W-metall + "övrigt"			Total förändring	Behov år 2000
	%	Ton	Andel, %	Förändring %	Ton		
1987							
21 000	-5,5	-ca 1 200	+ 25	+ 50	+ ca 2 600	+ ca 1 400	ca 22 000

Då östs behov beräknas bli oförändrat år 2000 blir det totala behovet 21 000 + 22 000 = 43 000 ton.

Under 1990-talet kommer handeln med slig att minska, då producenterna förväntas tillverka mera förädlade produkter och då i första hand APT, men även W och WC.

3.3 Sveriges förbrukning

Sveriges behov av W för hårdmetall, stål och övriga produkter var 1988 ca 2 500 ton W (Källa: Uppgifter från svensk industri). Behovet beräknas minska till ca 2 200 ton år 2000.

4 Sammanfattning och slutsatser

4.1 Sammanfattning

Marknadsutvecklingen under 1970-talet och 1980-talet har sammanfattats under avsnitt 2. Här följer därför endast en redovisning av de viktigaste faktorerna för slutbedömningen samt en sammanfattning av bedömningar under 1990-talet.

Förutsättningarna att finna W i Sverige bedöms som goda, då vi har en liknande berggrund som Kanada, som är ett viktigt "W-land". Man bör dock hålla i minnet att vår yta endast är ca 5 % av Kanadas och att de fyndigheter, som hittills upptäckts, varit relativt låghaltiga. Malmkropparnas storlek har också varit små med undantag av Yxsjöberg.

Volfram är en ekonomiskt och strategiskt viktig metall. W är dock en "oberäknelig" metall. Det är svårt att få tillförlitliga kvantitetsuppgifter om produktion och konsumtion i världen, då världens största producent, Kina, och dess största konsument, Sovjet, också stor importör, inte lämnar några uppgifter. För dessa länder är man därför hänvisad till uppskattningar. En viss hjälp har man av import- och exportstatistik från de länder, som köper från Kina och som exporterar till Sovjet. Relationerna mellan Kina och Sovjet har också påverkat marknaden, då ibland material levererats direkt till Sovjet från Kina, men under vissa perioder har det passerat via traders i väst. Vad som nämnts ovan har skapat osäkerhet, vilket givit upphov till rykten om brist eller överskott. Detta har utnyttjats för spekulation och manipulation, vilket i hög grad bidragit till att priset på slig fluktuerat kraftigt. Man får tyvärr räkna med att W även i fortsättningen kommer att vara en "oberäknelig" metall.

Konsumtionen av W har under 1980-talet haft en avtagande trend, vilket framför allt beror på produkternas tekniska och kvalitativa förbättringar. 1987 års behov av primär volfram var ca 42 000 ton. En bedömning av behovet år 2000 har gjorts och beräknas ligga på ca 43 000 ton, dvs. en obetydlig ökning, vilket är betydligt lägre än USMBs prognos.

Denna "pessimistiska" bedömning grundar sig på att det i dag inte finns några kända nya produkter och att dagens produkter kan förväntas förbättras ytterligare genom teknisk och kvalitativ utveckling och också genom substitution med andra material, som inte innehåller W.

Genom Kinas agerande på marknaden med låga priser på såväl slig som APT och FeW har ca 60 gruvor i västvärlden tvingats att slå igen, och Kina har därigenom fått en helt dominerande ställning beträffande västvärldens försörjning. Förutsättningen för denna dominans har varit att behovet legat på en lagom låg nivå som dagens. Om denna nivå blir en bestående trend,

vilket bedömts som sannolikt enligt ovan, kan den nuvarande situationen bli bestående. En viss justering av priset uppåt är dock trolig genom det tryck som Kina kan komma att utsättas för från USA och EG. Kina har också intresse av ett högre pris för att därigenom få in mera västvaluta, vilket är väsentligt för deras utveckling, men dock inte ett så högt pris att västvärldens större gruvor åter öppnas.

Genom fluktuationer i behov kommer vissa gruvor i väst att åtminstone temporärt åter komma igång, varvid ökade priser är att förvänta. I dag finns en stor reservkapacitet i västvärlden, vilket är viktigt ur beredskapssynpunkt. Om behovet av W skulle bli avsevärt större än i det ovan beskrivna scenariot och så stort att Kina inte kunde försörja västvärlden, skulle västs gruvor åter komma igång. Priset skulle då öka, men ändå skulle denna situation vara att föredra för konsumenterna genom ökad försörjningsberedskap.

4.2 Slutsatser

Mot bakgrunden av att

- W är en "oberäknelig" metall
- W har en pessimistisk konsumtionsutveckling
- W finns tillgängligt i världen i kända reserver i mer än 50 år
- det finns en stor reservkapacitet i världen i de gruvor som i dag står still
- Kina har en dominerande ställning genom låga priser (lågt kostnads-läge)

kan man inte rekommendera en satsning på gruvdrift baserad på utvinning av W om kravet är lönsamhet.

Ur beredskapssynpunkt är det naturligtvis helt otillfredsställande att i så hög grad vara beroende av ett land, Kina. För Sverige är det viktigt att ha tillgång till W, då vi har en mycket framstående hårdmetall- och stålindustri, som 1988 förbrukade ca 2 500 ton W. Dessa industriers totala fakturering 1988 var ca 7,3 GSEK varav ca 6,7 GSEK på export, vilket motsvarar ca 2,2 % av Sveriges totala export. Ur beredskapssynpunkt är det väsentligt att gruvan i Yxsjöberg, som slogs igen vid halvårsskiftet 1989 och då hade en reservbas på 2 500 ton W, hålls i "pumpberedskap" även efter den beslutade perioden t.o.m. 1990. Med denna beredskap kan ca 15 % av behovet tryggas. Ur beredskapssynpunkt är det motiverat att ta med volfram i den planerade prospekteringsplanen.

Referenser

1. UNCTAD: Tungsten Statistics, Bulletins 1970–1988
2. Malmer och metall: SOU 1979:4, Bilaga 7: Volfram, s. 477–497.
3. Mineral Facts and Problems: 1975, 1980 and 1985 Editions. US Bureau of Mines, Washington, DC.
4. Mineral Yearbooks: 1969–1987, Chapter: Tungsten. US Bureau of Mines, Washington, DC.
5. Staff, US Bureau of Mines. An appraisal of minerals – Availability for 34 commodities. BuMines Bull 692, 1987. Tungsten, 293–300 pp, 5 ref.
6. T.F. Anstett, D.I. Bleiwas and R.J. Hurdalbrink, Tungsten Availability Market Economy Countries. A Minerals Availability Program Appraisal, Bureau of Mines Information Circular 1985 vi+51 pp.
7. Tungsten: 1985, Proceedings of the Third International Symposium, Madrid, May 1985, 255 pp.
8. Tungsten: 1987, Proceedings of the Fourth International Symposium, Vancouver, September 1987, 190 pp.
9. Untersuchungen Über Angebot und Nachfrage mineralischer Rohstoffe. Band IX, Wolfram, 1977, 194 S, 9 Anhang. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.
10. Minerals Handbook 1984–1985 och 1988–1989, Macmillan Publishers, London.
11. Fasth, R. and Käärik, K., Tungsten – Occurrence, Production and Utilization, in Symposium on Extraction Steel Alloying Metals, Luleå, March 1983. 83–99 pp, 25 ref.
12. Ohlsson L-G, Volframs geologiska uppträdande och fyndigheter i Sverige. Manuskript, 7 s. 1989–01–03.

Ordlista

Förklaringar till viss geologisk nomenklatur (i bokstavsordning)

Back-arc basin:	Bassäng bildad mellan vulkanisk öbåge och kontinent
Distal:	Bildad på avstånd från den vulkaniska utströmningen
Epigenetisk:	Bildad senare än omgivande bergrund
Exhalativt-vulkanogen:	Sägs t.ex. om malmer som bildats genom kemisk sedimentation på havsbotten i anslutning till submarin-vulkanism
Exogen:	Sägs om processer som sker på/eller nära jordytan
Genetisk:	Ursprung-bildningssätt
Greisen-mineralisering:	Mineralisering som karakteriseras av att fältspaterna i ursprungsbergarten förträngts av bl.a. nybildad kvarts, muskovit (ljus glimmer), topas samt eventuella malmmineral
Hydrotermal:	Sägs om t.ex. malmbildning förorsakad av varma vattenlösningar
Intrusion:	En bergartssmälta som tränger fram i berggrunden och den stelnade magmatiska bergarten
Intrusiv:	Sägs om bergart som bildats från en magma som stelnat nere i jordskorpan
Plutonism:	Allmän term för fenomen associerade med magmatiska intrusioner
Proximal:	Bildad i nära anslutning till den vulkaniska utströmningen
Replacement:	Sägs om den process där ett mineral ersätts av ett annat
Stockwork:	Tredimensionellt nätverk av gångar och/eller sprickmineraliseringar
Subvulkanisk:	Sägs om intrusion på stora djup

Vanadin

av civilingenjör *Erik Bengtsson*, Svenskt Stål AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	359
1.1	Allmänt om egenskaper, förekomst och användning	359
1.2	Råvarutillgång	359
1.2.1	Geologiskt uppträdande	359
1.2.2	Brytvärda tillgångar	360
1.2.3	Svenska vanadinmineraliseringar	360
1.2.4	Titans geologiska uppträdande och fyndigheter i Sverige	364
1.3	Förädling av vanadinråvaror	365
1.3.1	Produktion och metoder	365
1.3.2	Elenergibehov vid ferrovanadinframställning	367
1.3.3	Miljöaspekter vid vanadinutvinning	367
1.3.4	Produktionsutveckling	368
1.3.5	Råvaruproducenter	369
1.3.6	FeV-producenter	369
1.4	Handel	371
1.5	Konsumtion	372
1.6	Substitution	373
1.7	Prisutveckling	373
1.8	Forskning, utveckling, internationellt samarbete	376
1.9	Vanadin ur svenska råvaror	377
1.10	Beredskapssynpunkter på behovet av vanadin i svensk stålindustri	378
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1980-talet</i>	380
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	383
3.1	Prognos för västvärlden	383
3.2	Prognos för Sverige	385
4	<i>Slutsatser</i>	386
	<i>Referenser</i>	387

1 Faktaavsnitt

1.1 Allmänt om egenskaper, förekomst och användning

Vanadin är ett metalliskt element som är relativt vanligt förekommande i jordskorpan, men som sällan förekommer i hög koncentration. Sin största betydelse har vanadin som legeringselement i både handelsstål och specialstål. Vanadin är en stark karbidbildare och ökar hållfasthet, smidbarhet och elasticitet hos stålet. Även som legering tillsammans med aluminium i titan har vanadin fått stor betydelse för flygplansindustrin. Inom kemisk industri har vanadinpentoxiden sedan länge spelat en stor roll som katalysator.

1.2 Råvarutillgång

1.2.1 Geologiskt uppträdande

Generellt kan vanadinförekomster delas upp i tio olika huvudtyper:

1. Likvidmagmatiska titan-vanadin-järnmalmer
2. Oxidationszoner över pollymetalliska malmer
3. Uran-vanadinmalmer av "red-bed" typ
4. Gångförekomster
5. Lateritmalmer
6. Vanadinförande lerzoner
7. Vanadinförande bituminösa skiffrar
8. Marint sedimentära, vanadinförande fosfatförekomster
9. Vaskavlagringar
10. Övriga förekomstsätt (t.ex. i råolja, bauxit och "asfalt")

Likvidmagmatiska titan-vanadin-järnmalmer

Denna malmtyp är alltid knuten till ultrabasiska eller basiska intrusiv vilka ofta uppvisar en lagrad karaktär. Mineraliseringarna har bildats som ett resultat av differentiationsprocesser i samband med den basiska magmans avkylning. De malmförande basiska massiven, vilka oftast utgöres av pyroxenit, peridotit, gabbro eller anortosit, uppträder vanligen inom de prekambrisk sköldarna. Mineraliseringarna har vanligen formen av linser, lager, gångar eller "pipe"-liknande kroppar. Vanadinet är som regel helt knutet till titanomagnetiten och/eller magnetiten. Halten i dessa mineraler överstiger sällan ett par procent. De högre halterna som konstaterats i vissa

fyndigheter beror på att titanomagnetiten har små inneslutningar av coulsonit (FeV_2O_4). Generellt gäller att vanadinhalten är högst i tidigt bildad titanomagnetit (högst temperatur). Denna malmtyp utgör i dag den viktigaste vanadinkällan.

1.2.2 Brytvärda tillgångar

I SGUs rapport nr 35 "Vanadin" från 1984 finns en sammanställning från Bureau of Mines där man skiljer på ekonomiskt brytvärda tillgångar (Reserves) och totalt brytvärda tillgångar (Reserve base). Av tabell 11:1 framgår att av totalt 16.6 Mt V i brytvärda tillgångar utgör 4.3 Mt s.k. ekonomiskt brytvärda.

De totalt brytvärda tillgångarna finns framför allt i Sydafrika (47 %), Sovjet (25 %), USA (13 %) och Kina (10 %).

De viktigaste vanadinbärande mineralerna för gruvindustrin i Sydafrika, Sovjet, Kina och Nya Zeeland är titanomagnetiterna, som också finns på olika ställen i Norden. I USA finns dessutom tillgångar i uranvanadinmalmer (Colorado), vanadinförande lerstenar (Arkansas) och i sedimentära fosfatförekomster (Idaho), tabell 11:1. De kvantitativt mycket betydande ryska tillgångarna exploateras nästan uteslutande för intern konsumtion och tendensen för närvarande är att Sovjet de senaste åren har ett ökande importöverskott av vanadinprodukter.

En råvarukälla av växande betydelse utgör vanadin i olja, oljesand och oljerestprodukter.

1.2.3 Svenska vanadinmineraliseringar

De svenska vanadintillgångarna domineras helt av ett antal stora titanvanadin-järnmalmer som emellertid alla är relativt låghaltiga. De flesta fyndigheterna är kända sedan långt tillbaka. Som ett resultat av den legeringsmetallinriktade prospektering, som genomfördes i slutet av 1970-talet och början av 1980-talet, lokaliserades ett antal nya fyndigheter samtidigt som några av de tidigare kända mineraliseringarna detaljundersöktes. Övriga vanadinförekomster i Sverige är knutna till alunskifferar. Noteras bör de relativt höga vanadinhalterna i apatitjärnmalmerna.

Den vanadinförande titanomagnetitfyndigheten i *Smålands Taberg* har varit känd sedan långt tillbaka. Brytning av järnmalm pågick troligen redan under 1300-talet. Fyndigheten är den största kända vanadinreserven i Sverige (troligen också i Europa). Malmen utgörs av titanomagnetitkoncentrationer i hyperit. Tillsammans med titanomagnetiten har framför allt olivin anrikats, varför malmen kan karakteriseras som en titanomagnetitolivinit. Den kända reserven beräknas vara ca 150 Mt med genomsnittshalterna: 30–32 % Fe, 6 % TiO_2 , och 0,28 % V_2O_5 . Genom anrikning kan en slig med 50 % Fe, 13 % TiO_2 och 0,6 % V_2O_5 erhållas. En likartad fyndighet, fast betydligt mindre, finns vid *Inglamåla*. Även i denna uppträder den

vanadinförande titanomagnetitkoncentrationen i hyperit.

Kramstafyndigheten i Hälsingland utgörs av en koncentration av vanadinförande titanomagnetit i en delvis metamorf gabbro. I denna kan flera strukturer, typiska för lagrade intrusioner, urskiljas. Den mineraliserade zonen domineras av magnetit och ilmenit. Det senare mineralet uppträder antingen som lameller i magnetiten eller som separata korn. Gabbbron har varierande mineralsammansättning. Dominerande mineral är plagioklas, pyroxen, amfibol och magnetit. Kramstafyndigheten undersöktes med ett relativt stort antal borrhål under senare delen av 1970-talet. Den kända malmreserven uppges vara 16 Mt medan känd + sannolik malmreserv uppskattas till 27 Mt. Genomsnittlig vanadinhalt är 0,16 %.

Intill Kramstafyndigheten finns ett flertal likartade titanomagnetitkoncentrationer i gabbrobergarter (*Gruvberget, Gillermyran, Öjeberget, Storsveden och Gartsbo*). Dessa är mindre än Kramstafyndigheten och de har också ett lägre vanadin-järnförhållande.

Sumåssjön (Hälsingland) ingår i samma malmprovins som Kramsta och ovan angivna mindre fyndigheter. Den vanadinförande titanomagnetitmineraliseringen uppträder i en norit (gabbro med rombisk pyroxen). Denna har en öst-västlig längdutsträckning och omges av gnejsgranit. Vanadinet är kemiskt bundet till magnetiten som håller ca 1 %. Sumåssjön har beräknats innehålla 17 Mt malm med 0,15 % V. I malmen ingår också, förutom järn, titan bundet som ilmenit samt mindre mängder järnsulfider. Fyndigheten kan till största delen brytas i dagbrott.

På *Norra och Södra Ulvön* i Ångermanland har titanomagnetit brutits. Mineraliseringen uppträder i horisontella koncentrationer inom en flackt liggande mäktig diabas, vilken överlagrar den jotniska sandstenen. Diabasen består av plagioklas, olivin, pyroxen något biotit och apatit samt titanomagnetit. Malmen innehåller samma mineral fast i andra proportioner. Titanomagnetit utgör huvudbeståndsdelen och olivin har i förhållande till plagioklas ökat starkt. Ilmeniten uppträder som lameller eller korn i magnetiten. Endast i mycket underordnad mängd förekommer fri ilmenit. Råmalmen uppges innehålla 25 % Fe, 8 % TiO_2 och 0,35 % V_2O_5 .

Routevare i Norrbotten är en relativt stor titanomagnetitförekomst. Mineraliseringen är knuten till ett intrusiv, vilket huvudsakligen består av anortosit och anortositgabbro. Dessa bergarter övergår lokalt i mer kalirika bergarter av monzonitisk, syenitisk eller granitisk sammansättning eller i ultrabasiska bergarter som peridotiter, pyroxeniter och hornbländiter. Mineraliseringen utgörs av en koncentration av titanomagnetit, ilmenit och spinell (ofta också korund och högbomit) i anortositen och anortositgabbbron. Genom den kraftiga tektonisering som mineraliseringen genomgått har en del ilmenit övergått från att ha varit lamellbundet i magnetiten till självständiga små korn. Routevare är den utav de svenska titanomagnetitfyndigheterna som håller mest fri ilmenit. Fyndigheten uppskattas hålla ca 110 Mt med genomsnittshalterna 38 % Fe, 5,6 % Ti och 0,17 % V.

Akkavare mineraliseringen i Norrbotten utgörs av en titanomagnetitkoncentration i gabbro. Anrikningsförsök visar att man kan erhålla en

Tabell 11:1 Världens tillgångar av vanadin

A ¹	B ²	
Tusen ton vanadin- innehåll	Tusen ton vanadin- innehåll	Andel %
<i>Nordamerika</i>		
Kanada	-	45
Mexico	-	5
USA	140 ⁴	2 200
Totalt	140	2 250
<i>Sydamerika</i>		
Chile	15	25
Venezuela	10	90
Totalt	25	115
<i>Europa</i>		
Finland	⁴	90
Norge	-	5
Sovjetunionen ³	2 600	4 100
Totalt	2 600	4 190
<i>Afrika</i>		
Burundi	-	15
Mocambique	-	35
Namibia	-	5
Sydafrika	860	7 800
Zambia	-	5
Totalt	860	7 855
<i>Asien</i>		
Indien	10	35
Kina ³	610	1 630
Sydkorea	-	5
Totalt	620	1 670
<i>Oceanien</i>		
Australien	30	245
Nya Zeeland	-	270
Totalt	30	515
Världen	4 275⁴	16 600

Källa: USBM: Mineral Commodity Profiles, Vanadium, 1983, USBM Mineral Commodity Summaries, Vanadium, 1989

¹A = ekonomiskt brytvärda tillgångar

²B = ekonomiskt brytvärda tillgångar + marginellt ekonomiskt brytvärda tillgångar + vissa inte ekonomiskt brytvärda tillgångar

³Exkl. karboniska skiffrar och petroleumaska

⁴Enligt USBM Mineral Commodity Summaries 1989

magnetitslig med 60–65 % Fe och 3 % TiO_2 samt en ilmenitslig med 10–16 % TiO_2 och 20 % Fe. Vanadinhalten i magnetitkoncentratet uppgick till 0,09–0,15 %.

Jerfojaure mineraliseringen i Norrbotten utgörs av en titanomagnetitkoncentration i östra kanten av en gabbro-intrusion. Fyndigheten beräknas hålla ca 6 Mt med 15–20 % Fe och 5–7 % TiO_2 .

De svenska *apatit-järnmalmerna* håller ofta noterbara vanadinhalter (0,01–0,2 %).

Svenska alunskiffrar (Skåne, Västergötland, Östergötland, Närke, Jämtland samt Öland) är ofta svagt vanadinförande (0,03–0,2 %). Även om halten ofta är låg är fyndighetstypen av intresse med tanke på de stora tillgångar på alunskiffer som finns.

I tabell 11:2 är de svenska fyndigheterna sammanställda med angivande av kvantiteter och halter. Förutom dessa fyndigheter ingår ca 0,11 % V i LKABs och 0,17 % V i Grängesbergs anrikade järnråvaror.

Tabell 11:2 Fyndigheter innehållande vanadin

Fyndighet	Malmkvantitet	Halt i %		
Mt	Fe	TiO_2	V	
<i>Vanadinhaltiga järnmalm:</i>				
Akkavare (Melko) ^{1, 2, 3}		20–25	5–7	0,1–0,2
Jerfojaure ⁵	6	15–20	5–7	0,10–0,12
Kramsta ⁶	15	18	4	0,16
Ruotivare ²	120	38	9,4	0,17
Smålands Taberg ²	130	30	7,6	0,17
Sumässhön ⁴	15–20	20	3,7	0,22
Ulvöarna ⁷	20	25	8	0,20
<i>Alunskiffrar:</i>				
Jämtland ⁴				0,15–0,20
Närke ²				0,05
Ranstad ²				0,065
Skåne ²				0,15
Öland ⁸				0,14
Östergötland ⁸				0–0,21

Källor: ¹ NSG Prospektering i Norrbottens län, 1978

² SOU 1979:40 Malmer och metaller

³ SGU

⁴ NSG

⁵ Boliden Mineral AB

⁶ LKAB

⁷ Grip, E och Frietsch, R 1973: Malm i Sverige 2

⁸ SIND PM 1978:3, Alunskiffer

1.2.4 Titans geologiska uppträdande och fyndigheter i Sverige

Inledning

Titan och vanadin uppträder ofta tillsammans i vissa typer av malmfyndigheter. Så är t.ex. oftast fallet i de svenska mineraliseringarna. En prospekteringskampanj bör således inte riktas mot endast en av dessa metaller utan omfatta båda. Det är därför befogat att i anslutning till redovisningen av vanadins geologiska uppträdande även kortfattat beskriva hur titan förekommer i naturen.

Mineral

Av det stora antal titan-mineral som är kända är det endast ilmenit (FeTiO_3), rutil (TiO_2) och anatas (TiO_2), som har någon nämnvärd ekonomisk betydelse.

Geologiskt uppträdande

Utifrån bildningssättet kan de mest betydande titanförekomsterna delas upp i tre huvudtyper:

- Likavidmagmatiska titan-(vanadin)-järnmalmer.
- Exogena titanförekomster.
- Vulkanogena-sedimentära förekomster.

Likvidmagmatiska titan – (vanadin) – järnmalmer

Denna malmtyp är alltid knuten till ultrabasiska eller basiska intrusiv (gabbro, norit, anortosit eller hyperit). Mineraliseringarna har bildats som ett resultat av differentiationsprocesser i samband med den basiska magmans avkylning. De har vanligen formen av linser, "lager", gångar eller "pipe"-liknande kroppar. Titanet uppträder nästan alltid i ilmenit, vilket antingen förekommer fritt eller i fast lösning med magnetit (titanomagnetit). Svårigheter att anrika den senare malmtypen gör att många titanomagnetitfyndigheter inte är brytvärda trots relativt högt titaninnehåll. Betydande likvidmagmatiska titan-järnmalmer finns bl.a. i Sovjetunionen (Kusinsk, Kapansk, Medvedevsk och Matkal i Uran), USA (Tahawus, Iron Mountain och Adirondocks), Canada (Allard Lake, Lac Tio och Puy Jelon) samt i Sydafrika (Bushveldområdet). De norska ilmenit-magnetit-fyndigheterna i Egersundsområdets anortositer är bland de största i Europa. Tellnes-fyndigheten har en malmreserv på ca 300 Mt med i genomsnitt 18 % TiO_2 och malmen i Storgangen var totalt ca 70 Mt med 17 % TiO_2 . Otanmäki fyndigheten i Finland utgörs av ett hundratal malmlinser, vilka är knutna till en zon mellan amfibalit och gabbro. Den brutna malmens genomsnittshalter var 37 % Fe, 13 % TiO_2 och 0,26 % V. Mustavaara-fyndigheten, som

uppträder i en gabbro, hade en malmreserv på 38 Mt (ner till 100 m djup) med genomsnittshalterna 22 % Fe, 5 % Ti och 0,2 % V.

Exogena titanförekomster

De exogena (bildade på jordytan) titanförekomsterna kan delas upp i vask-avlagringar och vittrade residualmalmer. Ur ekonomisk synpunkt är de ofta komplexa (ilmenitrutit-zirkon-monazit) strandavlagringarna av störst betydelse. Stora fyndigheter av denna typ finns bl.a. i Australien, Nya Zeeland, Indien, Brasilien och USA. Konsoliderade fossila vaskavlagringar har också en viss betydelse. Nämnvärda fyndigheter av denna typ finns bl.a. i USA och Sovjetunionen. Inom speciellt de tropiska områdena finns ett flertal residualmalmer, i vilka titanmineralen koncentrerats genom lateritvittring.

Vulkanogena-sedimentära förekomster

Denna typ av titanförekomster är relativt sällsynt förekommande och är därför av ringa ekonomisk betydelse. Typiska fyndigheter finns bl.a. i Sovjetunionen (Yastrebovsk).

Svenska titanmineraliseringar

De i Sverige helt dominerande titanmineraliseringarna tillhör gruppen "likvidmagmatiska titan-(vanadin)-järnmalmer". Mer betydande fyndigheter har tidigare redovisats i avsnitten "Svenska vanadinmineraliseringar".

Vissa sedimentära bergarter i södra Sverige håller relativt höga titanhalter. Dessa har i mindre omfattning undersökts av NSG. Titanet uppträder huvudsakligen i mineralet anatas.

1.3 Förädling av vanadinråvaror

1.3.1 Produktion och metoder

Den allra största delen av vanadinråvarorna i form av malmer och råolja bearbetas endast i begränsad utsträckning med enbart syfte att framställa vanadinprodukter. Direkt utvinning ur titanomagnetitmalmer genom alkalisk extraktion är dock fortfarande av betydelse i Sydafrika och i Kina, men i allmänhet utvinns numera vanadinet som en bi- eller samprodukt vid framställning av någon annan i malmen ingående komponent såsom järn, uran, titan, bly, zink eller fosfor. Vid raffinering av vanadinrik olja kan särskild separationsteknik användas och vid förbränning av olja kan vanadinet tas till vara ur askan.

Den viktigaste, sekundära råvaran för framställning av rena vanadinprodukter såsom vanadinpentoxid, vanadinlegeringar och ren metall är vana-

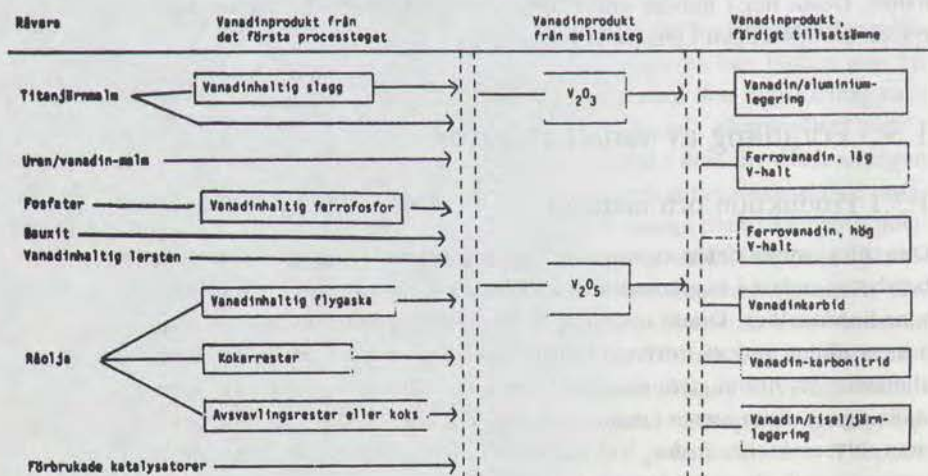
dinrika slagger, som erhålls vid förblåsning av flytande råjärn. Den dominerande producenten av sådan slagg är Highveld Steel and Vanadium Corp, som tillsammans med slaggtillverkare i Sovjet och Kina förser de största tillverkarna av vanadinprodukter i västvärlden med denna sekundära råvara. Efter nedmalning av slaggen tillförs ofta varierande mängder av andra råvaror såsom olje- och katalysatorrestprodukter. Det vanligaste sättet att förädla vanadinet i slaggen är att extrahera det ur råvaran genom att rosta en blandning av finmald råvara och soda och därefter laka rostgodset och lösa ut vanadinet som natriumvanadat i vatten. I en efterföljande process fälls vanadinet ut, vanligen som ammoniumpolyvanadat, som efter torkning och smältning överförs till en vanadinpentoxid.

Vanligen går sedan största delen av vanadinpentoxiden vidare för tillverkning av ferrovanadin (80 % V) genom en enkel aluminotermisk reduktionsprocess. Men även reduktion av vanadinoxider i ljusbågsugn med aluminium, kisel eller kol till ferrovanadin tillämpas.

En direkt reduktion av slagg i två steg i ljusbågsugn och skänk med kisel som reduktionsmedel är också en metod som är billigare men ger en FeV med lägre vanadinhalt av 40–50 % och en något orenare produkt. Denna metod utvecklad av ELKEM i Bremanger tillämpas numera endast i USA (Foot Mineral Co) och i begränsad omfattning (500 ton V/år) och även vid något verk i Sovjet.

Utvinningen av vanadin ur andra råvaror går också över renframställning av vanadinpentoxid. Figur 11:1 ger en översiktlig bild av vanadinförädling ur olika råvaror.

Figur 11:1 Översiktligt schema över framställning av vanadinprodukter



1.3.2 Elenergibehov vid ferrovanadinframställning

Vid direktframställning av ferrovanadin med 45–50 % vanadin ur vanadinrik slagg, som äger rum i ljusbågsugnar, beräknas elenergibehovet uppgå till ca 5,3 kWh/kg V om slaggen håller ca 10 % V. Därtill kommer energi i form av 1,2 kg FeSi (75 % Si) och 0,04 kg Al per kg. För att klara det svenska behovet av FeV av i dag skulle således behövas ca 5 GWh/år. FeV grade 80 utgående från V_2O_5 däremot kan framställas utan att tillföra elektrisk energi med ett behov av 1,0–1,2 kg aluminium per kg V. För att höja vanadinutbytet i processen tillverkas en del FeV i ljusbågsugnar varvid elåtgången brukar uppgå till 4,1–4,5 kWh/kg V.

1.3.3 Miljöaspekter vid vanadinutvinning

Giftighet

Hos människan finns flera fall av bindhinneinflammation och luftvägsinflammationer som följd av industriell exponering för vanadinpentoxid beskrivna. Skador har erhållits vid lufthalter på 1–50 mg/m³. Dödlig dos för människa vid inhalering har beräknats till 60–120 mg. Symptom vid inhalering av höghaltiga vanadinföreningar är envis torrhosta med irritation av ögon, näsa och hals. Långvarig exponering kan ge upphov till andningssvårigheter, aptitlöshet, avmagring och diareer. Det finns undersökningar som tyder på att överexponering för V_2O_5 kan leda till kroniska sjukdomstillstånd. Samband anses dock inte säkert belagt.

Vanadin anses inte ge upphov till cancer eller fosterskador och endast något enstaka fall av allergi har rapporterats i samband med vanadin.

Den största källan till vanadinutsläpp i luften är för närvarande oljeförbränningen. Emissioner till luft beräknades i mitten av 1970-talet till 460 ton/år.

Förbehandling av råjärn

Den särskilda anläggningen för förblåsning av råjärn mellan masugn och stålugn i avsikt att framställa en vanadinrik slagg, användbar som råvara för vidare förädling, måste förses med avgasreningsutrustning i sådan omfattning att inte högsta tillåtna stoftutsläpp överskrider, som i dag är 0,3 kg/ton från råjärns- och ståltillverkning och som sannolikt kommer att sänkas till 0,1 kg/ton i mitten av 1990-talet.

Ur arbetsmiljösynpunkt krävs av utsagningsanordningen att totala halten av vanadin i vanadinoxidhaltigt damm inte överskrider 0,2 mg/m³. Respirabelt damm för inte överstiga 0,05 mg/mm³ som takgränsvärde.

Framställning av vanadinpentoxid

Malning och beredning av råvaror är underkastade samma miljökrav som ovan beskrivits. Samma krav på stoftavskiljning gäller avgaserna från den alkaliska rostningen.

Avfall i form av lakrester måste deponeras på ett riktigt sätt, innebärande någon form av stabilisering av materialet och krav på en tät deponi.

Utsläpp av restvatten från de våtkemiska operationerna med efterföljande kemikalieåtervinning kräver långtgående rening med avseende på tungmetaller, kväve och fosfor.

Framställning av ferrovanadin

Krav på emissionsbegränsningar, arbetsmiljökrav är likvärdiga de som gäller för förbehandling av råjärn.

1.3.4 Produktionsutveckling

Det skedde en stadig tillväxt (5,7 %/år) i vanadinproduktionen under 1970-talet ledd och styrd framför allt av Sydafrika efter tillkomsten av Highveld 1968. En sammanställning av världens vanadinproduktion och produktionskapacitet 1984 i tabell 11:3 från USBM visar på en betydande produktionsreserv, då utnyttjandegraden endast uppgick till 52 %. Som en följd av nedgången i stålkonjunkturen i början på 1980-talet och ett plötsligt utbud av kinesisk vanadinpentoxid minskade produktionen i västvärlden med över 25 % 1982 men har långsamt börjat öka under de senaste åren, trots att den norska och finska produktionen av pentoxid lagts ned. Den kinesiska exporten har legat vid ca 2 500–3 000 ton/år under åren 1985 och 1986. Under 1987 har också tillkommit en ny producent av vanadinpentoxid från en under 1987 startad anläggning i Sydafrika, Vansa Vanadium Co, med en kapacitet av 1 600 ton V/år. Nedläggning av produktion i USA och Västeuropa har medfört att under andra halvåret 1988 uppkommit en akut brist på vanadinprodukter, sannolikt förvärrad av att Kina har haft svårt att uppfylla gjorda leveransåtaganden.

Tabell 11:3 Världens vanadinproduktion och tillgänglig kapacitet 1984

Land	Produktion ton V	Kapacitet ton V	Kapacitets- utnyttjande %
Sydafrika	12 500	17 200	73
USSR	9 500	21 000	46
Kina	4 500	6 500	69
Finland ¹	3 100	3 800	80
USA	1 450	9 000	16
Chile	-	1 100	0
Australien	-	900	0
	31 000	59 500	52

Källa: USBM

¹Nedlagt 1985/86

1.3.5 Råvaruproducenter

Endast ett fåtal länder producerar primära vanadinprodukter. Största producenten är Sydafrika, där fyra företag, Highveld Steel and Vanadium Co, med en förväntad produktion 1989 av 9 400 ton V i form av slagg och 3 360 ton i form av V_2O_5 i Vantraverket, Vametco, Transvaal Alloy och det nyanlagda Vansa, samtliga tre tillverkade ca 2 000, 1 000 resp. 1 000 ton av V_2O_5 under 1989. Highveld Steel and Vanadium Corp tillverkar vanadinslagg och vanadinpentoxid. De tre första företagen svarade i mitten av 1980-talet för ca 70 % av västvärldens produktion och ca 40 % av världens totalproduktion. Highveld svarar för närvarande för nära 50 % av västvärldens produktion av vanadinråvaror och Sydafrika som helhet för drygt 60 %. Näst största producenten har Sovjet varit, som dock endast marginellt deltar i världshandeln (1 300 ton V/år).

Tredje största producent av vanadinprodukter ur egna råvaror är Kina, där titanomagnetiter utgör råvara och primärprodukten är slagg från statligt ägda anläggningar; Panzhihua, Maanshan och Zhenge. Kineserna beräknas bidra med ca 1 000 V på världsmarknaden.

I det fjärde största råvaruproducentlandet USA finns för närvarande sju företag, som tillverkar produkter ur inhemska råvaror, nämligen

Stratcor	2 500 ton V	Gulf Chemical	900 ton V
Kerr McGee	900 ton V	Residues	750 ton V
Umetco	750 ton V	Amax	750 ton V
Renzy (Kanada)	120 ton V,		

där siffrorna anger den uppskattade produktionen 1989.

Slaggproducenter är också Chile, Comp de Acerodel Pacifico S A, och i framtiden Nya Zeeland (New Zealand Steel Co).

1.3.6 FeV-producenter

Om råvaruproduktionen är koncentrerad till Sydafrika och Sovjet finns tillverkarna av vanadinpentoxid och ferrovanadin ur importerade råvaror i de flesta stora ståltillverkarländerna. De viktigaste tillverkarna av ferrovanadin är sammanställda i tabell 11:4. Listan grundar sig på uppgifter från 1984, men senare inträffade förändringar i USA har införts. De flesta producenterna tillverkar en ferrovanadin med 80 % V men speciella varianter innehållande kol och kväve liksom en direkt ur slagg tillverkad kvalitet med 40–50 % V. Den svenska produktionen av FeV vid AB Ferrolegeringar i Trollhättan upphörde 1981.

Tabell 11:4 Större producenter av ferrovanadin 1984¹

Land	Företag
Belgien	S A Applications de la Chimie, de l'Electricité et des Metaux (SADACEM)
Brasilien	Cia Industrial Fluminense Cia Paulista de Ferro-Ligas Eletrometalur S A, Industria e Comercio Prometal-Produtos Metalurgicos S A Termoligas Metaalurgicas S A
Frankrike	Penarroja, Usine de l'Estaque, Bouches-du-Rhône Ste Francaise d'Electrometallurgie (SOFREM) Groupe PUK
Indien	The Dandeli Ferro Alloys Pvt. Ltd Electric Control Gear Pte. Ltd
Italien	Salem S p A Leghe e Metalli
Japan	Awamura Metal Industry Co, Ltd Japan Metals and Chemicals Co Ltd Nippon Denko Co Ltd Taiyo Mining and Industrial Co Ltd
Kanada	Masterloy Products Ltd
Kina	Ministry of Metallurgical Industry
Luxemburg	Continental Alloys S A
Mexiko	Ferroaleaciones de Mexico S A (FERROMEX)
Sovjetunionen	Chusovskoy Metallurgicheskij Kombinat Metallurgicheskij Zavod im. Serova Nizhnetagilskij Metallurgicheskij Zavod Tulachermet Kombinat
Spanien	Ferroaleaciones Especiales Asturianas S A (FERROASTUR)
Storbritannien	Ferro-Alloys & Metals Ltd London & Scandinavian Metallurgical Co Ltd Murex Ltd
Sydafrika	Highveld Steel and Vanadium Co Ltd Ucar Minerals Co Ltd
USA	Affiliated Metals and Minerals Inc Foote Mineral Co ² Reading Alloys Inc Shieldalloy Co Stractor ³ Transition Metals Technology
Ungern	Otvozetgyar
Västtyskland	Gesellschaft für Elektrometallurgie mbH Hermann C Starck Berlin
Österrike	Treibacher Chemische Werke AG

Källa: USBM: Bulletin 675, 1985

¹ Inkluderar andra vanadin/kol/järn-legeringar² Ingår sedan 1989 i Metallurg-koncernen³ Har tillkommit efter 1985

1.4 Handel

Västvärldens handel med vanadinprodukter har sedan början av 1970-talet dominerats av vanadin av sydafrikanskt ursprung. Den största exportprodukten har varit slagg från Highveld, men stundtals har betydande kvantiteter av producerad vanadinpentoxid, varav en mindre del förädlats till ferrovanadin, vanadinkarbid och vanadinkarbonitrid, exporterats.

Fram till mitten av 1980-talet har också Finland varit en betydande exportör av pentoxidvara. Överkapaciteten på marknaden på grund av minskad stålproduktion i världen och plötsligt utbud av kinesisk slagg och pentoxid medförde 1982 betydande prisfall på vanadinprodukter och minskad tillförsel från Sydafrika 1982–85. Genom att Finland och Norge helt lagt ned produktionen från egna råvaror och även i stor utsträckning USA har stoppat betydande delar av sin egen produktion från uran-vanadinhaltiga malmer har Sydafrikas grepp om exportmarknaden stärkts, även om ökad tillförsel av vanadin från oljemarknaden minskat beroendet något.

De stora ståltillverkarländerna Japan, Sovjet och USA är nettoimportörer av vanadinprodukter liksom Frankrike, Italien och Sverige. Betydande exportörer av FeV är Belgien, Luxemburg och Österrike. Västtyskland importerar stora mängder slagg men exporterar ungefär lika mycket FeV som man importerar.

Sveriges export- och importhandel med vanadinpentoxid och ferrovanadin under 1980-talet framgår av tabell 11:5. Under tiden fram till 1981, då FeV-produktionen lades ned i Trollhättan, importerades vanadinpentoxid huvudsakligen från Finland. Därefter har importen utgjorts enbart av FeV (80 % V).

Tabell 11:5 Sveriges export och import av vanadinprodukter

År	V-föreningar ton/år		Ferrovanadin ton/år		Förbrukning ton/år
	Export	Import	Export	Import	
1980	-	517	231	920	1 020
1981	2	141	156	781	1 090
1982	-	16	44	846	927
1983	-	-	53	733	840
1984	-	-	15	955	1 140
1985	-	-	6	1 057	1 227
1986	-	-	21	1 110	1 134
1987	-	-	16	1 105	1 190
1988	-	-	42	1 097	1 238

Källa: SCB

¹ Höghållfasta låglegerade stål² Inkl. legerade verktygsstål, värmebeständiga stål m.m.

³ Rostfria stål med en Cr-halt av minst 11 % inkl. värmebeständiga stål

⁴ Uppskattad konsumtion

1.5 Konsumtion

Förbrukningen i västvärlden av vanadin, som 1985 uppskattades till ca 23 kton V, bestäms i huvudsak av stålindustrins behov. Fördelningen på de viktigaste konsumenterna visas i nedanstående tabell.

Tabell 11:6 Förbrukning av vanadin på olika konsumenter

Konsument	Procent
Stålindustri	85
Icke järmetallegeringar	9
Kemisk och keramisk industri	3
Gjutjärn	1
Övrigt	2

Källa: IISI: 1984

Tabell 11:7 Fördelningen på olika ståltyper i USA, Japan och Västtyskland (1982)

Ståltyp	Ton V	Procent
HSLA ¹	3 141,5	34,5
Höglegerade stål ²	1 040,7	20,2
Rostfria stål ³	74,6	0,8
Övriga ⁴	4 052,0	44,5

Källa: J.S. Afr. Inst. Min. Metall (1985)

¹ Höghållfasta låglegerade stål

² Inkl. legerade verktygsstål, värmebeständiga stål m.m.

³ Rostfria stål med en Cr-halt av minst 11 % inkl. värmebeständiga stål

⁴ Uppskattad konsumtion

Ursprungligen användes vanadin framför allt i verktygsstål och snabbstål på grund av att vanadinkarbiderna ökar hårdheten och hållfastheten vid höga temperaturer och förbättrar slitstyrkan och skärbarheten. Numera är det de höghållfasta, låglegerade stålen som förbrukar det mesta vanadinet. Det är framför allt höghållfasta stål för pipe-lines, som har svarat för den största och snabbast ökande konsumtionen fram till början av 1980-talet. Av övriga ståltyper med behov av vanadin är höghållfast stål för högbelastad räls och kallbearbetade stål för bilindustrin.

Förbrukningen av ferrovanadin i Sverige har legat vid ca 800–1 100 ton FeV/år under det senaste decenniet. Efter nedläggningen av produktionen vid AB Ferrolegeringar 1982 är vi helt hänvisade till import som kommer framför allt från Västtyskland, Belgien, Luxemburg och Österrike.

1.6 Substitution

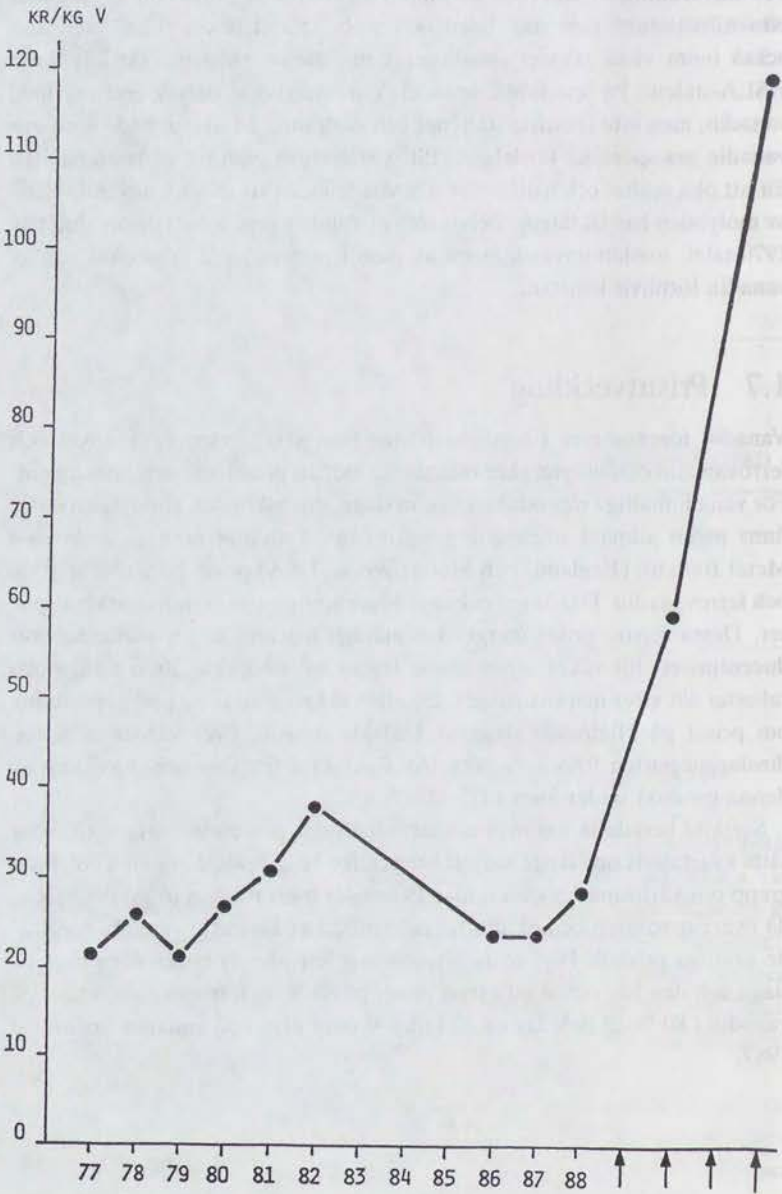
Vid tillverkning av legerade och mikrolegerade stål förekommer vanadin ofta tillsammans med molybden och niob, ibland också titan, men kan också inom vissa gränser substitueras mot dessa element, särskilt inom HSLA-stålen. På specialstålområdet kan molybden delvis ersättas med vanadin, men inte i rostfria ståltyper och snabbstål. Eftersom både niob och vanadin ger specifika fördelar i HSLA-stål sätter man till båda elementen för att öka seghet och hållfasthet. En viss tendens att minska användningen av molybden har iakttagits, delvis som en följd av prisökning under slutet av 1970-talet, medan användningen av niob i motsvarande grad ökat och av vanadin förblivit konstant.

1.7 Prisutveckling

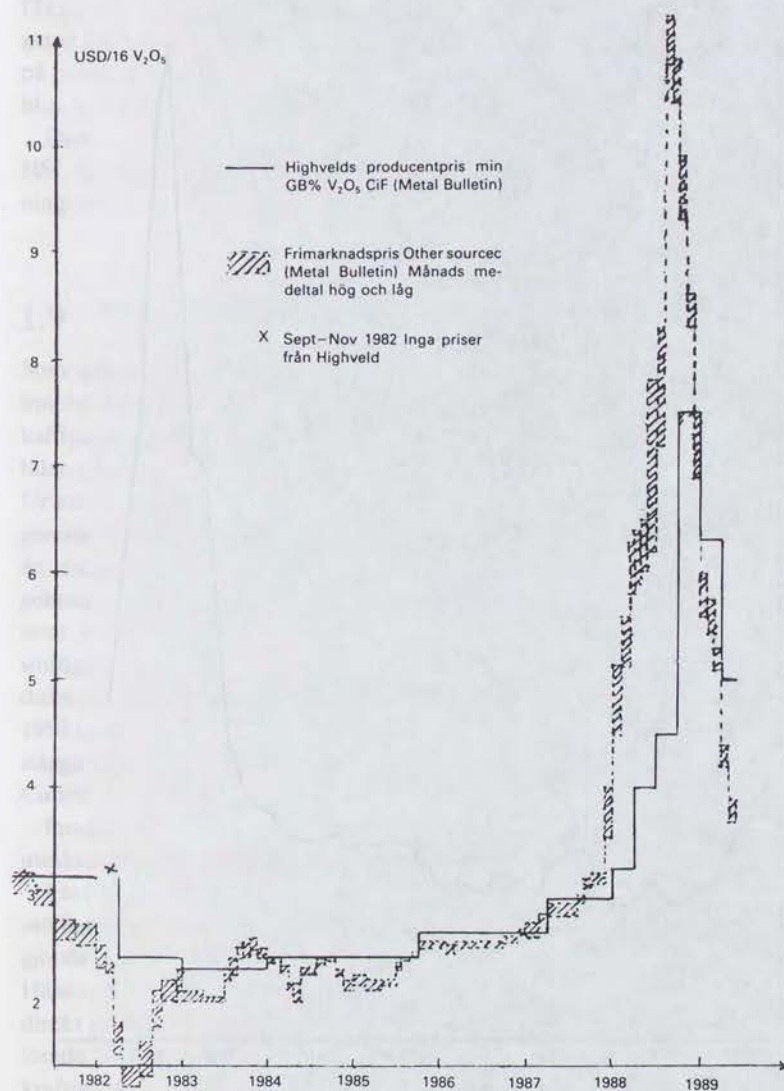
Vanadin förekommer i handeln främst som slagg, vanadinpentoxid och ferrovanadin och utbytet sker ofta direkt mellan producent och konsument. För vanadinhaltiga råprodukter såsom slagg, oljeaskor och katalysatorrester finns ingen allmänt tillgänglig prissättning¹. Däremot noteras veckovis i Metal Bulletin (England) och Metals Week (USA) priset på 99 %-ig V_2O_5 och ferrovanadin. Där anges också producenternas pris som frimarknadspriser. Dessa senare priser återger i allmänhet marknadsläget bättre än producentpriset, till vilket oftast måste läggas till eller dras ifrån tillägg och rabatter allt efter marknadsläget. Emellertid kan man få en god uppfattning om priset på Highvelds slagg ur USBMs statistik över värdet av vana-dinsslaggimporten från Sydafrika. Av figur 11:2 framgår prisutveckling av denna produkt under åren 1977–1989.

Särskild betydelse har man tillmätt Highvelds pris på 99 %-ig V_2O_5 , som sätts kvartalsvis och länge var ett uttryck för Highvelds dominans och fasta grepp om världsmarknaden under 1970-talet fram till början av 1980-talet, då överkapaciteten och okontrollerade utbud av kinesiskt vanadin medförde kraftiga prisfall. Highvelds prisnotering har utgjort basen för priset på slagg och den har också ofta styrt priset på 80 %-ig ferrovanadin. Priset på vanadin i 80 %-ig FeV låg ca 20 kr/kg V över priset på vanadin i pentoxid 1987.

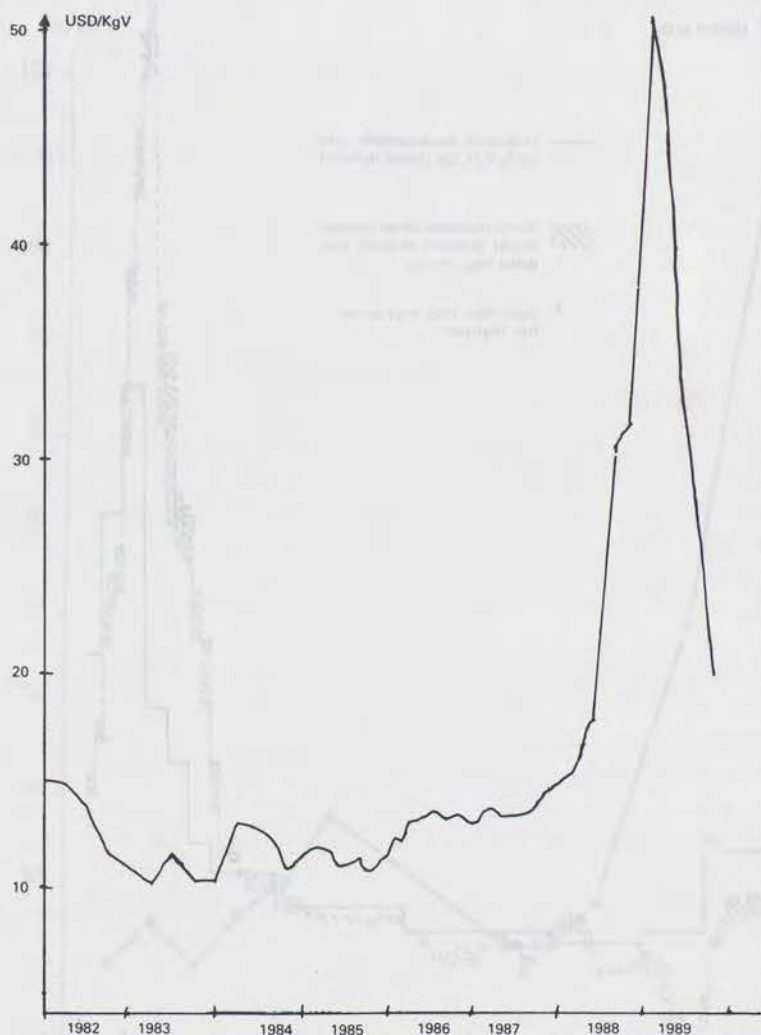
Figur 11:2 Vanadinslaggpriser enligt USBM 1977-1989. Import till USA (slag med 23 % V_2O_5)



Figur 11:3 Vanadinpentoxidpriset 1982–1989 i Västeuropa



Figur 11:4 Prisutveckling 1982–1989 för ferrovanadin 80 % grade



Källa: Metal Bulletin

1.8 Forskning, utveckling, internationellt samarbete

För att främja förbrukningen av vanadin inom stålindustrin bildades på initiativ av Highveld ett samarbetsorgan Vanadium International Technical Committee, VANITEC, med syfte att genom forskning öka användningen av vanadin som legering. I detta samarbete deltar ca 20 av de största producenterna av vanadinprodukter. Organisationen har sitt säte i London med Highveld som huvudman, men de övriga producenterna bidrar finansiellt allt efter storlek.

Förutom forskning och utveckling av vanadinlegerade stål bevakar VAN-ITEC också handels- och tullfrågor, som gäller vanadinprodukter och arrangerar årsmöten och seminarier, där forskningsuppdrag, som ofta har lagts ut på internationella organisationer, redovisas. Några sådana uppdrag har bl.a. givits åt forskningsorganisationer i Sverige.

Den målinriktade satsningen på utvecklingen av de mikrolegerade HSLA-stålen på 1970-talet har sedermera efterträtt av mer grundforskningsbetonad verksamhet vid VANITEC på 1980-talet.

1.9 Vanadin ur svenska råvaror

Som tidigare har beskrivits i 1.2.2 finns det ett flertal svenska fyndigheter innehållande vanadin. Av dessa har endast innehållet i Bergslagens apatit-haltiga magnetitmalmer tagits till vara kommersiellt under 1940- och 1950-talen i Stora Kopparbergs anläggningar, i Domnarvet, Falun och Söderfors. Ur ett vanadinrikt råjärn framställdes en vanadinrik slagg med 11–12 % V genom förblåsning i bottenblåsta konverter vid Domnarvets Jernverk. Vid en anläggning vid Falu Kopparberg tillverkades sedan vanadinpentoxid genom rostning med soda, vattenlakning och utfällning av pentoxider genom neutralisation med svavelsyra. Vid stålverket i Söderfors tillverkades slutligen en kolhaltig FeV genom reduktion av V_2O_5 i ljusbågsugn. Produktionen var av blygsam omfattning och tillverkningen lades ned i slutet av 1950-talet. Under tiden utvecklades en ny och förbättrad metod att förslagga råjärnets vanadin i skaskänk. Den köptes sedan av Anglo American Co för att användas för att förblåsa råjärnet vid Highveld i Sydafrika.

Produktion av FeV vid AB Ferrolegeringar i Trollhättan har däremot uteslutande grundats på importerad pentoxid företrädesvis från Finland.

Ett flertal förstudier har emellertid gjorts under de senaste decennierna av möjligheterna att exploatera några av de fyndigheter som finns. Förstudier gjorda i början av 1980-talet på att utnyttja titanomagnetitfyndigheterna i Hälsingland, Kramsta och Sumåssjön, för att tillverka vanadinpentoxid direkt ur malm på samma sätt som vid Rautaruukis anläggningar i Finland, visade på alltför låg lönsamhet i den situation med överproduktion och kraftigt prisfall, som inträffade 1981 och 1982.

I början av 1980-talet påbörjade SSAB en förstudie av möjligheterna att ta till vara vanadinet i järnråvarorna från LKAB och SSABs gruvor i Grängesberg. Den visade snart att det fanns goda förutsättningar att framställa en högvärdig vanadinrik slagg jämförbar med de slagger, som är huvudråvaror för de stora kontinentala FeV-producenterna.

I princip är den tillämpade metoden i dag densamma som första gången utvecklades av von Seth vid Domnarvet på 1920-talet. En fördel för SSAB i jämförelse med Highveld är att råjärnet kan tillverkas i högproduktiva masugnar. Den höga titanhalten i den sydafrikanska malmen tvingar Highveld till en omständigare och dyrare reduktionsprocess, men som å andra sidan ger ett råjärn med högre vanadinhalt. Genom delvis recirkulering av

den vanadinrika slaggen från förblåsningen av råjärnet, som skall äga rum i en särskild anläggning mellan masugn och stålkonverter, kan vanadinhalten i SSABs råjärn höjas till nödvändig nivå för att få erforderlig vanadinhalt i slaggen.

Att SSAB har intresserat sig igen för att förblåsa råjärn beror inte bara på möjligheten att tillverka en värdefull vanadinslagg utan också på fördelar i den efterföljande stålframställningen, som nog måste vägas mot eventuella risker och nackdelar.

Utvecklingen av tekniken för masugnsdrift och för färskning av kisellåga råjärn har också varit förutsättningar för att SSAB skall satsa på utvinning av vanadin. En fördjupad studie av projektet har bekräftat och stärkt motiven för en satsning på en vanadinslaggtillverkning, som vid en råjärnsproduktion av 1 500 kton/år i Luleå och 1 200 kton i Oxelösund beräknas ge 2 700–2 900 ton V/år i en vanadinslagg med 10 % V.

Under arbetet med förstudien deltog SSAB i ett konsortium tillsammans med SKF Steel och under ledning av först Gränges International Mining och sedermera Boliden Contech AB, som på uppdrag av NSG gjorde en särskild förstudie av förutsättningarna att på SSABs masugnar tillföra en anrikad, agglomererad titanomagnetitlig med 64 % Fe och 1 % V som inblandning i den ordinarie beskickningen och därmed öka utbudet av säljbar vanadinrik slagg. Titanomagnetiten skulle tas från en fyndighet, Gruvberget Sumåssjön i Hälsingland, som beräknades innehålla 12,3 Mt malm med en halt av 0,23 % V.

Studien visade att en sådan tillsats skulle öka vanadinmängden i avsaluslaggen med ytterligare ca 1 300 ton V/år till totalt 4 000–4 200 ton V/år under 14 år. Av denna studie kunde man dra slutsatsen att om SSAB beslutar sig för att tillverka en säljbar vanadinslagg ur de befintliga råvarorna är det lönsammaste sättet att ta till vara vanadinet i Sumåssjöfyndigheten och låta det ingå i den normala beskickningen för masugnarna. En annan bedömning som gjordes var att man borde förädla vanadinet i slaggen till FeV, som ansågs lättare att marknadsföra än slagg. En FeV med 50 % V erhållen genom direkt reduktion ur slaggen enligt ELKEMs metod bedömdes ge det bästa ekonomiska utbytet.

1.10 Beredskapssynpunkter på behovet av vanadin i svensk stålindustri

För att tillgodose försörjningsbehoven i de krissituationer som anvisats som beredskapsplaneringsunderlag av riksdagen genom 1987 års försvarsbeslut behöver vi kunna tillverka stål i Sverige. Kvantiteterna som behövs för förbrukning i Sverige för angelägen export (som bytesvara) är väsentligt mindre än i fred. Behovet av vanadin för legeringsändamål kan enligt förutsättningarna bara till en del täckas genom import. Det övriga behovet måste tillgodoses från beredskapslager. Det är främst till konstruktionsstål, snabbstål och verktygsstål vi behöver vanadin. För dessa ändamål planeras

en beredskapslagring innehållande ca 300 ton vanadin till ett värde som i dag kan beräknas till ca 50 Mkr.

Priset är högt jämfört med tidigare prisnoteringar, vilket beror på en ovanligt lång och god stålkonjunktur och samtidigt en viss brist på vanadin på världsmarknaden som domineras av Sydafrika. Importen måste till följd av detta förhållande betraktas som störningskänslig såväl i fred som i en beredskapssituation.

En beredskap som bygger på inhemska tillgångar är därför att föredra. Det finns metoder för att utvinna en vanadinråvara i form av slagg från förblåst råjärn, men det finns inte några anläggningar i Sverige för detta. Att förse en masugn med förfärskningsutrustning tar lång tid (ca 1 år) och kräver en betydande investering. Av vanadinråvaran görs vanadinpentoxid som är utgångsvara för ferrovanadin. Något pentoxidverk finns inte i Sverige.

Vanadinet tillförs stålet i form av ferrovanadin. Någon tillverkning av ferrovanadin förekommer inte i Sverige i dag men utrustning för och kunskap om tillverkningen finns och bevaras med hjälp av ett beredskapsavtal mellan ÖCB och ett ferrolegeringsföretag. Ferrovanadin med lägre vanadinhalt än normalt kan troligen framställas genom direktreduktion i ljusbågsugn. Malmer med hög vanadinhalt finns bl.a. i Hälsingland.

Beredskap som bygger på lagring blir alltid begränsad i fråga om ut hållighet. Med en beredskap som bygger på svenska tillgångar och svensk produktion eller produktionskapacitet kan försörjningen tillgodoses kontinuerligt även under en lång beredskapsperiod. ÖCB föredrar en sådan beredskap och är alltid beredd att diskutera insatser för alternativa beredskapslösningar.

2 Marknadsutvecklingen under 1980-talet

Som har framgått av redogörelsen för utvecklingen av produktion, konsumtion och priser under 1980-talet har marknader för vanadinprodukterna karakteriserats av minskande och stagnerande efterfrågan, överkapacitet i produktionsledet och osäkerhet, mest beroende på tidvis inträffade betydande utbud av kinesiska vanadinprodukter. Den försvagning av marknaden, som detta ledde till, har medfört att en stor del av produktionen, baserad på inhemska råvaror, har lagts ned i USA och helt och hållet i Västeuropa (Finland och Norge). Utslagningen av befintliga anläggningar i USA och Europa har ökat beroendet av Sydafrikas vanadin. De nytillskott i produktion, som på sikt behövs för upprätthållande och senare öka kapaciteten för vanadinprodukter, kommer från Sydafrika och Kanada. Därtill kommer planer på en anläggning i Australien och SSABs planer att tillverka vanadinhaltig slagg ur sitt råjärn från LKABs malmer. Den annonserade produktionen av vanadinhaltig slagg från Nya Zeeland har ännu inte kommit till stånd. I tabell 11:8 har en sammanställning gjorts av annonserad nyproduktion med kapacitetsuppgifter för åren 1989–1991.

Tabell 11:8 Nya vanadinprojekt, kapacitetstillskott, ton V-innehåll

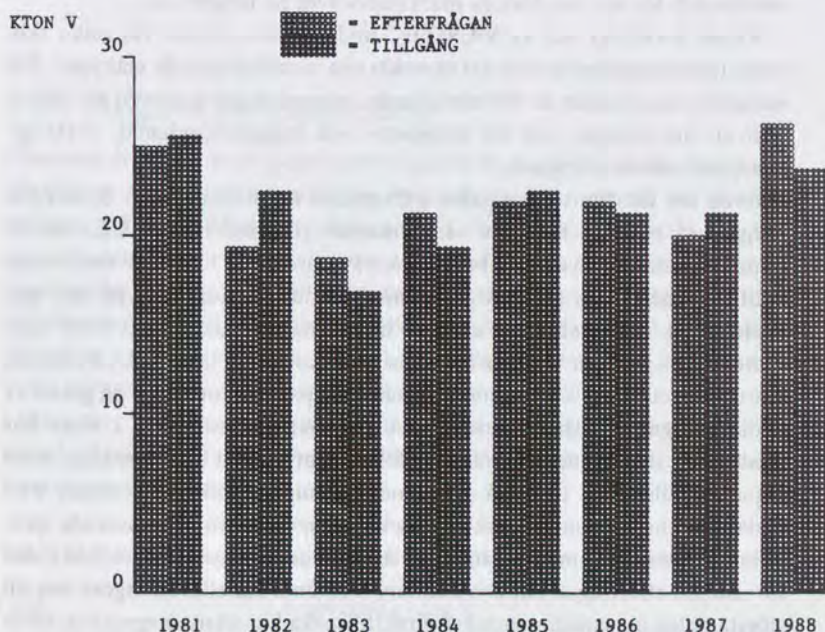
	1989	1990	1991
Highveld Witbank, S A	1 000		
Highveld Vantra, S A	250	1 250	
Vansa, Sydafrika	1 000	600	
Suncor, Canada	100	700	
Nya Zeeland			1 900
USCO, Sydfrika		1 000	4 000
CMP, Chile			2 500
Kina (ej för export)		(2 000)	
Summa	2 350	3 550	8 400
Total kapacitet	26 170	29 700	38 000

Källa: Highveld

Utvecklingen på marknaden under första hälften av 1980-talet åskådliggörs i figur 11:5, som visar förloppet av tillgång och efterfrågan fram till 1985 i västvärlden inkluderande ekvivalenta mängder import från Kina och export till Östeuropa ca 2 kton V. Därvid bör tilläggas att den inhemska produktionen i Sovjet och Kina svarar för ca 10 kton V/år resp. 1,5 kton V/år. Fram till 1981 hade efterfrågan på vanadin stigit i en jämn takt år från år. Nedgången berodde främst på den allmänt kraftiga minskningen av

produktionen av linepipestål samtidigt som Kina ökade exporten av vanadinprodukter.

Figur 11:5 Utvecklingen av tillgång och efterfrågan på vanadin i västvärlden



Under åren fram till 1988 har en försiktig åtstramning skett på marknaden med höjning av priserna, som sätts i dollar. Denna har dock motverkats av dollarns sjunkande värde sedan 1985. Under inverkan av starkt ökande efterfrågan från slutet av 1987 på grund av den goda stålkonjunkturen uppstod under 1988 en bristsituation, som lett till att vanadinpriserna stigit till rekordhöga nivåer både för pentoxid och FeV. Svårigheterna att möta bristen på tillgångssidan har förklarats av att leveranserna av slagg från Highveld inte räckt till och att utlovade leveranser från Kina uteblivit. I vilken utsträckning leveranserna av slagg från Highveld kan komma att minska hänger intimt samman med företagets möjligheter att sälja sitt stål, som så sent som 1985 till ca 46 % gick på export, varav en mycket stor del, kanske hälften gick till USA. Fr.o.m. 1987 trädde USAs sanktioner mot Sydafrika i kraft, vilket innebär förbud att importera stål från Sydafrika. Highveld har antytt att ett bortfall av exporten skulle kunna betyda en halvering av slaggleveranserna eller 4–5 kton V/år. I vilken utsträckning man här kunnat kompensera sig genom ökade leveranser på den interna marknaden eller till länder som Kina, Taiwan och Israel har inte kunnat utläsas av den restriktiva information som Highveld ger i sina senaste årsrapporter, men där man nämner den sjunkande exporten av stål som en orsak till det försämrade resultatet. Skulle den situation, som för närvarande råder med höga priser på vanadin, fortsätta under längre tid kommer

sannolikt efterfrågan att minska, genom att vanadinet på sikt kan i stor utsträckning komma att ersättas med niob och molybden, särskilt i de stora låglegerade HSLA-stålen. Därför är det sannolikt att vanadinproducenterna så snart som möjligt försöker att få tillbaka stabila förhållanden på marknaden för att inte förlora marknadsvolym på längre sikt.

Vidare fortsätter det av VANITEC understödda arbetet vid olika stålverks forskningslaboratorier att utveckla nya vanadinlegerade ståltyper. För vanadinkonsumtionen är för närvarande i nämnd ordning rörstål för oljeindustrin, linepipestål, stål för transport- och byggnadsändamål, verktygs- och snabbstål de viktigaste.

Även om det finns vissa risker i framtiden för störningar av Sydafrikas tidigare så pålitliga flöde av vanadinråvara till västvärldens stålindustri, finns även utanför Sydafrika betydande råvaruresurser i form av titanomagnetitfyndigheter och restprodukter innehållande vanadin som på sikt kan exploateras. En inventering av total tillgänglig råvarukapacitet 1985 uppskattades till 32 kton V/år för att täcka ett behov av 22 kton V/år. Sydafrika svarade för nära 40 % av denna kapacitet. Kapacitetsbortfallen på grund av nedläggningarna i Europa och USA och ökad konsumtion i Kina har medfört att den ökade efterfrågan 1988 inte har kunnat tillfredsställas. Med kapacitetstillskottet 1989 på 2350 ton/år, som väsentligen kommer från Sydafrika, hoppas man dock att täcka behovet. Den annonserade produktionstillväxten under de följande åren torde gott och väl motsvara den förväntade efterfrågan om den kommer till stånd. Emellertid utgörs den till största delen av vanadinpentoxid direkttillverkad ur titanomagnetitmalmen och från nyanläggningar i Sydafrika. På lång sikt beräknas råoljan bli den största källan till den framtida vanadinproduktionen.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Prognos för västvärlden

Eftersom dryga 80 % av producerat vanadin fram till sekelskiftet beräknas efterfrågas av stålindustrin och att man allmänt räknar med att de höghållfasta stålen av HSLA-typ kommer att öka i snabbare takt än övriga handelsståltyper bör konsumtionen av vanadin, som ingår som en viktig legeringsbeståndsdel i höghållfasta stål, öka i förhållande till den generella ståltillväxten, som så sent som i oktober 1988 bedömdes uppgå till i medeltal 1,1 % per år fram till sekelskiftet enligt World Steel Dynamics USA.

En prognos gjord av Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe i Hannover beräknas tillväxten av efterfrågan av vanadin i västvärlden att uppgå till nära 2,2 %/år under åren 1990–1995. Den detaljerade prognosen framgår av tabell 11:9.

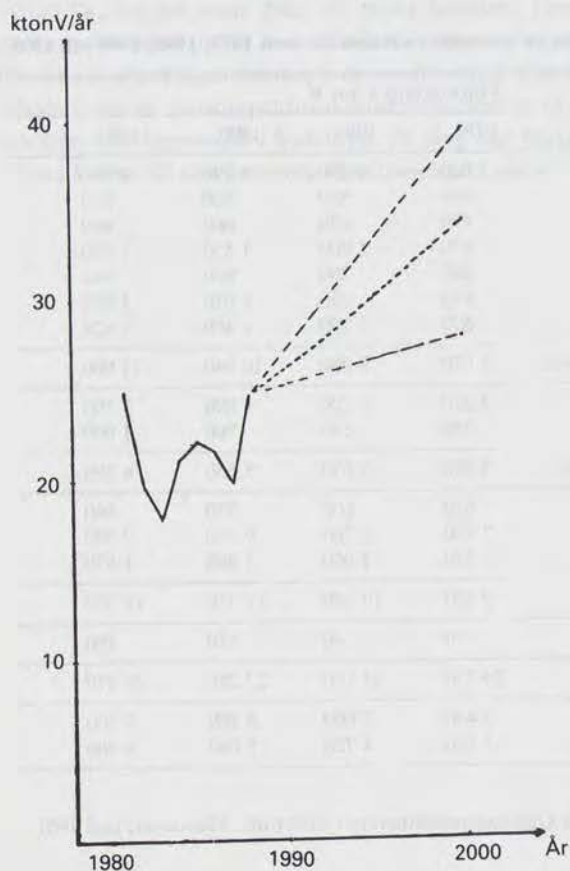
Tabell 11:9 Förbrukning av vanadin i världen för åren 1979, 1985, 1990 och 1995

Land	Förbrukning i ton V			
	1979	1985	1990	1995
Västtyskland	3 680	4 050	4 420	4 790
Frankrike	510	580	600	610
England	670	630	660	680
Italien	870	1 000	1 150	1 310
Österrike	660	700	800	900
Sverige	810	920	1 010	1 090
Övriga Europa	870	1 200	1 400	1 620
Europa (utom östblocket)	8 070	9 080	10 040	11 000
Japan	3 230	4 100	4 890	5 590
Övriga Asien	250	530	760	1 000
Asien (utom östblocket)	3 480	4 630	5 650	6 590
Kanada	620	600	730	860
USA	7 760	8 700	9 350	9 990
Övriga Amerika	720	1 070	1 390	1 670
Amerika	9 100	10 370	11 470	12 520
Övriga västvärlden	70	90	120	160
Västvärlden	20 720	24 170	27 280	30 270
Sovjet	5 450	7 000	8 200	9 400
Övriga östblocksländer	3 530	4 720	5 680	6 480

Källa: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe. Hannover, juni 1981

I en ingående översikt över vanadins förekomst, produktion, användning publicerad av USBM 1985 Mineral Facts and Problems Bulletin 675 görs en prognos för tillväxten av vanadins efterfrågan under tidsperioden 1983–2000. Prognosen är grundad på en mycket omfattande trendanalys av vanadins användning inom 8 olika användarkategorier i USA. Den förutsäger en tillväxt av en global efterfrågan på vanadin på 3,7–6,9 %/år utgående från lågkonjunkturåret 1983, då efterfrågan nådde sitt lägsta värde under 1980-talet. Utvecklingen fram till 1988 i västvärlden tyder dock på att tillväxten kommer att följa det lägre gränsvärdet, som förutsäger en konsumtion av 34 700 ton vanadin år 2000. Om man utgår från den av GFE beräknade konsumtionen av vanadin för 1988 av 24 700 ton V i västvärlden och antar att efterfrågan fram till 1995 når den ovannämnda tyska prognosen, svarar detta mot en efterfrågeutveckling av 2,8 % per år. Om denna utveckling antas fortsätta under resten av 1990-talet når man år 2000 en konsumtion av 34 400 ton V. Denna prognos får man säga står i god överensstämmelse med ovan sagda att vanadinkonsumtionen bör öka snabbare än stålkonsumtionen. I figur 11:6 återges grafiskt den tänkta efterfrågeutvecklingen fram till år 2000.

Figur 11:6 Västvärldens efterfrågan på vanadin



3.2 Prognos för Sverige

Utsikter finns att det inom Sverige kommer till stånd en utvinning av vanadin ur svenska råvaror om SSAB beslutar sig för att ta till vara vanadinnehållet i järnråvarorna i form av en vanadinrik slagg. Om ett sådant beslut fattas, finns även möjligheter i framtiden att ytterligare helt eller delvis förädla vanadinråvaran om de affärsmässiga förutsättningarna kommer att finnas.

Behovet av ferrovanadin för den svenska industrin, där stålindustrin svarar för ca 90 % av konsumtionen, fördelar sig för närvarande till ca 70 % på specialstålverken och 20 % på handelsstålverken. Ökningstakten har varit 2,2 %/år i medeltal de senaste fem åren. Den i SOU 1979:40 prognoserade ökningen av den svenska förbrukningen, som sattes till 1,0–3,4 %/år fram till 1985 och därefter till 0,7–2,8 %/år fram till år 2000, har hittills visat sig stämma mycket bra och det finns ingen anledning i dag att ändra denna prognos annat än att den undre gränsen kan höjas från 0,7 % till 1,5 %.

4 Slutsatser

Ännu har SSAB inte tagit ställning till om vanadinprojektet skall realiseras, men om ett positivt beslut fattas, bedömer SSAB möjligheterna att utvinna vanadin ur svenska råvaror på följande sätt.

1. En satsning på utvinningen av vanadin ur svenska råvaror bör i första steget begränsas till innehållet i SSABs ordinarie malmråvara.
2. SSAB avser att till en början avsätta vanadinet på marknaden i form av en vanadinrik slagg.
3. Resultat och marknadsutveckling blir bestämmande om vanadinråvaror från andra fyndigheter kan komma ifråga som tillsatser till ordinarie järnråvara.
4. Satsning på förädlade vanadinprodukter blir beroende på erfarenheter från forskning och marknad.

Referenser

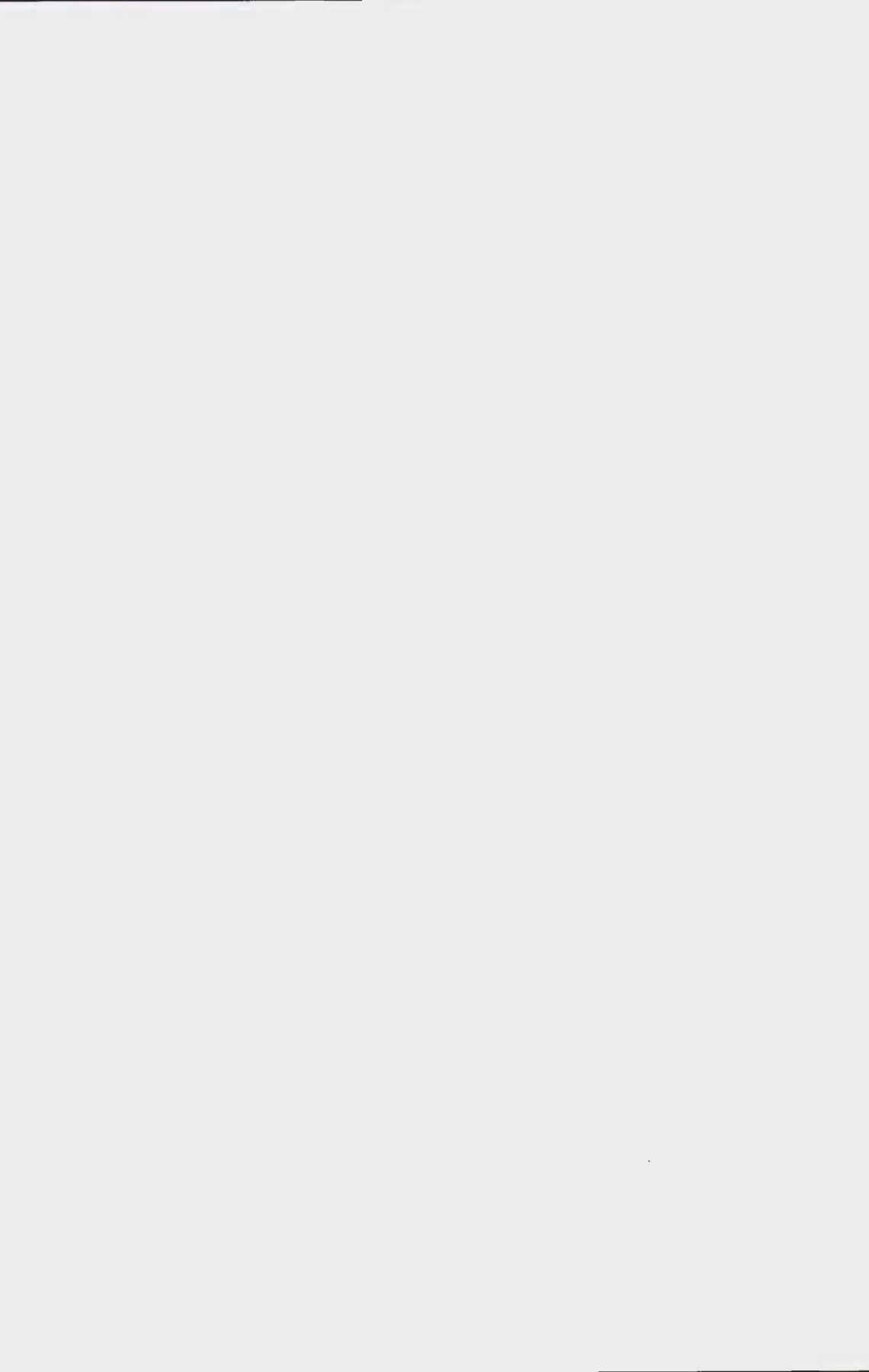
1. SGUs rapport nr 25 (1984) "Vanadin"
2. USBM: Mineral Facts and Problem, Bulletin 675
3. SOU 1979:40 Bilaga 9 Vanadin. Delbetänkande av mineralpolitiska utredningen
4. Journal of the South Africa Institute of Mining and Metallurgy, May 1985
B. Rohrmann: Vanadium in South Africa
5. IISI Committee on Raw Materials 1984, Vanadium Niobium, Molybdenum and the Steel Industry
6. Sumåssjön Vanadin Projekt Förstudie
Internrapport Boliden Contech AB 1984
7. SSAB, Förbehandling av råjärn 1987. Interna rapporter
8. Erzmetall 40 (1987). Hähn: Vanadin-Gewinnung und Verwendung
9. Stahl und Eisen 1989 547-552
Kraus: Vanadium - Verbrauch und Verfügbarkeit
10. Minerals Bureau of South Africa: South Africa's Mineral Industry (1986)
11. STU information nr 299 1982
Molinder: Möjligheter att minska förbrukning av kritiska legeringsmetaller

Sällsynta jordartsmetaller – Rare Earths

av överingenjör *Knut Sörensen*, LKAB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	391
1.1	Rare Earths – kort historik	391
2	<i>De sällsynta jordartsmetallernas uppträdande och fyndigheter i Sverige</i>	393
2.1	Inledning	393
2.2	Mineralogi	393
2.3	Geologiskt uppträdande	394
2.3.1	Magmatiska fyndigheter	394
2.3.2	Karbonatit-fyndigheter	394
2.3.3	Albitit-fyndigheter	395
2.3.4	Greisen-fyndigheter	395
2.3.5	Pegmatit-fyndigheter	396
2.3.6	Hydrotermala gångfyndigheter	396
2.3.7	Latterit-fyndigheter	396
2.3.8	"Placers"	396
2.3.9	Fyndigheter i konsoliderande sediment	397
2.3.10	Apatitjärnmalm	397
2.3.11	Speciella fyndigheter	397
2.3.12	Svenska mineraliseringar	397
3	<i>Reserver av RE</i>	400
4	<i>Produktion av RE-bärande mineral – vidareförädling</i>	402
4.1	Kommersiellt känd aktivitet rörande utvinning av RE i Norden	404
4.1.1	Värdering av utvinning av RE ur apatitjärnmalm ..	404
4.1.2	Ett begränsat antal ytterligare händelser har observerats:	406
5	<i>Marknad för REE – efterfråga och konsumtion i olika former</i>	407
6	<i>Sammanfattning och slutsatser: Utblick mot år 2000</i>	410
6.1	Svensk prospektering och utvinning av RE?	410



1 Faktaavsnitt

1.1 Rare Earths – kort historik

De 15 element i det periodiska systemets grupp III B, de sällsynta jordarterna – eller Rare Earths – är vanligt förekommande i lägre koncentrationer i jordskorpan. Yttrium som inte tillhör denna grupp behandlas i detta sammanhang på grund av kemiska likartade egenskaper och utsprung. Över 70 mineraler innehåller Rare Earths i koncentrationer över 10 % REO.

Kommersiell utvinning av Rare Earths domineras av 3 mineral – bastnäsit, monazit och xenotime, som sammantaget svarar för 95 % av känd RE-utvinning i västliga världen inkl. folkrepubliken Kina.

Högre koncentration lätta RE-element uppträder i monazit och bastnäsit. Xenotime innehåller mer tyngre element och yttrium – men är mindre vanligt förekommande.

I beskrivning av sällsynta jordarter används följande förkortningar

RE = Rare Earths	REE = Rare Earths-element
REO = Rare Earths-oxider	REM = Rare Earths-metal

RE handhas kommersiellt i olika förädlingsgrad, blandningar av olika element i variation, oxider och metaller av enstaka element.

Industriell användning av RE är av relativt nytt datum. Efter andra världskriget används RE i tillverkning av mischmetall – egenskaperna har sedan använts i ett stort antal användningsområden, där

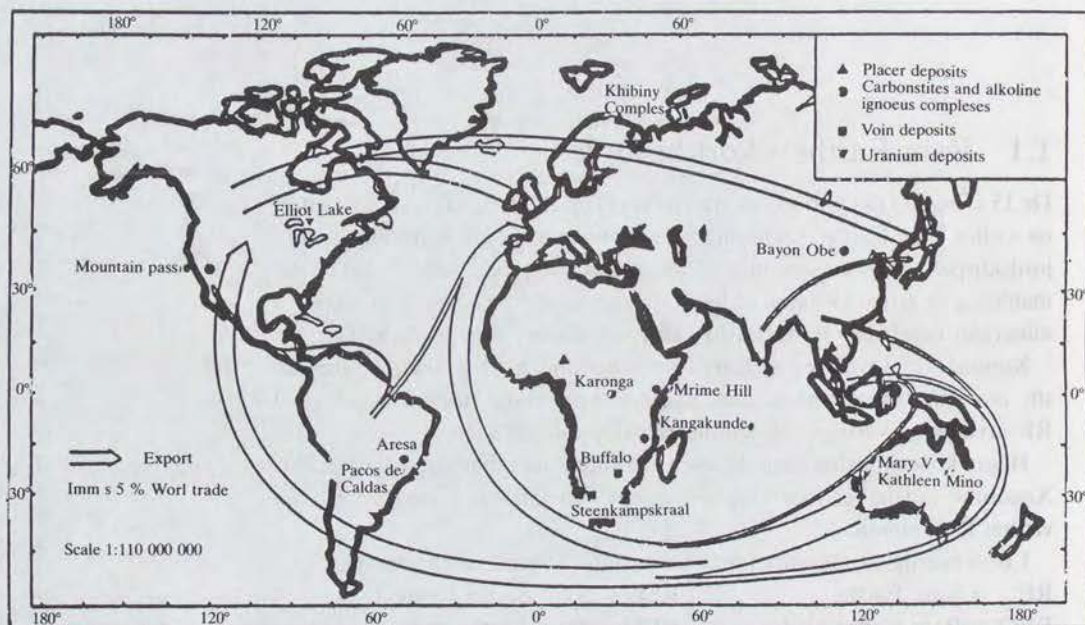
- metallurgi
- katalysatorer
- glas

volymmässigt har svarat för större delen av en total expansion av 8–10 % per år fram till 1975, sedan ca + 5 % per år till dagens kända förbrukning på nivån 50 000 kt är, omräknat till oxidmängd.

Antalet relativt stora användningsområden uppgår till minst 10–15 grupper, och den geografiska fördelningen av förbrukningen varierar, liksom form av RE.

Den relativt låga mängd råvara som branschen årligen förbrukar utvinns, förädlas och förbrukas på olika ställen (figur 1), vilket indikerar att konkurrensförmågan i denna industri främst ligger på förädlingsteknik och god kunskap om olika marknader och användningsområden.

Figur 12:1 Location of the major REE deposits with approximate late 1970's exports of "bulk" rare earths (ores, crude chloride or mischmetal) from the major producing countries (destinations within Europe are not differentiated)



Källa: The Economic Importance of Rare Earths Elements, C.R. Neary a. D.E. Highley, 1983

Bara bastnäsit utvinns för sitt RE-innehåll, övrig RE-utvinning ur monazit, xenotime m.m. sker med RE som biprodukt till annan utvinning.

En närmare beskrivning av marknad, geologiskt ursprung och förädlingsindustri följer i kommande avsnitt.

2 De sällsynta jordartsmetallernas uppträdande och fyndigheter i Sverige

2.1 Inledning

De sällsynta jordartsmetallerna (REE) omfattar femton olika grundämnen med atomnumren 57–71. Dessa är lantan (La), cerium (Ce), praseodym (Pr), neodym (Nd), prometium (Pm), samarium (Sm), europium (Eu), gadolinium (Gd), terbium (Tb), dysprosium (Dy), holmium (Ho), erbium (Er), thulium (Tm), ytterbium (Yb) och lutetium (Lu). Till gruppen brukar också yttrium (Y) räknas. De sällsynta jordartsmetallerna indelas vanligen i två grupper: Ceriumgruppen (lätta REE) och yttriumgruppen (tunga REE). Endast ett fåtal mineraliseringar är kända ur vilka REE-mineral utvinns som huvudprodukt. Normalt erhålls REE-mineralkoncentrat som biprodukt vid brytning av andra mineral.

2.2 Mineralogi

Drygt 200 olika mineral är kända, i vilka de sällsynta jordartsmetallerna kan ingå som huvudelement eller substitut för andra grundämnen. Några av de vanligaste är:

- | | |
|---------------|--|
| A. Flurider | Yttrofluorit (Ca,Y)F _{2-2,33} |
| Gagarinit | NaCaYF ₆ |
| B. Oxider | |
| Euxenit | (Y,Er,Ce,U,Pb,Ca)(Nb,Ta,Ti) ₂ (O,OH) ₆ |
| Samarskit | (Y,Er,Fe,Mn,Ca,U,Th,Zr)(Nb,Ta) ₂ (O,OH) ₆ |
| Fergusonit | YNbO ₄ |
| Davidit | (La,Ce)(Y,U,Fe ²⁺)(Ti,Fe ³⁺) ₂₀ (O,OH) ₃₈ |
| C. Karbonater | |
| Bastnäsit | (Ce,La)(CO ₃)F |
| Parisit | (Ce,La) ₂ Ca(CO ₃)F ₂ |
| D. Fosfater | |
| Xenotim | Y[PO] ₄ |
| Monazit | Ce[PO] ₄ |
| Britbolit | (Ce,Ca) ₅ (SiO ₄ PO ₄) ₃ (OH,F) |
| Apatit | Ca ₅ (PO ₄) ₃ F |
| E. Silikater | |
| Steenstrupin | Na ₂ Ce(Mn,Ta,Fe.....)H ₂ [(Si,P)O ₄] ₃ |
| Gadolinit | (Y,Ce) ₂ FeBe ₂ Si ₂ O ₁₀ |
| Allanit | (Ce,Ca,Y) ₂ (Al,Fe ²⁺ ,Fe ³⁺) ₃ (SiO ₄) ₃ OH |

De ur ekonomisk synpunkt intressanta REE-mineralen, dvs. de som vanligen uppträder i sådana koncentrationer att de kan brytas som huvud- eller biprodukt, är *monazit*, *bastnäsit* och *xenotim* samt i vissa fall också *apatit*. Ur ekonomisk synpunkt är fördelningen mellan lätta och tunga REE i mineralen intressant. Mineral som monazit och davidit håller större del lätta REE, medan mineral som samarskit, xenotim och gadolinit är mer dominerade av de tunga sällsynta jordartsmetallerna.

2.3 Geologiskt uppträdande

De sällsynta jordartsmetallerna kan uppträda i många olika typer av mineraliseringar associerade till olika geologiska miljöer. Det är därför svårt att på ett enkelt sätt klassificera dem. I de flesta fall utvinns också de sällsynta jordartsmetallerna som biprodukt vid brytning av andra malmer. De vanligaste fyndighetstyperna kan emellertid generellt delas upp i följande grupper:

- A. Endogena fyndigheter
 - 1. Magmatiska fyndigheter
 - 2. Karbonatit-fyndigheter
 - 3. Albitit-fyndigheter
 - 4. Greisen-fyndigheter
 - 5. Pegmatit-fyndigheter
 - 6. Hydrotermala gångfyndigheter
- B. Exogena fyndigheter
 - 7. Aterit-fyndigheter
 - 8. "Placers"
 - 9. Fyndigheter i konsoliderade sediment
- C. Övriga fyndigheter
 - 10. Apatitjärnmalmer
 - 11. Speciella fyndigheter

2.3.1 Magmatiska fyndigheter

Magmatiska fyndigheter med noterbara koncentrationer av sällsynta jordartsmetaller är så gott som alltid associerade med alkalina intrusiv tillhörande någon av grupperna:

- a. Ultrabasiska-alkalina bergarter
- b. Nefelin- och alkalisyeniter
- c. Subalkalina och alkalina graniter, syeniter eller granosyeniter

2.3.2 Karbonatit-fyndigheter

Karbonatiternas ursprung är kontroversiellt. Vanligen brukar dock de flesta forskare anse dem vara magmatiskt och/eller metasomatiskt bildade.

Den ekonomiskt mest betydande är *Mountain Pass* i USA. Mineralise-

ringen är knuten till en karbonatitkropp (700 x 200 m²) samt associerade smala karbonatitgångar. Det helt dominerande mineralet som håller sällsynta jordartsmetaller är bastnäsit. Den kända malmreserven beräknas hålla 4 000 kt REO. Andra nämnvärda fyndigheter i USA är *Mineral Hill*, där monazit, thorit och ancyilit uppträder i karbonatitgångar samt *Powderhorn*-distriktet, där sällsynta jordartsmetaller erhållits som biprodukt vid brytning av thorit. I Kanada finns sällsynta jordartsmetaller i karbonatiter vid *Oka* och *St. Honoré*. Associerat med pseudoleucitsyeniten i *Lugin Gol* (Kina) uppträder karbonatitgångar och "stockwork"-zoner, som är rika på REE (16 % REO). Fyndigheten påminner delvis mycket om Mountain Pass. I Brasilien bryts karbonatiten vid *Barrairo do Arax* på i första hand niob och apatit. Förekomsten håller dock också betydande mängder sällsynta jordartsmetaller (90 kt REO), vilka i huvudsak ingår i mineralen monazit och goyazit. Strontiumrika karbonatitgångar vilka för monazit finns i *Kangankunde Hill* (Malawi). Monazithalten varierar mellan 5 och 10 %. Dessutom håller gångarna 14 % strontianit samt något tungspat. Vid *Mrima Hill* (Kenya) finns ett karbonatitkomplex som utsatts för kraftig vittring. Genomsnittshalten i den järnrika residualjorden är 4 % REO. De sällsynta jordartsmetallerna uppträder huvudsakligen i mineralen monazit, gorceixit samt pyroklor. Reserven uppskattas till 300 kt REO. Andra nämnvärda karbonatiter i Afrika som för sällsynta jordartsmetaller är *Panda Hill* och *Wigu Hill* i Tanzania, *Glenover* i Sydafrika samt *Nkombwa Hill* i Zambia.

Apatiten i karbonatiterna håller ofta betydande halter sällsynta jordartsmetaller. Dessa utvinns bl.a. i Sovjetunionen och Finland. Apatiten från *Suolinjärvikarbonatiten* (Finland) håller ca 0,4 % REO. Den nyligen upptäckta karbonatiten i *Sokli* (Finland) är en av världens största. Produktionen beräknas bli 7–8 Mt/år. REE-innehållet är okänt.

2.3.3 Albitit-fyndigheter

Fyndigheter av denna typ är oftast associerade med nefelin- och alkalisyeniter eller också alkalina och subalkalina graniter, granosyeniter eller kvarts-syeniter. Mineraliseringen såväl som omvandlingen (albitiseringen) har förorsakats av postmagmatiska processer. De ekonomiskt viktigaste elementen i denna fyndighetstyp är niob och tantal samt i många fall också sällsynta jordartsmetaller och beryll. Malmer av denna typ är kända bl.a. från Sovjetunionen.

2.3.4 Greisen-fyndigheter

Greisenmineraliseringar med sällsynta jordartsmetaller är relativt ovanliga och har så små dimensioner att de som regel saknar ekonomiskt intresse. De är oftast associerade med intrusioner av subalkalina graniter. Mineralparagenesen domineras, förutom av de "normala" greisenmineralen (kvarts, fältspat, muskovit, flusspat och topas), av molybdenglans, magnetit, pyrit, allanit, pyroklor och monazit. Malmer av denna typ är kända bl.a. från Sovjetunionen.

2.3.5 Pegmatit-fyndigheter

Pegmatiter förande sällsynta jordartsmetaller är oftast associerade med graniter eller neflinsyeniter. I de förra är de karakteristiska mineralen allanit, monzanit, zirkon, allmandin och biotit, medan de senare innehåller mineral som steenstrupin, belovit, nordit, chkalovit, epistolit, eudialit och ussingit. Fyndigheter av denna typ är som regel små och saknar ekonomisk betydelse. Brytning i mindre omfattning har dock skett bl.a. i Australien (*Cooglegong*) samt på Madagaskar.

2.3.6 Hydrotermala gångfyndigheter

Hydrotermala gångfyndigheter förande sällsynta jordartsmetaller är relativt förekommande speciellt inom de orogena bältena. Principiellt kan man skilja mellan fyndigheter bildade vid hög temperatur, i vilka de sällsynta jordartsmetallerna ingår i karbonater och fosfater samt delvis också i silikater, samt fyndigheter bildade vid lägre temperatur, i vilka de sällsynta jordartsmetallerna ingår i karbonater och fluorkarbonater.

2.3.7 Latterit-fyndigheter

Latteritmalm av ekonomiskt intresse bildas i första hand genom vittring av karbonatitfyndigheter och magmatiska fyndigheter. Ofta sker en betydande koncentration av de sällsynta jordartsmetallerna i residualjorden. Exempel på fyndigheter har redovisats i samband med de endogena malmtyperna.

2.3.8 "Placers"

Tungsandsfyndigheter ("placers") är en viktig källa för sällsynta jordartsmetaller. Ända fram till i mitten av 1960-talet svarade "placers" för merparten av produktionen. Generellt kan tungsandsförekomsterna delas upp i tre huvudtyper:

- a. Sandstrandsförekomster
- b. Fluviatila förekomster (älvdalar)
- c. Deltasandförekomster

Monazit är det vanligaste REE-mineralet i tungsandförekomster, men också xenotim och euxenit tillvaratas. Som regel utvinns dessa mineral dock som biprodukt till andra mineral som ilmenit, zirkon, rutil, kassiterit och guld. Halterna är ofta låga. Många fyndigheter håller bara runt 0,1 % monazit. Betydande sandstrandsförekomster finns bl.a. i *Indien* (3 000 kt REO) och *Brasilien* (180 kt REO). Noterbara fyndigheter uppträder också i *USA*, *Nigeria*, *Taiwan* och *Korea*. Fluviatila fyndigheter är bl.a. kända från *Indonesien*, *Korea*, *USA*, *Sovjetunionen* och *Malackahalvön*. Betydande förekomster av monazit finns också i Nilens delta (*Egypten*).

2.3.9 Fyndigheter i konsoliderande sediment

De flesta konsoliderande sediment håller mycket låga halter sällsynta jordartsmetaller. Ett par undantag finns dock:

- a. Vissa fosforrika sedimentbergarter
- b. Fossila "placers"
- c. Vissa konglomerater

2.3.10 Apatitjärnmalm

Apatitjärnmalmernas genesis har diskuterats livligt under de senaste åren (sedimentära-magmatiska). Ofta håller apatiten relativt höga halter sällsynta jordartsmetaller. Som biprodukt vid järnmalsmbrytningen kan ett apatitkoncentrat erhållas, ur vilket REE kan tas fram vid fosforsyratillverkningen. Exempel på fyndigheter av denna typ är de svenska apatitjärnmalmerna: *Kirunavaara*, *Malmberget*, *Grängesberg m.fl.*

2.3.11 Speciella fyndigheter

En lång rad speciella fyndigheter med sällsynta jordartsmetaller finns, vilka inte enkelt låter sig passas in i ovanstående klassificering, men som bör nämnas då de har stor betydelse eller då de kan utgöra en framtida källa för REE.

Baya Obo i Kina är en järnmalm, i vilken betydande kvantiteter REE ingår. Fyndigheten, som är den största kända reserven av sällsynta jordartsmetaller i världen, utgörs av tre malmkroppar. Malmen som nu bryts håller ca 35 % Fe och 6,2 % REO. Reserverna i den östra och mellersta malmkroppen uppskattas till 35 Mt. Malmen utgörs av magnetit, spekularit och hematit, i vilkas kornfogar komplexa REE-mineral uppträder (niobaeschynit-titanaeschynitserien) samt bastnäsit och monazit. Malmen utgörs av hematitbreccia med koppar, guld och uran. Det totala tonnaget beräknas till 2 000 Mt. De sällsynta jordartsmetallerna är associerade med koppar och uran. Halterna ligger i storleksordningen 0,2–0,5 % La+Ce.

2.3.12 Svenska mineraliseringar

Den svenska berggrunden har hög potential för att finna alkalina komplex och till dem associerade karbonatiter (urbergssköld och betydande tektoniska svaghetszoner). Trots detta har ingen mer omfattande prospektering gjorts efter dessa bergarter och de till dem hörande mineraliseringstyperna. De fyndigheter vi i dag känner med sällsynta jordartsmetaller har hittats av en slump eller därför att de är associerade med andra typer malmmineral.

Den ojämeförigen största reserven av REE är knuten till apatitjärnmalmerna. Endast ett fåtal karbonatiter är kända och dessa har oftast inte undersökts med avseende på REE i nämnvärd omfattning. Ett stort antal pegmatiter, vilka mycket sporadiskt för REE-mineral, förekommer över i

stort sett hela landet. Av större intresse är de till skarnförekomster bundna mineraliseringarna av sällsynta jordarter.

Apatiten i de fosforrika svenska järnmalmerna håller noterbara halter REE. Med tanke på de stora kvantiteter som ingår i dessa malmer utgör de den i särklass största reserven av REE som vi känner i landet. Apatiten från de norrländska malmerna håller mellan 0,4 och 0,6 % REO, medan Grängsbergsapatiten håller 0,75 % REO. Fördelningen mellan tunga och lätta sällsynta jordartsmetaller är också olika:

Tabell 12:1 Sällsynta jordartsmetaller

	Kirunaapatit	Grängsbergsapatit
%-CeO ₂	34,2	23,1
%-Dy ₂ O ₃	2,3	3,2
%-Er ₂ O ₃	1,2	1,5
%-Eu ₂ O ₃	0,4	1,2
%-Gd ₂ O ₃	3,3	5,7
%-Ho ₂ O ₃	0,4	2,3
%-La ₂ O ₃	14,1	10,3
%-Lu ₂ O ₃	-	0,3
%-Nd ₂ O ₃	16,8	16,1
%-Pr ₆ O ₁₁	4,5	2,8
%-Sm ₂ O ₃	3,1	4,0
%-Tb ₄ O ₇	0,3	0,7
%-Tm ₂ O ₃	0,2	0,6
%-Yb ₂ O ₃	0,8	0,9
%-Y ₂ O ₃	16,9	27,3

Ett flertal alkalina bergartskomplex är kända i Sverige. De flesta av dem uppträder inom den mycket markanta tektoniska zon, som följer Norrlands-kusten och därefter övertvårar landet mellan Väneren och Vättern. Denna zon ger sig till känna på olika sätt – bl.a. genom en förhöjd seismisk aktivitet. De mer kända alkalina bergartskomplexen redovisas kortfattat nedan.

I *Kalixtrakten* förekommer ett flertal gångar och breccior av kimberlitisk karaktär. På *Alnön* finns det kanske bäst undersökta alkalina bergartskomplexet. Detta byggs upp av en serie intrusioner av olika ålder, vilka omges av alkalina gångar. Pyroxeniter, uncompahgriter samt söviter (kalcitrik karbonatit) dominerar de äldsta intrusionerna. Det norra ringkomplexet består av pyroxeniter, ijoliter, nefelinsyeniter samt söviter. Huvudintrusionen domineras av pyroxeniter, ijolitermelteigiter samt nefelinsyeniter. Den sista intrusiva fasen är troligen en breccia, vilken utgörs av olivinmelilititer som breccierats av apatit-pyroklor-karbonatit. Komplexet karakteriseras av anomala halter av t.ex. Ba, Sr, Nb, Zr, REE, Th och U. Vid *Almunge* finns ett alkalint komplex, vilket byggs upp av K-Na syeniter och Na-rika nefelinsyeniter. Associerade karbonatiter har inte hittats. *Norra Kärrs* alkalina massiv består huvudsakligen av grennait. I vissa delar uppträder koncentrationer av zirkonmineralet eudialyt. Anomala halter av

REE och Ta har konstaterats i grennaiten. Det alkalina komplexet vid *Särna* ligger inte inom samma tektoniska zon som de ovan beskrivna massiven, utan anses tillhöra fortsättningen av Oslogravsänkan. Merparten av den stora intrusionen (12 km²) utgörs av nefelinsyenit. I anslutning till intrusionen finns gångar av tinguait.

De svenska pegmatitfyndigheterna som för REE-mineral är samtliga mycket små och fattiga. De saknar helt ekonomiskt intresse. För fullständighetens skull anges dock nedan ett antal mer kända lokaler:

Stenshuvud (monazit)

Ytterby (allanit, yttrotantalit, monazit m.fl.)

Finnbo (allanit, yttrotantalit, gadolinit m.fl.)

Broddbo (allanit, yttrotantalit, gadolinit m.fl.)

Kårarvet (allanit, yttrotantalit, gadolinit m.fl.)

Skuleboda (yttrotantalit)

Åskagen (gadolinit, allanit m.fl.)

Abborselet (euxenit)

Rautevaara (allanit)

Granmuren (allanit)

Gräne (euxenit)

Derome (allanit)

Högsbo (monazit).

Sällsynta jordartsmetaller uppträder ganska ofta i små koncentrationer i många av de till olika typer av skarn bundna malmerna (järn-, sulfid- eller volframmalm) i Mellansverige. Vanligen ingår de sällsynta jordartsmetallerna i allanit (Mo-Vilaregruvorna, Östra Gyttorps-Västra Finntorpsgruvorna, Högforsfältet, Polgruvan, Malmkärragruvan, Åsgruvan, Kalkbergsgruvan, Hedtjärnsgruvan m.fl.), men även xenotim förekommer i vissa fyndigheter (Tjärnberget). Mer sällan förekommer större och rikare koncentrationer.

Ett par undantag finns dock. Flera av fyndigheterna i *Riddarhyttefältet* för anmärkningsvärda koncentrationer av bastnäsit, cerit, allanit och monazit. Fyndigheterna betraktas som landets största kända samlade reserv av ceritmalm. Under åren 1860–1919 bröts några tusen ton och på 1940-talet utvanns ytterligare något genom handskrädning ur varphögarna. Fyndigheten vid *Östra Gyttorp* bröts primärt på järnmalm. Vid sidan av denna, huvudsakligen i vulkaniten men även i skarnet, har man på flera ställen påträffat linser av allanit. Närmare 100 ton (20 % CeO₂) ceriummalm har producerats.

3 Reserver av RE

Tabell 12:2 Kända utforskade reserver, mätta i ton som REO

Land	Reserver, 000 ton	
Nordamerika		
- USA	5 500	
- Canada	164	5 664
Sydamerika		
- Brasilien		20
Europa		
- Finland, Norge och Sverige	450	
- USSR	50	500
Afrika		
- Sydafrika	357	
- Malawi	297	
- Egypten	100	
- Övriga	6	820
Asien		
- Kina	36 000	
- Indien	1 800	
- Övriga	90	37 890
Australien		345
Summa		45 200

Källa: USBM -88

Anm. Delsummorna inte sammstämmiga på grund av avrundningar.

Anm. Fördelning av reserver på olika mineral osäker. -Angivna reserver för Finland-Norge-Sverige understiger i övrigt kända apatitbundna RE-mängden (se kapitel 6).

Reserverna omfattar 45 200 000 ton REO-innehåll – och svarar i dag mot ca 1000 års förbrukning.

Stora reserver är:

Kina, som med redovisade 36 miljoner ton REO svarar för 80 % av kända reserver. Dessa förekommer i 18 provinser inom landet – totala möjliga reserver inom landet uppskattas till upp till 100 miljoner ton REO. Största kända fyndigheten ligger i Baya Obo, där produktion pågår.

Största kända fyndigheten utanför Kina finns i USA. Bastnäsitgruvan i Moutain Pass, Kalifornien, har reserver på 4,3 miljoner ton REO, i övriga USA finns monzit i tungsand upp till angivna mängder.

Indiens stora reserver utgörs av monazit i tungsand i staterna Korala, Tamil Nadu och Oressa. Totala reserver uppgår till 1,8 miljoner ton REO.

Övriga kända reserver är troligen en underskattning – flera större fyndig-

heter har upptäckts under senare delen av 1980-talet och prövas för ekonomisk utvinning.

Bland dessa fyndigheter skall nämnas i Australien – Brodeman Deposit/Kimberley – CRA/Moisman – Cooljarlo/Perth – Mt Wold/Laverton, liksom andra fyndigheter i Brasilien – Elliot Lake/Kanada – Grönland och Mozambique.

Dessa fyndigheter har ett sammanlagt REO-innehåll på flera miljoner ton, och kan öka ovan angivna reserver med över 5 %.

En potentiell råvarukälla är utvinning av RE ur uranlakrester.

4 Produktion av RE-bärande mineral – vidareförädling

Världsproduktionen av RE-mineral uppgick 1987 till 80 147 ton – en ökning med 10 % från 1986, men över 7 000 ton lägre än 1984, då produktionen uppgick till 87 307 ton (se tabell).

Tabell 12:3 Produktion av RE-mineral – kt/år

	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86	-87
<i>Monazit</i>														
-Australien	3,6	4,5	5,3	9,4	15,0	16,2	14,1	13,3	9,6	15,1	16,3	18,7	14,8	12,1
-Övriga västvärlden	6,6	8,4	6,8	7,3	9,5	8,1	7,2	7,7	8,4	12,6	15,0	17,9	17,0	11,9
-USSR													2,5	2,5
Summa	10,2	12,9	12,1	16,7	24,5	24,3	21,3	21,0	18,0	27,7	31,3	36,8	34,3	27,0
<i>Bastnäsit</i>														
-USA	33,2	24,9	21,7	25,6	23,6	27,5	26,6	28,4	29,2	28,5	42,2	22,4	18,5	27,9
-Övriga västvärlden	0,4	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1						
-Kina							4,2	5,3	10,0	10,0	13,3	16,7	19,8	25,1
Summa	33,6	25,3	22,0	25,9	23,7	27,6	30,9	33,8	39,2	38,5	55,5	39,1	38,3	53,0
<i>Xinotime</i>														
Summa		0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	1,3	0,2	0,1
<i>Uranmalmer</i>														
Summa	0,04	0,04	0,03	0,03										0,05
Totalt	43,8	38,3	34,2	42,7	48,1	51,9	52,2	54,9	57,4	66,3	87,3	77,2	72,8	80,1
(Ber. REO innehåll)	(26,3)	(23,0)	(20,5)	(25,6)	(28,9)	(31,1)	(31,3)	(32,9)	(34,4)	(39,8)	(52,4)	(46,3)	(43,7)	(48,1)

Källa: Roskills 88

Motsvarande mängder mätt i oxider-REO beräknas till 48 000 ton resp. 52 000 åren 1987 och 1984.

Under 1980-talet har produktionen ökat med ca 50 %, i huvudsak genom tillkomsten av Kina som producent – och konsument av RE.

För närvarande är *bastnäsit* den stora källan till RE-mineral – under 1980-talet mellan 1/2 och 2/3 av producerande mängder.

Tekniken för utvinning av RE varierar med råvaran. I grova drag kan anges som följer.

Vid utvinning ur *bastnäsit* bryts malmen (Molycorp-Mountain Pass) – krossas – floterar och eventuellt kalcineras för att nå en halt av 70–85 % REO.

Vid utvinning ur monazit från tungsand är tekniken att successivt höja koncentrationen genom skakbord, vaskning och olika separatorer, så att någon procent av ursprungsmängden utvinns som monazit.

Efterföljande separation av RE sker på kemisk väg, med vätskeextraktion som slutsteg mot högre renhet.

Molycorp producerar bastnäsit i sitt dagbrott i Kalifornien – med halter upp till 12 % bastnäsit – och genomsnittliga halter på 7 % REO. Efterföljande flotation ger ett koncentrat på 60 % REO – med en årlig kapacitet av 45 000 ton per år. Molycorp säljer bastnäsit eller vidareförädlar bastnäsit i sina olika anläggningar i USA (Kalifornien, Pennsylvania och Colorado) och tillhandahåller koncentrat och separerat.

En signifikant händelse under 1980-talet har varit Kinas ökade roll på RE-marknaden.

Under 1980-talet har produktionen ökat till över 30 % av världens totala redovisade mängder – med en produktion av 15 000 ton REO under 1987.

Bastnäsitgruvan i Baya Obo svarar för en kapacitet på 12 000 ton REO per år av en i dag beräknad total kinesisk kapacitet på 21 000 ton REO per år (14 000 ton bastnäsit-4 500 ton monazit). Kinas roll förändras även från råvaruleverantör till mer självständig vidareförädlande.

Monazit utvinns i huvudsak som en biprodukt vid tungsandsutvinning av olika metallmineral – titan, zirkon.

Total produktion 1987 på 27 000 ton motsvarande ca 1/3 av världens totala produktion detta år. Australien har här störst procentandel, och företaget Renison Goldfield svarar genom sina dotterbolag Allies Anneabba och Associated Minerals Consolidated för över 80 % av den australiensiska produktionen, med en produktion av 10 800 ton monazit år 1987 – vilken erhålls som biprodukt vid produktion av titan- och zirkonmalmer. Produktionsekonomin blir således beroende av efterfrågan och priser på titan och zirkon.

Monazit exporteras från Australien i dag i huvudsak till Rhone-Poulenc, ett franskt företag som jämte Molycorp i dag är störst i vidareförädling av RE till mellanprodukter och separata, renade oxider, med anläggningar i Frankrike och USA; och ytterligare expansionsplaner i Australien och Japan.

Andra stora producenter av monazit är Brasilien, Malaysia, Indien och USA med en produktion av RE ur tungsand på totalt nivå 15 000 ton REO per år.

Under övervägande under 1989 är flera tungsandprojekt i Australien, med angivna kapaciteter på över 15 000 ton REO per år.

I mindre mängder produceras RE ur *xenotime* – vilket utvinns som biprodukt vid tungsandutvinning i Australien och alluvial tennutvinning i Malaysia. Xenotime är attraktiv på grund av sitt höga yttriuminnehåll – 60 % Y_2O_3 år 1987.

Produktion av RE från USSR har statistiskt redovisats först 1986. Angivna kapaciteten är 1 500 tpa REO med 1 000 tpa REO som biprodukt ur apatit för fosforsyra/konstgödsel.

Tabell 12:4 I dag känd kapacitet för utvinning av RE i råvaruledet (1989) för tunga producenter

	Ton REO
USA – bastnäsit	27 000
Kina	21 000
Australien nu	15 000
Australien planerad expansion	10 000
Summa	73 000

Denna kapacitet, omfattande enbart Molycorp – Kina och Australien – uppgår till en kapacitet som med 50 % överstiger dagens produktion.

Avgörande för lönsamhet av utvinning av RE-mineral är

- utvinningskostnader och biproduktvärden
- värdet av försörjningstrygghet.

Konsekvenser av detta synsätt kommenteras i det följande.

4.1 Kommersiellt känd aktivitet rörande utvinning av RE i Norden

4.1.1 Värdering av utvinning av RE ur apatitjärnmalm

Upptäckten av de sällsynta jordartselementen har skett i Sverige, vilket bl.a. ämnena som yttrium (Ytterby) och gadolinium (professor Gadolin från Åbo) bär präg av.

Användningen av de sällsynta jordarterna har inte i Sverige nått den nivå att utvinning sökt genomföras av försörjningsskäl, inte heller har utvinning genomförts på kommersiell grund.

De kända svenska reserverna av sällsynta jordarter är främst bundna till apatitjärnmalmerna i Norrbotten och Grängesberg.

Jämförande analyser av RE-innehållet i apatiten har visats tidigare och därvid angivits en relativt större andel tyngre element än de kommersiellt vanligt förekommande mineralerna bastnäsit och monazit.

Tabellen nedan anger beräknade mängder REO.

Tabell 12:5 Beräknade mängder REO

	Ton REO-innehåll	
Malmberget		
i malmer	43 724	
i avfallsdammar	23 600	67 324
Kiruna		
i Kuj	85 000	
i avfallsdammar	13 000	98 000
Ej brutna malmer (Kiruna)		
Sjömalmen	61 700	
Lappmalmen	313 500	
Pattok	17 700	392 000
Summa	Ca	550 000

Källa: Tibor Parak – Malmfältsutredningen 1982

Beräknad halt 0,57 % REO.

Dessa kvantiteter på ca 550 kt REO-innehåll är de mängder som är bundna till apatiten, och angiven halt på 0,57 % REO är beräknad andel av apatiten – som i sin tur utgör 0,5-max 2 % av järnmalmernas mängd.

Resultat av gjorda bedömningar av de kommersiella förutsättningarna för utvinning av RE ur fosforjärnmalmerna kan sammanfattas enligt nedan.

1. Ett kommersiellt nyttiggörande av apatitens RE-innehåll förutsätter att apatiten upplöses med syra och att RE-innehållet därvid utvinns. För att kunna nyttiggöra sig apatitens värde, t.ex. för P-syratillverkning, bör detta ske i anknytning till fosforsyratillverkning eller NPK-tillverkning – något annat är ekonomiskt orimligt, då apatitens P-innehåll är värt flera tiotals miljoner kr/år i REO-utvinning i anläggningar av rimlig storlek.

2. Tillgång till NPK-tillverkning (eller P-syraverk) är en trolig förutsättning för RE-utvinning ur apatiten. Nuvarande bild av marknaden för gödningsmedel anger att nya anläggningar i Europa främst kommer att byggas i anknytning till befintliga anläggningar.

Orsaken till denna bedömning är att marknaden för handelsgödsel är stagnerande i Europa och att eventuell expansion av handelsgödseltillverkning sker i anknytning till befintlig kapacitet (för export till växtområden) eller expansion i anknytning till expanderande marknader, dvs. utom Europa.

3. REO-utvinning ur apatit bör således ske i anknytning till befintlig gödseltillverkning.

4. Lönsamhet i utvinning och försäljning av RE-produkter ligger för befintliga företag

- med unik teknik i att utvinna valda element (till hög renhet) för valda användningsområden (de många mindre företagen)
(Konkurrensen inom detta avsnitt är stor och marknaden begränsad för varje element.)
- utvinning av valda råvaror till så många försäljningsbara produkter som möjligt (Molycorp och Rhône-Poulenc).
(Svårt att etablera sig på en marknad där redan dominerande företag finns.)

5. Dessa nödvändiga förutsättningar – närhet till slutmarknad för olika RE-produkter, möjlighet till avsättning av flertalet av RE-element som utvinns – leder till konklusionen att utvinning av RE ur svenska apatiter bara kan ske i fast samverkan av slutanvändare eller genom företag med etablerade marknadskontakter. Tillgång till råvara är en nödvändig men inte avgörande konkurrensfaktor.

6. Den framtida utvinningen av apatit ur fosforjärnmalmerna är vikande – varför RE-rik apatit inte med säkerhet kan vara råvarubas för RE-utvinning.

4.1.2 Ett begränsat antal ytterligare händelser har observerats:

I Finland har Outokumpu utvunnit RE som biprodukt vid utvinning av blyslig. Denna verksamhet avslutades 1973.

Typpy Oy har sökt utvinna RE-compounds ur kolaapatit. Enligt statistiska uppgifter exporterades 361 ton 1973 – minskande till 1 ton 1983. Verksamheten var troligen inte lönsam.

I Norge har redovisats prospekteringsfynd – yttriummineraliseringar i Fen, fynd av mineraliseringar av cerium-yttrium-europium i Ulefors, liksom prospektering efter RE i Finmark fylke. Brytning är inte känd.

Megon A/S (Metal Extraction Group of Norway) utvinner yttriumoxid ur importerad xenotime och yttriumkoncentrat från Malaysia, Australien och USA. Megon A/S anses vara störst i världen på "laser grade yttrium oxid". Årlig produktion är 30 ton Y_2O_3 i halter upp till 99,9999 % Y_2O_3 . Anledningen till denna utvinning är att utvinningstekniken framkom som ett resultat av uppbyggnaden av norsk kärnkraftteknik vid provreaktorn i Kjeller vid Oslo. Affärsvolymen ligger troligen på nivån 30 MNK per år – med en obekant lönsamhet.

5 Marknad för REE – efterfråga och konsumtion i olika former

Tidigare återgiven global produktionsstatistik för RE-mineral återspeglar tidigare ökningar och svängningar i efterfrågan och konsumtion av RE i olika former. Vi kan notera att förbrukning i östblocket inte är statistiskt återgiven, fränsett USSR som återfinns i tabellen från år 1986. Folkrepubliken Kinas snabbt mer dominerande roll som producent återges – denna ökning följs av en hög inhemsk förbrukning.

Ökning av förbrukningen under 60-talet och tidiga 70-talet på nivån över 10 % per år har förbytt i en ökning under senare 70-tal och 80-tal på nivån 5 % per år.

Bakom dessa totala siffror finns olika utvecklingar inom såväl olika användningsområden som geografiska områden.

Nedan följer ett försök till en sammanfattande bild.

Tabell 12:6 Förbrukningen av RE fördelad på användningsområden 1987

Marknad	Andel %	Tillväxt 73–87 %/år	RE
Metallurgi	20	–5	CE-rika kon. Olika RE-blandningar
Glas	35	+4,3	CE-förbindelser, Pr, Ce
Katalysatorer	39	+3,7	Alla RE-blandningar
Summa	94		

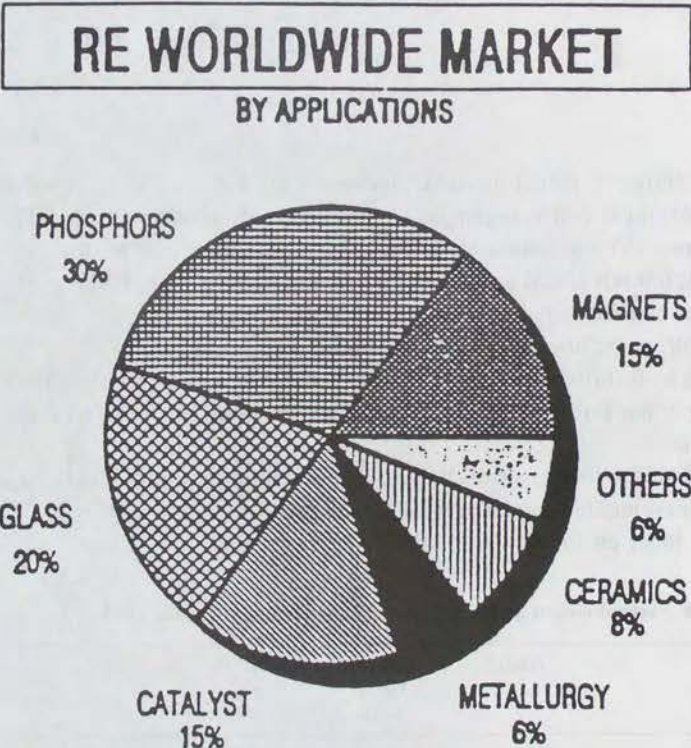
Som det synes har RE-konsumtionen inom användningsområdet metallurgi minskat med 5 % per år – medan förbrukningen inom tillämpningsområdena glas och katalysatorer ökat med ca 4 % årligen under perioden. Dessa användningsområden har svarat för ca 95 % av årlig REO-produktion under perioden.

Övrig förbrukning utgörs av en mångfald av tillämpningar – magneter, TV-rör, specialglas och keramer – med en begränsad volymandel, med en tillväxt på >15 % per år. Förbrukningen är främst tyngre REE (och vissa lätta) i form av separata element. Den senare, volymmässigt mindre delen av RE-förbrukningen, svarar värdemässigt för ett större relativt produktvärde.

En värdemässig beskrivning av RE-branschen är svår att göra – i råvaruvärde förefaller branschen omsätta 150–200 milj. USD. per år – medan det vidare förädlingsvärdet inte är bekant.

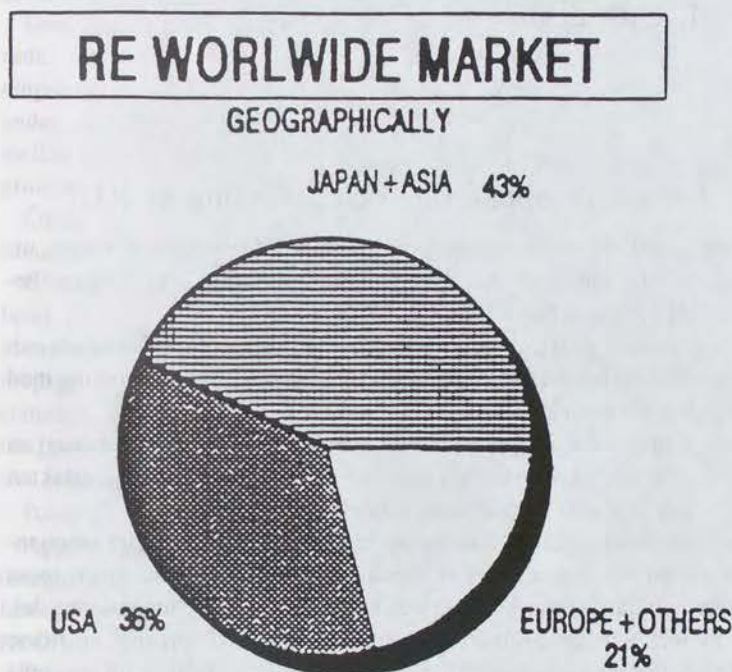
Rhone-Poulenc har 1988 publicerat nedanstående bilder över RE-marknadens värde fördelat på användningsområden och försäljningsområden.

Figur 12:2a Användningsområden



Some of the most important RE applications are in the field of phosphors, glass, catalysts, magnets, metallurgy, ceramics and others. The RE market is divided into two main parts: the primary market and the secondary market. The primary market is the market for RE elements in their natural state, while the secondary market is the market for RE elements in various compounds and alloys. The primary market is the larger of the two, accounting for about 80% of the total RE market. The secondary market is the smaller of the two, accounting for about 20% of the total RE market. The primary market is further divided into two sub-markets: the market for RE elements in their natural state and the market for RE elements in various compounds and alloys. The secondary market is further divided into two sub-markets: the market for RE elements in various compounds and alloys and the market for RE elements in various alloys. The RE market is a highly competitive market, with many companies competing for a share of the market. The RE market is also a highly volatile market, with prices for RE elements fluctuating significantly over time. The RE market is a key component of the global economy, and its growth is expected to continue in the future.

Figur 12:2b Försäljningsområden



Några troliga kommande utvecklingslinjer:

Volymmarknaderna metallurgi, katalysatorer och glas-keramer kommer att utvecklas långsammare än tillväxtmarknaderna magnet-keramer-ljus/TV-rör-specialglas m.m. Detta medför en ökad förädling inom industrin – mer separata element med högre renheter. Råvarornas relativa betydelse minskar – men råvaror med en sammansättning motsvarande ökad efterfrågan av tyngre element blir mer värdefulla.

I dag produceras t.ex. lantan, praseodymium och gadolinium i över-skottsmängder – medan samarium-neodymium-europium och yttrium är begärliga.

6 Sammanfattning och slutsatser: Utblick mot år 2000

6.1 Svensk prospektering och utvinning av RE?

Som bakgrund till en bedömning om framtiden för eventuell svensk utvinning och förädling av RE följer en sammanfattning av tidigare betydelsefulla återgivna händelser.

Kända reserver av RE-råvaror i världen är mycket stora. I dag kända och definierade reserver svarar volymmässigt för många 100 års utvinning med nuvarande förbrukning.

Förbrukning av RE-element har nu, under 80-talets slut, volymmässigt en något mindre årlig ökningstakt på upp till 4–5 % – ställd mot ökningstakten på 12 % per år under 60-talet och 70-talets början.

Detta sammanhänger med att användningen av RE synes ändra sammansättning, från stor volymandel av mindre förädlade RE-blandningar inom området metallurgi – glas/keramer och katalysatorer. I dag utgör denna del, 95 % av förbrukningen – mätt i volym. En tendens skönjs mot en större andel mer förädlade, renare RE-oxider av enskilda element till speciella användningsområden – magneter, ljusrör, specialglas, supraleddare med stor tillväxt.

Dessa användningsområden svarar i dag för volymmässigt 4 % av värdesförbrukningen – men ökar i volym med mer än 15 % per år.

Kapacitet för utvinning av råvaror – mineral i olika former – överstiger med god marginal förbrukningen år 1987.

Mot en känd utvinning år 1987 på ca 80 000 ton RE-mineral i världen, med ett REO-innehåll på ca 50 000 ton REO, svarar en kapacitet enbart i USA, Australien och Kina som överstiger detta (med ca 50 %), liksom att ett antal projekt för utvinning av RE är under förberedelse. Värdet av denna utvinning av RE-råvaror år 1987 är i råvaruledet ca 150–200 milj. USD.

Nuvarande dominerande förädlande tunga företag Molycorp och Rhone Poulenc kommer i ökande utsträckning att möta konkurrens från nya aktörer i Kina och förädlingsföretag – främst i Japan, där både utökat råvaruutbud och marknadsinriktade speciella förädlningar framkommer.

Konkurrensmedel tros bli främst förädlingsteknik och marknadsdominans.

Endast RE-mineralet bastnäsit utvinns enbart med avseende på RE-innehållet. Mineralet monazit utvinns som biprodukt vid tungsandutvinning – och RE utvinns även ur lakrester från uran och möjligen som biprodukter ur apatit i USSR och Polen.

Bastnäsiten har vissa processmässiga fördelar och innehåller inte thorium

som monazit, medan denna har en större andel tyngre element, vilket är gynnsamt i den vidare förädlingen.

Den framtida förbrukningen av RE kommer att få en ökad andel separerade, renade tyngre element på grund av ökad efterfrågan från användningsområdena fina keramer – magneter och fosfor – och råvaror med större andel tunga RE kommer att vara värdefullare än tidigare. Prisolikheten mellan bastnäsit (1.05 \$/lbs) och monazit (0.55 \$/lbs) bedöms minska på grund av den senares högre tunga RE-innehåll.

Ökad produktion av bl.a. yttrium-koncentrat i Canada – liksom ökat utbud av material från Kina kommer att begränsa prishöjningen för råvaror.

I händelse av ökad användning av yttrium vid ett kommersiellt genombrott för supraleddare får detta en dramatisk effekt på RE-industrin, då materialbrist kan bli ett faktum. De långvariga utvecklingsförloppen med möjliga kommersiella genombrott efter år 2000, liksom möjligheten till substitution mellan yttrium och lanthan och andra RE-element i denna tillämpning, gör dock att detta behov av yttrium i dag framstår som spekulativt och osäkert.

Potentiell svensk utvinning av RE?

Apatit bunden till järnmalmer i Kiruna-Malmberget och Grängesberg innehåller betydande mängder RE. Enbart RE-innehållet i Norrbottens Järnmalmer har beräknats till flera 100 000 ton REO. Sammansättningen av REO är attraktiv, med stor andel tyngre RE-element.

Efter bedömning har det visat sig att ekonomisk utvinning av denna RE-reserv i dag möjligen kan ske i anknytning till att apatitens RE-innehåll utvinns i samband med att apatitens fosforinnehåll nyttiggörs, t.ex. till konstgödsel hos naturliga avnämare av denna fosforråvara.

Det är osäkert om apatit kommer att utvinnas ur Norrbottens järnmalmer framledes. I Kiruna minskar järnmalmernas apatitinnehåll mot djupet. I Malmberget, som saknar anläggningar för apatitutvinning, får den möjliga apatitprodukten höga föroreningar av klor, vilket starkt begränsar apatitens användbarhet för konstgödselproduktion.

Separat utvinning av RE ur järnmalmerna med eventuell vidareförädling av intressanta RE-element till hög renhet bedöms inte rimlig på grund av höga kostnader och volymmässigt liten marknad för RE-element med hög renhet.

En dylik utvinning av RE ur apatit bör troligen ske på initiativ av någon konsument av tunga RE-element om t.ex. försörjningstrygghet eftersträvas.

Prospektering efter RE i Sverige föreslås endast ske – om denna prospektering riktar sig mot flera andra värdemineral samtidigt – så att ett tillräckligt högt malmvärde erhålls för det begränsade tonnage en möjlig produktionsstart innebär.

Bilaga 13

Andalusit, kyanit, sillimanit

av FoU-chef *Mats Gräsberg*, Svenska Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Inledning</i>	415
2	<i>Fyndigheter</i>	417
3	<i>Produktion</i>	420
4	<i>Marknad</i>	422
5	<i>Utvecklingsmöjligheter</i>	425
6	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	429
	<i>Referenser</i>	430

Andalusien, Kroatien, Kolumbien in Folio-Atlas von Österreich, Schweiz, Italien etc.

Inhaltsverzeichnis

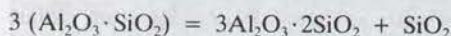
1. Andalusien	118
2. Kroatien	117
3. Kolumbien	119
4. Kroatien	120
5. Kolumbien	121
6. Kroatien und Kolumbien	122
7. Kroatien	123

1 Inledning

Kyanitgruppens mineral består av mineralen kyanit, andalusit och sillimanit, vilka alla har sammansättningen $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Även om den kemiska sammansättningen är identisk för de tre mineralen är deras fysikaliska egenskaper något varierande beroende på olika kristallstruktur. Det finns dock så stora gemensamma områden för dessa mineral vad gäller egenskaper och användning, att man ofta ser dem som en enhetlig grupp.

Terminologin är ofta inte helt strikt och använd på samma sätt. I denna redogörelse används "Kyanitgruppens mineral" som samlingsnamn för alla tre mineralen, vilket också är det vanliga i USA. I UK används i stället sillimanit som samlingsnamn och i USSR täcker andalusit alla tre mineralen. Till gruppen hör också kalcinerade produkter av mineralen. Ibland, t.ex. i import- och exportstatistik, inräknas även andra varianter såsom kalcinerad lera eller bauxit mixad med obrända aluminiumsilikater. De senare kommer att undvikas i denna redogörelse, även om likheterna med kyanitgruppens mineral ofta är uppenbara.

Kyanitgruppens mineral har många användningsområden. Det i särklass största området är som råvara för tillverkning av eldfasta foder till ugnar. En mycket viktig egenskap i detta sammanhang är bildandet av mullit vid upphettning enligt formeln



Kyanit

Andalusit

Mullit

Fri silika

Sillimanit

Tabell 13:1 visar skillnaderna i egenskaper mellan de tre mineralen.

Tabell 13:1 Egenskaper

Mineral	Kristallform	Spec. vikt	Fasomvandling °C	Volym expansion %
Kyanit	Triklinisk	3,67	1 350	18
Andalusit	Ortorombisk	3,10	1 380	5
Sillimanit	Ortorombisk	3,23	1 550	7

Den bildade mulliten har smälttemperaturen 1 850°C, vilket tillsammans med fysikalisk och kemisk resistivitet gör den attraktiv som komponent i eldfasta massor och tegel. Vilket av mineralen som används beror främst på vilken volymökning man önskar vid fasomvandlingen. Denna volymökning

skall kompensera andra komponenters volymminskning orsakad av t.ex. bundet kristallvatten samt ge slutprodukten totalt en viss liten volymökning. Det är dock inte bara mineralet i sig som är avgörande, utan partikelstorleken och partikelstorleksfördelningen i mineralprodukten och hos de övriga komponenterna har stor betydelse för den slutliga totala volymen. Detta är givetvis beroende på att porvolymen förändras olika vid olika kombinationer. Exempelvis ger en finkornig kyanit i en grövre massa huvudsakligen en minskad porvolym vid bränningen och ringa yttre volymökning.

Ett annat exempel är när man tidigare kalcinerade styckekyanit för att eliminera svällningen före tillverkning av tegel. Senare försvann kalcinerad styckekyanit från marknaden och ersattes med okalcinerad styckeandalusit, vars mindre svällning kunde kompenseras genom ändring i andra ingående komponenter. Eftersom kostnaderna minskade torde en nyintroduktion av kalcinerad styckekyanit inte vara möjlig.

Signifikant är också att olika företag och produktionsenheter av eldfasta material har specialiserat sig på olika produkter. Recepten på ingående komponenter och önskemål om råvarornas egenskaper är därför alltid i mindre eller högre grad varierande. Denna specialisering ökade under den strukturerings och rationalisering som skett inom branschen, påskyndat av stålkrisen under slutet av 70-talet och början av 80-talet. Det är således av stor vikt för en råvaruproducent att noga studera marknadssidan och att om möjligt ha flera råvaror att välja mellan för det enskilda behovet.

I viss utsträckning efterfrågas även kalcinerad kyanit, dvs. fasomvandlad genom bränning, inom det eldfasta området. En ytterligare förädlad produkt är smältmullit, som kan tillverkas ur kyanit och alumina genom smältning i ljusbågsugn.

I Europa är praktiskt taget det enda användningsområdet inom eldfast tillverkning. Även i Nordamerika är samma område det dominerande, men där nyttjas även betydande kvantiteter för andra ändamål såsom keramik, isolatorer, sanitetsporslin, plast, cement, bromsbelägg, blästersand, isole-ringsmattor m.m.

I Sovjetunionen används aluminiumsilikater i allmänhet och för närvarande en mix av sillimanit och kaolin för tillverkning av lättmetallegeringar, vilka i väst tillverkas genom legering av metallerna aluminium och kisel.

2 Fyndigheter

Det finns ingen officiell statistik om tillgången av kyanitgruppens mineral. Däremot finns sammanställningar av publicerat material om tillgångar i olika länder. Tabell 13:2 visar en sådan sammanställning av Roskill, *The Economics of Kyanite Group Minerals* 1987. Där framgår att kända reserver uppgår till 218 Mt, varav kyanit svarar för 27 %, andalusit för 48 % och sillimanit för 25 %. Därtill kommer troliga reserver av 150 Mt, varför den totala kvantiteten uppskattas till 368 Mt. En tidigare uppskattning gjord av Bureau of Mines angav den totala kvantiteten till 500 Mt.

Man kan dra två slutsatser av denna information, där den första är att uppgifterna inte är särskilt exakta. Den andra slutsatsen är att tillgångarna är stora och täcker behoven under överskådlig tid, vilket i sig kan vara förklaringen till den första slutsatsen, nämligen att det inte föreligger ett behov av exakthet.

Även om dessa bedömningar avser råvara där halterna inte anges, kan konstateras att tillgångarna totalt är så stora att bristsituationer enbart tillfälligtvis kan ha någon inverkan på marknaden. Det är säkert av större vikt att konstatera den geografiska situationen. USA har ca hälften av världens kända kyanitförekomster, Sydafrika drygt 20 %, Sverige nära 8 % och Indien och Brasilien vardera ca 6 %. Med undantag av en mindre fyndighet i Spanien har Sverige genom fyndigheten i Hålsjöberg den enda väsentliga kyanitförekomsten i Västeuropa.

Av kända andalusitförekomster har Sydafrika och Kina vardera över 45 % och Frankrike knappt 5 %. När det gäller sillimanit finns de i särklass största fyndigheterna i Kina, som har nära 70 % av tillgångarna. Indien och Sovjetunionen har varder ca 15 %.

I Sverige finns förekomster av andalusit och sillimanit på flera håll, bl.a. i Hälsingland, Södermanland, Västerbotten och Västmanland. En kommersiell introduktion av produkter från någon av dessa till det eldfasta området måste troligen ske i liten skala. Därvidlag kan t.ex. den investeringstunga delen i form av anrikning, torkning och förpackning som Svenska Kyanite AB har i Filipstad nyttjas under en provperiod.

Med tanke på kostnader och priser bedöms att fyndigheter med ett transportavstånd av under 100 km bör hålla minst ca 20 % Al_2O_3 som en av flera förutsättningar för ekonomisk framgång. Vid längre transportavstånd krävs naturligtvis ökade halter. Undersökningar kan alltså leda till möjliga kommersiella projekt. Förutom haltbestämningar är kornstorlek och föroreningar i form av främst järn men även titan, fosfor m.fl. av stor betydelse liksom anrikningsförsök i bänkskala. Ett pilotprojekt skulle kunna vara andalusitfyndigheten i Ställdalen, Ljusnarsbergs kommun.

Tabell 13:2 World: Reserves and resources of kyanite-group minerals, 000t

Land	Reserves				Resources ¹	Total ²
	Kyanite	Andalu- site	Silli- manite	Total		
<i>Africa</i>						
Cameroun	—	—	—	—	114	114
Kenya	500	—	—	500	1 680	2 180
Liberia	—	—	—	—	2 500	2 500
Malawi	—	—	—	—	300	300
Namibia	—	—	—	—	120	120
Somalia	—	—	—	—	132	132
South Africa	12 000	50 500	600	63 100	61 000	124 100
Sub-total Africa	12 500	50 500	600	63 600	65 846	129 446
<i>Latin America</i>						
Brazil ³	3 745	—	—	3 745	1 506	5 251
<i>North America</i>						
Canada	—	—	—	—	45 000	45 000
USA ⁴	30 000	—	—	30 000	—	30 000
Sub-total N America	30 000	—	—	30 000	45 000	75 000
<i>Asia and Oceania</i>						
Australia	60	—	20	80	3 000	3 080
China	—	50 000	37 000	87 000	—	87 000
India	3 800 ⁴	50 ⁴	7 990 ⁵	11 840	20 000	31 840
Sri Lanka	—	—	—	—	30	30
Sub-total Asia and Oceania	3 860	50 050	45 010	98 920	23 030	121 950
<i>Western Europe</i>						
Austria	—	—	—	—	4 000	4 000
Finland	—	—	—	—	300	300
France	—	5 000	—	5 000	—	5 000
Spain	100 ⁴	—	—	100	—	100
Sweden	4 500	—	—	4 500	10 000	14 500
Sub-total Western Europe	4 600	5 000	—	9 600	14 300	23 900
<i>Soviet Bloc</i>						
Bulgaria	800	—	—	800	—	800
Soviet Union	3 500	—	8 000	11 500	—	11 500
Sub-total Soviet Bloc	4 300	—	8 000	12 300	—	12 300
World Total	59 005	105 550	53 610	218 165	149 682	367 847

¹ Identified resources of all three kyanite-group minerals.² Reserves plus resources³ Source: Anuario Mineral Brasileiro⁴ Minimum⁵ Includes sillimanite contained in beach sands

Källa: Main source: T. Power, Sillimanite minerals – Europe places demand on andalusite. Industrial Minerals Refractories Survey 1986. Additional source: Section 2, this report.

Man bör inte av den geografiska fördelningen av fyndigheter i världen dra alltför långtgående kommersiella slutsatser. Ofta är det ett komplex av faktorer som avgör om en fyndighet kan nyttjas på ett ekonomiskt sätt. Det är givetvis främst beroende på om man erhåller eller kan skapa efterfrågan på produkten. I första hand måste produkten uppfylla tekniska kvalitetskrav vad gäller fraktioner och kemisk sammansättning. Därefter kommer pris, leveranssäkerhet, service och produktkunnande. Kostnaden för att uppfylla kraven är mycket varierande beroende på fyndighetens sammansättning kemiskt och mineralogiskt samt av infrastruktur, andra logistiska förutsättningar och den tekniska nivå som landet eller företaget ifråga har.

3 Produktion

Brytningen sker vanligen i dagbrott. Den numera dominerande utvinningen sker med flotation ofta följd av starkmagnetisk rening. Ibland mals och/eller fraktioneras produkterna i samband med torkningen. Huvudparten av tonnaget packas i smäsäckar eller storsäckar före leverans. Utvinning av styckeformad produkt är fortfarande vanligt i t.ex. Indien och Kina.

Tabell 13:3 visar produktionen av mineralen i olika länder.

Tabell 13:3 Världsproduktion, ton

Land	Mineral	1975	1980	1985
Australien	Kyanit	0	0	500
	Sillimanit	588	661	500
Brasilien	Kyanit	230	4 270	1 200
Frankrike	Andalusit	9 708	42 000	69 000
Indien	Kyanit	52 364	46 523	34 020
	Andalusit	0	0	2 720
	Sillimanit	8 278	12 987	12 970
Kenya	Kyanit	0	0	1 000
Sydkorea	Andalusit	106	82	200
Sydafrika	Andalusit	77 150	196 519	186 000
	Sillimanit	16 911	16 194	1 450
Spanien	Kyanit	5 042	6 471	3 540
Sverige	Kyanit	0	0	5 000
USA	Kyanit	105 000	145 000	105 000
	Synt. mullit	21 906	36 778	24 500
Zimbabwe	Kyanit	0	716	0
Västvärlden	Kyanit	162 636	201 994	150 260
	Andalusit	86 964	238 601	257 920
	Sillimanit	25 777	29 842	14 290
Västvärlden totalt		275 377	470 437	420 550

Källa: Roskill, The Economic of Kyanite Group Minerals 1987

Det finns också produktion i Kina, Sovjetunionen och vissa av öststatsländerna, men inga tillförlitliga uppskattningar av kvantiteter.

Man kan notera att kyanitproduktionen är störst i USA med ca 130 kt råkyanit per år, varav 25 kt kalcineras. Från 1987 är Kyanite Mining i Virginia ensam producent sedan Pasco Mining (tidigare C.E. Minerals) lagt ned produktionen i Georgia. Andalusitproduktionen är störst i Sydafrika med Frankrike som en allt viktigare producent. Sillimanit har fått allt mindre omfattning och det är huvudsakligen Indien som är storproducent. Orsakerna till sillimanitens tillbakagång är oklar. Det kan vara efterfrågeminskning av tekniska eller kostnadsmässiga skäl eller helt enkelt så att de

bästa fyndigheterna sinat, vilket torde vara fallet i Sydafrika.

Försäljningen av svenskproducerad kyanit var åren 1985, 1986, 1987 och 1988 680 ton, 2 592 ton, 3 252 ton resp. 3 449 ton.

4 Marknad

Kyanitgruppens mineral, kalcinerad kyanit och syntetisk mullit används huvudsakligen för tillverkning av mullitiska eldfasta material. Detta område svarar för över 90 % av konsumtionen. I USA finns dock en betydande konsumtion av kyanit inom områdena keramik, isolatorer, sanitetsporcelain, bromsbelägg, isoleringsmattor m.fl.

Tabell 13:4 visar den beräknade världsmarknaden vad gäller produktion, export, import och konsumtion.

Tabell 13:4 Apparent consumption by country of kyanite-group minerals and synthetic mullite, 1985, 000t

Land	Production ¹	Exports ²	Imports ²	Apparent consumption
<i>America</i>				
Brazil	1	nil	nil	1
USA ³	130	70	2	62
Sub-total America	131	70	2	63
<i>Western Europe</i>				
France	69	19	3	53
West Germany	6	16	110	100
Italy	5	nil	41	46
Spain	4	5	1	nil
Sweden	5	nil	nil	5
UK	10	5	49	54
Sub-total Western Europe	99	45	204	258
<i>Japan⁴</i>	30	12	35	53
<i>Other Western World</i>				
China	3	nil	nil	3
India	50	1	nil	49
South Africa	187	134	nil	53
Taiwan	nil	nil	3	3
Sub-total other Western World	240	135	3	108
Total Western World	500	262	244	482
<i>Eastern Bloc</i>	100	nil	nil	100
World Total	600	262	244	582

¹ Reported or estimated production of kyanite-group minerals and synthetic mullite, 1985

² Based on trade statistics for 1985, as given in Appendix A

³ Excluding chamotte and dinas earths

⁴ Including chamotte and dinas earths

Källa: Data in this report, including generalised estimates

USAs export är 70 000 ton, konsumtionen 62 000 ton. Exporten sker till stor del till Europa, Japan och Kanada.

Europa är genom främst Västtyskland stor nettoimportör trots den stora utbyggnaden av andalusitproduktionen i Frankrike. Det är därför naturligt att Västeuropa är Sydafrikas största marknad för andalusit. Östblocket bedöms ha en konsumtion av 100 000 årston som försörjs av egen produktion.

Vad gäller Sverige finns sedan ingången av 1988 ett separat statistiknummer för kyanit, andalusit och sillimanit. För 1988 importerades 305 ton till ett värde av 469 SEK. Före 1988 inkluderades "Andra eldfasta ämnen", varför statistiken inte är användbar i detta avseende. Förbrukningen i Sverige kan för 1988 bedömas vara enligt tabell 13:5.

Tabell 13:5 Bedömd förbrukning i Sverige 1988, ton

Företag	Kyanit	Andalusit	Sillimanit
Höganäs	675	400	0
Bohlin & Löfgren	150	0	0
Sv.Silikaverken	75	0-100	0
Övriga	0-50	0-100	0
Summa	900-950	400-600	0
Totalt kyanit + andalusit + sillimanit			
1 300 - 1 550			

Höganäs som tar 70 à 80 % av den totala förbrukningen bedömer att deras konsumtion kommer att ligga på ungefär samma nivå de närmaste åren. De andra länderna i Norden har sammantaget en mindre förbrukning än Sverige. Således är det för en svensk produktion nödvändigt med en marknad på kontinenten för att erhålla större volymer.

Av den i tabell 13:4 uppgivna konsumtionen av 258 kt i Västeuropa 1985 bedöms ca 20 kt vara kyanit. Av återstående 238 kt dominerar andalusit stort och sillimanit kan vara ännu mindre än kyanit. Frankrikes produktion av 69 kt andalusit har sannolikt fortsatt att öka, men den största avnämaren till Europa är fortfarande Sydafrika. En svensk kostnadseffektiv andalusitproduktion av efterfrågade kvaliteter kan därför ha möjlighet att ta marknadsandelar i Europa som ger en lönsam produktion. En svårighet är att det tar lång tid att bygga upp ett kundförtroende för en ny leverantör och att således intäkterna är låga i början då kostnaderna är som störst.

Priserna för amerikansk kyanit enligt noteringarna i Industrial Minerals visas i tabell 13:6.

Tabell 13:6 Kyanitpriser 59–60 % Al_2O_3 35–325 mesh

	1980	1985	Aug. 1989
CIF ¹ pund/ton raw/calced	90–155	90–155	90–155
Fob ² plant dollar/ton raw	70–146 ³	70–137	70–137
Fob ² plant dollar/ton calcined	120–168 ³	123–172	123–172

¹ CIF avser större hamnar i Europa² Fob avser Dillwyn, Virginia³ Avser 1982

Produkterna finns som 35 mesh, 60 mesh, 100 mesh, 200 mesh och 325 mesh. 35 mesh råkyanit har lägsta priset och 325 mesh kalcinerad kyanit har högsta priset.

Man kan notera att priserna är fasta i löpande valuta och att realt en prissänkning skett. Det är också känt att produktionsanläggningarna i Dillwyn utökats och moderniserats på ett sätt som måste ha medfört väsentligt minskade produktionskostnader. Man kan därför förmoda att priserna även fortsättningsvis kommer att realt minska, såvida inte stora förändringar sker i valutakurser och transportkostnader.

Priserna för sydafrikansk andalusit och sillimanit enligt noteringarna i Industrial Minerals visas i tabell 13:7.

Tabell 13:7 Priser sydafrikansk andalusit och sillimanit

	1980	1985	Aug. 1989
Pund/ton, CIF ¹			
Andalusit 52–54 % Al_2O_3	95	70	–
Andalusit 57 % Al_2O_3	–	–	90–100
Andalusit 60 % Al_2O_3	130	90	130
Sillimanit 70 % Al_2O_3	–	190	190

¹ CIF avser större hamnar i Europa

Man kan notera att andalusit med 52–54 % Al_2O_3 ersatts med 57 % Al_2O_3 , vilket troligen betyder att styckeandalusit ersatts med floterad produkt. Sillimanit med 70 % Al_2O_3 är en syntetisk eller mixad produkt, emedan teoretisk halt är knappt 63 % Al_2O_3 .

Priserna för fransk andalusit finns inte med i några offentliga noteringar. Det bör dock inte medföra något större fel att anta att europeiska kunder fritt levererat betalar nära den kostnad som den afrikanska andalusiten skulle betinga.

5 Utvecklingsmöjligheter

Inom det eldfasta området sker generellt en utveckling som medför högre krav på råvarornas kemiska sammansättning, fysikaliska egenskaper och jämnhet i kvalitet mellan varje leverans. Samtidigt har som framgått priset på råvarorna sjunkit.

Sammantaget bör det gynna utvecklingen av större och moderna produktionsenheter på bekostnad av små och omoderna anläggningar. Den svenska kyaniten förädlas i dag i en modern men relativt liten anläggning.

Inom det eldfasta området i Västeuropa finns för närvarande inte tillräckligt underlag för att motivera uppförande av ett stort anrikningsverk vid fyndigheten i Hälsjöberg. Eftersom fyndigheten torde vara Europas bästa, skulle dock en komplett utbyggnad ge en mycket effektiv produktion nära kontinenten. För att nå denna effektivitet bedöms att avsättningen måste vara minst 30 å 40 kt per år. Investeringarna är i storleksordningen 50–100 MSEK.

För att nå denna kvantitet inom det eldfasta området måste export ske utanför Europa. Detta är ett långsamt och osäkert förlopp. Det kan emellertid vara möjligt att finna nya produktområden, där andra av kyanitens egenskaper nyttjas. Det finns åtminstone två sådana områden, nämligen tillverkning av aluminiumkisellegering och kontinuerlig glasfiber. I det förra fallet nyttjas innehållet av metallerna aluminium och kisel och i det senare fallet oxidinnehållet av samma metaller.

Legeringen kan tillverkas av ett koncentrat som pelletiseras med petroleumkoks och bindemedel och chargerats i en submerged ljusbågsugn. Den karbortermiska reduktionen $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + 5\text{C} \rightarrow \text{Al}_2\text{Si} + 5\text{CO}$ sker vid 2 100°C.

Den metallurgiska delen anses svår att behärska, bl.a. beroende på den höga temperaturen och mellanreaktioner som ger bildning av värmestabila karbider. Eftersom tekniken tillämpas i Sovjetunionen för produktion av lättmetall, måste den ändå anses vara möjlig.

För tillverkning av 1 ton legering åtgår 2 ton kyanitkoncentrat, 800 kg petroleumkoks, 10 å 20 kg bindemedel och knappt 12 000 kWh elenergi. Legeringen kommer att innehålla ca 61 % aluminium och ca 38 % kisel. Andra element är 0,5–0,9 % titan och 1–1,5 % järn. Som biprodukt erhålls en brännbar rökgas med ett energiinnehåll av 7 000 kWh per ton legering.

Produktionen kräver ca 25 % mindre elenergi än aluminiumproduktion ur alumina samtidigt som den ger en stor produktion av biproduktenergi.

Investeringskostnaden för en submerged ljusbågsugn är också lägre än för

motsvarande Hall-Heroult elektrolysanläggningar. Legeringen kan nyttjas kommersiellt för tillverkning av standardlegeringar, s.k. silumin.

Silumin innehåller 88–91 % aluminium och 9–12 % kisel. Det har också på senare tid utvecklats legeringar med högre kiselhalter, uppemot 20 %. Tillverkningen av silumin från ljusbågsugnsens primärlegering kan ske genom inlegering av primärlegeringen i stället för kisel i aluminiummetall. Marknaden för silumin är i Västeuropa ca 700 000 ton per år och används för gjutning av topplock och insugningsrör till förbränningsmotorer, bilfälgar, växellådsåpor, pump- och fläktdelar m.m. Om man antar att kiselinnehållet är i genomsnitt 10 % finns en teoretisk marknad av 189 kt för primärlegeringen. I ett längre perspektiv kan raffinering och/eller legering utvecklas i anslutning till metallurgienheten.

Ett annat användningsområde är som desoxidationsmedel i stålindustrin, där legeringen i stor omfattning kan ersätta aluminium utan förändring av sammansättningen. De begränsningar som finns kan vara svårigheten att tillverka tråd, där trådspolning nyttjas och slutdesoxidation av mycket kiselkänsliga stål. I övrigt har försök visat mycket bra resultat och studier pekar på en sannolik marknad av minst 75 000 ton i Västeuropa.

En ljusbågsugn med 24 MW effekt, diameter 10 m och en chargehöjd av 4 m kan producera 15 kt per år ur 30 kt kyanit. Beräkningar visar att någorlunda rimliga förutsättningar för lokalisering, elenergipris och avsättning av biproduktenergi kan ge god ekonomi. Produktkostnaden för en ugnsenhet har i en studie av Svenska Kyanite AB beräknats enligt följande:

Tabell 13:8

Post	Kkr/år
Arbetsledning och arbetskraft	8 625
Administration	1 800
Elenergi 30 öre kWh	54 000
Petroleumkoks	10 800
Pelleterad kyanit	33 200
Underhåll	4 500
Div. förbrukningsmaterial	2 625
	115 550
Bioproduktenergi á 15 öre kWh	./. 15 750
Total produktionskostnad	ca 100 MSEK/år

Primärlegeringens värde står i relation till priset på primäraluminium, skrotaluminium och kiselmetall, när det nyttjas som råvara för silumintillverkning. Om långtidspriserna antas till 13, 11 resp. 8 SEK/kg torde primärlegeringen med 61 % Al och 38 % kisel kunna betinga ett pris av minst $0,90[(13 + 11) \cdot 0,5 \cdot 0,61 + 8 \cdot 0,38] = 9,32$ SEK/kg. För nyttjande som desoxidationsmedel torde priset kunna ligga på minst 90 % av skrotaluminiumpriset eller 9,90 SEK/kg. Det är alltså i hög grad den långsiktiga utvecklingen av aluminiumpriset som styr priset på primärlegeringen. Med

ovanstående priser erhålls 140 MSEK resp. 149 MSEK i årsintäkt för en ugn. Efter produktionskostnader återstår således 40 eller 49 MSEK per år för att täcka kapital- och andra omkostnader samt vinst.

En förändring i priset av primärlegeringen med 1 SEK/kg förändrar driftöverskottet med 15 MSEK/år och en ändring av elenergi priset av 1 öre/kWh påverkar med 1,8 MSEK/år.

Med två ugnsenheter sker i stort sett en fördubbling av dessa belopp. Med denna årsförbrukning av kyanit om 60 000 ton skulle den kända fyndigheten räcka i 20 år och den sannolika i ytterligare 40 år.

Kapitalkostnaden för metallurgienheten beror främst av den infrastruktur som redan finns på lokaliseringsplatsen. Maskinkostnaden för en ugn med filterutrustning som ger acceptabla miljövärden samt förbrännare och ånggenerator för biproduktgasen torde vara i området 60–80 MSEK. Totalkostnaden vid lämplig lokalisering borde kunna hållas inom dubbla detta belopp. I bästa fall skulle avställda submergered ljusbågsugnar kunna nyttjas med mycket låga investeringskostnader som följd.

Sysselsättningseffekten för en ugnsenhet är ca 60 personer och ca 20 för kyanit- och pelletsproduktion. Med två ugnsenheter blir resultatet ca 100 + 30 personer, vilket i den tunga industrin som detta är ger betydande följd effekter på sysselsättningen.

Detta projekt drivs för närvarande av Svenska Kyanite AB. I ett första skede genomfördes en rimlighetsstudie för en kostnad av 250 KSEK. För närvarande pågår studier vad gäller rening av kyanitkoncentrat från titan och järn, malning och pelletering av kyanit, petroleumkoks och bindemedel till reducerbara och hållbara pellets, reduktionsförsök i bänk- och pilotskala, desoxidationsförsök i pilot- och fullskala samt marknadsundersökningar.

Kostnaden är beräknad till 2,8 MSEK, varav STU som villkorslån står för max 1,4 MSEK. Resultaten för hittills satsade 1 MSEK motsvarar förväntningarna. Även om förväntningarna uppfylls för hela projektet, kan dock inte Svenska Kyanite AB ensamma svara för genomförandet av en metallurgisk enhet. Förhoppningen är därför att framkomna resultat skall väcka andra intressenter, som kan tillföra projektet ytterligare kompetens i ett samarbete med Svenska Kyanite AB.

Vid tillverkning av kontinuerlig glasfiber används bl.a. kaolin med ett innehåll av 38 % Al_2O_3 och 47 % SiO_2 samt kvartssand med nära 100 % SiO_2 . Eftersom Al_2O_3 - och SiO_2 -innehållet är substituerbara vid tillverkningen, kan kaolinet ersättas med kyanit och en ökning av sandmängden. Med 58,5 % Al_2O_3 och 38 % SiO_2 i kyaniten kan 1 000 kg kaolin substitueras av 650 kg kyanit och en ökning av sanden med 223 kg.

Kraven som ställs är nedmalning till minus 45 mikron, definierat låga halter av överkorn, låga halter av järn och fosfor, jämn kvalitet samt lägre totalkostnader än vid kaolinanvändning. De tekniska kraven har i undersökningar fram till glasfibertillverkning i bänkskala visat sig kunna uppfyllas. Tyvärr krävs en relativt stor investering, vilket gjort det svårt att åstadkomma de priser som krävs. Marknaden i Norden är ca 15 000 årston räknat som kyanit och skulle kunna vara ett utmärkt komplement till

primärlegering. Vid dessa volymer kan kostnaden hållas på en gentemot kaolin mycket konkurrenskraftig nivå i Norden och troligen också på delar av den mycket större marknaden på kontinenten.

Sammanfattningsvis finns en stor potential i teknisk utveckling av den svenska kyanitråvaran utanför det refraktära området. Likaså kan Svenska Kyanite AB medverka vid en inledande produktion och marknadsintroduktion av andalusit. Sillimanit är mera tveksamt vad gäller marknad för närvarande.

6 Sammanfattning och slutsatser

Västeuropas konsumtion av sillimanitgruppens mineral var 1985 258 kt (Roskill). Sannolikt är denna siffra högre för närvarande, beroende på den förbättrade konjunkturen för den refraktära industrin, som är dominerande konsument. Kyanitkonsumtionen torde vara ca 20 kt och sillimanitkonsumtionen lägre. Således är andalusitkonsumtionen i särklass störst.

Västeuropas försörjning av kyanit sker från USA, ca 70 %, och Sverige, ca 30 %. Andalusiten kommer huvudsakligen från Sydafrika och Frankrike.

Möjligheterna för Sverige att öka sin andel av kyanitmarknaden är till viss del begränsad av fyndighetens finkorniga karaktär. Fyndighetens storlek och kemiska sammansättning kan dock utgöra basen för nya användningsområden. Dessa är i första hand tillverkning av aluminiumkisellegering och glasfiber.

För genomförande fordras ytterligare ingående studier av teknik, marknad och ekonomi samt inte minst stora investeringar. Möjligheterna har dock bl.a. av STU bedömts som så goda, att STU stöder Svenska Kyanite AB med villkorslån för metodutveckling. Ytterligare kompetens och resurser är dock nödvändiga för att åstadkomma ett beslut om investeringar.

Vad gäller det refraktära området bedöms andalusit vara en möjlighet. Detta ställer dock stora krav på marknadskunnande, fyndighet och rationell produktion inkl. investeringar. En möjlig genväg kan vara att utnyttja Svenska Kyanite AB:s marknadsorganisation och produktionsanläggning för att starta upp eventuella andalusitfyndigheter inom rimligt avstånd från produktionsanläggningen i Persberg, Filipstads kommun.

En inventering och/eller prospektering är ett led i en sådan verksamhet. Fyndigheterna i Ställdalen, Ljusnarsbergs kommun, kan vara det mest lämpade projektet att starta med.

Referenser

1. Roskill, The Economic of Kyanite Group Minerals 1987
2. Industrial Minerals 1980, 1985, 1989
3. Studie av Svenska Kyanite AB
4. T. Power, Sillimanite minerals – Europe places demand on andalusite
5. Industrial Minerals Refractors Survey 1986

Apatit

av civilingenjör *Sven-Eric Dahlgren* och civilingenjör *Bo Hedenäs*, Kemira Kemi AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	433
1.1	Inledning	433
1.2	Mineralogi	433
1.3	Geologiskt uppträdande	434
1.3.1	Magmatiska silikatbergarter	434
1.3.2	Karbonatiter	434
1.3.3	Gångförekomster	434
1.3.4	Apatitjärnmalm	435
1.3.5	Fosforit	435
1.4	Svenska fosfatmineraliseringar	435
1.5	Utvinningsteknik	437
1.6	Kvalitetskrav	437
1.7	Produktion och konsumtion	438
1.8	Prisutveckling på fosfatråvaror	439
1.9	Användning av svenska apatiter för kemikalieproduktion ..	441
1.9.1	Uppslutning med saltsyra	441
1.9.2	Uppslutning med svavelsyra	441
1.10	Användning av svenska apatiter för gödselmedelsproduktion	442
1.10.1	Uppslutning med salpetersyra	442
1.10.2	Uppslutning med svavelsyra till superfosfat	443
1.10.3	Uppslutning med svavelsyra till fosforsyra	443
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	444
2.1	Foderfosfater	444
2.2	Tvättmedelsfosfater	445
2.3	Gödselmedel	446
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	447
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	448
	<i>Referenser</i>	450

1 Faktaavsnitt

1.1 Inledning

Apatit utgör tillsammans med den rena formen fosforit en av basråvarorna vid konstgödselframställning och är därmed av stor betydelse för världens livsmedelsförsörjning. Av den totala fosfatproduktionen går mer än 90 % till gödselmedelsindustrin. Globalt sett är de marint bildade fosfattillgångarna (fosforit och liknande) mest betydelsefulla, och de svarar för ca 85 % av produktionen. Ca 15 % utgörs av apatit från i huvudsak magmatiskt bildade fyndigheter. Bland svenska förekomster är det bara apatit i järnmalm, som för närvarande utnyttjas tack vare att den kan tas ut som biprodukt.

1.2 Mineralogi

Apatit utgörs av hexagonalt kristalliserat kalciumfosfat. Beroende på förekomsten av andra ingående anjoner skiljer man på olika typer av apatit:

Fluorapatit:	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
Klorapatit:	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$
Hydroxylapatit:	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$
Karbonatapatit:	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{CO}_3)\text{H}_2\text{O}$

Naturlig apatit är till sin sammansättning ofta en "blandning" av de ovan nämnda varieteterna. Vidare kan en mindre del av apatitens kalcium vara ersatt av mangan, strontium eller sällsynta jordartsmetaller (RE). Det senare förhållandet gör att apatit är en potentiell källa för framställning av RE.

Fosforit är benämningen på en fosfatrik sedimentär bergart, men ibland används namnet även för det i bergarten ingående fosfatmaterialet. Detta kan uppträda som klumpar, bollar, korn eller skalfragment. Kollofan (eng: collophane) kallas ofta det kryptokristallina fosfatmineralet i bergarten. Mineralogiskt utgörs fosforitbergarten av mer eller mindre ren apatit, eventuellt även av andra fosfatmineral, samt av en rad förorenande mineral som växlar med den sedimentära miljön (kalcit, kvarts, lermineral osv).

Ett stort antal andra fosfatmineral är kända, men i jämförelse med apatit/fosforit har de knappast någon ekonomisk betydelse.

1.3 Geologiskt uppträdande

I följande indelning nämns först förekomster med apatit, medan de globalt viktiga men i Sverige obetydliga fosforiterna sammanförts till en grupp i slutet.

1. Magmatiska silikatbergarter
2. Karbonatiter
3. Gångförekomster
4. Apatitjärnmalmer
5. Fosforiter

1.3.1. Magmatiska silikatbergarter

Apatit ingår som ett underordnat mineral i de flesta magmatiska bergarter och halten ligger normalt långt under gränsen för en ekonomisk utvinning. Bland basiska bergarter som gabbro och särskilt hos vissa alkalina till ultrabasiska bergarter kan halterna vara klart förhöjda. Om fosfathalten har höjts extremt genom magmatiska processer kan apatit ha bildats i brytvärd mängd. Ett typexempel är apatit-nefelin-förekomsterna på Kola-halvön, där apatit producerats sedan slutet av 1920-talet. Flera förekomster tillhörande denna grupp finns på andra håll inom Sovjetunionen samt i bl.a. Afrika, Brasilien, och på närmare håll i Kodal i Norge. Hos de svenska alkalina bergarterna är inga brytvärda apatitkoncentrationer kända.

1.3.2. Karbonatiter

Karbonatiter kan definieras som kristallina kalkstenar av magmatiskt ursprung. De är ofta geografiskt och genetiskt knutna till alkalina bergarter (se 1.3.1). Apatiten är ett normalt förekommande mineral i karbonatiter. I vissa fall kan halten vara hög nog för en brytning, särskilt om en samtidig produktion av flera mineral (apatit, kalcit, phlogopit) kan ske. Exempel: Siilinjärvi i Finland.

Om en karbonatit vittrar kan det ursprungliga apatitinnehållet anrikas till en högre fosfathalt i den kvarliggande vittringsjorden, vilken i vissa fall blir ekonomiskt utvinningsbar. Exempel: Sokli i Finland och Cargill i Kanada.

Karbonatiter, av vilka alla inte är brytvärda, är kända bl.a. i södra och centrala Afrika, Brasilien, Kanada och Västtyskland. I Sverige finns karbonatit (sövit) på Alnön, se nedan.

1.3.3. Gångförekomster

Apatit kan förekomma både i pegmatiter och pneumatolytiska eller hydrotermala gångar, men förekomster av dessa typer är sällan brytvärda. I pegmatiter är apatiten ofta väl kristalliserad, men ingår sällan i sådana koncentrationer att den ekonomiskt kan tillvaratas. Högre halter har apatitgångarna. Sådana har förr brutits i Kanada och i mindre skala i Norge.

Linser och ådror med apatit bryts i staten Bihar i Indien. Några kända gångförekomster finns också i Norrbottens län, men dessa är helt obetydliga.

1.3.4. Apatitjärnmalm

Järnmalmer av Kirunatyp innehåller apatit, vilken kan tas ut som biprodukt. Bland forskarna finns fortfarande meningsmotsättningar beträffande dessa järn- och apatitförekomsternas bildningssätt (magmatisk bildning eller sedimentation i vulkanisk miljö).

1.3.5. Fosforit

Som nämnts har fosforit internationellt mycket större betydelse än ovan nämnda typer av "ren" apatit. Olika typer av fosforit kan urskiljas, men gemensamt för dem är att de bildats i marin miljö och i tropiska eller subtropiska klimatzoner. Bildningen har skett på relativt grunt vatten på kontinentalhyllor eller runt oceanöar, och ofta genom medverkan av växt- och djurliv. De sedimentbergarter som hyser fosforitlagren har senare blivit torrlagda, så att förekomsterna blivit åtkomliga för exploatering. I vissa fall har även en sekundär anrikning på land skett. Fosforitlager är i många fall vidsträckta, men har liten mäktighet i förhållande till sin utbredning. För att vara brytvärda krävs i allmänhet halter över 14 % P_2O_5 och goda förekomster kan hålla 30–39 % P_2O_5 . Flertalet fyndigheter är av mesozoisk eller tertiär ålder, men även paleozoiska förekomster utnyttjas.

Oönskade ämnen såsom järn och aluminium samt spårämnen såsom kadmium och uran utgör en nackdel hos vissa fosforitfyndigheter.

Viktiga producentländer är USA, Marocko, Sovjetunionen, Folkrepubliken Kina, Tunisien, Jordanien m.fl. Inga svenska fosforitförekomster har visat sig ha tillräcklig mäktighet och halt för att kunna utnyttjas.

1.4 Svenska fosfatmineraliseringar

Ett antal förekomster av apatit och fosforit är kända, men inga är under normala förhållanden brytbara som fosfatråvara enbart genom sitt eget värde. Däremot utvinns apatit som biprodukt vid järnmalmsbrytning. Det skall heller inte uteslutas att man kan använda lågvärdigt fosfatförande berg till skogs- eller jordbruksgödsling efter bara krossning och malning.

På *Alnö* i Medelpad finns apatithaltig karbonatit (sövit) som under 1940-talet bröts för jordbrukskalkning. Flotationsförsök inför en apatitutvinning gjordes mot slutet av andra världskriget, men på grund av öppnade handelsvägar efter krigsslutet kom aldrig någon produktion till stånd.

Apatitgångar i gabbro är kända på *Dundret* och *Luspavaara* i Gällivaretrakten samt i kvartsporfyr mellan *Luossavaara* och *Nukutsjärvi* norr om Kiruna. Dessa gångförekomster är vanligen några cm till 1 m breda (undan-

tagssvis 2 m) och därför ekonomiskt ointressanta. De är även förorenade av andra mineral.

De apatitförande järnmalmerna är utan tvekan den viktigaste inhemska fosfattillgången. Från *Kiirunavaaras* malm tas apatit ut som biprodukt. Malmen är uppdelad i fosforfattiga och fosforrika delar. S.k. D-malm håller ca 4,5 % P_2O_5 .

Strax norr om Kiruna finns ett antal järnmalmer som för närvarande inte bryts, nämligen *Luossavaara*, *Rektorn*, *Haukivaara*, *Lappmalmen*, *Henry* och *Nukutus*. Malmen i Luossavaara är i genomsnitt fattigare på apatit än i Kiirunavaara. De övriga är däremot högfosformalter med halter mellan 5 och 10 % P_2O_5 . De utgör därmed en framtida fosfatreserv, även om det nu inte kan bedömas om de kommer att kunna brytas med vinst. Under andra världskriget bröts Rektorsmalmen och gav ett stort bidrag till den inhemska fosfatproduktionen.

Bland övriga apatitförande järnmalmer i Kiruna-regionen kan nämnas *Ekströmsberg*, *Tjärrojäkka*, *Pattok*, *Painirova* och *Gruvberget* (vid Svappaavaara). I den nedlagda *Tuollavaaragruvan* strax öster om Kiruna var delar av malmen apatitförande.

Malmbergets förekomster är också av apatitjärnmalmsstyp, men med låga till måttliga fosforhalter hos de olika malmkropparna. För merparten av malmen ligger halten under 1,8 % P_2O_5 . Apatiten är klorhaltig, vilket är en nackdel i tekniskt hänseende. Under båda världskrigen har apatit producerats vid Malmberget. Stor betydelse hade en flotationsanläggning som under andra världskriget producerade ett apatitkoncentrat baserat på rågods från Rektorsmalmen (Kiruna) och Malmberget.

I Bergslagen har flera apatitjärnmalmer brutits, men bara vid *Grängesberg*, som är den största, har apatit utvunnits. Apatithalten växlar kraftigt i malmens olika delar, men ett riktvärde för P_2O_5 -halten kan vara 2 %. Järnmalmsbrytningen och därmed också produktionen av ca 85 kt apatitslig per år väntas upphöra i början av 1990-talet.

Bland svenska fosforitförekomster (fosfat i yngre, lagrade bergarter såsom sandsten, kalksten och skiffer) finns inga som har brutits i större omfattning eller som väntas bli brytvärda. Här kan nämnas *fosforitsandsten* (kambrisk) i Närke, Östergötland och Skåne, *Ceratopygekalksten* (ordovicisk) i bl.a. Västergötland och Närke, *Oboluskonglomerat* (ordoviciskt) i Dalarna, samt lokalt i *kritbergarter* i Skåne.

Slutligen ska nämnas att fosfat som uppträder tillsammans med uran är känt från ett par platser i Norrland. Kring *Norråker* vid Ångermanlands nordvästspets finns en mineralisering i den s.k. *Lycophoriazonen*. Vid *Pålång* sydväst om Kalix i Norrbotten finns en finkornig apatit- och uran-mineralisering. Den förra förekomsten är ordovicisk och kan klassas som fosforit, medan den sistnämnda tillhör urberget och ingår i en lagrad vulkanisk miljö. Sannolikt finns också på andra håll i landet apatitförekomster, som ännu inte har påvisats i fast berg. Härpå tyder bl.a. ett blockfynd i trakten av *Sandviken*.

1.5 Utvinningsteknik

De flesta apatiter förekommer som underordnade mineral i andra, eventuellt brytvärda mineralfyndigheter. Utnyttjande av apatiten förutsätter alltid någon form av anrikning.

De kommersiellt tillgängliga apatiterna utvinns genom *flotation*. Detta gäller såväl den ryska Kola-apatiten som de skandinaviska apatiterna, som uppträder tillsammans med järnmalm, kalksten m.m.

Separationen av apatit från övriga mineral kräver en långt gående nedmalning av malmen. Det finkorniga materialet undergår därefter flotation i ett eller flera steg. Vid upparbetning av apatitjärnmalmer (ex. Gränges och LKAB) ingår ofta magnetseparering före och/eller efter flotationsstegen. Flotationsreagenset (samlaren) är en fettsyra. Tillsatser av exempelvis vat-tenglas och natronlut skapar lämpliga betingelser för flotationen.

Andra typer av apatithaltiga malmer kan kräva annan anrikningsteknik. Från fyndigheten i Siilinjärvi i Finland erhåller man en råvara innehållande apatit blandad med kalcit och dolomit. Flotation av apatit ur denna råvara har krävt utveckling av ett speciellt selektivt flotationsreagens. Vi har i Sverige god kompetens på detta område hos Berol Nobel AB.

Efter flotationen filtreras och torkas apatiten innan den kan lagras och levereras.

1.6 Kvalitetskrav

Närvaro av föroreningar i fosfatråvaran kan inverka både på möjligheten att upparbeta densamma och på användbarheten av framställda produkter.

I flotationsanrikad magmatisk apatit förekommer föroreningar av två slag: dels substitutioner i apatitgittret och dels som rester av andra mineral.

Apatitens kristallgitter tillåter omfattande substitution. Kola-apatiten är en relativt ren fluoridapatit (1.2). I Malmbergs-apatit har en del av fluoren ersatts av klor. Vid uppslutning av Malmbergs-apatit i syra kommer kloriden att förorsaka stora korrosionsproblem om inte kvalificerade konstruktionsmaterial används.

Kalcium kan substitueras av strontium (i Kola-apatit är Sr-halten ca 2,7 %, i Kiruna-apatit, 1 %) och av hela serien sällsynta jordartsmetaller (RE).

I sedimentära fosforiter är fosfatgruppen (PO_4) i varierande grad substituerad av karbonat (CO_2). Dessutom förekommer ofta kalcit i dessa råvaror. I Kiruna-apatit som är av vulkaniskt ursprung är CO_2 -halten ca 5 %, vilket uppges bero på närvaro av kalcit. Flotationsprocessen har dålig selektivitet mot kalcit i fraktioner större än 10 μm . Rester av kalcit i fosfatråvaran innebär ökad syraförbrukning per P-enhet vid uppslutning.

Mängden av restmineral i flotationsanrikade fosfatråvaror beror på hur långt flotationstekniken kan drivas tekniskt och ekonomiskt. Restmineralerna sänker P-halten och kan innebära problem vid råvarans utnyttjande.

Järn- och aluminiumhaltiga mineral bildar vid uppslutning och vidare förädling svårslösliga Fe- och Al-föreningar med höga P-halter. Detta försämrar P-utbytet. Om dessa föreningar tillåts ingå i gödselmedel kommer en del av fosfor att vara svårtillgänglig för växterna. Vid framställning av mera kvalificerade kemikalier måste Fe- och Al-föreningarna avskiljas och underkastas kostsam återvinning av P.

Förekomsten av tungmetaller i fosfatråvaror ägnas allt större uppmärksamhet. På lantbruksområdet (gödsel- och fodermedel) har speciellt kadmium tilldragit sig intresse. Mycket låga arsenikhalter krävs både i foder och i tvättmedelsfosfater. Radioaktiva element kan anrikas i produkter eller avfall och medföra problem. Vid fosforsyratillverkning anrikas exempelvis radium i gipsen, som härigenom blir begränsat användbar som byggnadsmaterial och även svårare att deponera.

Fosfatråvaror av vulkaniskt ursprung har i allmänhet lägre halter av tungmetaller än de sedimentära fosforiterna. I de svenska apatiterna är dock arsenikhalten mycket hög, vilket bereder problem.

Kvalitetskraven på fosfatråvaror som i första hand måste beaktas kan sammanfattas på följande sätt:

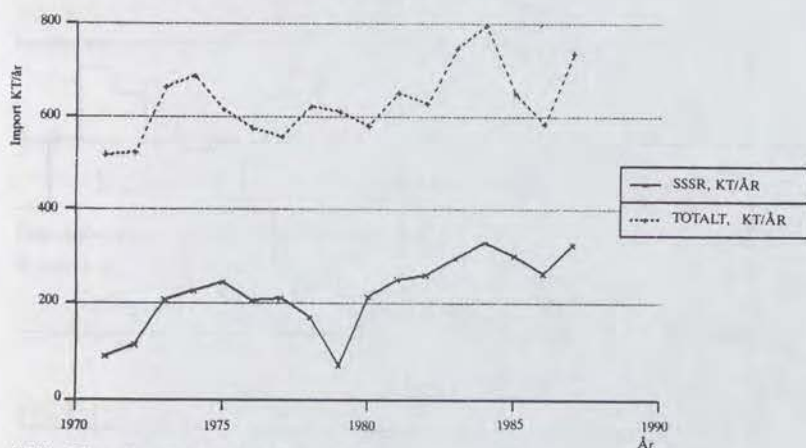
- Föreningar som påverkar upparbetningsprocesserna
 - *klor* som vid halter över 0,05–0,1 % ger allvarliga korrosionsproblem
 - *järn och aluminium* som medför bildning av slam vid vidareförädling av fosforsyra och dessutom medför risk för fixering av P i gödselmedel
 - *magnesium* som vid halter över ca 0,5 % ger prohibitivt hög viskositet hos fosforsyra
- Föreningar som kan medföra begränsad användbarhet hos olika fosfatbaserade produkter
 - *arsenik* som på grund av toxicitet inte accepteras vare sig i foder- eller tvättmedelsfosfater
 - *kadmium* som av samma skäl ifrågasätts både i gödselmedel och foderfosfater
 - *uran och urandöttrar* som kan medföra strålningsrisk i produkter och avfall

Det är tekniskt möjligt att i något skede av upparbetningsprocesserna avlägsna eller oskadliggöra de flesta av de föreningar som förekommer i apatiter och råfosfater, men sådana extra behandlingssteg blir ofta ekonomiskt prohibitiva.

1.7 Produktion och konsumtion

Sverige är fortfarande helt beroende av import för försörjningen med fosfatråvaror. Under 1970- och 1980-talen uppvisar den totala importen av fosfatråvaror en svagt stigande tendens, se figur 14:1. Importen från Sovjetunionen, som uteslutande avser apatit för kemikalieproduktion, visar samma tendens.

Figur 14:1 Import av fosfatråvaror till Sverige 1971–1987



Källa: Phosphorus & Potassium

Vid slutet av 1980-talet ligger den totala importen av fosfatråvaror på ca 700 kt/år, varav apatiten utgör ca 300 kt/år. Under perioden från 1970 har den totala importen ökat med i genomsnitt drygt 2 %/år, medan importen av apatit ökat i genomsnitt ca 8 %/år.

Den inhemska produktionen av apatit började 1975 i Grängesberg med ca 30 kt/år. I mitten av 1980-talet producerades drygt 100 kt/år i Grängesberg och Kiruna. Omkring 1990 kommer all produktion av apatit i Sverige att upphöra.

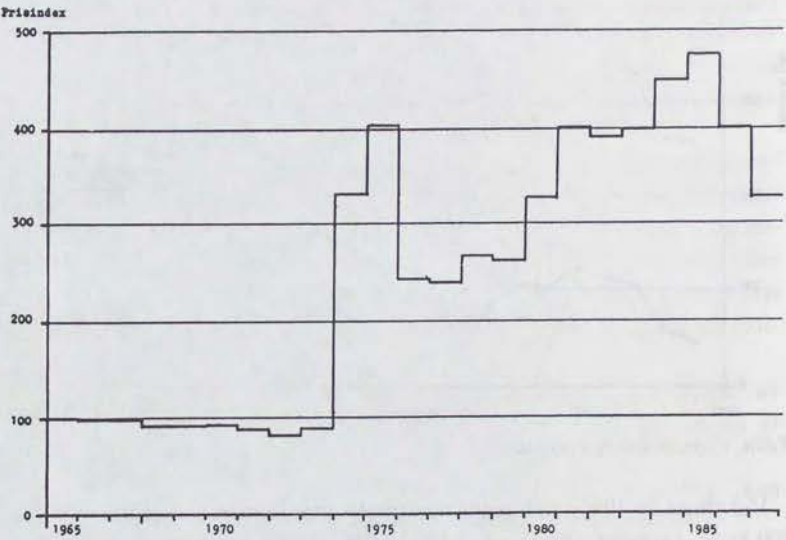
1.8 Prisutveckling på fosfatråvaror

Mellan Marocko-fosfat av den kvalitet, som används av Kemira, och Kola-apatit föreligger en prisdifferens per ton, som betingas dels av skillnaden i fosforhalt och dels av skillnaden i renhet. Om man emellertid följer prisutvecklingen från 1965 och framåt, figur 14:2, visar det sig att de relativa prisförändringarna i svensk valuta för dessa råvaror med små avvikelser är desamma för hela perioden, då även fraktkostnaderna inräknas. Prisutvecklingen kan därför återges i ett enda stapeldiagram där prisnivån 1965 givits index 100.

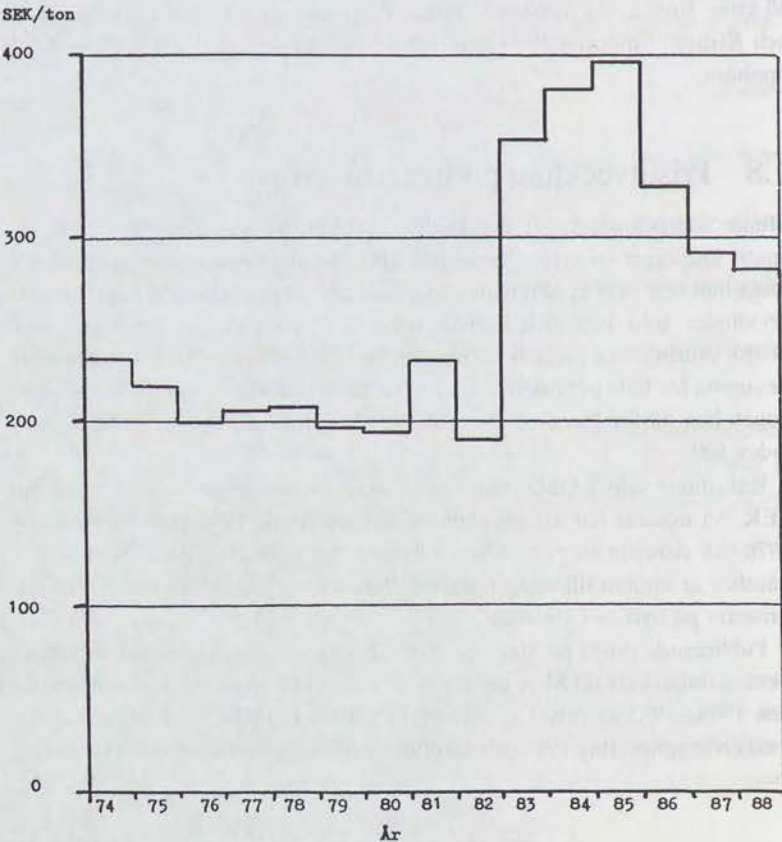
Råfosfater säljs i USD, varför den aktuella dollarkursen omräknats till SEK. Vi noterar här att prisexplosionen inträffade 1974 med en sänkning 1976 och därefter stegvis ökning till en ny toppnotering 1985. Sänkningen därefter är knuten till nedgången i dollarkursen. Tendensen är att råfosfatpriserna på nytt är i stigande.

Publicerade priser på Marocko-fosfat FAS Casablanca med omräkning av aktuell dollarkurs till SEK ger en annorlunda bild, figur 14:3. Under perioden 1974–1982 är priset ganska stabilt. 1983 inträffar en kraftig stegring med en toppnotering 1985 och därefter en till dollarkursen knuten sänkning.

Figur 14:2 Relativ prisutveckling på Kola-apatit och Marocko-apatit cif Helsingborg



Figur 14:3 Pris på Marocko-fosfat FAS Casablanca 70–72 % BPL = 32–33 % P_2O_5



Källa: Industrial Minerals, omräknat med aktuell kurs på USD

En jämförelse mellan dessa figurer visar att tillgången på tonnage och därmed fraktkostnaderna spelar en väsentlig roll för prisnivån vid förbrukningsorten.

1.9 Användning av svenska apatiter för kemikalieproduktion

För tillverkning av kemikalier processas fosfatråvara i Sverige endast av Kemira Kemi i Helsingborg. Detta sker enligt två linjer:

1. Uppslutning med saltsyra
2. Uppslutning med svavelsyra till fosforsyra

1.9.1 Uppslutning med saltsyra

Uppslutning med saltsyra sker enbart för tillverkning av dikalciumfosfat av foderkvalitet via en kristallisationsprocess. I denna process kan endast vissa typer av sekundära råfosfater (fosforiter) med tillräckligt hög reaktivitet och tillräckligt låg halt av vissa föroreningar användas. Apatiter har låg reaktivitet och kan inte användas här.

Ur en ändlut utvinns kalciumklorid av olika kvaliteter för dammbindning på vägar, för oljeborring samt en kvalitet för livsmedel och veterinärmedicin.

1.9.2 Uppslutning med svavelsyra

Kemira Kemi har liksom Supra en fosforsyrprocess med omkristallisation. Men medan Supra har sekvensen hemihydrat-dihydrat har Kemira Kemi sekvensen dihydrat-hemihydrat.

Kemira Kemis fosforsyrafabrik är utlagd för att processa Kola-apatit. Valet av Kola-apatit är betingat av mycket låga halter av tungmetaller (foderfosfater), låg halt av missfärgande föroreningar (tvättmedelsfosfater) och frånvaro av radioaktivitet (krav för utnyttjande av biprodukten gips).

All fosforsyra fluorrenas genom indunstning. Fluoren återvinns och levereras till Alufluor AB för tillverkning av aluminiumfluorid. Hit går också återvunnen fluor från Supra.

För tillverkning av foderfosfater behövs ingen ytterligare rening med denna råvara. De hårda kraven på tvättmedelsfosfater kräver kompletterande rening av fosforsyran med avseende på missfärgande föroreningar samt på vissa metaller (Ca, Mg, Fe, Mn m.fl.) som accepteras endast i spårmängder i tvättmedel.

Vid rening av fosforsyra för tillverkning av tvättmedelsfosfater bildas fosforrika fällningar, ur vilka fosfatet med betydande kostnader återvinns. Det är därför ur ekonomisk synpunkt betydelsefullt att fosfatråvaran är så ren som möjligt.

En del av fosforsyran försäljs till gödselmedelstillverkning och en annan

del indunstas vidare till superfosforsyra med 70–72 % P_2O_5 , vilken exporteras.

Det från processen erhållna kalciumsulfat hemihydratet kalkas för neutralisation av syrester och omvandlas under lagring i magasin till dihydrat (gips). Denna s.k. kemigips bearbetas vidare i stor utsträckning till produkter för bindetidsreglering av portlandcement, för tillverkning av gipsskivor och till pigment och fyllmedel i papper. En förutsättning för att kemigipsen skall kunna utnyttjas för dessa ändamål är att fosfatråvaran är fri från radioaktivitet. De sedimentära fosforiterna har en i sammanhanget prohibitiv radioaktivitet.

Det föreligger inga avgörande tekniska problem att använda Kiruna-apatit eller motsvarande vid Kemira Kemi. De höga arsenikhalterna i svensk apatit medför dock krav på extra reningssteg. Med de kvantiteter, som i dagsläget står till förfogande, är dock av logistiska skäl processning hos Norsk Hydros anläggning i Glomfjord ett bättre alternativ. Kemira Kemis apatitförsörjning kan komma att påverkas av att en ny ägare tillkommit, nämligen det finska statsägda Kemira, som har egen apatitgruva i Siilinjärvi. Siilinjärvi-apatiten används i dag enbart för tillverkning av gödselmedel via uppslutning med svavelsyra till fosforsyra. Denna apatits lämplighet för Kemira Kemi är i dagsläget inte bedömd. Vidare måste beaktas hur projektet med apatitfyndigheten i Sokli i Finland utvecklas.

1.10 Användning av svenska apatiter för gödselmedelsproduktion

För gödselmedelstillverkning processas fosfatråvara enligt tre principiellt skilda vägar:

1. Uppslutning med salpetersyra
2. Uppslutning med svavelsyra till superfosfat
3. Uppslutning med svavelsyra till fosforsyra som mellanprodukt

1.10.1 Uppslutning med salpetersyra

Uppslutning med salpetersyra sker enligt Odda-metoden. I denna process är föroreningar i apatiten mera betydelsefulla än reaktiviteten. Magmatisk apatit har generellt mycket lägre reaktivitet än fosforiter.

Fram t.o.m. 1987 förbrukades ca 15 kt/år Grängesbergs-apatit i Supras fabrik i Köping. Odda-enheten där lades ner på grund av dålig lönsamhet. Svensk apatit processas inte längre inom landet. Kiruna-apatit används i Norsk Hydros anläggning i Glomfjord, som logistiskt ligger mycket väl till. Apatit från Grängesberg går numera till Norsk Hydros anläggning i Porsgrunn.

Vid Odda-processen får man en uppslutningsrest, i vilken de i apatiten befintliga sällsynta jordartsmetallerna anrikats. Denna rest upparbetas för närvarande inte.

Grängesbergs-apatiten har hög järnhalt, vilket kan ge slitageproblem samt avgång av NO_x . Både Grängesbergs- och Kiruna-apatit har höga arsenikhalter. Speciellt Kiruna-apatiten har hög magnesiumhalt, vilket påtagligt inverkar på uppslutningslösningens viskositet med produktionsproblem som följd.

De svenska apatiterna har liksom Kola-apatit låga kadmiumhalter, vilket är av väsentlig betydelse ur miljösynpunkt.

1.10.2 Uppslutning med svavelsyra till superfosfat

Tillverkningen av superfosfat ur Kola-apatit förekommer i Sovjetunionen. Eftersom apatiten har låg reaktivitet jämfört med fosforiter måste man arbeta med betydande överskott av svavelsyra. Efter en mognadsprocess om ca sex veckor schabras produkten och kalkas för att nedbringa halten fri syra till acceptabel nivå. Efter kalkningen tillkommer ytterligare en mognadsprocess.

För svenska förhållanden kan superfosfattillverkning ur apatit bli aktuell endast i en avspärningssituation. Så skedde under andra världskriget. Den höga järnhalten i den då tillgängliga apatiten medförde dock stora problem, eftersom den motverkade att superfosfatet stelnade.

1.10.3 Uppslutning med svavelsyra till fosforsyra

Supra tillverkar fosforsyra i Landskrona. Man har numera övergått till en omkristallisationsprocess med sekvensen hemihydrat-dihydrat, dels för att få bättre fosforutbyte och dels för att minska energiförbrukningen.

Reaktionshastigheten vid omvandling av hemihydrat till dihydrat påverkas av föroreningar i fosfatråvaran. Supras anläggning är dimensionerad för användning av fosforiter. Med apatit som råvara sker omkristallisationen betydligt långsammare, vilket skulle medföra en avsevärd minskning av produktionskapaciteten. Härtill kommer att med apatit krävs en större filterarea än med fosforiter. Under normala förhållanden är därför apatit inte aktuell som fosfatråvara.

I Grängesbergs-apatit är förhållandet Si:F lågt. För att undvika korrosionsproblem förorsakade av fri fluor skulle en viss tillsats av reaktiv kisel syra vara nödvändig. Malmbergs-apatit kan inte användas i en konventionell fosforsyrafabrik på grund av den korrosion som förorsakas av den höga klorhalten.

Supra skulle maximalt kunna förbruka ca 200 kt/år apatit för produktion av fosforsyra.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

2.1 Foderfosfater

I Norden tillverkas foderfosfater av Kemira Kemi samt av Superfos A/S i Danmark. Det senare företaget har en produktion av ca 20 kt/år dikalciumfosfat och kontrolleras av Kemira Kemis ägare Kemira. Produktionskapaciteten för foderfosfater i Västeuropa utnyttjas endast till ca 2/3, vilket lett till hård konkurrens.

I miljödebatten talas en hel del om att minska fosfattillförseln till åkrarna även via naturgödsel. Fosfor i animala foderkomponenter (fiskmjöl, kött- och benmjöl) har mycket god biologisk tillgänglighet. Användningen av fiskmjöl är i Sverige på väg att försvinna och måste ersättas av annan proteinkälla.

Fosfor i vegetabilier är till större delen bundet som fytat. Fosfors biologiska tillgänglighet varierar kraftigt för olika vegetabiliska foderkomponenter. För enmagade djur (fjäderfä, svin) förekommer variationer från 0 till 45 % med ett genomsnitt på ca 30 %. Flermagade djur utnyttjar vegetabilisk fosfor bättre.

Fosforbidraget i naturgödseln från organiska foderkomponenter kan inte påverkas. En minskning kan endast ske genom att man minskar eller utesluter oorganisk fosfor i fodret. En underförsörjning av fosfor liksom av andra mineraler leder emellertid till bristsymtom och bristsjukdomar, speciellt utsatt är skelettbildningen. Miljödemagogin får inte leda till att djurens hälsa och produktionsförmåga äventyras.

Foderfosfatförbrukningen påverkas av flera faktorer såsom:

- produktionsnivå och -intensitet
- politiska beslut rörande jordbrukets inriktning och inverkan på miljö
- hur snabbt och i vilken utsträckning övergång sker till gårdsproducerat mineralfattigare foder; detta kan medföra risk för otillräcklig mineralförsörjning då bonden är van att mineraler ingår i fabriktillverkade foderblandningar
- djurhälsa, produktkvalitet och produktionsförmåga
- normer visavi behov
- hänsynstagande till biologisk tillgänglighet i olika foderkomponenter

Utvecklingen av användningen av foderfosfater i Nordeuropa räknat som vara med 40 % P_2O_5 framgår av tabell 14:1. I de aktuella länderna råder konkurrens mellan flera producenter.

Kemira Kemis produktionskapacitet ligger på 150 kt/år räknat som vara med 40 % P_2O_5 .

Tabell 14:1 Foderfosfatanvändningen räknat som vara med 40 % P_2O_5 i ett antal länder 1973, 1987 och 1992

Land	Foderfosfatanvändningen i kt		
	1973	1987	1992
Sverige	43	13,5	15
Norge	14	11,5	10
Danmark	50	90,3	90
Finland	40	27,5	25
UK	74	58,9	60
Polen	40	106,0	116
Ungern	42	90,0	80
BRD, Schweiz, Österrike	253	232,2	200
Totalt	556	639,9	595
Rel.tal	87	100	93

2.2 Tvättmedelsfosfater

Tripolyfosfat började användas i tvättmedel på 1940–1950-talen. Förbrukningen ökade fram till ungefär 1980 på grund av förändrade tvättvanor (bl.a. kraftigt ökad användning av tvättmaskiner). I Västeuropa producerades 1977–1980 ca 1 250 kt/år, varav 250 kt/år exporterades. 1988–1989 har konsumtionen i Västeuropa sjunkit till ca 500 kt/år med i stort sett oförändrad export. Den minskade konsumtionen beror på politiska åtgärder mot användning av fosfater i tvättmedel.

Tekniskt-ekonomiskt finns inget ersättningsmedel för tripolyfosfat i tvättmedel. I tvättmedel baserade på zeolit måste t.ex. mängden tensider ökas från 5–10 % till 15–20 % och nya komponenter, t.ex. polyakrylater och fosfonater, måste introduceras för att tvättmedlet skall få fullgod funktion. Utvecklingen på marknaden följer därför ingen normal cykel. Utvecklingsländerna ligger efter Europa beroende på mindre miljömedvetenhet och på att ersättningsmedel för tripolyfosfat är dyra och känsliga för transportkostnader.

Det politiska trycket mot fosfater i tvättmedel bedöms fortsätta. Det är lättare att förbjuda fosfor i tvättmedel än att snabbt bygga ut kapaciteten för rening av avloppsvatten eller att förbjuda fosfor i gödselmedel, eftersom fosfor är ett essentiellt växnäringsämne.

Användning av stora mängder tensider m.fl. komponenter är dock inte utan problem, eftersom de ger ökad osäkerhet vid separation i reningsverk.

Dagsläget beträffande lagstiftning m.m. om fosfater i tvättmedel är följande:

- | | |
|-----------|----------------------|
| – Schweiz | Totalförbud |
| – Italien | .. |
| – Norge | Troligen totalförbud |
| – Holland | Frivillig minskning |
| – Sverige | .. |

– BRD	Marknadsmässig minskning
– Belgien	Åtgärder övervägs
– UK	För närvarande inga åtgärder
– Frankrike	–"
– Spanien	–"

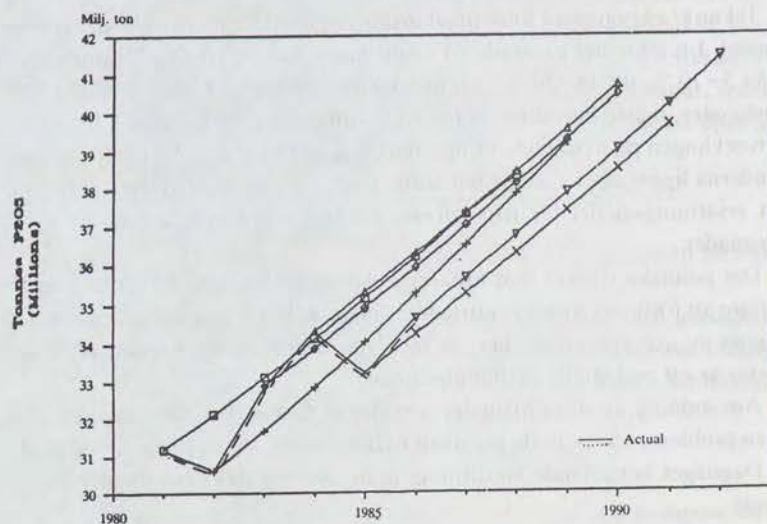
Flytande maskintvättmedel har under de senaste åren börjat konkurrera med de traditionella pulvertvättmedlen. Det finns både fosfatfria och fosfatbaserade flytande tvättmedel på marknaden. Marknadsandelen för dessa produkter är högst olika i olika länder och introduktionsskedet är långt ifrån avslutat. De fördelar jämfört med pulvertvättmedel som åberopas är större bekvämlighet vid användningen och ett fullständigare utnyttjande. Nackdelar är högre kostnad, dyr förpackning, transport av vatten samt frånvaro av blekmedel.

2.3 Gödselmedel

I Västeuropa har användningen av fosfatgödselmedel minskat med 2–3 % per år. I i-länderna har fosforförbrukningen en klart nedåtgående tendens sedan 1980, medan den i u-länderna stadigt ökar.

Globalt förutsätts behovet av fosfor till handelsgödsel stiga i stort sett lineärt, se figur 14:4.

Figur 14:4 Fosfatkonsumtionen i världen



Källa: IFA Annual Surveys 1983–88

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Beträffande *foderfosfater* framgår av tabell 14:1 att förbrukningen fram till 1992 i det för Sverige aktuella området bedöms bli oförändrad eller något sjunkande. Osäkerheten beträffande jordbrukets utveckling under de följande åren är så stor att en uppskattning av förbrukningen av *foderfosfater* inte kan göras.

Konsumtionen av *tvättmedelsfosfater* i Västeuropa beräknas fram till sekelskiftet minska till mellan 300 och 500 kt/år. Konsumtionen i de nordiska länderna beräknas under samma period minska från dagens 26–27 kt/år till ca 20 kt/år.

Kemira Kemi kommer att fortsätta produktionen av tvättmedelsfosfater men med en ändrad inriktning mot mera specialiserade kvaliteter för tvätt- och diskmedel. Fosfater av *livsmedelskvalitet* kan också bli aktuella.

Kemira Kemis produktionskapacitet för fosfater av denna typ är 50–60 kt/år. Eftersom förbrukningen av tvättmedelsfosfater har minskat i Europa, har en betydande överkapacitet uppstått med en hård press på priserna och minskad lönsamhet som följd.

Förbrukningen av *fosfatgödselmedel* i Västeuropa bedöms fortsätta att sjunka i minst samma takt som under de närmast föregående åren, dvs. med minst 2–3 % per år. I vissa länder, t.ex. Sverige, anses användningen av fosfatgödselmedel ha nått ett bottenläge och här bedöms förbrukningen stagnera eller kanske t.o.m. öka något. I andra stora förbrukningsområden föreligger fortfarande en "lyxförbrukning" av fosfatgödselmedel, som kan bedömas minska under det närmaste årtiondet.

Förbrukningen av fosfatgödselmedel påverkas av många faktorer. Liksom när det gäller foderfosfaterna försvåras en säker prognos av osäkerheten beträffande jordbrukets utveckling. Miljöbetingade åtgärder pekar mot minskad förbrukning av fosfatgödselmedel, men också mot renare kvaliteter av sådana.

4 Sammanfattning och slutsatser

- Det sker snabba och i vissa fall drastiska förändringar av förbrukningsmönstret inom alla områden där fosfatprodukter används i stor skala. I den geografiska region som är av direkt intresse för Sverige leder dessa förändringar till stagnerande eller sjunkande förbrukning av fosfatprodukter. Avsevärda skillnader mellan olika länder förekommer dock.
- Omsorg om miljön finns med som drivkraft till förändringarna. Detta tar sig uttryck dels i ideellt baserade frivilliga begränsningar av fosfatförbrukningen, dels i förändrade regler för beskattning, subventionering etc. Man kan inte heller helt bortse från förändringar förorsakade av rent kommersiella intressen.
- Turbulensen på området och de många oförutsebara faktorer som påverkar utvecklingen gör det svårt att ange behovet av fosfatråvaror under det närmaste decenniet i kvantitativt mått.
- På de tre huvudförbrukningsområdena kan följande kvalitativa prognos gälla:

Tabell 14:2 Progress för konsumtionen av de viktigaste fosfatprodukterna fram till år 2000

Område	Sverige	Skandinavien	Övriga
Foderfosfater	Oförändrat/ svagt stigande	Svagt sjunkande	Sjunkande
Tvättmedelsfosfater	Svagt sjunkande (2–3 %/år)	Svagt sjunkande	Sjunkande
Gödselmedelsfosfater	Oförändrat/ svagt stigande	Svagt sjunkande (2–3 %/år)	Stigande

- Sverige blir under 1990-talet helt beroende av import för försörjningen med fosfatråvaror. Årligen importeras i dag ca 700 kt/år fosfatråvaror, varav ca 300 kt/år utgörs av apatit. En inhemsk produktion av apatit i Grängesberg och Kiruna kommer att upphöra omkring 1990.
- Den svenska apatiten har i mindre omfattning upparbetats inom landet, huvudsakligen till gödselmedel. Under andra världskriget användes svensk apatit i större omfattning för vår gödselmedelsförsörjning, men under normala förhållanden har apatiten levererats till lämpligt belägna användare i Norge.
- Av de två stora tillverkarna av fosforsyra i Sverige använder den ena (Kemira Kemi) apatit som råvara, medan den andra (Norsk Hydro/

Supra) använder råfosfater. Den apatitbaserade fosforsyran från Kemira Kemi används för tillverkning av foderfosfater, tvättmedelsfosfater och gödselmedel, den råfosfatbaserade fosforsyran uteslutande för tillverkning av gödselmedel.

- Reserverna av apatit i Skandinavien är avsevärda. Med utgångspunkt från kända *planer* på produktion av apatit i Grängesberg, Kiruna/Malmberget, Siilinjärvi och Sokli i Finland samt Kodal i Norge är en årlig produktion av >1000 kt/år potentiellt möjlig.
- De skandinaviska apatiterna kan normalt utvinnas bara om andra mineral (järnmalm, kalcit, ilmenit) samtidigt kan nyttiggöras.
- En potentiell fosfatråvara är också det slam som produceras vid avloppsvattenreningsverk och som i dag i stor utsträckning deponeras. Detta fosforhaltiga slam skulle, om det vore tillräckligt rent, kunna ersätta en del av den handelsgödsel som används i dag. En sådan användning av slammet skulle också innebära att tvättmedelsfosfatet fick en slutanvändning som gödselmedel.
- Kraven på låga halter av tungmetaller i foder- och tvättmedelsfosfater tillgodoses redan i dag genom att ren fosfatråvara (apatit) används vid tillverkningen. Ökande krav på tungmetallhalter, speciellt kadmiumhalten, i gödselmedel leder sannolikt till ökad efterfrågan på rena apatiter.

Referenser

Underlag för uppgifterna om apatit har – förutom från interna och externa personliga kontakter – hämtats ur bl.a. följande litteratur:

1. Apatite concentrate from Sweden. Phosphorus & Potassium No 86, Nov/Dec 1976, p. 32.
2. Advanced plans for phosphate mining at Kodal, Norway. Ibid No 89, May/June 1977, p. 30.
3. Rautaruukki Oy nears decision time at Sokli. Ibid No 102, July/Aug 1979, p. 34.
4. Kemira exploits low-grade phosphate deposit at Siilinjärvi. Ibid No 108, July/Aug 1980, p. 31.
5. Finland: Kemira Oy has announced its decision to expand operations at its Siilinjärvi mine. Ibid No 111, Jan/Feb 1981, p. 12.
6. Production of (apatite) concentrate from iron ore tailings in Sweden. Ibid No 112, March/Apr 1981, p. 39.
7. LKAB has recently made its first delivery of apatite from Kiruna. Ibid No 112, March/Apr 1981, p. 13.
8. Phosphates in Sweden – their production and uses. Ibid No 121, Sep/Oct 1982, p. 20.
9. P.W. Harben & R.L. Bates, Geology of the Nonmetallics: Phosphate Rock. Metal Bulletin Inc. 1984.
10. Kemira Oy is currently undertaking feasibility studies with a view to developing the Sokli phosphate reserves. Phosphorus & Potassium No 145, Sep/Oct 1986, p. 14.
11. Curbs on Phosphates. How serious a threat to consumption? Ibid No 151, Sep/Oct 1987, p. 22.
12. M. Mew, Mining Annual Review – 1988: Phosphate Rock.
13. Phosphate Rock Market Review. Phosphorus & Potassium No 154, March/Apr 1988, p. 20.
14. The medium term supply and demand prospects for fertilizer materials. 56th Ann Conf of IFA, Monte Carlo 1988.
15. Phosphates: The pressures of the greens. Phosphorus & Potassium No 160, March/Apr 1989, p. 15.
16. Norsk Hydro to increase apatite takeoff from Kola. Ibid No 160, March/Apr 1989, p. 8.
17. Phosphate fertilizers: Water-solubility – safeguard or sacred cow? Ibid No 160, March/Apr 1989, p. 23.

Diamant

av professor *Bertil Aronsson*, AB Sandvik Hard Materials, och docent *Peter Kresten*, Sveriges geologiska undersökning,

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	453
1.1	Diamant	453
1.2	Förekomster	453
1.2.1	Sekundära diamantförekomster	454
1.2.2	Primära diamantlagerplatser	454
1.2.3	Rapporter om skandinaviska diamantförekomster ..	456
1.3	Prospektering	457
1.4	Tillgångar och reserver	459
1.5	Användningsområden	459
1.6	Konsumtion	459
1.7	Produktion	460
1.8	Handel	460
1.9	Ägarstruktur	461
1.10	Konkurrerande material	462
1.10.1	Smyckeindustrin	462
1.10.2	Industriell användning	462
2	<i>Geologiska förutsättningar i Sverige</i>	463
3	<i>Marknadsutveckling</i>	464
3.1	Smyckediamanter	464
3.2	Industridiamanter	464
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	466
	<i>Referenser</i>	468

1 Faktaavsnitt

1.1 Diamant

Diamant är kubiskt kristalliserat kol. Även om den är mycket ren, så innehåller den oftast spår av kväve, bor m.fl. ämnen. Diamant är det hårdaste material vi känner. Dess utomordentliga hårdhet illustreras av att skillnaden i absolut hårdhet mellan diamant och mineralet med näst högsta hårdhet, korund (rubin, safir), är större än skillnaden mellan korund och grafit (en annan modifikation av kol, bland de mjukaste mineralen). Specifika vikten är 3,52, ljusbrytningsindex 2,42 (högst bland ädelstenar).

Färgen varierar från (blå)vit till gul, brun, grå eller svart. Rosa, gröna eller blåa smyckediamanter är relativt sällsynta och betingar höga priser.

Man skiljer mellan flera olika typer av diamant. De viktigaste grupperna är typ 1 (med kväve, är isolator) och typ 2 (utan kväve, stundom halvledande).

Diamant bildas under höga tryck. Den bildas på stora djup i jordskorpan, 70–200 km, där trycket är tillräckligt högt. Vid låga tryck är diamanten metastabil; den stabila lågtrycksformen är grafit. Upphetad i luft brinner diamant vid ca 720°C.

Människan har uppskattat diamanten sedan urminnes tider. I bibeln förekommer referenser till "yahalom" som tolkas betyda diamant. En utförlig beskrivning av diamant finner man i Plinius' "Naturhistoria" (77 e.Kr.) som "adamas" (den obetvinglige). Diamanten har alltid varit en begärlig ädelsten, och är det än. Den industriella användningen är dock minst lika viktig.

Diamantvikten är av hävd karat; 1 metrisk karat (ct) = 0,2 g.

1.2 Förekomster

Man skiljer mellan primära och sekundära diamantförekomster. Som primära förekomster betecknar man sådana, där diamanten befinner sig i sin moderbergart. Sekundära förekomster, stundom kallade alluviala förekomster, är sådana där diamanten genom vittrings- och avlagringsprocesser transporterats från sin ursprungsbergart.

Omvandlingsprocesser i jordskorpan som medför höga temperaturer drabbar diamant, som då helt eller delvis omvandlas till grafit. Ett flertal exempel på bergarter är kända, som nu har gott om grafit, stundom fortfarande med diamantens yttre kristallform.

1.2.1 Sekundära diamantförekomster

Fram till 1870 utvanns diamanter endast ur sekundära lagerplatser, vanligen flodgrus och -sand. Indien var den dominerande producenten, och mycket kunskap om indisk diamantproduktion nådde Europa genom J-B. Taverniers resor till Indien 1631–1668. Bl.a. beskrev Tavernier diamanterna Stormogul, Koh-i-noor och den stora blå diamanten (en del av denna är Hope-diamanten).

Det första land att bryta den indiska dominansen var Brasilien, där diamant upptäcktes i flodavlagringar 1725. Brasilien övertog rollen som världens största diamantproducent.

1866 hittades den första diamanten, kallad "Eureka" (21,75 karat) vid Hopetown i Sydafrika, även här i sekundär lagerplats. Trots att fyndet uppvisades i Paris 1867 framkallade det endast begränsat intresse. Många tvivlade på att fyndet var autentiskt. 1869 plockade en Griquapojke upp en stor skimrande sten i Zandfontein. Det visade sig vara en diamant på 83,5 karat, som blev kallad "Star of South Africa", och den blev upptakten till en stor diamantrush, som lockade äventyrare från alla världsdelar. Den kort därpå följande upptäckten av primära diamantlagerplatser i Kimberleyområdet ledde till att Sydafrika kom att dominera diamantproduktionen.

I dag är produktionen av diamanter ur sekundära lagerplatser relativt liten, sett i karat. Emellertid är produktionen viktig, eftersom det genomsnittliga värdet per karat är högre, ofta mycket högre, än för diamanter som produceras från primära lagerplatser. Det beror på att andelen diamanter av smyckekvalitet – och det är det som bär upp produktionen – är genomgående mycket högre i sekundära lagerplatser. Detta förklaras av att diamanter med sprickor och inneslutningar inte klarar vittring, transport och avlagring i samma utsträckning som felfria diamanter.

Som exempel kan nämnas att den primära lagerplatsen Argyle (AK1) i nordvästra Australien har 5 % diamanter av smyckekvalitet; den sekundära lagerplatsen Bow River uppvisar 20 % diamanter av smyckekvalitet. Diamanterna längs Namibias och Namaqualands kust, typexempel på "marina diamanter" (tabell 15:3), vars ursprung ännu inte spårats, är till 90–95 % av smyckekvalitet. Diamanthalten för dessa fyndigheter ligger mellan 0,1 och 0,3 karat/ton.

Det bör tilläggas att inte enbart nutida sand- och grusavlagringar utgör sekundära lagerplatser, utan även fossila (förstenade) sådana. Ett exempel är Witwatersrand-konglomeratet, ca 1,6 miljarder år gammalt, bryts på uran men innehåller även en del små diamanter.

1.2.2 Primära diamantlagerplatser

I juni 1870 hittades diamant vid Koffiefontein, nära Kimberley i Sydafrika. Fyndet förorsakade inget större intresse bland diamanträvarna i gruset av Vaal- och Oranjefloden, eftersom förekomsten var uppenbarligen "malplacerad". Två månader senare hittades en 50-karats sten vid Jagersfontein,

vilket givetvis ledde till en diamantrush. Knappast någon av diamanträvarna insåg dock att de arbetade på en primär diamanlagerplats.

1871 hittades ett antal förekomster i samma område – De Beers, Dutoitspan och Wesselson. Samhället, som snabbt växte upp, tog 1873 namnet "Kimberley". Bergarten som förekom vid alla dessa platser beskrevs 1886 av H.C. Lewis som diamanstens moderbergart och döptes till "kimberlit".

Senare hittades kimberliter i övriga Afrika – Zaire, Tanzania, Angola, Botswana –, i Indien, Nordamerika och Sovjetunionen. De första kimberlitterna i Sovjetunionen hittades 1953, och snart hade de "röda diamanterna" en ledande ställning. På senare tid har kimberlit hittats bl.a. i folkrepubliken Kina.

Kimberlit är en vulkanisk bergart, som uppträder som utfyllnad av explosionsrör, s.k. "pipes". De kan vara 1–2 km djupa bildningar, och arealen vid jordytan beror mycket på erosionssnittet. Vid ringa erosion, när den ursprungliga kratervallen fortfarande är bevarad (t.ex. Orapa, Botswana) kan arealen uppgå till 100 hektar eller mer (tabell 15:1). Djupt eroderade "pipes", som de i Sibirien, är sällan större än 10 hektar.

Tabell 15:1 Världens största primärförekomster av diaman

Namn	Land	Yta, hektar	Halt, ct/ton	Anmärkningar
Mwadi ¹	Tanzania	146		35 % smyckekvalitet
Calwinyardah	Australien	128		Diamantförande
Orapa ¹	Botswana	106,6	0,8	15 % smyckekvalitet
Laymans Bore East	Australien	103		Diamantförande
Ellendale 4	Australien	76	<0,1	Ej ekonomiskt
Camafuca Camazambo	Angola	67,5		Trol. ekonomiskt
Catoca	Angola	66,2		Trol. ekonomiskt
Jwaneng ¹	Botswana	54	0,6	35 % smyckekvalitet
Talala ¹	Zaire	50		ca 3 % smyckekvalitet
Ellendale 9	Australien	46	<0,05	Ej ekonomiskt
Argyle, AK1 ¹	Australien	45	ca 6	5 % smyckekvalitet
Ellendale 7	Australien	36	<0,01	Ej ekonomiskt
Premier ¹	Sydafrika	32	0,35	20 % smyckekvalitet
33 Bore	Australien	28,8		Diamantförande
Zarnitsa ¹	Sovjetunionen	21,5		25 % smyckekvalitet
Udatjnaja ¹	Sovjetunionen	20		25 % smyckekvalitet
Kao	Lesotho	19,8	0,12	Ej ekonomiskt
Massif I ¹	Zaire	18,6		4 % smyckekvalitet
Finsch ¹	Sydafrika	17,9	0,9	25 % smyckekvalitet
Letseng-la-Terai	Lesotho	15,9	0,03	Stängd 1986
Ellendale 11	Australien	13	<0,01	Ej ekonomiskt
Letlhakane ¹	Botswana	11,6	1,42	40 % smyckekvalitet
Koffiefontein ¹	Sydafrika	11,1	0,08	50 % smyckekvalitet
Jagersfontein	Sydafrika	10,0	0,07	Stängd 1972

¹ I drift

Anm. Diamanthalter endast ungefärliga; exakta siffror är svåra att finna, och halten varierar starkt inom en och samma fyndighet.

Länge trodde man att diamant uteslutande förekom i kimberlit. Så sent som 1976 hittade man i Australien diamanter i en bergart som inte var kimberlit, utan en besläktad bergart som kallas "lamproit". Mycket snabbt därefter har Australien blivit den ledande producenten av naturliga diamanter i världen (tabell 15:2), mest tack vare en enda "pipe", Argyle (AK1).

Tabell 15:2 Världsproduktionen av rådiamanter 1982–1988 (miljoner karat)

Land	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Australien	-	6,2	5,7	7,06	29,2	30,0	35,0
Zaire	12,2	13,0	18,5	19,6	20,5	21,0	23,0
Botswana	7,8	10,7	12,9	12,6	13,0	13,0	15,0
Sovjetunionen ¹	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Sydafrika	8,9	10,0	9,8	9,9	10,2	9,6	9,0
Namibia	1,0	0,96	0,93	0,91	1,0	1,0	0,9
Angola	1,3	1,0	0,92	0,9	0,2	0,90	1,0
Sydamerika	1,25	1,0	1,0	0,85	0,85	0,85	0,85
Ghana	1,0	0,8	0,33	0,6	0,55	0,44	0,3
Centalafrik. republiken	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,60	0,45
Sierra Leone	0,25	0,3	0,42	0,4	0,4	0,36	0,3
Liberia	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,35	0,35
Tanzania	0,38	0,37	0,36	0,35	0,3	0,15	0,13
Övriga	0,1	0,2	0,29	0,47	0,5	0,45	0,45
Totalt	47,1	57,2	63,9	66,5	89,6	90,7	98,73

¹Nettoimport till västvärlden

Källor: Mining J. Ann. Rev. 1988, 1989

Messel: Outlook for Diamonds, 1987

Vid den senaste internationella kimberlitkonferensen i Perth 1986 redogjordes för ytterligare bergarter som var diamantförande, bl.a. den även i Sverige vanliga bergarten diabas (stenindustrins "svarta granit"). Dessa förekomster betraktas dock endast som kuriosas, utan praktiskt värde.

1.2.3 Rapporter om skandinaviska diamantförekomster

1967 rapporterade Harry von Eckermann "mögliga diamanter" i ett slipprov av en kimberlitliknande bergart från Alnön utanför Sundsvall. Senare undersökningar, utförda vid SGU, visade att mineralen var granater.

Förekomsten av diamant på Alnön, som rapporterats 1982, är inte säkerställd autentisk. Eftersom provet kontaminerats i laboratoriet, bl.a. med material från diamantborrkärnor, kan en extern inblandning av diamant inte uteslutas.

1891 uppvisade A.E. Nordenskiöld ett antal diamanter till Geologiska Föreningens medlemmar. Diamanterna hade hittats av Rabot i Pasvikälven, gränsfloden mellan Norge och Ryssland. Stenarna tycks ha försvunnit, och en definitiv bekräftelse på att det verkligen rörde sig om diamanter saknas.

Ryska forskare rapporterade 1969 om kimberlit på Yelovij-ön i Kandalaksja-golfen samt om kimberlit VSV om Murmansk, nära gränsen till Finland, samt en sekundär förekomst av diamant strax norr om denna.

Denna sekundära förekomst tycks ligga nära Pasvikälven, och är möjligen identisk med de av Nordenskiöld förevisade diamanterna.

1.3 Prospektering

Som framgår av figur 15:1 förekommer diamanter primärt främst inom stabila urbergssköldar, dvs. områden som kännetecknas av gamla (2 miljarder år eller äldre) bergarter. Således koncentreras prospekteringsinsatserna oftast till dessa områden eller deras randzoner.

Prospektering efter kimberliter (och snarlika diamanthärande bergarter) innebär att stora områden måste undersökas. Lämpliga metoder är flygburna magnetometermätningar och regionala geokemiska undersökningar.

Figur 15:1 Världens primära diamanthäromster i relation till stabila urbergssköldar



Även om kimberliter oftast är relativt små bergartskroppar (tabell 15:1), så uppträder de vanligen i grupper, vilket underlättar prospekteringen.

När lämpliga målområden är inringade, används detaljerade geofysiska och geokemiska metoder och slutligen borrhning. Funna objekt testas på förekomsten av diamanter, med prov i storleksordning 50–200 kg. Blir resultatet positivt, uttas successivt större prov. Slutligen processas ett stort prov, inte understigande 1000 ton, för att utvärdera fyndigheten.

Diamanthädfyndigheter är svårare att utvärdera än fyndigheter av metaller. Flera olika parametrar avgör ekonomin:

- 1) Diamanthalten
- 2) Andelen diamanter av smyckekvalitet, samt deras värde (beror på färg, form, inneslutningar etc.)
- 3) Diamanternas storleksfördelning
- 4) Infrastruktur, närhet till avnämare, politiska och miljömässiga hänsyn.

Således gör en tämligen hög diamanthalt ingen gruva, om kvaliteten är undermålig. Likaså gör förekomsten av enstaka stora diamanter en gruva inte lönsam. Ett exempel på det senare är Letseng-la-terai, Lesotho, fyndplatsen för "Lesotho Brown" på 601,25 karats råvikt, som är olönsam för att det inte finns tillräckligt med diamanter.

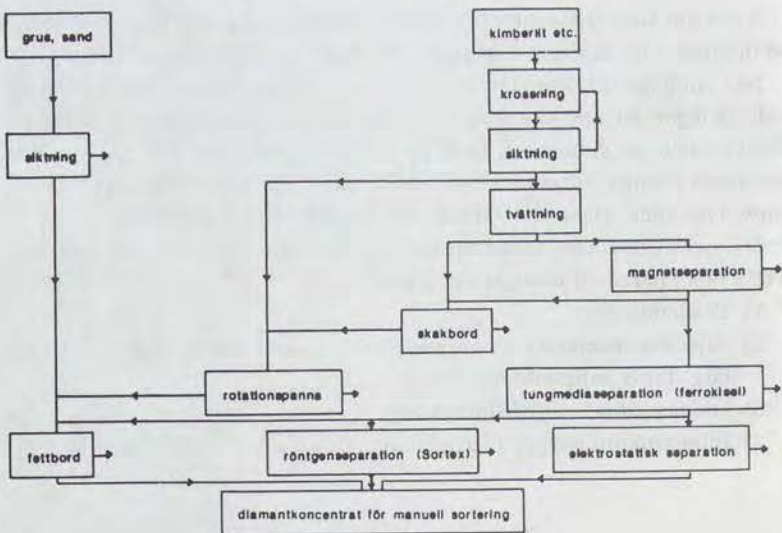
En gruva, som producerar rikligt med industridiamanter gynnas av enstaka fynd av högkvalitativa stenar. Det bästa exemplet är kanske Argyle (AK1) i Australien, som i sin produktion har en liten andel alldeles unika mörkrosa stenar av smyckekvalitet, som betingar priser på 40 000 USD per karat och uppåt.

Som en grov tumregel kan sägas, att smyckediamanter står för omkring 20 % av utvunna diamanter (tabell 15:1), men för 80 % av värdet.

Själva diamantutvinningen är oftast skräddarsydd för varje enstaka förekomst. Uppgiften är att utvinna en komponent som förekommer i en halt på, i bästa fall, en på en miljon, men mer vanligt en på tio eller hundra miljoner. Extraktionen måste vara så effektiv som möjligt. I princip krossas berget till mindre än en tum, tvättas, och anrikas i ett första steg med hjälp av ett tungt medium (ferrosilikon, täthet 2,95). Den tunga fraktionen, som innehåller diamanter, anrikas sedan ytterligare med hjälp av fettbord (diamant är inte vätblar), elektromagnetiska metoder eller med maskiner som bygger på att endast diamanter fluorescerar blått under röntgenstrålning. Vilken kombination av metoder som väljs beror på storleks- och kvalitetsfördelningen av stenarna vid en viss förekomst (se flödesschemat, figur 15:2).

Ur miljösynpunkt är de stora mängder avfall som bildas vid diamantutvinningen att betrakta som ofarliga. De innehåller inga giftiga komponenter som t.ex. tungmetaller, utan relativt höga halter av magnesium, fosfor, kalium samt kalcium, som gör att avfallet rent teoretiskt skulle kunna användas som jordförbättringsmedel.

Figur 15:2 Flödesschema för diamantutvinning



1.4 Tillgångar och reserver

Tillgångar och reserver av naturliga diamanter verkar vara betryggande. Även om det officiellt förnekas, antar man att De Beers-koncernen har ett reservlager på flera miljoner karat, mest av smyckekvalitet.

Reserverna vid världens största producent, Argyle (AK1) är:

- Sekundära lagerplatser: 2 600 000 ton (ca 3,6 ct/t)
- Primära lagerplatser: 75 000 000 ton (ca 6,6 ct/t)

Historien visar att uttalanden om reserver vad gäller diamanter är av ringa värde. Upptäckten av en enda större producent kan helt kullkasta bilden. Det bästa exemplet är Australien. Produktionen 1982 var noll (tabell 15:2); från 1986 står Australien för en tredjedel av världsproduktionen. Dessutom kommer i stort sett all produktion från en enda lagerplats.

1.5 Användningsområden

Det värdemässigt mest betydande användningsområdet för naturliga diamanter är som smycken. Större naturliga diamanter av industriktvalitet har använts för speciella ändamål, t.ex. borrar, gravyrinstrument och dragöglor, men har nu blivit ersatta av syntetiska diamantkompakter.

Den volymmässigt största delen naturliga diamanter används inom industrin, tillsammans med syntetiska diamanter (samt kubisk bornitrid, cBN) för borrar, sågning, slipning och polering.

1.6 Konsumtion

Konsumtionen av smyckediamanter ligger på omkring 10 miljoner karat per år, motsvarande ett värde av drygt 22 miljarder USD i slipad form.

Den totala årliga konsumtionen av diamant och cBN pulver för industriella ändamål i västvärlden är ca 200 miljoner karat (40 ton). Det har uppgetts att 20–30 miljoner karat är naturliga diamanter. Detta är betydligt mindre än man kan beräkna ur tabell 15:3: totalt 90 miljoner karat naturdiamanter, varav 20 miljoner för smycken, dvs. en restpost på 70 miljoner karat eller dubbelt så mycket som de 20–30 miljoner karat som uppgevits på annat håll.

En gissning är att något mer av de lågvärdiga naturdianterna (huvudsakligen finfraktion) blandas in i olika sammanhang än vad som officiellt uppges. Det är naturligtvis också så att mycket fint pulver, som uppstår i samband med bearbetning av smyckesdianter (något som i stor utsträckning sker i Indien) får användning i produkter som inte kommer med i statistiken.

Tabell 15:3 Ägarstruktur: Rådiantantproducenter och -intressenter

Bolag	Land	Ätaganden/äganden
Acorn Securities	Australien	Prospekt. Kalimantan
Afro West Mining	Australien	Prospekt. Sierra Leone
Anamint	Sydafrika	Äger 27,3 % av De Beers
Anglo American Corp.	Sydafrika	Äger 52,2 % av Anamint Äger effektivt 34,3 % av De Beers
Ashton Mining Ltd.	Australien	Argyle Mine (38,24 %) Äger 20 % av Austral. Diamond Expl.
Austral Diamond Expl.	Australien	Prospekt. N Territory
Bridge Oil	Australien	Aredor, Guinea (39,6 %)
Broadacres	Sydafrika	Marina diamanter
CRA	Australien	Argyle Mine (56,76 %)
De Beers	Sydafrika	Äger 36,8 % av Anglo American Äger 21 % av Minorco
Freeport-McMoran	Australien	Bow River (80 %)
Gemex	Australien	Bow River (20 %)
Malaysia Mining Corp.	Malaysia	Äger 46,3 % av Ashton Mining
Merwest	Sydafrika	Marina diamanter
Metana minerals	Australien	Biprodukt till guldbrytning
Mid Wits	Sydafrika	Prospekt. Transvaal
Minorco	Bermuda	Äger 10 % av Anamint
SA Mutual	Sydafrika	Äger 6,9 % av De Beers Äger 10 % av Anamint
Trans Hex	Sydafrika	Mindre gruvor
W Austr. Diamond Tr.	Australien	Argyle Mine (5 %)

De mest betydande bolagen är kursiverade.

1.7 Produktion

Världsproduktionen av rådiantanter har de senaste åren legat omkring 90 miljoner karat (tabell 15:2). Den största delen av produktionen står fem länder för – Australien, Zaire, Botswana, Sovjetunionen och Sydafrika.

Världsproduktionen av syntetiska diamanter (inkl. cBN) ligger på omkring 200 miljoner karat per år. Scandiamant AB i Robertsfors producerar 15–20 miljoner karat per år. Priser per karat varierar från ca 1 USD (slipkvalitet) till ca 3 USD (sågkvalitet). Hela Scandiamants produktion går på export till Schweiz.

1.8 Handel

En stor del av diamanthandeln går via Central Selling Organisation (CSO) i London, som kan beskrivas som en diamanthandelskartell med starka band till Sydafrika. CSO är helt dominerande vad gäller handeln med oslipade smyckediamanter. Försäljningssiffrorna för 1986 var 10,4 miljoner karat med ett värde av 1,7 miljarder USD. 1988 ökade CSOs försäljning till rekordhöga 4,17 miljarder USD.

Genom CSO säljer: Angola, Australien, Botswana, Namibia, Tanzania och Zaire, samt delvis Sydafrika och Sovjetunionen.

Försäljningen utanför CSO omfattade 1986 3,1 miljoner karat till ett värde av 700 miljoner USD, med följande länder: Brasilien, Centralafrikanska republiken, folkrepubliken Kina, Ghana, Guinea, Liberia, Sierra Leone, och delar av Sydafrikas och Sovjetunionens produktion.

Till dessa siffror skall läggas diamantsmugglingen, som uppskattas till 2,2 miljoner karat (385 miljoner USD). Dessa stenar tycks förr eller senare hamna i CSOs pott.

CSOs dominerande roll inom diamanthandeln ifrågasätts då och då, men inga allvarliga utbrytningar ur kartellen har ägt rum. CSO reglerar marknaden, vilket resulterar i en lugn prisutveckling utan stora kast åt endera hållet. Detta gagnar såväl producenter som konsumenter.

Till CSO knutna företag som DPA (Diamond Producers Association) och Industrial Distributors även handeln med naturliga diamanter för industriell användning. Dessa utgör omkring 70 % av den totala produktionen av naturliga diamanter (tabell 15:2).

Tabell 15:4 Nettohandeln för Sverige enligt 1987 års statistik (tkr)

Tulltaxenummer	Varuslag	Import	Export
71.02.100	Diamanter, osorterade	1 597	395
210	Industrieldiamanter, oarbetade	2 759	363
290	" , andra	3 186	
310	Andra diamanter, oarbetade	479	
390	" , andra	60 594	14 375
71.04.200	Syntetiska ädelstenar, andra ¹		226 725
71.05.100	Pulver av naturliga/syntetiska diamanter	37 255	2 099

¹ Till övervägande del syntetiska diamanter

1.9 Ägarstruktur

Ägarstrukturen framgår av tabell 15:3. Bland huvudaktörerna märks Anglo American Corporation, Anamint (Anglo American Investment Trust) och De Beers, tre sydafrikanska företag som äger varandra korsvis. De två andra stora företagen i branschen är Ashton Mining Ltd. och CRA, två australiska bolag som tillsammans äger merparten av Argyle Diamond Mine.

Produktionen av syntetiskt diamantpulver (samt kubisk bornitrid, cBN) domineras av GE (General Electric) och De Beers, även om nya producenter kommit till sedan grundpatenten gick ut i början på 1970-talet.

1.10 Konkurrerande material

1.10.1 Smyckeindustrin

Det finns ett flertal olika material som lanserats som "ersättning" för diamant som smyckestenar. Naturliga, som zirkon, vit korund och vit spinell, är klart underlägsna diamanten vad gäller ljusbrytning och dispersion, men är tämligen hårda. Syntetiska produkter, som strontiumtitanat, yttriumaluminiumgranat, kubisk zirkonoxid och blyglas, kan ibland kopiera eller även överträffa diamantens optiska egenskaper, men saknar dess hårdhet, vilket leder till snabbt slitage. Det finns i dag ingen godtagbar "diamanterersättning" för smyckeändamål, utan bara "glitter" av varierande kvalitet.

Syntetiska diamanter av smyckekvalitet har framställts av GE (General Electric), De Beers och andra. Processen är så pass komplicerad att produkten blir avsevärt dyrare (omkring 10 gånger) än naturliga smyckediamanter.

1.10.2 Industriell användning

Den industriella användningen av diamant gäller till avgörande del syntetiska diamanter, framställda genom syntes vid högt tryck (ca 5 GPa) och hög temperatur (ca 1500°C). I dessa sammanhang används också den alternativa substansen, kubisk bornitrid – i allmänhet betecknad cBN – och det är inte möjligt att med större noggrannhet dela upp marknaden mellan diamant och cBN.

Naturliga diamanter för industriella ändamål kan helt ersättas av syntetiska produkter. De senare är överlägsna de naturliga stenarna, eftersom de är kvalitativt bättre för ändamålen.

2 Geologiska förutsättningar i Sverige

Kimberliter, och besläktade diamantförande bergarter, förekommer oftast på eller intill gamla urbergssköldar. Sverige ligger på den nordvästra sidan av skandinavisk-ryska skölden (figur 15:1).

Kimberliter förekommer gärna tillsammans med alkalina bergarter och karbonatiter (magmatiska karbonatbergarter). I Sverige finns ett antal sådana: Norra Kärr vid Gränna och Almunge vid Uppsala (alkalina), Särna (alkalin, troligen med karbonatit), Alnön (alkalin och karbonatit) samt Kalix (karbonatit).

Med kimberlit närbesläktade bergarter förekommer vid Alnön, även som "pipes", samt i skärgården mellan Luleå och Kalix.

De geologiska förutsättningarna för förekomsten av kimberliter m.fl. bergarter tycks finnas i Sverige. Prospekteringsinsatser omfattande större arealer är dock nödvändiga.

Det bör påpekas, att någon större prospekteringsinsats inom den skandinavisk-ryska skölden inte gjorts. Endast smärre insatser på Kola och i Karelen är kända. Det gör den skandinavisk-ryska skölden till den enda större skölden (figur 15:1) som inte blivit prospekterad.

För närvarande finns troligen bara en geolog (P.K.) i Sverige, som har tillräckliga kunskaper om kimberliternas geologi, petrografi, geokemi och prospekteringsteknik. Vad gäller svenska företag inom prospekteringen, saknar de praktisk erfarenhet av kimberlitprospektering. I nuläget är en "joint venture" med ett utländskt företag i diamantbranschen den enda framkomliga vägen.

3 Marknadsutveckling

3.1 Smyckediamanter

Marknaden för smyckediamanter förväntas öka. En uppskattning är att försäljningen av smyckediamanter kommer upp till 34 miljarder USD till 1990.

Produktionen av naturliga diamanter (smycke- och industrikvalitet) förväntas öka sakta. Den största enskilda producenten, Argyle (AK1), ökade sin produktion till 34,55 miljoner karat under 1988. På sikt kan man förvänta en något minskad produktion, beroende på att de rika och lättbrutna ytliga lagren snart är uttömda. I gengäld väntas övrig produktion i Australien (t.ex. Bow River) öka.

Prognoser rörande produktionen av naturliga diamanter är osäkra. Exemplet Argyle (AK1) i Australien visar att upptäckten av en enda stor fyndighet totalt förändrar produktionsbilden.

Konkurrensen från syntetiska smyckediamanter bedöms allmänt som ringa. I dag finns ingen metod att framställa sådana produkter till konkurrenskraftiga priser. Även om en lämplig metod skulle tillkomma, så bedöms efterfrågan på dessa produkter inte vara något hot för diamantbrytningen. En äkta (naturlig) diamanter skulle alltid vara lika efterfrågad, oberoende av prisbilden.

3.2 Industridiamanter

Marknaden för diamanter- och cBN-pulver samt industriella produkter är ungefär följande i västvärlden (MSEK, kurs 1USD = 6 SEK)

Tabell 15:5

	Pulver	Produkter
Slipning	600	ca 10 000 (slipskivor, sågar)
Sågning /sten)	1 200	
Sintrade produkter av diamanter och cBN	30	300

Priserna på diamanterpulver är ganska pressade och har den senaste 15-årsperioden sjunkit med en faktor 3–5. För närvarande är priset ca 1 USD/karat. Man kan räkna med en fortsatt stark satsning i länder som

Japan, Kina, Sovjetunionen, Rumänien etc. När det gäller sintrade diamant- och cBN-verktyg med beteckningar som PDC eller PCD (polycrystalline diamond compacts), Amborite (De Beers cBN produkter), Compax (GE), Syndite (De Beers) etc. domineras marknaden av de två stora. I Europa finns för närvarande också Megadiamant (Cogema-gruppen) och i Japan arbetar många företag med denna typ av produkt (Sumitomo, Showa-Denko etc.).

Slipskivor och stensågar görs av många företag, som dock i allmänhet är uppknutna till någon av de två stora. Det finns en stark expansiv marknad för speciella slipmaskiner (ex. Winter, Berlin, för bilindustrin). Diamant-Boart och Hilti har omfattande program när det gäller diamantverktyg för bearbetning av glas, betong etc.

Marknaden för industriell diamant växer ganska starkt, gissningsvis har den fördubblats under den senaste 10-årsperioden, och när det gäller de mer avancerade produkterna är ökningen ännu starkare. Man kan räkna med minst samma utveckling under det närmaste decenniet.

En stor teknisk osäkerhetsfaktor är de många nya processerna för framställning av diamant (kanske också cBN) ur kolhaltiga (bor- och kvävehaltiga) gaser. Det gäller att skapa en sådan kemisk atmosfär att kol utskiljs som diamant i stället för grafit (sot). Detta förefaller vara en mycket lovande teknik och kan den kommersialiseras, skulle kostnaden minska och därmed konkurrensförmågan för diamant(cBN)produkter starkt öka.

4 Sammanfattning och slutsatser

Diamant är det hårdaste ämne vi känner till. Den förekommer primärt i vulkaniska bergarter, främst i kimberlit och lamproit. Diamanthalten i dessa bergarter uppgår i bästa fall till 6 karat (motsvarande 1,2 g) per ton; halter på omkring 0,1 karat per ton kan vara brytvärda.

I sekundära lagerplatser anrikas främst högkvalitativa diamanter genom vittrings- och avlagringsprocesser.

Diamantprospektering är högt specialiserad och måste täcka stora arealer. För närvarande finns det inget svenskt prospekteringsbolag, som bedöms klara uppgiften utan extern hjälp.

De geologiska förutsättningarna för uppträdandet av diamantförande bergarter i Sverige tycks finnas. Ingen aktiv prospektering efter diamanter i Sverige har hittills företagits.

Tillgång och efterfrågan på diamanter är i balans. Handeln med naturliga diamanter styrs av CSO, en kartell med sydafrikanska förankringar, till vilken de största producenterna säljer. Produktionen av naturliga diamanter ligger på 90 miljoner karat per år, och förväntas öka något. Prognoser är dock osäkra, eftersom upptäckten av en enda större fyndighet kan kullkasta alla prognoser.

Värdemässigt utgör smyckediamanter den tunga delen av produktionen. Den delen förväntas omsätta drygt 30 miljarder USD 1990.

Den volymmässigt största delen av produktionen utgörs dock av diamanter för industriella ändamål. De används för borrar, sågning, slipning och polering, tillsammans med syntetiska diamanter (och kubisk bornitrid, cBN). För dessa ändamål är de syntetiska produkterna ofta överlägsna de naturliga diamanterna. Den årliga konsumtionen av industridiamanter (naturliga och syntetiska) uppgår till omkring 200 miljoner karat, och förväntas fördubblas under en tioårsperiod.

Produktionen av syntetiska diamanter (och cBN) domineras av De Beers och General Electric. Andra tillverkare kommer sannolikt att erövra allt större marknadsandelar.

Nya processer för framställning av syntetiska diamanter utgör en stor osäkerhetsfaktor i bedömningen av den framtida utvecklingen inom sektorn.

Givetvis är det ointressant att prospektera efter diamanter för industriella applikationer. Naturliga diamantlagerplatser för dock alltid diamanter av smyckekvalitet (oftast omkring 20 %), och den marknaden bedöms vara ökande.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att

- de geologiska förutsättningar för diamantförekomster i Sverige tycks finnas,
- omfattande prospekteringsinsatser behövs, förslagsvis i form av en "joint venture",
- diamantprospektering är ett högriskprojekt, som kräver stort kapital, men kan ge stor utdelning.

Innehåll

1	Förord
1.1	Översikt
1.2	Ytterligare
	1.2.1
	1.2.2
1.3	Samarbete
1.4	Kapitel
	1.4.1
	1.4.2
	1.4.3
	1.4.4
	1.4.5
1.5	Kapitel
	1.5.1
1.6	Översikt
	1.6.1
	1.6.2
2	Afghanistan
2.1	Ressurser
3	Malaysia
3.1	Översikt
3.2	Malaysia
3.3	Kapitel
3.4	Kapitel
3.5	Översikt
3.6	Malaysia
4	Sammanfattning
4.1	Översikt
4.2	Översikt

Referenser

- 1. Mining J. Ann. Rev. 1988, 1989
- 2. Messel, Outlook for Diamonds, 1987

Karbonatstenar

av docent *Erik Högberg*, Cementa Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	471
1.1	Definitioner	471
1.2	Tillgångar på karbonatsten	471
1.2.1	Import och export av karbonatstenar	472
1.2.2	Prisbilden på karbonatstenar	473
1.3	Krav på fyndigheten	473
1.4	Kalksten	474
1.4.1	Ägarebild	474
1.4.2	Kalkleverantörer	474
1.4.3	Användningsområden	478
1.4.4	Kalkanvändare	479
1.4.5	Samarbetsorganisationer	485
1.5	Krita	486
1.5.1	Malmökrita AB	486
1.6	Dolomitsten	487
1.6.1	Ernström Mineral AB	488
1.6.2	Stråbruken AB	488
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	490
2.1	Jämförelse mellan MPU:s prognos för 1985 och utfallet ...	490
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	492
3.1	Energiaspekter på produktionen av karbonatprodukter	492
3.2	Miljöaspekter på produktionen av karbonatprodukter	493
3.3	Kalksten	493
3.4	Krita	494
3.5	Dolomit	495
3.6	Magnesit	495
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	496
4.1	Prognos för år 2000	496
4.2	Behov av prospekteringar och undersökningar	497
	<i>Referenser</i>	498

1 Faktaavsnitt

1.1 Definitioner

Till karbonatstenar räknas: Kalksten och "krita", CaCO_3 Dolomit, CaCO_3 , MgCO_3 Magnesit, MgCO_3

Karbonatstenar är i övervägande grad hemmamarknadsmineral, men handeln med kalksten är betydande inom Norden. Speciella krav på kalksten kräver i en del fall import från bl.a. England, Belgien och Polen.

Ordet "**kalk**" används i dagligt tal som en gemensam beteckning för kalkprodukter. För att undvika missförstånd bör man använda följande begrepp:

- **Kalksten** – är en i naturen rikligt förekommande bergart som huvudsakligen består av kalciumkarbonat, CaCO_3 , och säljs som krossad vara eller som mjöl.
- **Dolomitsten** – är en bergart, som förutom kalcium även innehåller magnesium, CaCO_3 , MgCO_3 , som säljs som krossad vara som mjöl eller som bränd produkt – **dolomit**.
- **Osläckt kalk**, CaO – tillverkas genom att upphetta kalksten till ca 1000°C och säljs i krossad eller pulveriserad form.
- **Släckt kalk**, Ca(OH)_2 – tillverkas genom att tillsätta vatten till osläckt kalk och säljs som ett fint torrt pulver.

I Sverige finns det rikligt med *kalkstenar* bildade under olika geologiska perioder. Kalksten bryts på ett flertal platser i landet.

Med "*krita*" avses en speciell bildning av kritkalksten, som går under beteckningen "skrivkrita". Denna form av krita kan grävas med spade och kan lätt uppslammas i sina finkorniga beståndsdelar.

Skrivkrita bryts utanför Malmö, där den förekommer som stora flyttblock liggande ovanpå den fasta berggrunden.

Dolomitsten förekommer mera sparsamt än kalksten och bryts huvudsakligen i Mellansverige.

Magnesit förekommer i Norrbottens fjälltrakter, men har aldrig varit föremål för industriell brytning i Sverige på grund av en alltför liten marknad och väl etablerad import från utländska tillverkare.

1.2 Tillgångar på karbonatsten

En detaljerad redovisning av landets kända förekomster av kalksten och annan karbonatsten finns i industriverkets rapport "Kalksten och dolomit i den fysiska riksplaneringen" (SIND PM 1977:9). Sveriges Geologiska Un-

dersökning kommer under 1989–90 att publicera en ännu utförligare rapport om tillgångarna kompletterade med kemiska analyser, som även omfattar tungmetallanalyser.

Tillgångarna på karbonatsten är mycket stora i hela världen och även i Sverige. Om hänsyn tas till kvalitet och kvantitet samt ur transportmässig hänsyn lämpligt belägna fyndigheter är det följande områden som kan komma ifråga i Sverige: Skåne, Västergötland, Bergslagen och Gotland. Den största utvinningen av kalksten sker på Gotland. Dolomitsten bryts i Salatrakten och vid Glanshammar nära Örebro.

1.2.1 Import och export av karbonatstenar

Importen av karbonatsten till Sverige är relativt liten. Glasindustrin importerar såväl dolomit som kalksten, eftersom de svenska kvaliteterna ej uppfyller ställda krav. Mineralullstillverkarna däremot kan använda inhemska karbonatstensprodukter.

Cellulosaindustrin har vid övergång till barkeldning av mesaugnarna använt engelsk kalksten, som har lägre halter av kiselsyra och aluminium än den svenska kalkstenen. Jordbrukets behov av magnesium har lett till en viss import av engelsk dolomitsten. Pappersindustrin har börjat använda krita som fyllmedel. Eftersom den svenska produktionen inte är tillräcklig eller inte uppfyller ställda krav har krita importerats huvudsakligen från Tyskland.

Dolomit för eldfasta ändamål importeras, då det inte längre finns någon svensk tillverkning. Den svenska tillverkningen av kalkbränd dolomit kompletteras i stor utsträckning av belgiska eller engelska produkter. På grund av den minskade stålmarknaden finns det ett överskott på brända karbonatstensprodukter i Europa, som söker sig nya marknader.

Sveriges export av karbonatstensprodukter kommer i stor utsträckning från Gotland, varifrån man under en lång tid har levererat kalksten till den finska stålindustrin. Genom Parteks delägareskap i Nordkalk går även en del kalksten till kalktillverkning i Finland. Kalksten från Gotland exporteras även till sockerindustrin i Finland och Danmark. I form av portlandcement går ca 800 kt svensk kalksten på export.

Specialprodukter av vita material som krita eller extremt finmalda dolomitstenskvaliteter går även på export.

Tabell 16:1

År	Import, kt			Export, kt		
	Kalksten	Krita	Dolomitsten	Kalksten	Krita	Dolomitsten
1986	52	23	150	857	8	39
1987	63	20	159	792	9	36
1988	63	63	64	891	9	42

1.2.2 Prisbilden på karbonatstenar

Karbonatstenar är bland de billigaste industrimineralen. Karbonatsten hör normalt till hemmamarknaden. När karbonatstenarna blir förädlade genom finmalning eller bränning och släckning ökar priserna.

Tabell 16:2 Priser fritt fabrik i Sverige, som bulkvara, 1988, SEK/ton

Produkt	SEK/ton
Kalksten grövre fraktioner	40– 90
Kalkstensmjöl < 1 mm	150–250
Osläckt kalk	650–800
Släckt kalk	800–950
Krita	350–600
Bestrykningspigment CaCO ₃	500–950
Dolomitsten grövre fraktioner	50–150
Dolomitmjöl < 1 mm	200–300
Mikroniserad dolomit < 30 µm	650–800
Bränd dolomit	600–700
Magnesit, eldfast	>1500

1.3 Krav på fyndigheten

Nästan alla avnämare av karbonatstensprodukter ställer krav på produkterna. Krav som successivt skärps. Det gäller både kemiska och fysikaliska egenskaper, som är viktiga för de produkter där karbonatsten ingår som råvara. På grund härav krävs omfattande geologiska undersökningar för att fastlägga lämpligt brytningsområde.

För investeringar i allt dyrare anläggningar krävs mycket stora, kända kvantiteter av karbonatsten som uppfyller köparnas krav, som kan gälla renhet av olika slag, halt av tungmetaller, kornstorlek och vithet m.m.

En modern cementfabrik bör ha reserver av minst 100 miljoner ton kalksten av lämplig sammansättning. En ny anläggning för kalkproduktion kräver ca 50 miljoner ton kalksten. Specialtillverkningar, t.ex. av krita och bestrykningspigment, har stränga krav på råvarans vithet. En fyndighet på 5–10 miljoner ton kan vara tillräcklig. För tillverkningar, som inte kräver större investeringar och då kraven på karbonatstenens renhet är låga, kan en fyndighet på någon miljon ton sten vara intressant nog.

1.4 Kalksten

1.4.1 Ägarebild

Tabell 16:3 Ägarebild

Ägare	Kalkstensbrott med kross- och malningsanläggning	Kalktillverkning	Cementtillverkning
Cementa AB	Slite Skövde Degerhamn Limhamn Forsby Ignaberga Kullsberg Orsa Uddagården Tomten	Limhamn Köping Kullsberg (Orsa)	Slite Skövde Degerhamn
Nordkalk AB (Cementa/Partek)	Storugns		
Kalkproduktion Storugns AB (Cementa/Partek/ Faxé)			Storugns
Svenska Mineral AB	Gåsgruvan Jutjärn	Gåsgruvan Boda Rättvik	
SSAB			Oxelösund Luleå (Upphör 1989)
Ernström Mineral AB	Larsbo	Larsbo	
Övriga	Borghamn Grönhögen Hebbfors Mörsil Yxhult Önnestad Österplana		

1.4.2 Kalkleverantörer

Den svenska kalkindustrin har successivt rationaliserats. Många mindre enheter har försvunnit. Modernare kalkugnar har byggts. Denna rationalisering fortsätter.

Kalksten och kalk är relativt billiga varor och tål inte längre transporter. Marknaden är huvudsakligen begränsad till Sverige, men handeln med kalksten är betydande inom Norden. Speciella krav på kalksten kräver i den del fall import, bl.a. från England, Belgien och Polen.

Cementa Mineral AB

Cementa producerar kalkprodukter i Limhamn och Köping samt äger AB Ignaberga Kalksten (90 %), som enbart levererar krossade och siktade kalkstenskvaliteter.

Carbital AB i Köping tillverkar vita bestrykningspigment för pappersindustrin baserade på råvara från Cementas kalkstensbrott i Forsby. Bolaget ägs av Cementa (25 %) och English China Clays (75 %). Produktionskapaciteten är 60 kt/år.

I Köping tillverkas kalk i en av den nedlagda cementfabrikens två roterugnar, som konverterats till kalkbränning. Produktionskapaciteten är 180 kt/år. Råvaran för kalkbränning är kalksten från Nordkalk. Av en mindre del av den brända kalkstenen tillverkas släckt kalk, Ca(OH)_2 .

I Köping tillverkas även olika kvaliteter av kalkstensmjöl baserade på kalksten från Forsby. Kalkstensmjölen används bl.a. som kalkningsmedel för jordbruket, som foderkalk, för försurade sjöar och vattendrag, som fyllmedel i asfalt. För trädgårdskalk har man byggt en torknings- och granuleringsanläggning.

I Limhamn finns motsvarande kalktillverkningar som i Köping. Råvaran kommer huvudsakligen från kalkstensbrottet i Limhamn. Produktionskapaciteten för osläckt kalk är 90 kt/år. I Limhamn tillverkas även jordbrukskalk med högre halter av magnesium, som erhålls genom inblandning av importerad dolomitsten från England.

I Ignaberga tillverkas motsvarande typer av jordbrukskalk som i Limhamn. De krossade och malda kalkstenskvaliteterna används bl.a. för tillverkning av järnsvamp i Höganäs. I Ignaberga bryter man årligen ca 200 kt kritkalksten.

Kalkstenstillgångarna för tillverkningarna i Limhamn och Ignaberga är relativt stora, men brytningen kan försvåras av motstående intressen, främst miljöskydds krav.

I Cementas anläggningar i Köping, Limhamn och Ignaberga såldes 300 kt krossade och malda karbonatstenar, 171 kt osläckt kalk och 44 kt släckt kalk under 1988.

Dala Kalk AB

Dala Kalk AB har i början av 1989 inköpts av Cementa Mineral (90 %).

I Kullsberg, som ligger ett par kilometer nordväst om Rättvik, finns flera ugnstyper för bränning av kalksten. Under 1988 tillverkade Dala Kalk ca 43 kt kalk och ca 28 kt krossad och mald kalksten.

Norr om Siljan finns en stor ring av kalksten, som har pressats upp till relativt brant stående lager. Kalkstenen är sedimentär och av silurisk/ordovicisk ålder. I norra delen av ringen ligger Orsa, där Dala Kalk har ett kalkstensbrott samt en anläggning för bränning och släckning av kalk. Dala Kalk har ett par brott i drift norr om Kullsberg.

Dala Kalk har nyligen inköpt Uddagårdens Kalk:s anläggningar i Väster-

götland som tillverkar krossad och mald kalksten för jordbruk och miljö, med en årskapacitet av 70 kt produkter.

Nordkalk AB

På Gotland fanns ett stort antal kalkstensbrott, som i mitten av 50-talet uppgick i Gotlands Förenade Kalkbrott. Vid Kapellhamnsviken på nordvästra Gotland byggdes en stor kross- och sorteringsanläggning med en hamn för djupgående fartyg. För några år sedan blev det finska företaget AB Partek OY hälftenägare av kalkstensbolaget, som då ändrade sitt namn till Nordkalk AB. Andra hälften ägs av Cementa AB.

Nordkalk AB bryter årligen ca 2 miljoner ton kalksten, varav hälften går på export huvudsakligen inom Norden. Kalkstenen krossas och siktas upp i de fraktioner som användarna önskar.

Den svenska och finska stålindustrin köper sin kalksten från Nordkalk AB, som kan uppfylla ställda krav på hög renhet med extremt låg svavelhalt.

Den nordiska sockerindustrin tar all sin kalksten från Nordkalk. Cementas kalkfabrik i Köping använder uteslutande kalksten från Gotland. Även Cementas kalkfabrik i Limhamn använder Gotlandskalksten för speciella kvaliteter.

Nobel Casco och Kemira är också stora kunder hos Nordkalk.

Kalkstenstillgångarna är stora, men ställda krav på kalkstenens renhet kräver omfattande geologiska undersökningar. Eftersom den användbara kalkstenen bildar ett 15–20 m högt lager krävs stora arealer för att täcka det ökade behovet av kalksten.

Lohja OY

Under 1988 fick Lohja OY, ett finskt cementföretag, brytningsrätt för kalksten på ett område på Gotland som gränsar till Nordkalk.

Kalkproduktion Storugns AB

I mars 1989 startades en ny modern kalkugn i Storugns. Cementa Mineral, Partek och det danska företaget Faxe Kalk har bildat Kalkproduktion Storugns AB, som baserar sin tillverkning på kalksten från Nordkalk. Avsikten är att successivt bygga ut anläggningen med flera kalkugnar. Den första kalkugnen har en kapacitet av ca 150 kt osläckt kalk.

Svenska Mineral AB

Svenska Mineral AB har sitt huvudkontor i Persberg och i Gåsgruvan har man en fyndighet av urbergskalksten, som bryts både i dagbrott och underjordiskt. Av kalkstenen tillverkas olika fraktioner av krossad och mald

kalksten. Osläckt kalk tillverkas i två mindre roterugnar, med en sammanlagd kapacitet av 22 kt osläckt kalk.

För några år sedan förvärvade Svenska Mineral de anläggningar Stråbruket hade i Dalarna för att bränna kalksten. I Boda bränns kalk i en Maerz-ugn, som har en kapacitet av ca 90 kt/år. Rättviks Kalkverk, med fyra roterugnar, har under en lång tid legat i malpåse. Svenska Mineral bränner nu kalk där i en roterugn, som har en kapacitet av 40 kt/år.

Svenska Mineral har i Rättviks Kalk en mycket stor överkapacitet i ugnar, som kan producera bränd kalksten och dolomit om det skulle finnas en tillräckligt stor marknad.

I Jutjärn, belägen mellan Boda och Rättvik, bryter man sedimentär silurisk/ordovicisk kalksten. Kalkstensreserverna i Jutjärn är beräknade till 15 miljoner ton högvärdig sten.

I Boda siktas stenen och den grövre fraktionen 40–110 mm bränns i Maerz-ugnen i Boda och en fraktion 10–14 mm bränns i roterugnen i Rättvik.

Svenska Mineral tillverkade 1988 ca 130 kt osläckt kalk och ca 53 kt krossad och mald kalksten. För sjökalkning kan Svenska Mineral i egen regi leverera, transportera och sprida kalkstensmjöl.

De tre kalkproducenterna Cementa Mineral, Svenska Mineral och Dala Kalk tillverkade 1988 sammanlagt 339 kt osläckt kalk och 50 kt släckt kalk.

Övriga kalkstensproducenter

Det finns ett flertal mindre tillverkare, som bryter, krossar och sprider kalksten lokalt för jordbruks- och miljöändamål.

På Öland och i Jämtland t.ex. tillverkas plattor av kalksten för trädgårdar m.m. På Gotland tillverkas fossilrika plattor av kalksten som bl.a. används som fönsterbänkar.

Svensk karbonatsten har använts av stenhuggerier som byggnadssten och för prydnadsändamål. Denna tillverkning har successivt avtagit och är numera av ringa omfattning.

1.4.3 Användningsområden

Tabell 16:4 Användningsområden för kalk- och kalkstensprodukter

Användningsområden	Kalkstensprodukter				
	Krossad	Mald	Extra finmald	Osläckt kalk	Släckt kalk
	CaCO ₃	CaCO ₃	CaCO ₃	CaO	Ca(OH) ₂
<i>Byggmateriälsindustri</i>					
Råvara för cement	***				
Råvara för kalkbränning	***				
Råvara för kalksandsten				***	
Råvara för lättbetong				***	
Råvara i spackel			***		
Råvara i gult tegel		***			
Markstabilisering				***	***
Filler i asfalt		***			
<i>Gruvindustri</i>					
pH-justerare vid flotation				***	***
Neutralisation av gruvvatten				***	***
<i>Metallurgisk industri</i>					
Slaggbildare		***		***	
<i>Cellulosa- och pappersindustri</i>					
För vitlutsberedning	***			***	
Som filler (vithet)			***		
Som bstryknings pigment (vithet)			***		
<i>Kemisk industri</i>		***		***	***
Sockerindustri	***				
<i>Färg- och plastindustri</i>		***			
Som filler (vithet)			***		
<i>Glasindustri</i>		***			
Mineralull		***		***	
Glasfiber				***	
<i>Jordbruk</i>		***			
Fodermedel		***			
<i>Skogsbruk</i>		***			
<i>Miljövärd</i>					
Renvattenbehandling					***
Avloppsvatten"- Kommunalt				***	***
Industriellt		***		***	***
pH-höjning av för- surade vatten		***	***		
Rökgasrening	***	***	***	***	***
Sopförbränning		***	***		***

1.4.4 Kalkanvändare

Kalksten och de produkter man kan använda kalksten till, täcker ett stort område inom industri, jordbruk och miljövård.

Förbrukning av kalkstensprodukter

Tabell 16:5 Leveranser av svenska kalkprodukter under 1988 i kt

Användningsområde	Kalksten		Kalk	
	Krossad >1 mm	Mald >1 mm	Bränd	Släckt
Järn och metallurgi	377,0	15,1	137,8	5,5
Kemisk industri	137,2	5,9	12,7	1,7
Cellulosa och papper	29,2	117,4	2,9	
Sockerbruk	76,7			1,3
Övrig industri	43,8	7,0	13,7	11,3
Vattenrening	0,6	0,9	16,4	19,6
Summa industri	664,5	28,9	298,0	42,3
Byggmaterial		24,9	32,0	6,1
Isoleringsmaterial		3,4		0,1
Glastillverkning			5,9	
Anläggningar	17,0	32,7		
Summa byggnadsindustri	17,0	61,0	37,9	6,2
Foderkalk	8,1	47,6		
Jordbruk och miljö	137,6	172,6		0,2
Summa jordbruk o miljö	145,7	220,2		0,2
Summa Sverige	827,2	310,1	335,9	48,7
Export	883,3		3,4	1,1
Totalleveranser	1 715,5	310,1	339,3	49,8
Leveransvärde av svenska kalkprodukter under 1988 i kkr				
Summa	86 012	52 101	220 649	399 546
Pris per ton fritt fabrik	50:-	168:-	650:-	794:-

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

Kalksten för cementtillverkning uppgick 1988 till 3 750 kt.

Cementindustrin

Cementindustrin är den största förbrukaren av kalksten. Den viktigaste råvaran för cementtillverkning är kalksten. För framställning av 1 ton portlandcement går det åt ca 1,5 ton kalksten. Denna siffra är lägre än tidigare, eftersom man börjat använda restprodukter från kolkraftverk som tillsatsmedel.

I Sverige har man under de senaste åren använt ca 2 miljoner ton cement. Ca 90 % är av inhemsk tillverkning. Cementa AB är ensamtillverkare i Sverige och har cementfabriker i Slite, Skövde och Degerhamn. Dessa anläggningar kan tillverka ca 2,5 miljoner ton portlandcement per år.

Sverige importerar standardcement huvudsakligen från Östtyskland och Polen, medan vitcement kommer från Danmark.

Cementa AB exporterar ca 0,5 miljoner ton till växlande mottagarländer.

Framtidsutsikterna är mycket beroende av politiska beslut beträffande bostadsbyggandet i Sverige. Cementa räknar med att kunna utnyttja hela sin produktionskapacitet under kommande 10-årsperiod.

Kalkstenstillgångarna för nämnda produktion är säkrade för decennier.

Om man i framtiden skulle bygga en ny cementfabrik är kalkstenstillgångarna kända och tillräckligt undersökta både på fastlandet och på Gotland.

Motstående intressen kan dock försvåra en brytning inom nya områden, såsom fallet var för tillståndet att bryta kalksten vid File Haidar på Gotland för några år sedan.

Järn och metallurgi

Järn- och stålindustrin använder kalksten och kalk som slaggbildare. Krossad kalksten tillsätts i sinterverk, masugnar och vid järnsvamptillverkning. Osläckt kalk används i stålugnar och smältverk. SSAB har egna kalkugnar i Oxelösund och Luleå för att få en färsk och reaktiv kalk. Kalksten inköps från Nordkalk på Gotland. Övriga tillverkare köper kalk från de svenska kalkproducenterna.

Utvecklingen har hittills kännetecknats av en viss minskning i den specifika förbrukningen av kalkprodukter. Kalkbränd dolomit, som till en viss del även förlänger livstiden för den eldfasta infodringen, har minskat kalkåtgången.

Kalkbränd dolomit tillverkas endast i mindre skala i Sverige; huvudparten måste importeras, främst från Belgien och England.

Marknadsförutsättningar för kalkprodukter är beroende av konjunkturerna på världsmarknaden för metallurgiska produkter.

År 1988 använde den metallurgiska industrin ca 650 kt kalkprodukter räknat som kalksten. Strängare krav på kalkstenens renhet, $\text{SiO}_2 < 1 \%$ och $\text{S} < 0,05 \%$, begränsar användbara fyndigheter.

Tabell 16:6 Järn och metallurgi. Svenska produkter i kt

År	Kalksten		Kalk		Dolomit kalkbränd
	Krossad	Mald	Osläckt	Släckt	
1981	330	13	112	11	-
1982	443	10	150	9	-
1983	469	12	153	7	-
1984	484	17	126	8	-
1985	447	15	140	6	6
1986	399	15	150	8	6
1987	301	14	152	5	11
1988	377	15	138	5	24

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

Cellulosa- och pappersindustri

Cellulosaindustrin använder kalk för att framställa vitlut. Vid denna process bränner cellulosaindustrin sin egen mesa i roterugn till mesakalk, huvudsakligen CaO. Vid framställningen av vitlut reagerar mesakalken med soda, varvid natronlut bildas, och samtidigt utfälls kalciumkarbonat, dvs. mesa. Endast en mindre del kalksten eller osläckt kalk behöver inköpas för att komplettera mesan.

Tabell 16:7 Cellulosa- och pappersindustrin. Inköpta kalkprodukter i kt

År	Krossad kalksten	Osläckt kalk
1981	42	86
1982	24	70
1983	33	68
1984	36	88
1985	40	83
1986	34	111
1987	58	116
1988	29	117

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

Kalkåtgången ökar något vid högkonjunktur.

Flera cellulosaindustrier har börjat elda mesaugnarna med bark. Både vid indirekt och direkteldning med bark ökar halten av aluminium och kisel-syra, vilket kan förorsaka besvär vid indunstningar. På grund härav har cellulosaindustrin ställt strängare krav på de kalkprodukter man köper. Engelsk, och även norsk, kalksten av hög kvalitet uppfyller de ställda kraven och importeras av denna anledning.

Cellulosaindustrin använder även kalk för att neutralisera processvatten.

Pappersindustrin har börjat använda krita som fyllmedel för att ersätta den dyrare cellulosa-fibern. För att kunna göra detta måste den sura limningstekniken ersättas med neutral limning. Flera pappersbruk överväger

att införa neutral limning.

Pappersbruken i Nymölla, Lessebo och Husum använder redan krita som fyllmedel. Även extremt finmalt kalkstensmjöl går att använda. Försök utförda vid Skogsindustrins Tekniska Forskningsinstitut (STFI) har visat att kemiskt fällt kalciumkarbonat, PCC, ger de bästa resultaten som fyllmedel. Om man lyckas framställa PCC till betydligt lägre pris än nuvarande utländska kvaliteter, kommer PCC att bli en allvarlig konkurrent till krita.

En försöksanläggning för PCC-framställning har byggts vid Lessebo pappersbruk.

Pappersindustrin har börjat ersätta en del kaolin i bestrykningspigmentet med extremt finmalt, vitt kalkstensmjöl.

English China Clays har tillsammans med Cementa byggt en fabrik för ett sådant bestrykningspigment i Köping. Råvaran kommer från Cementas kalkstensbrott i Forsby där man bryter en relativt vit urbergskalksten.

Genom selektiv brytning, sortering och flotation får man efter extrem finmalning en vit slurry, som levereras till pappersindustrin som bestrykningspigment. Årsproduktionen är ca 60 kt.

Byggindustri

Inom byggindustrin används kalkprodukter för att framställa murbruk, lättbetong, kalksandsten och mineralull. Kalkstensmjöl används som filler i bituminösa vägbeläggningar. Leraktiga jordar kan stabiliseras med osläckt eller släckt kalk, både djupare partier med hjälp av pelarstabilisering och ytskikt.

Förbrukningen av kalkprodukter är helt beroende av byggverksamheten i landet. Mineralull som isoleringsmaterial hade en kraftig uppgång för några år sedan, men har nu stabiliserat sig på något lägre nivå.

Danskt kalkstensmjöl används vid tillverkningen av Gullfiber i Billesholm och vid Pilkingtons planglastillverkning i Halmstad.

Byggnadsindustri

Tabell 16:8 Användningen av karbonatstensprodukter i kt

År	Kalksten		Kalk		Dolomitsten		Bränd dolomit
	Krossad	Mald	Osläckt	Släckt	Krossad	Mald	
1981	21	31	43	5	56	27	
1982	19	34	28	6	62	35	
1983	17	40	36	6	54	35	
1984	18	37	37	6	49	40	
1985	52	30	37	6	46	37	
1986	19	43	34	9	66	30	6
1987	21	67	40	12	56	36	7
1988	17	61	38	6	69	46	-

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

Med några få undantag är värdena stabila år från år. På grund av ändrade anvisningar är det troligt att användningen av kalkstensmjöl i bituminösa beläggningar kommer att öka.

Övrig industri

Till övrig industri räknas här den kemiska industrin, sockerindustrin, glasinindustrin m.fl. I den kemiska industrin ingår bl.a. gödselmedelstillverkare, som är stora förbrukare av kalkstensprodukter.

Vid sockertillverkning behövs kalkstenens kalk och koldioxid för vissa steg inom processen; dessa ämnen fällt sedan ut som ett slam som huvudsakligen består av kalciumkarbonat. Detta används inte på nytt som vid cellulosaindustrins mesabränning, utan kommer till användning som kalkningsmedel av närboende jordbrukare.

Sockerbruken har egna schaktugnar som bränner kalksten från Gotland. Förbrukningen av kalksten är relativt konstant.

Kalksten och dolomit ingår som komponenter vid glastillverkning. Då ställda kvalitetskrav inte kan uppfyllas av den svenska kalkindustrin importeras dolomit från Norge och kalksten från Danmark och England. Vid mineralullstillverkning används dock till övervägande del inhemsk kalksten och dolomit.

Tabell 16:9 Användning av svenska produkter i kt

År	Kalksten		Kalk		Dolomitsten	
	Krossad	Mald	Osläckt	Släckt	Krossad	Mald
1981	172	1	19	4	-	22
1982	195	11	17	5	-	26
1983	376	17	28	8	1	46
1984	255	17	53	9	20	47
1985	259	30	61	15	37	54
1986	257	29	39	16	30	49
1987	200	12	30	11	39	57
1988	258	14	27	14	35	56

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

Jordbruk, skogsbruk och miljö

Som kalkningsmedel i jordbruket används huvudsakligen krossad kalksten och kalkstensmjöl. Den krossade eller malda kalkstenen har positiv effekt på jorden av både kemisk, fysikalisk och biologisk art. Jorden behöver kalciumjoner. Vidare neutraliserar kalkstensprodukter den sura jorden. När det gäller jordbruket finns det fyra starkt försurande faktorer: 1. kvävegödslingen, 2. urlakningen, 3. det sura nedfallet, 4. odlingen som sådan. Gödslingen i kombination med andra försurande faktorer kräver en underhållskalkning med 100–250 kg CaO per hektar och år. Detta skulle motsvara en årlig tillförsel av 1 Mt kalksten på de svenska jordarna.

Kalkning av åkermark i Sverige är eftersatt av flera olika skäl och är på betydligt lägre nivå än hos våra nordiska grannar.

Tabell 16:10 Kalkningsmedel för jord- och trädgårdsbruk i kt

År	Kalksten och dolomiten
1981	200
1982	359
1983	358
1984	346
1985	289
1986	319
1987	268
1988	315

Källa: Svenska Kalkföreningens statistik

I djurfoder ingår kalkstensmjöl och under senaste 5-årsperiod har man använt mellan 50 och 60 kt kalkstensmjöl per år i fodermedel.

Skogsdöden är en realitet i flera av Europas länder och även i Sverige. Försök pågår med bl.a. helikopterspridning av granuler av dolomit eller kalksten. Resultaten ser relativt lovande ut men det behövs flera år för utvärdering. Skogskalkning kräver statsbidrag och till dess kommer kalkning att ske i begränsad omfattning.

Staten bidrar för närvarande med 110 miljoner kr/år för kalkning av försurade sjöar och vattendrag samt angränsande markområden. Denna summa delas mellan kalkningsmedel, transport och spridning samt forskning och administration. Eftersom helikopterspridning av markområden kommer att öka, blir det mindre pengar över till kostnaden för kalkningsmedel, om det statliga bidraget kvarstår vid samma nivå. Staten bidrar med 85 % av kostnaderna.

Tabell 16:11 Kalkningsmedel för försurade sjöar och vattendrag i kt

År	Kalkstensmjöl	Dolomitmjöl ¹
1981	46,5	
1982	44,0	
1983	80,6	
1984	101,0	
1985	120,6	
1986	113,1	
1987	142,5	
1988	144,8	

¹ Dolomitmjöl finns inte upptaget i Svenska Kalkföreningens statistik

Källor: Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien 1981–1985. Svenska Kalkföreningen 1986–1988

Vattenvård

För behandling av avloppsvatten och slam används släckt och osläckt kalk. Som fällningsmedel dominerar AVR och järnsalter. På grund av dessa fällningsmedels försurande inverkan på recipienten kan kalk komma att få en ökad användning. Slammet från fällning med kalk har blivit ett jordförbättringsmedel, men strängare krav på halten tungmetaller i slammet kommer att begränsa användningen.

Som fällningsmedel i avloppsvatten har man under senare år använt ca 10 kt släckt kalk och för slambehandlingen ca 20 kt räknat som släckt kalk.

Rökgasrening

Användning av kalkprodukter för rökgasrening är en relativt ny marknad, som kommer att öka allt eftersom man inför strängare krav på utsläppen.

Vid större anläggningar i Sverige används en våt-torr metod som utvecklats av Fläkt och Nateco, men en förbättrad teknik av torrinjektering med inblåsning av kalkstensmjöl eller släckt kalk direkt i eldstaden är under frammarsch.

Det är framför allt vid förbränning av kol man avlägsnar svavel med kalkprodukter, men vid förbränning av sopor minskas även halten av saltsyra och fluorväte i avgaserna. Vid sopförbränning finns även rök-gaskondenseringsmetoder, där kalk används för att neutralisera det mycket sura kondensatet.

Vid flera industrier t.ex. LKAB och Scandinavian Glasfiber används kalk för att minska fluorutsläpp.

Under 1988 har man för rökgasrening använt 13,5 kt osläckt kalk, 8,5 kt släckt kalk och 21 kt kalkstensprodukter.

1.4.5 Samarbetsorganisationer

Svenska Kalkföreningen är en branschorganisation som har följande syften:

- att verka för branschens utveckling och höjande av dess allmänna standard.
- att genom information och på annat sätt sprida kunskap om den nytta man har av kalk och kalkprodukter,
- att genom upplysning och information samt konsulterande verksamhet främja användandet av kalkprodukter,
- att understödja forsknings- och utvecklingsarbete för ett rationellt utnyttjande av kalkprodukter i industri, jordbruk, miljövard och till andra lämpliga ändamål,
- att verka för att enhetliga normer upprättas för kalkprodukter och leveranser av dessa,
- att utgöra ett organ vid förhandlingar och överenskommelser med näringslivets organisationer samt statliga och andra organisationer inom och utom landet.

Svenska Kalkföreningen utarbetar årligen en intern statistisk rapport över produktion och försäljning till olika användargrupper.

Medlemmar i Svenska Kalkföreningen är alla företag som producerar kalk eller kalkningsmedel och försäljningsföretagen Svensk Kalk AB och Svenska Lantmännens Riksförbund samt Supra.

Svenska Kalkföreningen är i sin tur medlem av International Lime Association, som är en global organisation med medlemmar från 17 olika länder. Denna internationella organisation har årligen ett möte med ordföranden och sekreteraren från de olika ländernas kalkföreningar.

Vart fjärde år ordnar International Lime Association en kongress med ett stort antal deltagare från hela världen. Vid denna kongress hålls föredrag om aktuella kalkproblem. I september 1990 hålls kongressen i Rom.

1.5 Krita

Med "krita" avses en lös, finkornig kalksten (skrivkrita) som bildades under den geologiska krittiden som inföll för 70 miljoner år sedan. Kritan är uppbyggd av ytterst små kalkplattor från encelliga organismer. Genom slamning kan skrivkritan uppdelas i sina ursprungliga beståndsdelar.

I Sverige finns skrivkrita endast sydväst om en linje Råå-Romeleåsen. Skrivkritan är i regel överlagrad av ett mäktigt lager av tätare kritkalksten.

Skrivkritan bryts i Sverige endast vid Kvarnby utanför Malmö, där kritan inte ligger i fast klyft utan i form av stora flak (skällor) i moränen. Flaken har av allt att döma transporterats till platsen av inlandsisen från något område söder om den svenska sydkusten.

Skrivkrita i fast klyft har blottlagts i Cementas kalkstensbrott i Limhamn. Undersökningar har visat att den inte har samma vithet som kritan i Kvarnby.

I Danmark bryts skrivkrita vid Stenvs klint på Själland. I Östtyskland på ön Rügen, i Västtyskland norr om Hamburg. Skrivkrita bryts även på flera platser i Frankrike och England.

1.5.1 Malmökrita AB

Malmökrita inköptes 1988 av det danska företaget A/S Faxe Kalkbrud, som har en motsvarande tillverkning i Danmark.

Vid Malmökrita bryts skrivkrita med släpskopa, slammas med vatten, siktas varvid flinta bortsorteras. Slammet pumpas till fabriken. Före torkning separeras kritslam med ca 30 % vatten till en produkt, som i slurryform transporteras till Nymölla pappersbruk och används där som fyllmedel i pappret. Återstoden torkas genom pressfiltrering och våtbäddstorkning. Huvuddelen används som fyllmedel i gummi och plastmaterial bl.a. för tillverkning av kablar och rör.

Den kemisk/tekniska industrin tillsätter den vita kritan i färg, lim och tätningsmedel. Kritan används även som kalkningsmedel i försurade vatten-

drag och har provats för rökgasrening.

Malmökrita tillverkar ca 40.000 ton krita. Av företagets produkter exporteras ca 25 % huvudsakligen inom Norden.

Tabell 16:12 Krita, kt

År	Produktion	Införsel	Utförsel	Tillförsel
1981	34,4	21,8	10,6	45,6
1982	34,1	32,7	8,8	58,0
1983	38,0	29,7	10,2	57,5
1984	40,0	31,6	9,3	62,3
1985	39,7	26,0	8,7	57,0
1986	38,7	23,2	8,3	53,6
1987	37,5	19,9	7,4	50,0
1988		63,0	8,7	

Källa: SOS, Industri:2

1.6 Dolomitsten

Mineralet dolomit eller dolomitspat, $MgCO_3$, är huvudmineralet i bergarten dolomit eller dolomitsten.

I Sverige förekommer dolomitsten i flera områden i Mellansverige och Norrland. Dolomitsten förekommer rikligt i världen och produceras i många länder, för en hemmamarknads eller för en närliggande exportmarknads behov.

Dolomit används för tillverkning av

- eldfasta produkter,
- som råvara i glas,
- fyllmedel i plaster,
- ballast i specialputser och spackel,
- ytballast i betong,
- jordförbättringsmedel,
- slaggbildare vid järnframställning,
- hjälpmedel vid framställning av magnesit ur havsvatten.

Den dolomitsten som bryts i Sverige är mycket vit och används huvudsakligen som fyllmedel och ballast. Dolomitstenen krossas, siktas och mals till olika fraktioner. Dolomitsten används också som kalkningsmedel i jordbruket och tillför då jorden både kalk och magnesium.

Engelsk dolomitsten importeras även för detta ändamål. Granulerad dolomitsten och kalksten används som kalkningsmedel i trädgårdar.

För att öka livsländan på den eldfasta infodringen i masugnar används kalkbränd dolomit som slaggbildare. För detta ändamål importeras större delen av behovet från Belgien och England. Endast en mindre mängd bränd, svensk dolomit kommer till användning.

För glastillverkning uppfyller den svenska dolomitstenen inte de uppställda kraven på renhet, speciellt inte järnhalten. För detta ändamål im-

porteras ren dolomitsten från Norge.

I Sverige har man producerat eldfasta murstenar av bränd dolomit, men tillverkningen har upphört för några år sedan. I (SOU 1977:75) Delbetänkande av mineralpolitiska utredningen säger man att det framstår som tveksamt om det finns tillräckligt underlag för upptagande av en inhemsk produktion under prognosperioden, som sträckte sig fram till 1985. Nuläget är ännu mer tveksamt, så det eldfasta dolomitbehovet kommer med stor sannolikhet att även i fortsättningen bli täckt genom import.

I Sverige är det endast två företag som bryter dolomitsten, Ernström Mineral AB och Stråbruken AB.

I Masugnsbyn bryter LKAB dolomitsten för egen förbrukning.

1.6.1 Ernström Mineral AB

Ernström Mineral har sin huvudproduktion i Glanshammar, där man i en gruva bryter vit dolomitsten. Produktionen 1988 var 320 kt.

De grövre fraktionerna av den vita stenen används som ytballast i betong och som vitt material i specialputser.

De finmalda fraktionerna säljs som fyllmedel i plast och färg. Undersökningar pågår att framställa bstrykningspigment baserade på den vita dolomitstenen.

Tillgångarna på vit dolomitsten i Glanshammar är stora, men fortsatt underjordisk brytning fordrar noggranna geologiska undersökningar.

Ernström Mineral inköpte 1983 Larsbo Kalk AB, där man bryter både kalksten och dolomitsten. 1988 bröt man 94 kt dolomitsten i brottet vid Storå, varav en del kalkbrändes i schaktugnar på platsen. Dolomitstenen används också av mineralullstillverkare och metallurgisk industri.

1.6.2 Stråbruken AB

Stråbruken har sin huvudverksamhet i Sala, där man i Tistbrottet vid Sala silvergruva bryter en vit dolomitsten, som används på liknande sätt som Ernström Minerals produkter. Produktionen är ca 200 kt dolomitsten/år.

Med nuvarande brytningstakt har man kartlagt att nuvarande fyndighet har reserver för ytterligare 30 års brytning.

Stråbruken har tidigare tillverkat dolomitprodukter för eldfasta ändamål. För detta ändamål äger man dolomitstensfyndigheter i Dyrkatorp norr om Lindesberg samt i Salatrakten.

Tabell 16:13 Dolomitsten, kt

År	Produktion	Införsel	Utförsel	Tillförsel
1981	465	116	37	544
1982	717	125	26	816
1983	653	127	41	739
1984	839	132	46	925
1985	945	137	36	1 046
1986	780	150	39	891
1987	616	159	36	739
1988		64	42	

Källa: SOS, Industri:2

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Karbonatindustrin har successivt moderniserats och rationaliserats. Sammanslagningar har ägt rum. Flera produktionsenheter har försvunnit. Den eldfasta dolomitttillverkningen vid Stråbruken AB i Sala har lagts ned. Kalkstensbrytningen på Furillen och i Ahr på Gotland har upphört. Kalkbruken på Oaxen, i Vagnhärad, i Dylta och i Högdalsås har lagts ned. De fyra kalkroterugnarna i Rättvik har lagts i malpåse. En av dem har senare startats på nytt. Nya kalkugnar har tillkommit i Köping, Boda, Oxelösund, Luleå och senast i Storugns på Gotland.

2.1 Jämförelse mellan MPU:s prognos för 1985 och utfallet

Tabell 16:14 MPU:s kalkstensprognos 1985. Räknat som kalksten i kt

Användningsområde	1974	MPU:s prognos 1985	Utfall	
			1985	1988
Cementindustri (netto)	5 643	5 280	3 300	3 000
Järn- och stålindustri	1 195	1 200	720	645
Byggnadsindustri	247	220	137	154
Cellulosaindustri	309	280	194	243
Jordbruk, miljövärd	265	700	325	366
Kemisk industri	150	180	214	168
Övriga sektorer	341	420	275	217
Summa förbrukning, netto	8 150	8 300	4 865	4 793

De kraftigaste avvikelserna mellan prognos och verkligt utfall gäller i första hand "Cementindustri" och "Järn- och stålindustri" samt "Jordbruk och miljövärd". Endast för "Kemisk industri" har utfallet blivit något högre än prognosen, men utfallet för 1988 visar ett värde som nästan överensstämmer med MPU:s prognos för 1985.

Kalkstensåtgången för cementindustrin avspeglar tydligt den minskade byggverksamheten.

Tabell 16:15 MPU:s prognos för krita 1985 i kt

	1975	MPU- prognos 1985	Verkligt utfall	
			1985	1988
Krita	40	65	57	100

Utfallet blev något lägre än prognosen. I Sverige tillverkas knappt 40 kt krita per år.

Tabell 16:16 MPU:s prognos för dolomit 1985 i kt. Räknat som råsten

	1974	MPU- prognos 1985	Verkligt utfall
			utfall 1987
Fyllmedel	167	190	235
Eldfasta produkter	190	100	200
Jordbruk och miljövärd	55	150	84
Järnverk och gjuterier	55	55	16
Glas- och mineralull	22	75	40
Övrig industri			64
Export	17	60	39
Summa	559	630	675

Värdena för det verkliga utfallet är grundade på uppgifter från SOS Industri:2 och Svenska Kalkföreningens statistik. De siffror som redovisas täcker inte alla användningsområden.

Den eldfasta dolomiten importeras, likaså råvaran för glasindustrin. För isoleringsmaterial används inhemsk dolomit.

Användningen av dolomit har ökat. Det gäller framför allt den vita dolomitstenen, som används som fyllmedel i bl.a. plast. Vidare har kalkbränd dolomit kommit att ersätta kalk som slaggbildare, då det har visat sig att den ger ökad livslängd till den eldfasta infodringen.

Många jordar har brist på magnesium, som kompenseras genom användningen av dolomitiska kalkningsmedel.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

3.1 Energiaspekter på produktionen av karbonatprodukter

För krossning och malning av karbonatstenar fordras elektrisk energi. Ju finkornigare produkterna skall vara, desto mer energi går det åt.

Ungefärliga tal för energibehovet:

Krossning, transporter		2– 7 kWh/ton material
Malning	< 1 mm	10– 20 -"-
Malning	< 100 mikrometer	25– 50 -"-
Malning	< 10 -"-	200–300 -"-
Malning	< 5 -"-	400–600 -"-

Energiåtgången ökar kraftigt vid en extrem finmalning.

Bränningen av kalksten till osläckt kalk kan utföras med olja, kol eller gas.

Bränningen i roterugnar sker sedan flera år tillbaka nästan uteslutande med kolpulver. Energiåtgången är ca 1500 kWh/t. Schaktugnarna eldas i regel med gas direkt eller indirekt. Energiförbehovet är mycket lägre än roterugnarnas ca 900 kWh/t.

Kalk- och karbonatstensprodukter används nästan uteslutande inom landet. Endast specialprodukter går på export. Om priserna på produkterna höjs på grund av högre elkostnader, finns det risk för att en del av den överkapacitet på kalk som man har i Belgien och Tyskland kommer att hamna i Sverige.

En ökad kostnad för elenergi kommer hårt att drabba Carbital AB, som framställer bstrykningspigment för pappersindustrin genom extrem finmalning (90 % > 2 mikrometer). Elpriset utgör ca 20 % av produktionskostnaderna. En norsk tillverkare av en liknande produkt kommer att vinna ytterligare marknadsandelar i Sverige.

Med anledning av Statens Energiverks scenarier har Cementa redovisat energiförbrukningen vid cementtillverkning.

Cementindustrin i Sverige har drivit strukturrationalisering så långt att man knappast kan spara mer energi. En höjd kostnad för elkraft innebär en negativ lönsamhetsutveckling. Eftersom exportvolymen utgör 25 % av hela produktionen kommer ett bortfall att innebära nedläggningar av produktionsenheter. Elkostnaden utgör ca 20 % av produktionskostnaderna. En höjning med 30 öre/kWh kommer att fördyra cementpriset i Sverige och begränsa möjlig tillväxt.

3.2 Miljöaspekter på produktionen av karbonatprodukter

På officiellt håll diskuteras avgifter på utsläpp från industrier. En eventuell avgift på utsläpp av koldioxid kommer att drabba cement- och kalkindustrin katastrofalt. Koldioxid frigörs vid bränningen av kalksten och bortgår som rökgas.

Vid tillverkning av kalk och cement bildas det svaveldioxid, som huvudsakligen kommer från bränslet. Denna svaveldioxid i rökgaserna binds till största delen vid kalkpartiklar som avskiljs i olika typer av filter.

3.3 Kalksten

Fram till år 2000 kommer förbrukningen av kalk- och kalkstensprodukter inte att genomgå några större förändringar. Satsningen på renare miljö kommer att öka användningen av kalk och kalkstensmjöl. Det nordiska kalksamarbetet på Gotland kommer att leda till en export av osläckt kalk och en minskning av exporten av kalksten därifrån.

Cementindustrin räknar med att utnyttja nuvarande produktionsnivå fram till år 2000 för inhemsk användning och export. En ökad cementanvändning i Sverige minskar andelen avsedd för export.

Järn- och stålindustrin använder huvudsakligen kalkprodukter som slaggbildare. Kalkbränd dolomit har successivt minskat kalkanvändningen. Nya slaggbildare är under utveckling och kan ytterligare minska kalkandelen.

För år 2000 kan man räkna med en något lägre kalkförbrukning hos järn- och stålindustrin.

SSAB i Luleå kommer i fortsättningen att köpa bränd kalk och lägga ned sin egen kalkbränning. SSAB i Oxelösund torde innan år 2000 följt Luleås exempel.

Cellulosaindustrin har haft högkonjunktur och räknar med en stigande förbrukning av massa och papper. Sulfatindustrin köper kalksten eller osläckt kalk för att ersätta det bortfall som sker vid recirkulation av mesan. En ökad tillverkning av sulfatmassa leder till en ökad kalk- och kalkstensförbrukning.

En ökning kan förutses på extremt finmalda, vita kalkstensprodukter för användning som bstrykningspigment och fyllmedel i papper. Vitt bstrykningspigment baserat på kalcit beräknas öka från 100 kt till 200 kt år 2000.

Kalkningsmedel för jordbruket ligger på en låg nivå och har inte ökat på senare år trots stora informationsinsatser. Användningen av dolomitisk kalksten har minskat kalkförbrukningen.

Den statliga satsningen på kalkning av sjöar och vattendrag har lett till en ökad förbrukning av finmalt kalkstensmjöl. En stagning av bidragen leder till en minskad förbrukning av kalksten, eftersom spridningskostnaderna speciellt med helikopter kommer att förbruka en stor del av det gemensamma anslaget.

Skogskalkning kan bli aktuellt, om de stora skogsbolagen finner en god lönsamhet i de försök som har gjorts och nu utvärderas. Produkten som troligtvis kommer att användas blir en blandning av magnesiahaltig karbonatsten och gödselmedel.

Neutralisering av utsläppet från gruvindustrins avfallsdammar kan kräva stora kvantiteter av släckt eller osläckt kalk.

Beroende på statliga bidrag och strängare bestämmelser om utsläpp kommer kalkstensprodukter för miljöändamål att öka.

Ökade krav på rökgasregning leder till en ökad förbrukning av kalksten. Såväl bränd kalksten som mald kalksten kommer till användning. Olika metoder för rökgasrening ställer speciella krav på produkterna. Inhemsk råvara kommer att uppfylla kraven.

Om Sverige kommer att bygga ett större kolkraftverk, så kommer förbrukningen av osläckt kalk och kalksten för rökgasrening att stiga markant.

Det nordiska samprojektet på Gotland kommer att leda till export av osläckt kalk till Finland och Danmark. Nya kolkraftverk beräknas bli stora kunder. Exporten av osläckt kalk till Finland kommer att minska den nuvarande exporten av kalksten till Finland.

Import av kalksten från Danmark, Polen och England kommer troligtvis att kvarstanna vid nuvarande nivå. Import av osläckt kalk från Belgien och Västtyskland kan komma att öka.

3.4 Krita

Under kommande år kommer behovet av krita för pappersindustrin att öka kraftigt. Krita är ett relativt billigt material, ca 350–450 SEK/t, som delvis kan ersätta den dyrare cellulosafibern. För att pappersbruken skall kunna använda krita i större omfattning måste man övergå från sur till neutral limning. Så har t.ex. pappersbruket i Husum gjort och kommer under 1989 att förbruka 70 kt krita, som kommer att inköpas från Tyskland. Flera pappersbruk följer efter.

Tillgången på användbar krita i Sverige är begränsad. De fyndigheter som bryts i Skåne är stora flyttblock, som ligger ovanpå den egentliga berggrunden.

De kritlager av samma typ och ålder som t.ex. påträffas i Cementas kalkstensbrott i Limhamn har inte den vithet som erfordras.

I Skåne finns det möjligheter att påträffa mer användbar krita, men det kräver omfattande undersökningar.

Även extremt finmalt, vitt kalkstensmjöl kan ersätta krita.

Förbrukningen av krita kommer successivt att öka. Vid år 2000 kan förbrukningen komma upp till mer än 200 kt. Tyvärr måste större delen av denna kvantitet importeras.

Kemiskt fällt kalciumkarbonat har tekniska fördelar gentemot krita och kan konkurrera, om pappersbruken bygger egna anläggningar för att framställa fällt kalciumkarbonat (PCC).

3.5 Dolomit

Produktionen i Sverige av eldfasta brända produkter av dolomitsten har upphört.

Den kalkbrända dolomit, som i Sverige framställs som slaggbildare, kommer att minska eftersom en av förbrukarna, Domnarvets Jernverk, kommer att upphöra med den metallurgiska delen.

Importen av kalkbränd dolomit från Belgien och England kommer dock att fortsätta i nuvarande omfattning.

Importen av sedimentär dolomitsten från England kommer att öka både för jordbruksändamål och för den eventuellt kommande skogskalkningen.

Nuvarande dolomitproduktion i Sverige är huvudsakligen baserad på vit dolomitsten, som krossas och finmals för framställning av specialputser, spackel och fyllmedel för plast. Denna tillverkning kommer successivt att öka för leveranser både inom och utom landet.

Norge har stora tillgångar på vit dolomitsten och konkurrensen om kunder kan bli stor.

3.6 Magnesit

Magnesitprodukter, som använts för eldfasta ändamål, har alltid importerats till Sverige.

Såväl dolomit som magnesit för eldfasta ändamål kommer i framtiden att importeras i form av tegel, block och massor. Under 1981–1986 har Sverige importerat 20–30 kt magnesitprodukter per år. Importen under 1988 har minskat till 18 kt.

4 Sammanfattning och slutsatser

4.1 Prognos för år 2000

Tabell 16:17 Prognostabell för år 2000, kt

	Kalksten		Osläckt kalk		Släckt kalk	
	1988	2000	1988	2000	1988	2000
Cementindustri	3 750	–				
Järn och metallurgi	392	–100	139	+100	6	+3
Cellulosa- o papper	29	+ 15	117	+ 50	3	+1
Byggindustri	78	+ 10	38	+ 5	6	+2
Övrig industri	272	+ 10	31	+ 40	34	+2
Jordbruk	220	–				
Miljö	146	+150	12	+ 20	9	+9
Export	888	–100	3	+200	1	+1
Import	63	+ 2	7	+ 3	1	+1

Om elpriset höjs och miljöavgifter införs så drabbas den svenska cement- och kalkindustrin hårt. Belgien och Västtyskland har alltsedan stålkrisen en överproduktion av osläckt kalk.

Tabell 16:18 Prognostabell för år 2000, kt

	Krita		Dolomit	
	1988	2000	1988	2000
Fyllmedel	50	+150	400	+50
Kalkbränd dolomit			75	+ 5
Jordbruk			175	+50
Miljö	1	+ 2	20	+20
Export	8	–	45	+ 5

Bland användarna är det framför allt pappersindustrin, som kommer att ha ett stort behov av vitt fyllmedel för att kunna minska dyrbara pigment som t.ex. titandioxid och sänka halten av cellulosafiber. Övergång till neutral limning öppnar möjligheterna för karbonatstensmaterial.

4.2 Behov av prospekteringar och undersökningar

Cementindustrin och de nämnda företagen inom karbonatstensområdet känner väl till sina fyndigheter. De kända reserverna med nuvarande brytningstakt räcker en god bit in på 2000-talet. På grund av skärpta kvalitetskrav fordras fortlöpande geologiska undersökningar med hjälp av kärnbörningar.

Den krita som bryts i Sverige förekommer som stora flak i moränen och inte i fast klyft. En fördubbling av produktionen minskar snabbt de tillgängliga reserverna.

En viktig prospekteringsuppgift kan vara att finna en "fast" fyndighet av skrivkrita, som ligger relativt högt upp i berglagren. I sydvästra Skåne finns förutsättningar för ett sådant fynd. Vidare finns det krav på att denna krita skall vara tillräckligt vit.

Ytterligare en prospekteringsuppgift kan vara att finna vita kalkstenar som efter anrikning, t.ex. flotation och finmalning, ger en produkt som kan användas både som fyllmedel och bstrykningspigment för pappersindustrin. Även inom detta område kan man vänta sig en ökad efterfrågan från förbrukarna.

I t.ex. Norvijaur har man redan en sådan fyndighet, som efter anrikning givit tillfredsställande resultat. Ur transportsynpunkt bättre belägna fyndigheter väljs först i de allra flesta fall.

För framställning av kemiskt fällt kalciumkarbonat fordras en bränd kalksten med låga halter av bl.a. järn. De svenska kvaliteterna av osläckt kalk uppfyller inte ställda krav.

Flera metoder finns att rena kalksten, men i de flesta fall måste kalkstenen krossas ned till föroreningarnas kornstorlek. Detta finkorniga material går inte att bränna i nuvarande kalkugnar. Tekniken att bränna ett sådant material finns redan, men ekonomin tillåter det inte.

På grund av att den vita dolomitstenen är något hårdare anses den inte kunna ersätta kalkstenen i dessa tillämpningar. Försök pågår dock hos Ernström Mineral AB.

Den importerade, engelska dolomitstenen för jordbruksändamål kan ersättas av svensk dolomitsten, men produktpriset och sjötransporterna gör den engelska varan mycket konkurrenskraftig, samtidigt som den är mjuk och attraktiv för jordbrukarna.

Referenser

1. Svenska Kalkföreningens statistik.
2. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademin 1981–1985.
3. SOS Industri:2.
4. MPU:s prognoser för 1985.

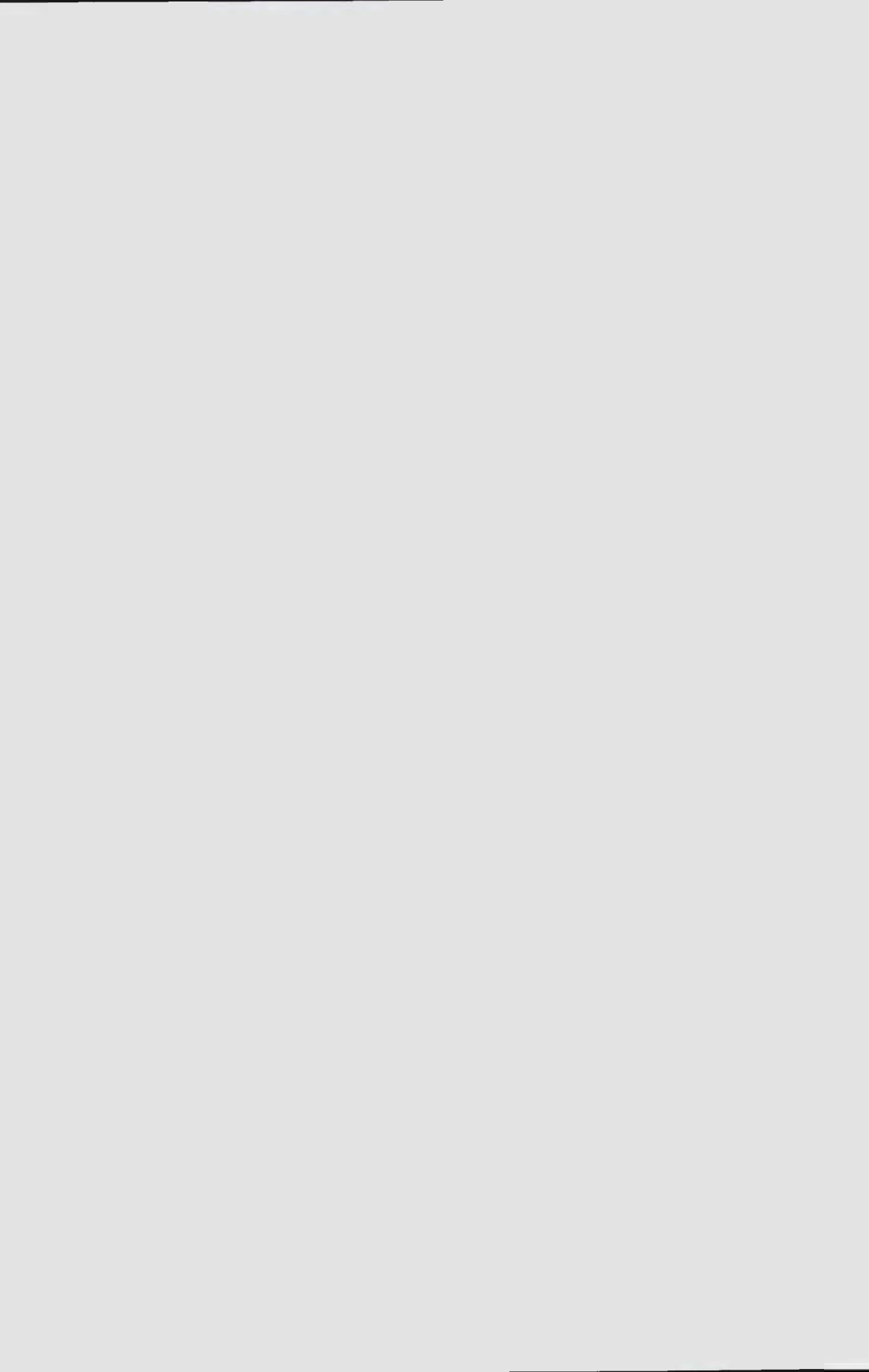
Bilaga 17

Fältspat

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	501
1.1	Fältspat, nefelinsyenit	501
1.1.1	Definitioner	501
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	501
1.2	Råvarutillgångar	502
1.3	Sveriges tillgångar	503
1.3.1	Fältspat	503
1.3.2	Nefelinsyenit	503
1.4	Framställningsteknik	503
1.5	Användningsområden	505
1.6	Konsumtion	505
1.7	Produktion, större tillverkare	505
1.7.1	Sverige	506
1.7.2	Finland	507
1.7.3	Norge	507
1.8	Handel	508
1.9	Priser	509
1.10	Konkurrerande råvaror/material	509
1.11	Forskning och utveckling	510
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	511
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	512
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	513
	<i>Referenser</i>	514



1 Faktaavsnitt

1.1 Fältspat, nefelinsyenit

1.1.1 Definitioner

Fältspat används som beteckning på närbesläktade mineral som i kemiskt hänseende består av vattenfria aluminiumsilikat i kombination med kalium, natrium och kalcium. Det är ett av de vanligaste mineralen i jordskorpan och beräknas utgöra ca 60 viktprocent av alla kristallina magmatiska bergarter.

De kommersiellt vanligaste fältspattyperna är:

Kaliumfältspat	– ortoklas
	– mikroklin
Natriumfältspat	– albit/oligoklas

Ortoklas är den kommersiellt viktigaste fältspaten med låg järnhalt och hög kaliumhalt. Natriumfältspaterna kallas också plagioklaser och har ljusare färg än kalifältspat.

Till fältspatmineralen kan också räknas *nefelinsyenit*, en kvartsfri bergart som består av nefelin och fältspat. Nefelin har ungefär samma sammansättning som fältspat, men har bildats från andra typer av magma. Brytvärda förekomster av nefelinsyenit innehåller minst 20 % nefelin, minst 60 % fältspat och sällan mer än 5 % övriga mineral.

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

De största förbrukarna av fältspat är glasindustrin och keramisk industri, som bägge använder fältspat som smältpunktsnedsättande flussmedel. Fältspat ger dessutom ett tillskott av aluminium, vilket är en fördel vid glastillverkning, eftersom glaset härigenom blir starkare.

Det normala innehållet av aluminiumoxid i fältspater är 16–18 %, medan nefelinsyenitens ligger vid 23 %. Järnhalten bör vanligen vara under 0,1 %, även om högre halter tolereras i särskilda fall. Zirkon och korund tillåts inte på grund av dessas höga eldfasthet, som gör att de inte smälter i glasugnen.

Starkt bidragande till funktionen som flussmedel är alkalihalten, dvs. halten natrium- och kaliumoxider. I glasindustrin används främst natriumfältspat, medan den keramiska industrin föredrar kaliumfältspat med minst 12 % K_2O .

Kraven på fältspatens kemiska analys beror i hög grad av övriga ingående

råvarors andel i glasmängen/keramikmassan och deras halter av kritiska komponenter, såsom järn, aluminium, kalium, natrium. De varierar därmed från företag till företag, varför en generell specifikation är svår att ställa upp.

Praktiskt taget all fältspat används i finmald form ($< 1,0$ mm). För glas och keramik är den i dag oftast floterad. I de fall då fältspaten levereras i styckform från brottet finfördelas den i stället i förbrukarens malanläggning före blandning med övriga råvaror.

För användning som fyllmedel i färg och plast är fältspatens hårdhet och inverkan på slutprodukten hållfasthets- resp. färegenskaper och resistens mot yttre miljöangrepp av största värde. Frihet från kvarts gör den attraktiv, när dammande hantering förekommer. – I dessa tillämpningar har fältspaten vanligen korngraderingar under $100\ \mu\text{m}$ eller under $50\ \mu\text{m}$. Även extremt finmalda produkter, under $5\ \mu\text{m}$, utnyttjas.

Några exempel på kemiska analyser från några olika producenter av fältspat och nefelinsyenit visas i tabell 17:1.

Tabell 17:1 Kemisk analys för några olika fältspat- och nefelinsyenitkvaliteter

Ursprung	% Al_2O_3	% SiO_2	% K_2O	% Na_2O	% CaO	% Fe_2O_3
Sverige, Forshammar	14,7	75,5	4,3	4,9		0,13
" "	18,7	66,4	11,4	2,8		0,08
" "	19,9	67,5	1,4	10,6		0,08
" , Nilivaara	17–18	68–69	12–13	3,0		0,1
Finland	18,5	ca 68	7,5	5,2	0,6	0,12
"	15,0	ca 73	7,5	3,5	0,5	0,08
Norge, Lillesand	19–20	67–69	2,5–3,1	7,2–7,8	2	0,11–0,13
" , Stjernöy ¹	22–24	56–57	8,2–9,1	7,5–7,9	1,1–2,5	0,1–0,4
Kanada, Napthou, Ont. ¹	23–24	59–61	ca 5	ca 10		0,07

¹ Nefelinsyenit

1.2 Råvarutillgångar

Fältspat uppträder oftast tillsammans med kvarts. Dessa två mineral är de vanligaste i jordskorpan. De uppträder sinsemellan i olika proportioner och vanligen ihop med andra silikatmineral. Fältspat i någon form finns i nästan alla bergarter. Den bryts oftast i pegmatiter, men även i graniter och syeniter. Som brytvärda mineralanhopningar är fältspaten och kvartsen visserligen mindre vanliga, men brytning förekommer dock i minst ett 50-tal länder i världen.

US Bureau of Mines tar inte upp någon samlad siffra för världens tillgångar av fältspatmineral. Man konstaterar endast att kända och tänkbara reserver är mer än tillräckliga för att möta väntade behov. Ett problem kan vara att stora tillgångar är avlagset belägna i förhållande till förbrukningscentra.

Den norska fyndigheten av nefelinsyenit på Stjernöy uppskattas innehålla 300 Mt.

1.3 Sveriges tillgångar

1.3.1 Fältspat

Den första produktionen av fältspat i Sverige skedde vid Ytterby (utanför Stockholm) år 1709. Sedan dess har tidvis en omfattande brytning av styckefältspat, främst kaliumfältspat, ägt rum i landet. I dag är det emellertid ont om kända, lämpligt belägna fältspatpegmatiter. – Se även avsnitt 1.7.1.

Det torde dock i Sveriges berggrund finnas ett flertal ännu oupptäckta mer eller mindre goda fyndigheter av kvarts och fältspat kvar att lokalisera. Det gäller särskilt fyndigheter av typ gångar, som inte har så stor utbredning men ofta innehåller rena mineral.

Det är bristande blottningsgrader av berggrunden på grund av jordtäcket som är huvudorsaken till att de ytnära fyndigheterna ännu inte upptäckts. En annan orsak är ringa prospekteringsinsatser. Det senare antyds av hur de utbrutna kvarts- och pegmatitgångarna är geografiskt fördelade. De flesta *kvartsbrotten* finns i Bergslagen, i områden där malm-brytning förekommit. Den geologiska miljön har visserligen betydelse för möjligheterna att finna en förekomst, men i Bergslagen har man verkligen letat efter kvarts för att den behövdes i hyttorna vid järnframställningen. – Motsvarande gamla brott finns i Sydsverige, i närheten av orter där glasframställning bedrivits.

1.3.2 Nefelinsyenit

Nefelinsyenit är en fältspatoidförande bergart som liknar granit i textur och hårdhet. Den består huvudsakligen av mineralen nefelin (natrium-aluminium-silikat), kalifältspat (mikroklin) och natriumfältspat (albit) samt accessoriska mineral såsom glimmer, hornblände, magnetit etc.

Det finns fyra ställen i Sverige där nefelinförande bergarter eller nefelinsyenit förekommer tillsammans med andra alkalina bergarter, nämligen på Alnön nära Sundsvall, på Ekorrsåsen och Siksjöberget i närheten av Särna, vid Almunge öster om Uppsala samt vid Norra Kärr norr om Gränna.

1.4 Framställningsteknik

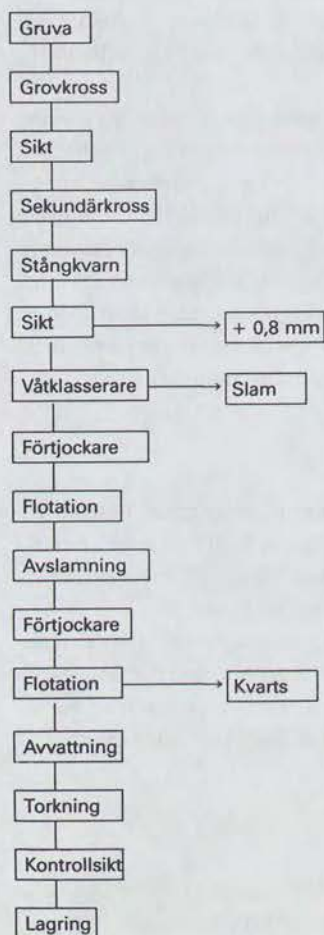
Vid framställning av fältspatprodukter använder man sig av de vanliga, våta enhetsprocesser som förekommer inom mineraltekniken, såsom

- krossning,
- malning,
- klassering,
- avslamning samt
- anrikning genom
 - flotation,
 - våtmekanisk separation,

- elektrostatiska och
- magnetiska metoder.

Härigenom kan man producera ett rikt fältspatkoncentrat, som om nödvändigt kan renas från järn med hjälp av starkmagnetisk separation. De framställda koncentraterna avvattnas genom filtrering och torkas i roterande trummor. – Ett exempel på flytschema visas i figur 17:1.

Figur 17:1 Exempel på flytschema för fältspatproduktion ur pegmatit (förenklad bild ur USA-källa)



Vid behov av extremt finkorniga produkter tillgrips sekundär malning med hjälp av särskilda finmalningskvarnar.

Framställningen av nefelinsyenitprodukter följer i princip samma schema. På grund av att denna produkt består av mera väldefinierade mineral är framställningen processtekniskt enklare och sker delvis på torra vägen.

Huvuddelen av den färdiga fältspaten levereras i bulk via land- och/eller sjötransport till kunderna.

1.5 Användningsområden

Såväl natrium- och kaliumfältspat som nefelinsyenit utnyttjas inom nedan uppräknade användningsområden.

Glastillverkning	Flussmedel vid smältningen Aluminiumoxid-givare
Keramik	Flussmedel i grundmassa, glasyr och emalj
Svetselektroder	Slaggbildarkomponenter i elektrodhöljet
Färg	Fyllmedel, som bl.a. ger hårdhet och resistens mot sur miljö
Plast och gummi	Fyllmedel

1.6 Konsumtion

I den offentliga statistiken sammanförs fältspat och nefelinsyenit i en grupp för sig. Man skiljer i produktionssiffror på mald och omald fältspat. För 1986 blev den svenska *produktionen* sammanlagt ca 35 kt mot ca 50 kt under 1984 och ca 45 kt under 1975. Saluvärdet låg åren 1984–1986 mellan 15–17 MSEK.

Exporten från Sverige utgjorde ungefär 50 % av produktionen under åren 1986–1988, dvs. kring 20–25 kt, vari ingick både mald och styckeformig fältspat till ett värde av knappt 10 MSEK.

Importen har legat vid 12–13 kt; främst nefelinsyenit och floterad fältspat från Norge för glassmältning. Värdet härav rör sig kring 6 MSEK. Under 1988 importerades sammanlagt 16 kt till ett värde av 7,5 MSEK.

Den svenska förbrukningen av fältspat – nefelinsyenit ligger därmed *enligt statistiken* kring 25 kt/år, varav glas- och keramikindustrierna svarar för drygt 90 %. Motsvarande siffra varierade enligt MPU mellan 20 och 30 kt under åren 1960–1975.

De statistiska siffrorna kan innehålla viss osäkerhet, bl.a. genom att export av styckeformig fältspat tidvis redovisats som "småsten och krossad sten". Den verkliga förbrukningssiffran torde ligga under 20 kt/år. Härtill skall läggas att viss tillförsel av aluminiumoxid och alkali, vid glassmältning, sker i form av fältspathaltig kvartssand. Detta har sänkt behovet av egentlig fältspat hos åtminstone en svensk tillverkare av glasprodukter.

1.7 Produktion, större tillverkare

Världproduktionen låg åren 1987 och 1988 vid 4,6 Mt/år mot ca 4 Mt år 1984 och 3 Mt år 1974. Lägger man till ca 1 Mt nefelinsyenit blir nuvarande totalproduktion av industriellt använda fältspatmineral ca 5,6 Mt/år.

Det största producentlandet är Italien med 1,340 kt. Härefter kommer USA med 700 kt. Tabell 17:2 visar produktionen i ledande europeiska länder år 1984 och i vissa länder 1988.

Tabell 17:2 Produktionen av fältspat i vissa länder i Europa, 1984 och 1988, kt

Land	Produktion, kt	
	1984	1988
Frankrike	209	240
Västtyskland	286	340
Italien ¹	986	1 340
Finland	62	
Norge ²	50	
Polen	46	
Portugal	29	
Rumänien	60	
Sovjetunionen	330	370
Spanien ³	115	160
Sverige ⁴	55	48
Summa	2 228	2 498
Norge, nefelinsyenit	238	
Totalt	2 446	

¹ Inkl. aplit och eurit. Fältspat 300 kt.

² Omald. Mald produkt redovisas inte.

³ Inkl. pegmatit

⁴ Inkl. kvarts

1.7.1 Sverige

Landets enda producent av mald och anrikad (ej floterad) fältspat är Svenska Forshammar AB tillhörig Ernström-gruppen. Företagets anläggningar i Riddarhyttan producerade 1987 ca 38 kt fältspat- och kvartsprodukter mot 44 kt året före.

Huvuddelen av råvaran till fältspatproduktionen kommer från dagbrottet vid Limberget ca 40 km norr om Köping. Pegmatiten här är vit och innehåller omkring 20–25 % mikroklin, 40 % albit, 30–35 % kvarts och ca 1 % muskovitglimmer. De påvisade reserverna uppgår till 700 kt pegmatit. Borrning till 100 m djup har indikerat ytterligare reserver av mer än 4 Mt.

Företaget installerade 1980 en helautomatiserad malkrets (kapacitet 30 kt/år). I kombination med ny krossutrustning innebar detta att den totala kapaciteten för fältspat/kvartsprodukter höjdes till 80 kt/år.

För närvarande tillverkas tre kvaliteter, vars kemiska analys framgår av tabell 17:1.

Ca hälften av företagets produktion exporteras, framför allt till UK och Tyskland. Den keramiska industrin tar ca 60 % av den totala produktionen, medan glastillverkningen tar 35 %. Återstoden går till fyllmedel i målarfärger och plaster, kemikalier, svetselektroder och tändstickor.

För fillermarknaden producerar Forshammar också en mikroniserad fältspat i kornstorleken 20–30 µm.

Styckeformig fältspat med hög kalihalt (ca 12 % K₂O) produceras vid Niilivaara i Gällivare kommun. Nedkrossad till 30–350 mm transporteras den per bil till Tärendö, där den skeppas ut till förbrukare för keramiska

ändamål i södra Sverige och Östtyskland. Årsproduktionen har legat på 10 kt. Den hittillsvarande fyndigheten är nu nära nog utbruten, men andra, näralliggande fyndigheter undersöks för närvarande.

I Mellansverige finns ett par fyndigheter under exploatering. Försöksbrytning har hittills ägt rum i storleksordningen 1000 t.

1.7.2 Finland

Den finska fältspatproduktionen sköts av Oy Lohja AB, Virkkala, som har två pegmatitiska fyndigheter i drift. De ligger i Kemi resp. Haapaluoma. Den senare är mindre i storlek men har högre kvalitet med högre fältspatinnehåll och lägre järnhalt.

Anläggningen i Kemi var den första i Europa som tillämpade flotationsanrikning. Anläggningen har en kapacitet på ungefär 165 kt/år pegmatit och från denna kan man utvinna ca 70 kt/år fältspat och 30 kt/år kvartskoncentrat. I anrikningen ingår även våt och torr starkmagnetisk separation. Den sammanlagda produktionen från de båda anläggningarna uppgick 1984 och 1985 till 62 kt/år.

Kvaliteter för såväl glas som keramik tillverkas i båda, men huvuddelen av produktionen i Haapaluoma går till keramisk industri. Av den totala produktionen exporteras 60 % med UK och Västtyskland som huvudsakliga avnämare.

1.7.3 Norge

Det Franzefossägda Norfloat A/S producerar i Lillesand i södra Norge två typer av produkter. Den ena är en relativt traditionell fältspat från pegmatitet och den andra, som utgör en mindre del, härrör från en anortositfyndighet.

Flytschemat för pegmatiterna innefattar stångkvarns- och kulkvarnsmalning, klassering, avslamning i flera steg samt högintensitets-magnetseparation. Dagens kapacitet är 100 kt/år färdigprodukter, som utgörs av 27 kt/år krukmakarfältspat, 43 kt/år natriumfältspat (analys enligt tabell 17:1) och 30 kt/år kvarts. Ca 90 kt/år produceras.

Man har nyligen installerat en ny Permroll högintensitets-separator i den krets som tillverkar krukmakarfältspat. Denna magnetseparator har resulterat i ett sänkt järninnehåll i koncentratet samtidigt som fältspatutbytet förbättrats. Man planerar även att sätta in denna separator för framställning av natriumfältspat. Omkring 90 % av produktionen exporteras, framför allt till UK och Västtyskland.

Norsk Nefelin A/S, tillhörigt Elkemkoncernen, är den ena av två producenter av nefelinsyenit i världen. Råmalmen består i genomsnitt av 56 % perlit (kaliumfältspat med inslag av natriumfältspat), 35 % nefelin och dessutom magnetit, biotit m.fl. Den finns på Stjernøy i Altafjorden i Nordnorge, där brytning sker under jord.

Det finkrossade materialet torkas och den vidare processen, som bl.a. inbegriper låg- och högintensitets-magnetseparation, sker på torra vägen. Såväl glas- som keramikkvaliteter produceras. Den kemiska sammansättningen återges i tabell 17:1.

Den totala kapaciteten är 270 kt/år, varav 220 kt/år av glaskvalitet. Praktiskt taget hela produktionen går på export, främst till kontinenten. Produktionen låg 1985 på 230 kt totalt.

1.8 Handel

Fältspat produceras i åtminstone 50-talet länder i världen. Den höga transportkostnaden i förhållande till produktpriset begränsar de för bibehållen konkurrenskraft tillåtna transportavstånden. För export från Sverige till de europeiska industriländerna krävs således i regel sjötransport och korta landtransporter. Undantag finns, då kvalitetskraven är utslagsgivande; t.ex. krav på hög kalihalt.

Som syns av tabell 17:3 är UK, Västtyskland och Beneluxländerna stora importörer av fältspatmineral. Frankrike och Italien liksom Finland, Norge och Sverige är betydande exportörer i Europa. Från Kanada får den europeiska marknaden också ett tillskott av nefelinsyenit.

Tabell 17:3 Några europeiska länders import resp. export av fältspat 1984, kt

Land	Import	Export
Storbritannien	54	-
Benelux	25	-
Danmark	6	-
Frankrike	20	60
Västtyskland	51	17
Italien	13	36
Nederländerna	22	2
Norge ¹	-	50
Österrike	4	-
Finland ²	-	35
Östtyskland	17	-
Polen	10	-
Sverige ²	11	30
Schweiz ²	12	-
Summa	245	230

¹ Exkl. nefelinsyenit (ca 200 Kt)

² Inkluderar leucit och nefelinsyenit

Den svenska *importen* kommer främst från Norge och avser anrikad natriumfältspat med låg järnhalt samt nefelinsyenit för glasindustrin. *Exporten* omfattar Forshammars natriumfältspat och styckeformig kaliumfältspat för keramiska ändamål. Exportmöjligheterna är i båda fallen begränsade av kvalitetsskäl. – Se även avsnitt 1.6.

1.11 Forskning och utveckling

I den mån forskningsprojekt bedrivs kring fältspatmineralens användning torde de vara knutna till användarföretag och deras branschinstitut, typ Glafo i Växjö och Svenska Keramiska Institutet i Göteborg.

Kunskap kring mineralens uppbyggnad och varianter finns vid universitet och högskolor med mineralogiinstitutioner. Anrikningsprocesser kan bl.a. studeras vid Luleå TH och hos Minpro AB i Stråssa. Sådana studier måste utföras för varje ny fyndighet man tänker sig att exploatera i syfte att finna teknisk-ekonomiskt optimal processväg.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Porslin och lergods liksom fönsterglas och emballageglas har under 1970- och 1980-talet haft stagnerande marknader; dels till följd av byggmarknadens tillbakagång, dels på grund av konkurrensen med plastförpackningar.

En övergång från fältspatprodukter till nefelinsyenit av kvalitetsskäl, särskilt i glastillverkningen, har också ägt rum.

Totalt sett har alltså en överkapacitet uppstått i Europa, vilket lett till hårdare konkurrens med pressade priser trots ökade kvalitetskrav.

MPU:s prognos för 1985 års fältspatförbrukning i Sverige låg på 25–35 kt/år. Den verkliga förbrukningen låg enligt avsnitt 1.6 vid 15–20 kt/år.

Internationellt räknar man med att en del av bortfallet på glas- och keramikmarknaderna skall kompenseras av ökad användning som fyllmedel i färg, gummi och plast. För Nordamerika uppskattas marknaden 1987 för fältspat/nefelinsyenit som fyllmedel till 64 kt/år, varav färg och lacker tar 90 %. Detta innebär att fältspatmineralen har lika stor marknad som mald kvarts i USA. I Europa torde fältspatens andel vara blygsammare.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Marknadsförutsättningarna för glas och keramik kan befaras bli desamma under 1990-talet som under 1980-talet; dvs. fortsatt stagnation. En ökad användning av glas och keramik/porslin som byggmaterial skulle förutsätta ett ökat byggande eller möjligen en framtvingad, minskad förbrukning av plaster av t.ex. miljö- eller oljebristskäl.

Sannolikare är att marknaden för fyllmedel i färg, lim, gummi och plaster fortsätter att öka. Färgmarknaden ökar med 1–2 % per år, men delar därav, såsom pulverfärger, beräknas öka 10–12 % per år. Även vattenlösliga färger fortsätter att öka. I båda fallen ställs högre krav på fyllmedel, vilket passar fältspatmineralen.

Även i plaster ökar fyllmedelsandelen och kraven på att fyllmedlet skall bindas kemiskt vid platen. Urvalet är dock stort. För industrigummi kan fältspatens egenskaper också komma att utnyttjas i större omfattning.

Underlag saknas emellertid för bedömningar i siffror. Försiktigtvis kan man tänka sig att dagens tonnagemässiga behov kvarstår med en förskjutning mot större andel fältspat/nefelinsyenit som fyllmedel. Detta innebär ökad finmalning, vilket kan leda till högre förädlingsvärden.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Fältspatmineralen har en viktig funktion som råvara och flussmedel vid glas- och keramiktillverkning. De traditionella natrium- och kalium-fältspaterna har delvis ersatts av nefelinsyenit av kvalitetsskäl. Som fyllmedel i färg, lim, gummi och plast utnyttjas fältspatens hårdhet, resistens mot sur miljö och ytkemiska egenskaper.
2. Fältspatmineral bryts och förädlas i en mångfald länder. De färdiga produkternas relativt låga prisnivå begränsar handeln, t.ex. inom Europa.
3. Sverige är i dag producent och exportör av fältspat, men kvantiteter och exportvärden är små i relation till den europeiska produktionen och handeln.
4. De traditionella avsättningsområdena, glas och keramik, saknar tillväxtpotential, men tillväxten som fyllmedel kan kompensera eventuellt fortsatt bortfall. Konkurrensen är hård på grund av överkapacitet i producentledet.
5. Villkor för lönsam brytning och förädling av fältspat eller nefelinsyenit i Sverige måste vara
 - att högkvalitativa produkter tillverkas,
 - belägenhet relativt nära hamn och sannolikt
 - en kombination med brytning av ren kvarts.En sådan hantering måste förutsätta möjlighet att konkurrera med finska, norska och kontinentala producenter.
6. Med intensifierade prospekteringsinsatser och en allt mer förfinad metodik kan man i framtiden säkert hitta nya kvarts- och fältspatförekomster i Sveriges berggrund. Några sådana förekomster i Mellansverige och i Norrland undersöks för närvarande närmare.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh, *Nyttosten i Sverige*, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971, s. 42–61.
2. MPU, *Industrimineral*, SOU 1977:75, s. 285–291, 420–421.
3. SIND, *Mineralbyrån, Fältspat*, 1982–02–22, 8 s.
4. E. Forssberg m.fl., *Utvinning av industrimineral*, Medd. Minfo nr 5, 1983, s. 38–39.
5. S.J. Lefond, *Industrial Minerals and Rocks*, 5th ed. Vol. 1, s. 709–722, Vol. 2, s. 931–960. Soc. Mining Eng., New York 1983.
6. P.W. Harben & R.L. Bates, *Geology of the Nonmetallics*, s. 19–20, 23–27. Metal Bull. Inc., New York 1984.
7. US Bureau of Mines, *Mineral facts and problems* 1985 ed., s. 255–263.
8. J. Robbins, *Feldspar and nepheline syenite; filling a need?* Ind. Minerals, sept. 1986, s. 69–101.
9. Anon. *Nepheline syenite & feldspar, functional filler/extender pigments. Raw Materials for Pigments, Fillers & Extenders*, s. 105–110. Industrial Minerals, London 1988.
10. R.W. Mommsen, *Nepheline syenite and feldspar as functional filler/extender pigments*. 8th Ind. Minerals Int. Congress, Boston 1988, s. 270–277.
11. US Bureau of Mines, *Mineral Commodity Summaries, Feldspar*, 1989.

Grafit

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	517
1.1	Grafit	517
1.1.1	Definitioner	517
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	517
1.2	Råvarutillgångar	519
1.3	Sveriges tillgångar	519
1.4	Framställningsteknik	519
1.5	Användningsområden	520
1.6	Konsumtion	521
1.7	Produktion större tillverkare	522
1.7.1	Sverige	523
1.7.2	Norge	523
1.7.3	Europa	524
1.7.4	Nord- och Sydamerika	524
1.8	Handel	524
1.9	Priser	525
1.10	Konkurrerande råvaror/material	526
1.11	Forskning och utveckling	526
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	527
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	528
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	529
	<i>Referenser</i>	530

1 Faktaavsnitt

1.1 Grafit

1.1.1 Definitioner

Grundämnet kol förekommer i naturen i två modifikationer, varav grafit utgör den ena (och diamant den andra). Denna typ av grafit benämns vanligen naturgrafit till skillnad från den grafit som tillverkas på industriell väg, kallad syntetisk grafit.

Naturlig grafit är ett vanligt mineral, som förekommer företrädesvis i skiffrar och gnejser. Mineralet har sitt ursprung i kolhaltiga sediment. Dessa sediment har utsatts för stark omvandling, främst genom höjd temperatur, varvid det organiska materialet överförts till grafit. Grafit förekommer sällan i helt ren form utan är i varierande utsträckning associerat med andra mineral som t.ex. fältspat, glimmer, kvarts, svavelkis m.fl. Oftast måste därför produkten anrikas för att kunna utnyttjas för kvalificerade industriella ändamål.

Syntetisk grafit (elektrografit) framställs i regel genom upphettning i elektriska ugnar av petroleumkoks och kolhaltiga bindemedel, exempelvis tjärbeck. Dess viktigaste användningsområde är tillverkning av anoder, elektroder och som uppkolningsmedel.

En annan typ av syntetisk grafit är *kimrök* (carbon black). Denna är en mycket finkornig kolprodukt framställd genom kondensation av kolpartiklar, som bildats genom krackning och partiell förbränning av olja med het luft och gas.

Kimrökens främsta industriella användning är som fyllmedel i gummiprodukter och särskilda färger (svärter).

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

Grafit är ett svart till grått, relativt mjukt och metalliskt glänsande mineral, som tack vare en unik kombination av fördelaktiga egenskaper fått en utbredd industriell användning. De egenskaper hos grafiten som utnyttjas är främst dess

- extrema mjukhet
- spaltbarhet
- mycket låga friktionskoefficient
- vidhäftningsförmåga
- temperaturväxlingsbeständighet
- goda resistens mot syror, slagger och smälta metaller

- goda blandbarhet
- höga ledningsförmåga för värme och el.

Beroende på kristallkornens storlek talar man om två typer av naturgrafit. Den flakiga, kristallina grafiten, *flinggrafiten*, består av fjäll-liknande partiklar i storlekar från 1 mm ända upp till 50 mm. Den *amorfa* grafitens partiklar är mycket mindre, mjukare och mindre glansiga än flinggrafitens. Egentligen är även denna grafit kristallin, men kristallerna är så små, mikro- eller kryptokristallina, att de kan ses endast i mikroskop. En rad mellanformer finns med varierande kristall- och kornstorlek; en mellanform; "vein graphite", "ådergrafit" liknar i egenskaper närmast den amorfa.

Tabell 18:1 återger gradering och kolhalt hos några grafittyper av olika ursprung medan tabell 18:2 visar kravspecifikationer för olika användningar.

Tabell 18:1 Beteckningar och egenskaper för naturgrafit av olika typ och ursprung

Ursprung	Beteckning	Korngradering	Kolhalt, %
Kina	Grov	80 % över 0,30 mm	85–90
	Medium	80 % över 0,20 mm	85–90
	Fin	50 % över 0,20 mm	80–90
Norge	Flingor	över 0,15 mm	90–92
	Pulver	85 % under 0,80 mm	80–82
Madagaskar	Grov	75 % över 0,40 mm	85–95
Sri Lanka	"Lumps"	över 10 mm	92–99
	Pulver	under 0,08 mm	70–99
Västtyskland	Pulver	—	50–100

Källa: J. Robbins, IM Refractories Survey 1986

Tabell 18:2 Kravspecifikationer (medelvärden) för naturgrafit inom olika användningsområden

Användning	Kornstorlek, mm	Kolhalt, %
Gjuteriblacker ¹	0,05–0,08	40–90
Deglar	över 0,15	80–90
Eldfasta tegel ¹	0,1–20	70–97
Bromsband	under 0,08	min 98
Batterielektroder	under 0,08	88–98
Kolborstar	under 0,15	95–99
Smörjmedel	0,05–0,10	98–99

¹ Kraven varierar starkt mellan enskilda ändamål; både amorf och kristallin grafit används.

Källa: A. Russell, Ind. Minerals, Dec. 1988

Genom syrabehandling kan en kristallin naturgrafit bringas att *expandera* i varierande omfattning. Den expanderade produkten får lägre densitet, dvs. större porositet, och blir därigenom mera värmeisolerande än ursprungsmaterialet.

1.2 Råvarutillgångar

Världens kända grafittillgångar överskrider 1 500 Mt enligt US Bureau of Mines' beräkningar.

De största reserverna finns i Kina, Korea, Sovjetunionen, Brasilien och Kanada. I Europa finns kända tillgångar av främst amorf grafit i Österrike, Västtyskland, Tjeckoslovakien och Rumänien samt av kristallin grafit i Norge.

Även Madagaskar och Sri Lanka är kända för sina förekomster av kristallin naturgrafit.

1.3 Sveriges tillgångar

Grafit förekommer i Sverige främst i gnejser och skiffrar. De geologiska förutsättningarna anses goda för en inhemsk brytning av grafit.

Landets största kända grafittillgångar finns inom Norrbottens län i trakterna av Vittangi, Masungsbyn och Övertorneå. En tillförlitlig uppskattning av grafitreserverna saknas emellertid. Grafitskiffrarnas mäktighet är oregelbunden och variationerna i grafit- och kishalter är stora i en samma horisont. Den bäst kända förekomsten är Nunasvaara statsgruvefält nära Vittangi. I detta fält beräknas mängden grafitskiffer med kolhalter över 28 % ned till 60 m djup vara 2 Mt. Svavelhalten är 3 %.

Inom gnejsregioner i Västerbottens, Västernorrlands och Gävleborgs län samt i trakterna kring Norberg finns vissa förutsättningar för att finna den attraktiva storfjälliga grafiten. Under 1980-talet har NSG bedömt ett 30-tal områden i mellersta Norrland som intressanta. Av dessa har en grafitfyndighet i Kringeltjärn, nära Edsbyn i Gävleborgs län, detaljundersökts under 1986–1989. Det rör sig om en grafitmineralisering med 10–12 % C. Anrikningsförsök tyder på att en god kvalitet med produktionsvärde 5 000 kr/t kan framställas med 85–90% utbyte.

Fyndigheten bedöms innehålla 1 Mt i den centrala delen, vilket är tillräckligt för att tillåta brytning i dagbrott.

1.4 Framställningsteknik

Metoderna för brytning och anrikning av naturgrafit beror till stor del på fyndighetens ursprung och karaktär. Såväl dagbrott som underjordsbrytning förekommer. Kolhalten i det brutna materialet kan variera från 3 % i metamorfa gnejsarter till över 95 % i grafitådror.

Tillverkningen inbegriper utöver krossning, malning och siktning vanligen tvättning, flotation i flera steg och torkning. I ett nytt kanadensiskt verk ingår dubbla lakningssteg i syfte att höja kolhalten över 99 %. – Ett typiskt processschema för ett kinesiskt grafitverk (från 1986) återges i figur 18:1.

Figur 18:1 Grafitproduktion, typiskt flytschema för tillverkning av flinggrafit i Kina



Källa: W.B. Hill. 7th Industrial Minerals Congress, Monte Carlo, 1986

Kolhalten i slutprodukten från olika tillverkare kan variera från 50–99,99 %. Huvuddelen ligger dock i intervallet 80–85 %. Jämför tabell 18:1.

1.5 Användningsområden

- Naturgrafit
 - Eldfasta massor och tegel (kol-, magnesit-, aloxidtegel)
 - Smältdeglar
 - Stoppare, tärningar, kokillsvärtor, blacker m.fl. stålverks- och gjuteriförnödenheter
 - Packmedel vid sätthärdning
 - Smörjmedel
 - Kolborstar i elmotorer
 - Batterielektroder
 - Bromsband (i bilar)
 - Färgpigment och fyllmedel
 - Blyertspennor
 - Moderator i kärnkraftverk
 - Grafitfibrer som armering i konstruktionsmaterial (för flygplan, bil-detaljer, sportredskap)

- Syntetisk grafit
 - Anod vid kloralkalielektrolys (klortillverkning)
 - Elektrod i ljusbågsugnar för stålsmältning och i ferrolegeringsugnar
 - Uppkolningsmedel (i form av grafitskrot) vid stål- och gjutjärnssmältning
 - Koltegel
 - Stålverks- och gjuteriförnödenheter som alternativ/komplement till naturgrafit

Den syntetiska grafiten används, som delvis framgår av ovanstående, ofta som alternativ till naturgrafiten. Detta beror dels på prisläget (grafitskrot är i regel billigare än naturgrafit), dels på de tekniska egenskaperna. Även andra alternativ till de båda grafittyperna finns.

Expanderad grafit ingår i en del isolerande täckmedel för värmeisolering av skänkar och kokiller i stålverksindustrin. Den kan också användas som brandhämmande tillsats i skumplaster för möbler etc.

1.6 Konsumtion

Världsproduktionen av naturgrafit har stigit successivt från ca 500 kt år 1974 till ca 700 kt år 1987–1988 (direkta konsumtionssiffror saknas).

Importen av naturlig grafit till Sverige uppgick 1974 till ca 1 000 ton och 1988 till 600 ton. Förbrukningen har legat på nivån 600–1 000 ton under den senaste 20-årsperioden. Importvärdet 1987 var 7 MSEK – Ingen produktion eller förädling av naturgrafit förekommer för närvarande i Sverige.

Två branscher dominerar förbrukningen, nämligen metallurgisk industri samt verkstadsindustri. Dessa svarar tillsammans för ca 70 % av den beräknade förbrukningen.

Inom stål- och metallverk samt gjuterier används naturgrafiten huvudsakligen för uppkolningsändamål och för ytbehandling (blackning) av gjutformar. Verkstadsindustrin förbrukar grafit främst för tillverkning av kolborstar till elektriska motorer, torrbatterier, Nife-ackumulatorer och i smörjande funktioner.

En ökad, indirekt förbrukning har uppstått genom att importerade eldfasta tegel med grafittillsats börjat användas under 80-talet i ökad omfattning.

I tabell 18:3 återges hur den svenska användningen av naturgrafit fördelade sig 1974 enligt MPU samt hur den ungefärligen torde fördela sig numera. Den verkliga förbrukningen inom metallurgisk industri är dock större än de ca 200 ton, som anges i tabell 18:3, då däri inte medräknats den grafit som finns i eldfasta tegel och gjuteriblacker.

Tabell 18:4 återger länderfördelningen enligt importstatistiken. En del av den importerade grafiten utgör reexport, dvs. ursprunget är ett tredje land.

Tabell 18:3 Användning av naturgrafit inom olika industrier i Sverige i ton/år enligt MPU för 1974 och uppskattning för 1988

Industrier	1974	1988
Metallurgisk industri		
inkl. eldfasta produkter	426	ca 200
Verkstadsindustri	354	ca 300
Kemikalie-, gödselmedels- och plastindustri	93	ca 100
Gruvor och mineralbrott	52	
Övriga (P&C, smörjmedel, asfalt, gummi m.m.)	75	
Summa	1 000	600

Tabell 18:4 Sveriges försörjning med naturgrafit, tonnage och importvärde enligt MPU resp. SCB:s statistik

Importland	1975		1987		1988	
	Ton	Mkr	Ton	Mkr	Ton	Mkr
Västtyskland	266		337	3,9	326	4,6
Storbritannien	116		260	0,8	76	0,4
Kina	80					
Österrike	200					
Norge	191					
Övriga	16		192	2,3	197	1,5
Summa	816	1,7	789	7,0	599	6,5

1.7 Produktion, större tillverkare

Som framgår av tabell 18:5 var världsproduktionen av naturgrafit ca 700 kt år 1987, varav Kina var den största producenten med ca 185 kt, följt av Sydkorea (100 kt) och Sovjetunionen (85 kt). Dessa tre länder svarar således för drygt 55 % av världsproduktionen. – I Brasilien har produktionen nära nog fördubblats på 5 år till nuvarande ca 50 kt/år.

Största europeiska producenter är Österrike och Tjeckoslovakien, medan Västtyskland har ringa egen produktion men stor förädlingsverksamhet.

Den amorfa grafiten torde utgöra 50–60 % av den totala grafitproduktionen.

Från Madagaskar och Sri Lanka kommer grafitkvaliteter som sedan länge ansetts vara av hög kvalitet och de enda tänkbara för vissa ändamål. Kvantitativt är dock produktionen i dessa länder begränsad.

Tabell 18:5 Världens produktion av naturgrafit i kt/år

Land	1973	1983	1987
Kina	30	185	185
Sydkorea	44	33	100
Sovjetunionen	82	80	84
Brasilien		28	47
Österrike	17	40	39
Mexico	65	44	37
Indien		43	29
Nordkorea	77	25	25
Tjeckoslovakien		27	25
Västtyskland	14	12	14
Zimbabwe		20	14
Madagaskar		13	13
Rumänien		13	12
Turkiet		5	12
Norge	7	8	
Sri Lanka		6	9
Övriga	36	2	50
Summa, Kt	372	584	695

Källa: A. Russell, Ind. Minerals, Dec. 1988 m.fl.

1.7.1 Sverige

För närvarande finns ingen produktion av naturgrafit i Sverige. Tidigare har dock grafit utvunnits i smärre kvantiteter på olika platser i landet. Dit hör Halvarsbänning utanför Norberg, där brytning förekommit från början av 1800-talet fram till 1920. Nordöst om Gällivare, vid Vehkovaara uttogs några tusen ton rågrafit med 50 % kol åren 1955–1958. Även i Gåmsvik på Härnön i Västernorrlands län har grafit brutits ut. Slutligen bröts 1935–1942 ca 2 000 ton grafit i Skälsta, i Håtuna, Uppsala län, där pegmatiten håller ca 25 % kol.

1.7.2 Norge

Från 1930-talet fram till en ödeläggande brand 1985 producerade amerikanskägda Skaland Grafitverk på ön Senja, söder om Tromsø, flinggrafit av hög kvalitet. Produktionen låg på senare år på 10 kt/år.

Företaget har nu västtyska Graphitwerk Kropfmühl som huvudägare. Verket är återuppbyggt till samma kapacitet men i modernt skick (40 anställda krävs i stället för tidigare 120). Produktionsstart planerad till juni 1989 har delvis försenats. Ca 60 % av färdigprodukterna skall hålla min 98 % kol.

Tillgångarna på rågrafit med 16–35 % kol (mv 25 %) beräknas räcka i minst 20 år. Ytterligare reserver anses finnas.

1.7.3 Europa

I Västeuropa produceras amorf grafit av två företag i Österrike; totalt 40 kt/år från fyndigheter med kolhalter varierande mellan 40 och 90 %. Jämte Skaland Grafit i Norge är Graphitwerk Kropfmühl i Västtyskland det enda företag i Europa som bryter och förädlar flinggrafit. Sammanlagt levereras ca 25 kt/år, varav 15 kt/år importeras som rågrafit från företagets gruva i Zimbabwe. I Östeuropa tillverkas grafit i Sovjet, Tjeckoslovakien och Rumänien, sannolikt i huvudsak amorf grafit.

I Schweiz tillverkar Alusuisseägda Lonza ur petroleumkoks en konstgjord kristallin grafit i pulverform med 99,9 % kol. Processen är mycket energikrävande och dyr, men ger en uppskattad produkt som exporteras till många i-länder.

1.7.4 Nord- och Sydamerika

I USA bryts numera ingen grafit, då tillgängliga förekomster anses för lågvärdiga för ekonomisk drift. I Kanada däremot producerar Graphite Asbury Quebec naturgrafit sedan början av 80-talet. Moderbolaget förädlar grafit på flera platser i USA.

Det bedrivs dessutom ett flertal projekt i Kanada med sikte på produktion av naturgrafit. Bl.a. har Cal Graphite börjat producera flinggrafit i Ontario, Kanada, sommaren 1989. Beräknad kapacitet är 75 t/dygn och 80 % av slutprodukten förväntas hålla över 94 % kol. Såväl flotation som lakning, dels med syra, dels med varm alkalilösning under tryck, skall tillämpas på återstoden, vars renhet beräknas bli upp till 99,97 % C. – En annan företagsgrupp med Princeton Resources Corp i spetsen avsåg att starta produktion i Bissett Creek under 1989. Man räknas med att ur 600 kt råvara med ca 3,3 % C tillverka ca 17 kt/år grovfjällig grafit med 90- 92 % C. Gruvan beräknas då räcka i 25 år.

I Brasilien har grafitproduktionen expanderat kraftigt. Det är företaget National de Grafit, som driver två gruvor med tillhörande anrikningsverk i delstaten Minas Gerais. Ett flertal kvaliteter av kristallin grafit tillverkas inkl. genom lakning framställd grafit med 99,6 % C. – Ytterligare expansion förbereds på basis av kända och väntade tillgångar.

I Mexico opererar ett flertal USA-styrda företag. Ca 50 % av USA:s import kommer från Mexico. Produktionen omfattar olika kvaliteter och beror till sin storlek i hög grad av efterfrågan i USA.

1.8 Handel

Det begränsade antalet producentländer gör att handeln med grafit är stor. USA importerar sålunda (främst från Mexico, Kina och Brasilien) hela sitt behov, 50–60 kt/år liksom Japan, nära 95 kt/år.

I Europa är Västtyskland och UK största importörerna. Dessa länder svarar för ungefär hälften av en total västeuropeisk import kring 100 kt. Av

Västtysklands import reexporteras drygt 10 kt efter förädling.

Största exportländerna är Kina och Sydkorea, men Västtyskland, Österrike, Madagaskar och Sri Lanka är också viktiga leverantörer genom sina höga och/eller speciella kvaliteter. – Den norska produktionen har också till 90 % gått på export.

De skilda egenskaperna hos grafit av olika ursprung bidrar till att handeln är så omfattande med inslag av import av vissa kvaliteter och export av andra, förädlade produkter från flera industriländer. De sammanlagda tonnagen för import och export under 1986 uppgick till 2/3 av världsproduktionen.

Möjligheten till substitution, dels mellan olika kvaliteter av naturgrafit, dels mellan dessa och syntetisk grafit, gör det svårt att få en detaljerad bild av grafithandelns omfattning och karaktär. Som exempel kan nämnas att i t.ex. USA används amorf grafit för uppkolning av stål – en betydande andel av grafiten går till detta ändamål – medan man i flertalet län der i Europa använder syntetisk grafit, antracit och petroleumkoks härför.

1.9 Priser

Det skiftande kvalitetsutbudet medför också att prisbilden är högst oenhetlig. Några prisexempel cif engelsk hamn, i säckar, gällande 1988 redovisas nedan för att markera spännvidden.

Tabell 18:6 Prisexempel cif engelsk hamn 1988

Beteckning	Kolhalt	SEK/ton
Flinggrafit + 10 mm,	92–99 % C (Sri Lanka)	3 300–6 600
" 80 % över 0,3 mm,	85–90 % C (Kina)	3 800–6 000
" 80 % över 0,2 mm,	85–90 % C (")	2 900–5 200
" 50 % över 0,2 mm,	80–95 % C	1 800–4 800
" pulver, – 75 µm,	80–85 % C	1 500–1 700
" pulver, – 75 µm,	97–99 % C	4 500–6 000
Amorf grafit pulver,	80–85 % C	1 100–2 100

Till jämförelsen hör också en notering för amorf grafit med 99,99 % på DM 20 000, dvs. ca 70 000 SEK/t. – För expanderad grafit betalades i England 1986 i storleksordningen 800–3 200 GBP/t, dvs. ca 8 000–32 000 SEK/t.

De stora prisvariationerna gör det svårt att beräkna ett totalvärde av världsproduktionen av naturgrafit. Antar man, att medelpriset är 3 000–4 000 SEK/t, skulle storleksordningen bli 2–3 miljarder kronor. Det samlade värdet av importen och exporten var efter samma mall 1,3–1,7 miljarder kronor under 1987.

För den amorfa grafiten har prisbilden varit tämligen stabil, medan fluktuationerna varit stora för flinggrafiten i takt med tillgången.

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Se avsnitt 1.5

1.11 Forskning och utveckling

Det är sannolikt, att FoU bedrivs främst av företag och institut i användarledet, t.ex. i kärnkraftsindustrin när det gäller grafitens användning som moderator i reaktorer samt i flygindustrin rörande kolfiberarmerade metaller och plaster.

Ett annat exempel härpå är utvecklingen av grafit i eldfasta magnesit- och aloxidtegel, som skedde i Japan till följd av kraven från den därstädes förbättrade tekniken för stålframställning.

Utveckling av grafithaltiga eldfasta material sker nu även hos europeiska tillverkare.

Utveckling av metoder för anrikning av grafithaltiga mineral torde bedrivas av företag och institutioner i producentländerna.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

En viss oro har rått på marknaden under 80-talet, delvis beroende på labiliteten i leveranser från länder som Sri Lanka och Madagaskar. Branden hos den norska leverantören har också stört marknaden. En viss brist har således rått på flinggrafit, som dock kompenseras av ökad export från Kina. Under 80-talets första hälft dubblerade Kina sin export.

En annan klar tendens har varit Japans kraftigt ökade import av flinggrafit. Det kan förmodas, att man där köpte upp grafit på lager för att säkra det starkt ökade behovet av tillsatser i eldfasta magnesit- och aloxid-tegel. Nedgången i den japanska stålproduktionen de senaste åren bör dock ha bromsat behovsutvecklingen. Däremot har motsvarande tendens inträtt hos europeiska tillverkare av eldfasta tegel och andra förnödenheter för stålverk.

Pulverformig naturgrafit, som framkommer i överskott vid produktion av grövre fraktioner, har delvis ersatt syntetisk grafite-skrot. Det senare har nämligen tidvis varit en bristvara i Europa.

Den varierande tillgången på grafit av vissa typer har lärt förbrukarna att komponera sina produkter på basis av flera, mer eller mindre utbytbara grafitsorter i stället för att som tidigare vara helt beroende av en viss källa. Detta har bidragit till att stabilisera marknaden även prismässigt – även om vissa kvaliteter fluktuerat högst avsevärt i pris mellan brist- och överskottstillfällen. – Under 1988 har uppstått en brist på naturgrafit genom att Kinas export sjunkit med 10–20 kt. Förutsägelser finns om att bortfallet från Kina blir 20–30 kt för 1989. Prisökningar på 10–20 % har noterats i snitt under 1988.

I Sverige har ganska litet hänt när det gäller användningen av naturgrafit. För uppkolning används främst syntetisk grafite-skrot, petroleumkoks och antracit. Uppkolningsgrafit av hög kvalitet tillverkas numera på basis av petroleumkoks i Sverige av Kemanord AB.

Eldfasta tegel, stoppare, tärningar etc. tillverkas inte i Sverige, varför den ökade grafitförbrukningen i dessa hänseenden sker genom import av tegel etc. främst från UK och Västtyskland.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Med den utveckling som stålindustrin har mot snabb nedsmältning i ugn, raffinering i skänk samt kontinuerlig gjutning i allt längre skänkssekvenser torde högeldfasta grafit/kol-haltiga tegel och förnödenheter bli allt mer efterfrågade. Tekniken att komponera olika grafittyper, såsom grovkristallina och amorfa, för att optimera teglens slagg- och temperaturrestans kommer sannolikt att utvecklas vidare.

Under ytterligare en tid kan ökad förbrukning av grafit förväntas i bromsband för bilar. Grafiten är dock endast ett av alternativen till den asbest som skall bytas ut.

Expanderad grafit kan få ökad användning som brandhämmande tillsats i skumplaster för möbler och annan inredning. Alternativa material finns dock.

I takt med stegrade krav på konstruktionsmaterialen kan behovet av kolfibrer öka. Kvantitetsmässigt torde det vara av mindre betydelse, men vid hög förädlingsgrad kan produktvärdet vara intressant.

För andra områden kan inga markanta tendenser noteras. Förbrukningen av naturgrafit kan där antas följa den allmänna utvecklingen för verkstadsindustrin och dess underleverantörer.

Under de kommande åren förväntas Kina behålla mer av sin produktion för egna behov. Detta kompenseras dock av export från Brasilien, Kanada och Norge, där nya anläggningar tas i drift. Pågående projekt i Kanada kan teoretiskt tillföra en kapacitet på 50 kt/år.

Tillgång och efterfrågan kan i övrigt väntas fortsätta att följa konjunkturvariationerna. Prisutvecklingen följer sannolikt också mycket nära samma mönster som hittills.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Naturgrafit har en etablerad industriell användning, baserad på att vissa av dess egenskaper är unika. På dessa områden är den i vissa fall utbytbar mot syntetisk grafrit. – Ökad användning kan tänkas för specialkvaliteter.
2. Naturgrafit bryts och anrikas i ett begränsat antal länder. Den huvudsakliga produktionen liksom kända reserver finns utanför Europa. Världens samlade reserver bedöms omfatta 1 500 Mt. Framställda kvaliteter beror av fyndighetens art.
3. Handeln med grafrit är stor och världsomspännande. Av världsproduktionen på 650 kt/år omfattas 2/3 av export/import. Kvalitetsutbud och prislägen är heterogena, vilket gör det svårt att beräkna världsproduktionens värde, men en grov uppskattning pekar på 2 000–3 000 MSEK.
4. Sveriges förbrukning ligger under 1 000 t/år till ett importvärde kring 7 MSEK. Produktion saknas. Importen kommer från England, Västtyskland och Österrike samt Norge.
5. I Västeuropa producerar endast Västtyskland, Österrike och Norge (undantag åren 1985–1989) från egna fyndigheter. I Östeuropa är Sovjetunionen, Tjeckoslovakien och Rumänien producenter. Till Västeuropa importeras uppskattningsvis 100 kt/år, varav en betydande del från Kina och Zimbabwe.
6. Geologiska förutsättningar för att finna grafritmineraliseringar i Sverige föreligger. Ett antal sådana är kända och en ny sådan detaljstuderas för närvarande.
7. Förutsättningar för svensk brytning och förädling av grafrit är, att man ur en fyndighet med relativt hög halt av grafrit i råvaran med avancerad teknik kan framställa grovkristallina produkter med kolhalter över 85 % eller finkornigare material med kolhalter över 97 %.
8. Att döma av vad som sker vid nyetablering utomlands bör en produktionsstart baseras på försäljning i huvudsak på den europeiska marknaden av minst 10 kt/år av högkvalitativa produkter. Den kända reserven bör räcka 25 år vid planerat råvaruuttag. Frågor kring miljöskydd och energibehov torde inte vara av annorlunda karaktär än vid annan gruvarbete och mineralberedning.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh, *Nyttosten i Sverige*, s. 79–83, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971.
2. MPU, *Industrimineral*, SOU 1977:75, s. 307–311.
3. S.J. Lefond, *Industrial Minerals and Rocks*, 5th ed. Vol. 2, s. 757–773. Soc. Mining Eng. New York 1983.
4. P.W. Harben & R.L. Bates, *Geology of the Nonmetallics*, s. 356–363. Metal bull. Inc. New York 1984.
5. US Bureau of Mines, *Mineral facts and problems*, 1985 ed. Graphite, s. 339–348.
6. J. Robbins, Graphite, drawing on mixed sources. *Ind. Minerals Refractories Survey* 1986, s. 143–149.
7. Anon. Natural graphite, the dawn of tight markets. *Ind. Minerals Refractories Survey* 1986, s. 150–157.
8. W.B. Hill, China – a source of flake graphite for the refractories industry. 7th *Ind. Minerals Int. Congress*, Monte Carlo 1986, Vol. 1, s. 181–189.
9. Anon. A graphite phoenix to rise from the ashes. *Ind. Minerals*, Febr. 1987, s. 7.
10. A. Russell, Graphite, current shortfalls in flake supply. *Ind. Minerals*, Dec. 1988, s. 23–43.
11. US Bureau of Mines, *Mineral Commodity Summaries*, Jan. 1989, Graphite (natural).
12. Anon. Skaland Grafitverk kommer i drift igjen. *Bergverks-Nytt* (35) 1989:febr., s. 4–5.
13. P. Lawson, Graphite. *Metals and Minerals Annual Review* 1989, s. C99-C100.
14. Anon. Diverse notiser om grafitföretag. *Ind. Minerals* 1987–1989.

Kaolin

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	533
1.1	Kaolin	533
1.1.1	Definitioner	533
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	533
1.2	Råvarutillgångar	534
1.3	Sveriges tillgångar	535
1.4	Framställningsteknik	535
1.5	Användningsområden	536
1.5.1	Papper	536
1.6	Konsumtion	537
1.7	Produktion, större tillverkare	538
1.7.1	Sverige	539
1.7.2	England	539
1.7.3	USA	539
1.8	Handel	539
1.9	Priser	540
1.10	Konkurrerande råvaror/material	541
1.11	Forskning och utveckling	541
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	542
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	543
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	544
	<i>Referenser</i>	545

1 Faktaavsnitt

1.1 Kaolin

1.1.1 Definitioner

Kaolin är oftast en vit, mjuk, plastisk lera som i huvudsak består av mineralen kaolinit, ett vattenhaltigt aluminiumsilikat uppblandat med kvarts, glimmer, m.fl. mineral. Det har bildats genom vittring av granit, gnejs och andra fältspatförande bergarter och uppträder antingen primärt i oförändrat läge ("in situ") vid vittringsplatsen eller sekundärt (sedimentärt) borttransporterat från moderberget.

Kaolin är således *en* typ av industriellt använd lera. Andra sådana leror är chamotte (ball clay, fire clay, flint clay) och bentonit, vilka dock inte behandlas i denna utredning, då sannolikheten för att finna konkurrenskraftiga tillgångar i Sverige bedömts som ringa.

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

Beroende på ursprung och förädlingsgrad får färdiga kaolinprodukter skilda egenskaper, vilka gör dem lämpade för det ena eller andra användningsområdet.

Egenskaper som utnyttjas i porslin och andra keramiska produkter är kaolinen's eldfasthet, låga ledningsförmåga för värme och el samt vitbrännande förmåga.

Kaolin för pappersindustrin är plastisk, föga nötande, täckande och vit, vilket gör den lämpad framför allt som fyllmedel och bestrykningsmedel. De längst gående kraven på renhet och därmed vithet ställs på kaolin i bestrykningsmedel.

Tabell 19:1 visar kemisk analys och kornstorlekar hos några kaolinmineral.

Tabell 19:1 Kemiska analyser för några olika typer av kaolinmineral

	Georgia (Macon)	Cornwall (St. Austell)	Billinge (Skåne)
SiO ₂	45,2	46,8	45,5
Al ₂ O ₃	37,0	37,8	38,8
Fe ₂ O ₃ +FeO	0,33	0,56	0,40
TiO ₂	1,26	0,02	0,18
CaO	0,52	0,13	0,05
MgO	0,47	0,24	0,10
Na ₂ O	0,36	0,05	0,2
K ₂ O	0,49	1,49	0,1
Li ₂ O	-	0,03	-
F	-	0,24	-
H ₂ O	14,8	12,8	13,5

Källa: Ind. Minerals and Rocks, Vol. 1. Soc. Mining Eng. New York 1983 samt NSG

1.2 Råvarutillgångar

Kaolin innehåller förutom det eftertraktade mineralet kaolinit ($\text{Al}_4[(\text{OH})_8\text{Si}_4\text{O}_{10}]$) ofta andra lermineral, glimmer, fältspat, kvarts samt små mängder av olika malmmineral. Kaolinen sammansättning varierar avsevärt mellan olika fyndigheter. Som vittringsprodukt av urberget kan kaolinen vara vit eller ha nyanser i rött och grönt.

På många håll har residualkaolinen brutits upp av erosionen och om-sedimenterats till kaolin i sekundärt läge. Den är då sorterad och homogen, men kan innehålla större mängder av organiska ämnen som gör kaolinen gråfärgad.

Även om kaolinproduktion förekommer i många länder, är det endast ett fåtal som har förekomster av betydelsefull storlek och lämpade för att tillverka kaolin av högsta kvalitet. De viktigaste finns i USA, England, Brasilien och Australien. Mindre förekomster finns i Västtyskland, Frankrike och Spanien. Kvaliteter för fyllmedel i papper kan tillverkas ur fyndigheter i ytterligare några länder.

Kända reserver i kaolinbältet genom S. Carolina, Georgia och Alabama uppges till 7–10 miljarder ton. Kaolinen ligger där i sekundärt läge ovanpå sedimentär berggrund.

I Cornwall-förekomsterna i England har kaolinen bildats genom hydro-thermal omvandling av en granit. Denna är kaolinitiserad till mer än 250 m djup. – Uppgifter finns som tyder på att kaolinreserverna kan beräknas räcka minst 100 år.

I Finland pågår prospektering efter kaolin sedan 1978. Det planmässiga arbetet härmed beräknas fortgå flera år till. Hittills har man bl.a. hittat förekomster i södra Finland (Virtasalmi), som bedöms duga till bl.a. fyllmedel i papper.

1.3 Sveriges tillgångar

Kaolin av skiftande kvalitet förekommer på flera ställen i Skåne. Ett omfattande prospekteringsarbete pågår där för att lokalisera sådana kaolin-förekomster som kan ge en produkt, som är acceptabel för pappersindustrin. – Se vidare avsnitt 1.7 härom.

Några mindre förekomster är kända från Mellansverige och Norrbotten.

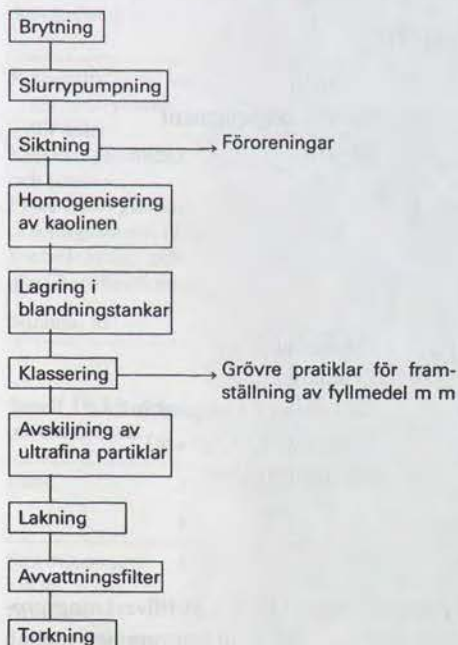
1.4 Framställningsteknik

Kommersiellt utnyttjade, primärt bildade kaolinförekomster kan hålla från 9–13 % och de sekundärt bildade ända upp till 95 % kaolinit.

Mineralet utvinns i dagbrott genom avbaning och utgrävning eller, i vissa fall, genom utspolning med vattenkanon. Den vidare behandlingen är beroende av kvalitetskraven i den slutliga användningen. Kaolin för pappersbetrykning (se nedan) t.ex. hör till de kvaliteter, som kräver relativt omfattande förädling innefattande bl.a. blekning, delaminering och flotation.

De första beredningsstegen innebär att man avlägsnar icke-lermineralen, stenen, i sedimentationsbehållare, cykloner eller klasserare. Detta innebär också att material över 45 μm tas bort.

Figur 19:1 Exempel på flytschema för kaolinproduktion i verk i USA



I de följande stegen kan torra eller våta processer användas. De förra ger mindre rena, billigare produkter, medan de senare nyttjas när kaolinen måste renas genom syrablekning, flotation eller starkmagnetisk separation i avseende på t.ex. järn, titan och glimmer.

Delaminering innebär, att de relativt tjocka "packarna" (skikten) av kaoliniten spaltas upp i tunnare skikt. Detta sker genom en våtskrubbande malning och extrudering.

Avvattning på vacuumfilter och torkning i roterande ugnar avslutar tillverkningsstegen. Alternativt förs den renade kaolinen över i slurryform för transport till kund. Det senare är speciellt vanligt vid leverans till pappersindustrin; även om kaolinen transporteras till användarlandet i torkad form. – Ett exempel på flytschema från ett amerikanskt verk visas i figur 19:1.

Även kalcinering vid ca 1050°C förekommer som vidareförädling. Härvid omvandlas kaolinen till mullit, kiselaluminium-spinell och kristobalit. Denna produkt blir hårdare, vitare, klarare och får bättre täckande förmåga.

Brytning i kaolinlera sker i relativt tunna lager i marken och kräver därför stora ytor. I kombination med uppkomsten av en stor andel restprodukter leder detta till att betydande återställningsarbete fordras efter avslutad brytning.

Det stora antalet processteg vid framställning av rena kaolinkvaliteter medför att den kan bli förhållandevis energikrävande.

1.5 Användningsområden

Tryckpapper	Fyllmedel
	Bestrykningspigment
Porslin och keramik	Råvara
– Hushålls-	
– Sanitets-	
– Eldfast	
– Vägg- och golvplattor	
– Elisolatorer	
Gummi	Fyllmedel
Färg	Fyllmedel
Svetelektroder	Komponent i hölje och flux
Glasfiber	Råvara (Al ₂ O ₃ -givare)
Aluminium	Råvara (tänkbar)

1.5.1 Papper

Som *fyllmedel* tillsätts kaolin till pappersmassan i början av tillverkningsprocessen för papper. Kornen (storlek 1–10 µm) fyller ut tomrummen mellan cellulosafibrerna och ger på så sätt ett slätare och jämnare papper. Detta möjliggör högre ljushet, bättre porstruktur och bättre ytstruktur; egen-

skaper som alla bidrar till ökad tryckbarhet hos papperet. – Tillsatserna av mineral ligger vid 5–30 % av pappersvikten.

Bestrykningsmedel tillsätts på det färdiga papperets yta för att göra denna jämn och glansig och därmed lämpad för högkvalitativt färgtryck. Kaolinen är här blandad med ett bindemedel av latextyp till en smet. Kraven på ljushet och finkornighet (75–95 % under 2 μm) är här ändå högre än vid användning som fyllmedel. – Andelen mineral uppgår ofta till 30–35 % i bestrukna tryckpapper.

1.6 Konsumtion

Sveriges kaolinförbrukning uppgick 1974 till ca 280 kt. Lågkonjunkturåren 1975 och 1976 sjönk förbrukningen väsentligt. Den har sedan dess stigit och nådde 1987 nivån 440 kt, och ett värde av 370 MSEK. Härav svarar pappersindustrin för närmare 80 %. Se tabell 19:2. De viktigaste användningssektorerna är i övrigt tillverkning av eldfasta produkter, porslin och glasfiber. Förbrukningen inom dessa områden har dock stagnerat. Den svenska importens fördelning framgår av tabell 19:3.

Tabell 19:2 Förbrukning av kaolin i Sverige inom olika användningsområden, kt/år.
– Siffrorna för 1987–1988 är beräknade på basis av importstatistiken och uppgifter från pappersindustrin.

Användning	1974 (enl. MPU)	Prognos för 1985 (enl. MPU)	1987–1988
Pappersindustri, varav	217	380	390
för bestrykning	80	140	140
för filler	137	240	250
Eldfasta produkter och porslin	47	47	22
Filler inom gummi- och färgindustri m.m.	8	11	10
Svetselktrod- och glasfibertillverkning	9	18	20
Summa, kt	281	456	442

Tabell 19:3 Sveriges import av kaolin från olika länder, kt och MSEK enligt importstatistiken

Land	1970	1975	1987	1988		
	kt	kt	kt	MSEK	kt	MSEK
Storbritannien	199	195	349	261	362	287
USA	32	14	60	82	46	69
Brasilien	-	-	15	15	11	11
Tjeckoslovakien	3	8	13	9	15	11
Övriga länder	4	6	5	3	7	7
Summa	238	223	442	370	441	385

Ca 50 % av kaolintillförseln lämnar åter landet genom export av papper och eldfasta produkter. Även import av eldfasta kaolinhaltiga produkter förekommer. Tillförseln av kaolin i denna form är svår att ange.

Den globala produktionen av kaolin uppgick 1974 till ca 16 Mt. Den har sedan dess växt i snitt ca 1/2 Mt per år för att 1987 nå 21,2 Mt. – Konsumtionen kan antas hålla sig i samma storleksordning, då någon större lageruppbyggnad inte förekommer.

Viss osäkerhet i statistiken, både den svenska och den internationella, kan finnas genom att närbesläktade leror kan ha räknats med.

1.7 Produktion, större tillverkare

Kaolin produceras i nära 50 länder i världen. Flertalet av dessa har emellertid en produktion som understiger 1 % av världsproduktionen, och många av de brutna fyndigheterna är av låg kvalitet jämfört med de högkvalitativa kaolintillgångar, som exploateras i USA och Storbritannien. Dessa två länder har de bästa och största nu kända kaolintillgångarna och dominerar tillsammans världsmarknaden med en produktionsandel på drygt 50 %.

Vid sidan av USA och Storbritannien är Sovjetunionen den största producenten, dock i huvudsak för eget bruk. Sydkorea, Indien, Brasilien, Frankrike, Tjeckoslovakien, Västtyskland och Rumänien är andra viktiga producentländer. Drygt 80 % av världsproduktionen har sitt ursprung i nämnda länder. Under 1987 nådde världsproduktionen över 21 Mt. Se vidare tabell 19:4.

Tabell 19:4 De största producentländerna för kaolin under 1987

Land	Kt
USA	8 008 ¹
Storbritannien	3 059 ²
Sovjetunionen	3 000 ³
Brasilien	700 ³
Västtyskland	553
Tjeckoslovakien	551
Sydkorea	547
Kina	500 ³
Rumänien	400 ³
Frankrike	309
Jugoslavien	219
Australien	177
Östtyskland	150 ³
Grekland	150
Summa	18 323
Övriga länder ²	2 887
Världsproduktion	21 200

¹ För 1988 beräknas produktionen vara ca 9,5 Mt.

² För 1988 uppges produktionen vara ca 3,4 Mt.

³ Uppskattade siffror

1.7.1 Sverige

Den svenska produktionen av kaolin har på senare år varit begränsad till Höganäs ABs brytning i Näsrum i Skåne. Man tog under 80-talet ut ca 12 kt/år, som gick till företagets produktion av chamottetegel. (För detta ändamål tog man också ut ca 20 kt chamottelera i Bjuv.)

Fyndigheten i Näsrum är vilande sedan några år. Produktionen har ersatts av import.

Sedan flera år tillbaka studerar NSG, numera tillsammans med det finska bolaget Partek, möjligheterna för mera omfattande brytning av kaolin i Billinge i Skåne. Om en brytning och förädling skall komma igång inom ramen för samarbetet mellan NSG och Partek torde sannolikt ett beslut att gå vidare i projektet att fattas under 1990, sedan ytterligare prospektering gjorts i syfte att klarlägga förekomstens storlek.

Den aktuella fyndigheten är av primär typ, liknande de engelska i Cornwall och dess storlek är beräknad till 20 Mt.

Hittills utförda studier pekar på att den renade kaolinen är användbar som fyllmedel och bstrykningspigment i papper.

En produktionsanläggning med en kapacitet av 100 kt/år, beräknas kosta 200–250 MSEK i investeringar.

1.7.2 England

Den engelska kaolinproduktionen på drygt 3 Mt/år kommer till 90 % från ECC International Ltd.'s 22 brott i Cornwall och Devon. ECC driver dessutom anläggningar i andra länder, såsom Australien, Brasilien och USA. Ca 80 % går till pappersindustrin och 10 % till den keramiska industrin.

Ytterligare tre företag bedriver kaolinframställning i England och svarar sammanlagt för återstående 10 %. Produktionen går främst till keramik- och glasfibertillverkning.

1.7.3 USA

I USA produceras över 7 Mt/år i kaolinbrotten i S. Carolina, Georgia och Alabama. Sex företag svarar för huvuddelen av produktionen, nämligen Georgia Kaolin, ECC America, Nord Kaolin, J.M. Huber, Thiele Kaolin och Engelhard. Dessa tillverkar i nivån 0,5–1 Mt/år vardera för såväl pappersindustrin som andra förbrukare. Den totala kaolinproduktionen i USA uppgick år 1988 till 9,5 Mt.

1.8 Handel

Den internationella handeln med kaolin är relativt omfattande för att vara ett lermineral. Den berör ca 25 % av produktionen. Det beror inte bara på att utvinningen domineras av ett fåtal länder, utan också på att kaolin-

fyndigheterna är av olika kvalitet, vissa med begränsade användningsmöjligheter. Av den anledningen är bl.a. Västtyskland och Frankrike både stora export- och importländer. Importen till Europa från utomeuropeiska länder uppgick år 1987 till 750 kt, varav 2/3 kom från USA.

Framför allt när det gäller bestrykningskaoliner för pappersindustrin har USA och Storbritannien hittills varit så gott som helt utan konkurrens. Särskilt stark har Storbritanniens ställning varit.

Storbritannien exporterar nämligen nära 90 % av sin kaolinproduktion och dominerar därmed den internationella handeln. Dess andel av världshandeln ligger kring 50 %. Den engelska exporten uppgick 1987 till 2,6 Mt till ett värde av ca 1 900 MSEK.

USA svarar för 25 % av världshandeln genom sin export av ca 1,25 Mt till Europa, Kanada och Fjärran Östern.

Kaolinbehovet inom den svenska pappersindustrin tillgodoses till närmare 80 % av leveranser från Storbritannien (både filler- och bestrykningskvaliteter), till 15 % av USA (främst bestrykningskaolin) och till resterande 5 % av Brasilien och Tjeckoslovakien. Se vidare tabell 19:3, som också visar att importens totala värde år 1987 var 370 MSEK.

Den sammanlagda importen till Finland, Norge och Sverige från England under 1986 uppges till nära 1 Mt. Den totala importen till Finland uppges till 800 kt för 1987. Värdet härav var 650 MSEK (465 MFIM).

1.9 Priser

De stora kvalitetsskillnaderna gör att ett enhetligt pris på kaolin inte kan anges. Noteringarna i tidskriften *Industrial Minerals* i tabell 19:5 kan här få illustrera ungefärliga nivåer, skillnaden mellan olika kvaliteter samt prisutvecklingen under 80-talet (SEK/t, fob, i bulk).

Tabell 19:5 Prisnivåer för olika typer av kaolin i SEK/t, fob engelsk hamn, i bulk

Kaolinkvalitet	1977	1982	Jan 1989
Bestrykning, papper	235–345	690–1265	825–1320
Fyllmedel, papper	95–160	460– 690	440– 660
Keramisk	90–185	285– 750	330– 880

Källa: *Industrial Minerals*

Det genomsnittliga importvärdet för kaolin till Sverige var 1975 280 SEK/t. År 1987 var det 837 SEK/t i löpande penningvärde.

I perioden 1977–1982 steg priserna uppenbarligen kraftigt, även räknat i fast penningvärde. Sedan dess har nivån legat i stort sett stilla. Den har t.o.m. sjunkit för fyllmedelskaolinen.

De höga priserna för kaolin som ingår i bestrykningsmedel för papper betingas av kraven på vithet, absolut frihet från hårda föroreningar och bestämda kornstorlekar.

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Huvuddelen, 70–75 %, av de fyllmedel och bstrykningsmedel som i Sverige används i papper är kaolin. Som alternativ finns kalciumkarbonat (krita) och talk.

I Sverige har de flesta tillverkarna av finpapper nu gått över till alkaliska processer, vilket möjliggör att man byter ut kaolinen mot den billigare kritan som fyllmedel. I Finland har man i stället utvecklat en talkkvalitet som ersättning för kaolinen. Tabell 19:6 ger jämförande egenskapsvärden för dessa olika material, använda som fyllmedel.

Se även bilagorna om Kalksten resp. Talk.

Tabell 19:6 Typiska analysdata för normala fyllmedel för papper

Fyllmedel	Ljushet %	Spec. yta m ² /g	Partiklar 2 µm
Kaolin	76–82	5–10	12–45
Kalciumkarbonat			
Krita	80–82	2,5– 5	35–50
Mald kalksten	82–83	ca 5	50
Talk	81–86	6–10	20–50

Källa: I. Fineman, Föredrag vid industrimineraldag 1989

1.11 Forskning och utveckling

En betydande forskning kring kaolinen användning i papper bedrivs vid branschanknutna institut i viktiga pappersproducerande länder. En framträdande roll spelar härvid STFI i Stockholm. Forskningen syftar bl.a. till att optimera industrimineralens egenskaper i syfte att möjliggöra ökande tillsatser.

Förädling och förbättring av minarelegenskaper och processer torde i första hand bedrivas av dominerande kaolintillverkare, såsom UK-baserade, multinationella ECC och de ledande amerikanska företagen.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Såväl internationellt som för svensk del kan den växande förbrukningen av kaolin tillskrivas *pappersindustrins* utveckling. Ökade kostnader för träfibrerna i pappersmassan gör det attraktivt att ersätta dessa med kaolin, samtidigt som denna i bstrykningsmedel förbättrar papperets tryckbarhet. Det är främst för högkvalitativt färgtryck och skrivpapper, som den jämnare och glansigare ytan med kaolin är attraktiv. Andelen kaolin kan i sådana papperskvaliteter numera överstiga 35 % (i tidningspapper ingår endast 3–5 % kaolin). Förbrukningen av nämnda typer av papper för högkvalitativt färgtryck har ökat avsevärt under 80-talet.

För närvarande tycks en brist på kaolin för fillerändamål råda i Europa av olika skäl. Som fyllmedel har kaolin å andra sidan av flera pappersbruk ersatts med kalciumkarbonat eller talk såsom varande billigare produkter. Ett sådant byte vid en pappers-line förutsätter beslut om ändrad process och viss investering, som hittills utgjort bromsande faktorer. – Även i bstrykningsmedel har kaolinen börjat få konkurrens av fältt eller malt kalciumkarbonat och talk.

Den minskade byggnationen har lett till stagnerat eller minskat behov av kaolin inom *porslins-* och *keramik*sektorerna. Detsamma gäller i tillverkningen av eldfasta tegel och massor, där minskad stålproduktion är den främsta orsaken. Övergång till mera högeldfasta aloxidtegel har också bidragit till att kaolinen ersatts med andra aluminiumsilikat-mineral.

I stället har efterfrågan på kaolin ökat inom *färg*industrin. Detta gäller den brända (kalcinerade) kaolinen, vilken på grund av sin vithet och täckförmåga kan sänka behovet av titandioxid i färgen (gäller även i papper). Titandioxiden har under 80-talet stigit kraftigt i efterfrågan och pris, vilket tidvis lett till bristsituationer. Särskilt i vattenbaserade färger passar den vattentvättade kaolinen väl in.

Inom *plast*industrin används kaolinen främst i PVC-belagda elkablar. Utom lägre kostnad ger kaolinen här minskad elektrisk ledningsförmåga åt plasten – även vid små tillsatser. – I andra plaster liksom i gummi tillsätts kaolin för att ge bättre mekaniska egenskaper eller som ersättning för den dyrare titandioxiden.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Utvecklingen på papperssidan torde komma att fortsätta vad beträffar ökat behov av kaolin i tryck- och skrivpapper. Dessutom förefaller tillverkningen av s.k. lättviktpapper att öka med 3–4 % per år, vilket medför ökat behov av kaolin i samma takt.

Övergången från kaolin till den billigare kalciumkarbonaten som fyllmedel i papper väntas accelerera allteftersom erfarenhet byggs upp och fler tillverkare går över till alkaliska processer. Svenska utredningar har gett vid handen att all ökad fyllmedelsförbrukning kommer att ske i form av kalciumkarbonat. Fällt eller malt kalciumkarbonat och eventuellt gips förväntas ta över en del av kaolinens roll i bestrykningsmedel.

Brist på titanoxid och därav betingade prisökningar bedöms öka efterfrågan på bränd kaolin som ersättning både i pappers-, färg- och plastindustrin. Även ljusa fyllmedel behövs.

Den allmänna tendensen att genom ytbehandling förbättra bindningen mellan fyllmedlet och basmaterialet omfattar givetvis även kaolin.

Övriga berörda marknader torde inte komma att utnyttja kaolin i större omfattning än i dag. Av de skäl som anförts ovan är minskad användning ett troligare alternativ. Särskilt på det eldfast-keramiska området finns andra material med egenskaper som bättre motsvarar de höjda kraven på eldfasthet.

Det högre försäljningsvärdet för högrena, vita kaolinprodukter på papperssidan och i övrigt som titandioxid-substitut leder sannolikt till att alltmer av kaolinproduktionen riktas in på långt drivna förädlingssteg.

Mot bakgrund av att den svenska pappersindustrin förväntas fortsätta att förbruka stora mängder importerad kaolin bör inhemsk produktion vara attraktiv.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Kaolin har på grund av sina egenskaper, flakighet, mjukhet, ljushet, kemisk resistens, fått en mycket utbredd användning som fyllmedel och bstrykningspigment vid papperstillverkning.
2. Kaolin kommer även i framtiden att vara en viktig mineralråvara för pappersindustrin. Den förenar i sig många egenskaper som är viktiga tekniskt och ekonomiskt, när man vill tillverka tryckpapper.
Även som fyllmedel i färg, plast och gummi förväntas kaolin behålla och utöka sin andel. Likaså förblir den en viktig råvara i den keramiska industrin.
3. Tillverkningen av högkvalitativa kaolinprodukter för pappersindustrin är koncentrerad till USA och England. Tillgången på reserver och produktionskapacitet är också hög i dessa länder.
4. Svensk pappersindustri är helt beroende av import, speciellt från England. I dag importerar Sverige ca 440 kt/år till ett värde av ca 370 MSEK, varav 80 % går till pappersindustrin. Även om kalkprodukter (krita, malt eller fällt kalciumkarbonat) delvis kan väntas ersätta kaolinen, kan ett behov i nämnd storleksordning antas kvarstå.
5. Det är därför värdefullt att undersöka om svensk produktion av kaolin är möjlig. En sådan förutsätter givetvis att kvaliteter kan tillverkas, som tillfredsställer pappersindustrins behov, åtminstone som fyllmedel, till priser jämförbara med importprodukternas. Marknaden för svensktillverkade papperskaoliner bör kunna inkludera Finland och Norge.
6. Bland förutsättningarna för konkurrenskraft ingår att brytning och processteg i produktionen inte belastas med miljö- och energikostnader, som blir alltför betungande i förhållande till de volymer som kan tänkas bli framställda.
7. Om nu aktuell fyndighet inte bedöms vara tekniskt/ekonomiskt lämpad för brytning, bör andra alternativ sökas.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh, Nyttosten i Sverige, s. 75–78, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971.
2. MPU, Industrimineral, SOU 1977:75, s. 349–360.
3. S.J. Lefond, Industrial Minerals and Rocks, 5th ed. Vol. 1, s. 585–651. Soc. Mining Eng. New York 1983.
4. E. Forssberg m.fl. Utvinning av industrimineral, Medd. Minfo Nr 5, 1983, s. 48–49.
5. P.W. Harben & R.L. Bates, Geology of the Nonmetallics, s. 87–125. Metal Bull. Inc. New York 1984.
6. US Bureau of Mines, Mineral facts and problems, 1985 ed. Clays, s. 157–169.
7. R.J. Benbow, Kaolin: Paper underpins current demand. Ind. Minerals, July 1987, s. 62–87. Även: Raw materials for pigments, fillers & extenders, s. 58–69. Ind. Minerals, London 1988.
8. Anon. Kaolin, Metals & Minerals Annual Review, 1989, s C11. Y.O. Pekkala, Kaolin potential in Finland, 8th Industrial Minerals Int. Congress, Boston 1988, s. 131–137.
9. US Bureau of Mines, Mineral commodity summaries, Clays, 1988 och 1989.
10. I. Fineman, Industrimineral som fyllmedel i papper. Föredrag vid industrimineraldag i Gävle 1989–04–24.

Kvartsmineral

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	549
1.1	Kvarts, kvartsmineral	549
1.1.1	Definitioner	549
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	549
1.2	Råvarutillgångar	551
1.3	Sveriges tillgångar	551
1.4	Framställningsteknik	552
1.5	Användningsområden	552
1.6	Konsumtion	553
1.7	Produktion, större tillverkare	555
1.7.1	Sverige	555
1.7.2	Danmark	556
1.7.3	Finland	557
1.7.4	Norge	557
1.7.5	Europa	557
1.8	Handel	558
1.9	Priser	558
1.10	Konkurrerande råvaror/material	559
1.11	Forskning och utveckling	560
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	561
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	562
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	564
	<i>Referenser</i>	565

1 Faktaavsnitt

1.1 Kvarts, kvartsmineral

1.1.1 Definitioner

Kvarts (kiseldioxid med formel SiO_2) är näst efter fältspat det vanligaste mineralet i jordskorpan (medelhalt 27 %). Kvarts finns i nästan alla sura silikatbergarter, såväl eruptiva och metamorfa som sedimentära. Dessutom fyller mineralet många av jordskorpan sprickor.

Ren kvarts hämtas från oregelbundet avgränsade massiv eller från sprickfyllnader, där mineralet kristalliserat ur kiselsyrarika restlösningar i samband med bildning av graniter. Massiven utgörs vanligen av grovkristallin pegmatit och innehåller således även fältspat och oftast också glimmer. I vissa pegmatiter har kvartsen kristallografiskt vuxit samman med kalifältspat till s.k. skriftgranit.

De sedimentbergarter som bryts på kvarts utgörs av *sandsten* och *kvartsit*. Den senare har bildats ur den förra genom omkristallisation och är avsevärt mer kompakt. Dessa typer är inte lika rena som den först beskrivna kvartsen.

Kvartssand förekommer som naturliga sandlager till lands och sjöss. Den framställs också genom krossning och siktning av kvartsbergarter. Renheten varierar men är som regel lägre än i de ovannämnda.

Syntetisk kvarts ses som ett samlingsnamn för en lång rad kvartsprodukter av olika renhet och konsistens, framställda kemiskt ur renad kvarts eller kiselmetall. Hit hör t.ex. kvartskrystaller för elektronik, amorf kvarts, fälld kvarts och silikagel.

Mineralet kvarts förekommer dessutom i en mängd silikatmineral, som utgör föreningar mellan SiO_2 och olika grundämnen. Gränsen för vad som betraktas som *industrisand* har satts vid minst 90 % SiO_2 till skillnad mot sand och grus för betong och vägändamål.

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

Kvartsmineralen är hårda, har hög eldfasthet och är olösliga i syror. Ren kvarts besitter s.k. piezoelektriska egenskaper och har i extremt ren form värdefulla optiska egenskaper.

Kvarts kännetecknas av sina med temperaturen varierande kristallstrukturer (α , β , γ -kvarts, kristobalit, tridymit) av vilka flertalet åtföljs av volymförändringar. Dessa förändringar utnyttjas positivt i vissa användningar (infodringsmassa i induktionsugnar), men är negativa i andra (formsand i

gjuterier). Kristobalit- och tridymitformerna i damm medför väsentligt ökad silikosrisk jämfört med α -kvarts. Även amorfa former förekommer. Kvarts-glas, framställt genom smältning av γ -kvarts, utmärks av en mycket låg värmeutvidgning och fördelaktiga egenskaper för elektronik och optik.

Beroende på användningsområdet ställs specifika krav på det kvartshaltiga materialet. Hög SiO_2 -halt samt frånvaro av föroreningar är de viktigaste faktorerna i processindustrier, där kvartsen används som råvara (glasbruk, kopparsmältning, cementtillverkning, kisellegeringar). I glasindustrin har man högt ställda krav på frihet från bl.a. järn, mangan och krom för att glaset inte skall missfärgas. Vid tillverkning av kisel och kisellegeringar krävs låga halter av järn och aluminium.

Tabell 20:1 Kvalitetskrav (ungefärliga) på kvartsmineral i olika användningar

Användning	Min SiO_2 %	Max Al_2O_3 %	Max Fe_2O_3 %	Max CaO/MgO %	Korn- storlek	Övriga krav
Glas						
- optiskt	99,5		0,008		0,1–0,8 mm	Mindre än 6 ppm (miljondelar) krom och 2 ppm kobolt TiO_2 : 0,01–0,05 %
- ofärgat hushållsglas	99,5		0,030			
- planglas	98,5		0,030			
- färgat hushållsglas	94	3,0	0,15			
Gjuteri	88–99				0,1–1,0 mm	Kemiska sammansättningen varierar. Högsta SiO_2 -halt, > 99 % krävs för stål-gjut-gods. Rundad kornform. Varierande krav på korngradering.
Glasfiber	97–98	0,5	0,2		<75 μm	
Kiselkarbid	99,5	0,06–0,1 0,25		0	>0,15 mm	Ingen fosfor, 0,25 % Al_2O_3 för svart och 0,1 % för grön kiselkarbid
Kiselmetall	99,0	0,4	0,2	0,2 vardera	>25 mm	Ingen fosfor eller arsenik
Ferrokisel	98	0,4	0,2		>25 mm	Max 0,1 % fosfor
Eldfasta massor	96–98	0,1		låg	<3 mm	
Alkalisilikat	99	0,25	0,03	0,05	0,1–0,8 mm	I stort sett samma krav som för glassand
Filtersand						Varierande krav på korngrade-ring
Optik och Elektronik	>99,99					Totalt max 1–50 ppm föroreningar, beroende på ändamål

Kornstorlek och ytegenskaper är vidare i många fall av avgörande betydelse. Vissa användningar kräver materialet i form av finkornig sand (t.ex. gjuterier), medan andra (t.ex. kiselmetall- och ferrokiseltillverkning) måste utgå från material i styckform. Kraven på kornstorleksfördelning kan variera från ytterst snäva fraktioner ("1–2-siktsander") till breda siktkurvor ("0–5 mm") och med exakta angivelser av tillåten maximi- eller

minimistorlek (t.ex. 0 *korn* över 1 mm eller 0 % under 0,1 mm). Tabell 20:1 ger exempel på olika kvalitetskrav.

1.2 Råvarutillgångar

Kvarts i olika former är som nämnts inledningsvis ett av de vanligaste mineralen och bryts följaktligen i någon form i de flesta länder. Rena kvartser och kvartssand med över 99 % SiO_2 kan dock vara sällsynta på sina håll.

Samlade siffror över världens tillgångar av kvartsmineral av olika slag är svåra att finna. Man nöjer sig i regel med att konstatera att reserverna är rikliga. Så är också fallet om man ser t.ex. till reserverna av kvartssand i Västeuropa.

1.3 Sveriges tillgångar

Ingen industriell brytning av ren kvarts förekommer för närvarande i Sverige. Merparten av kända förekomster i skilda delar av landet är utbrutna, för små eller inte tillräckligt rena. Det torde dock finnas möjligheter att lokalisera ytterligare fyndigheter i den svenska berggrunden, bl.a. i de delar som är rika på pegmatiter. En sådan fyndighet i Nävshult i Gislavedstrakten undersöks för närvarande. Valda delar har visat sig vara ytterst rena.

Ren kvartsit uppträder framför allt i Dalsland, men också i andra delar av landet. Brytning av kvartsit för tillverkning av eldfasta massor och ferrolegeringar pågår sedan länge på flera ställen i Dalsland. Detta sker likaledes vid Hällabrottet i Närke. Mindre rena kvartsiter bryts för vägändamål i flera delar av landet, bl.a. i Skåne och Norrbotten. Ytterligare kvartsittillgångar finns med största sannolikhet, som kan sökas och kartläggas vid behov.

Den kända tillgången på naturlig kvartssand med över 98 % SiO_2 är för närvarande begränsad till Fyledalen i Skåne. Denna typ av sand härrör från tertiära avlagringar och torde vara att söka endast i landets sydligaste delar. Möjligen kan förekomster finnas i havet, även om de hittills kända förekomsterna i det väl kartlagda Öresundsområdet endast givit sander med max 95 % SiO_2 .

Från kvartära avlagringar hörande kvartssander med upp till 92 % SiO_2 finns framför allt på västra sidan av Vättern. Kända tillgångar här är stora och under exploatering. – Liknande förekomster är kända från havsbotten.

Sandsten är känd från Visingsö-formationen vid Vätterns östra strand. Den bryts norr om Motala för produktion av industrisand med över 98 % SiO_2 .

1.4 Framställningsteknik

Metoderna för brytning, krossning och siktning av kvarts, kvartsit och sandsten är de konventionellt tillämpade inom mineralhanteringen. Brytning sker som regel i dagbrott.

Vidare behandlingssteg liksom tillverkning av industrisand från sandtag och havsbotten är en förädlingsprocess, i vilken man dels renar sandkornen, dels skiljer upp dem i önskade fraktioner. Delprocesser som kan ingå är följande:

Brytning (sprängning, grävning, sugning)

Krossning

Grovsiktning (fraktioner över 2 mm)

Tvättning/skrubbning – slamavskiljning

Klassering – siktning

Avvattning

Torkning

Förpackning

Distribution.

Tillämpliga processer utförs på våt eller torr väg och givetvis på olika sätt och med olika typer av maskinell utrustning beroende på utgångsmaterialets karaktär och önskade egenskaper hos framställda produkter. – Standardiserade kvaliteter vad avser kornstorlek och kornstorleksfördelning är allmänt förekommande och anpassade till olika förbrukarkategorier.

Rening i form av lakning, flotation eller magnetseparering tillämpas för närvarande inte i svenska verk. De är ofta nödvändiga vid produktion av högren sand, t.ex. för kristallglas.

1.5 Användningsområden

- Kvarts
 - kiselmetall och kiselkarbid
 - porslin och lergods
 - glasyr och emalj
 - elektronik (kvartskristaller)
 - optik
- Kvartsit
 - ferrokisel och andra kisellegeringar
 - kulsinter
 - porslin och lergods
 - eldfasta massor
 - kalksandstenstegel
- Kwartssand
 - glas och glasfiber
 - gjuteriformar

- våtblästring
- cement
- kalksandstenstegel
- takpapp
- takpannor
- alkalisilikater (vattenglas)
- filter för vatten och luft
- kopparsmältning
- kvartsglas
- Kvartsmjöl
 - filler i färg, gummi, plaster m.m.
 - slipmedel
 - glasfiber
- Sandsten
 - glas
 - byggnadssten
 - fasadbeklädnader
 - kvarn-, slip- och brynstenar
- Syntetiska kvartsprodukter
 - elektronik
 - filler i färg, gummi, lim, plast, papper, textilier.

1.6 Konsumtion

Den officiella statistiken rörande utvinningen i Sverige av kvarts, kvartsit och kvartssand är ofullständig och svårtolkad. Utvinningen av sand är över huvud taget inte registrerad. Större delen av producerad kvantitet kvartsit för industriell användning redovisas troligen under rubriken småsten och krossad sten.

Importstatistiken skiljer inte på kvarts och kvartsit. I rubriken "annan sand" ingår såväl industrisand som sand för andra ändamål samt möjligen också andra mineral i sandform. I exportuppgifterna för kvartsit ingår bl.a. material för väg- och betongändamål. Flera andra osäkerheter finns och uppgifterna i det följande baseras därför i huvudsak på annan information och vissa uppskattningar.

Tabell 20:2 återger siffror över förbrukningen inom olika industriområden under åren 1986–1988. Tabell 20:3 är en översikt över landets försörjning med kvartsmineral och exporten därav.

Tabell 20:2 Olika industriområdets förbrukning i Sverige av kvartsmineral; dels basis MPU, dels enligt aktuell statistik och beräkningar. Noggrannhet i totalsiffrorna ca $\pm$ 50 kt.

Område	Tonnage	kt/år			Ursprung
	MPUs beräkning 1974	MPUs prognos för 1985	Medelvärden 1986/88	Mineral	
Blästring	100	0	0	Sand	Sverige Danmark
Byggmaterial			250	Sand + kvartsit	Sverige Danmark
Gjuterier	250	200	200	Sand	Sverige
Glas + glasull	260	375	300	Sand + sandsten	Belgien Sverige
Kulsinter	190	250	0	Kvartsit	Sverige
Eldfasta material/ ferrolegeringar, stålverk/övrig metallurgisk industri	385	385	250	Sand + kvarts + kvartsit	Sverige Danmark Spanien
Övrigt	140	140	150	Sand + kvartsit	Sverige Danmark Holland
Summa, kt, ca	1 325	1 350	1 150		

Den totala förbrukningen för industriändamål ligger som synes i storleksordningen 1,2 Mt/år, varav ca 60 kt är kvarts och ca 200 kt är kvartsit, medan huvuddelen är kvartssand.

Tabell 20:3 Sveriges försörjning med kvartsmineral för industriellt bruk kring åren 1986–1988; kt/år samt ungefärlig import/export

Kvartstyp	Förbrukning	Produktion	Import	Export
Kvarts	60	-	60	-
Kvartsit	200	550	-	350
Sand + mjöl + sandsten:				
> 98 % SiO ₂	460	80	380	-
Ca 90–98 % SiO ₂	430	500	-	70
Summa, kt, ca	1 150	1 130	440	420

Som syns av tabell 20:3 utgörs den totala förbrukningen till 60 % eller 700 kt av svensk produktion, medan ca 40 % eller 450 kt importeras. Exporten är 30 % av den egna produktionen.

Huvuddelen av den inhemska produktionen består av sand och kvartsit från landfyndigheter. Från sjön kommer mindre än 50 kt för inhemskt bruk.

Importen utgörs i huvudsak av sand med kvartshalter över 98 %. Den går främst till planglas- och kristallglastillverkning samt till kopparsmältning och cement/byggmaterial-produktionen. För kiseltillverkning har på senare

år införts ca 60 kt styckeformig kvarts.

Exporten innefattar främst kvartsit i form av eldfasta massor, sjösand från Öresund samt (fältspathaltig) landbaserad sand.

1.7 Produktion, större tillverkare

1.7.1 Sverige

Som framgått av tabell 20:3 i avsnittet 1.6 produceras i Sverige drygt 1,1 Mt/år kvartsit och kvartssand för industriändamål. Det sammanlagda värdet härav, räknat vid resp. tillverkningsort, ligger i storleksordningen 100 MSEK.

Tillverkningen sker vid närmare 15-talet platser, inbegripet brytning, förädling och distribution. Antalet direkt sysselsatta i produktion och försäljning rör sig om 250 personer.

Huvuddelen av de brutna kvartsmineralen härrör från landfyndigheter. Från havet kommer mindre än 50 kt (totalt sugs ca 100 kt/år på svenska områden i Öresund, men drygt hälften därav går till Danmark).

Kvarts

Ingen brytning av ren kvarts förekommer i Sverige i dag.

Kvartsit

Yxhult AB bryter sedan länge kvartsit (s.k. Lingulid-sandsten med 97–98 % SiO_2) i underjordsbrott i Hällabrottet, Närke. Årliga kvantiteten är numera 80–100 kt, som krossas och mals till råvara i företagets lättbetongprodukter och kalksandstenstegel.

I Dalsland bryts kvartsit dels av Råsjö Kross AB vid Livarebo, dels av Dalbo Kvartsit vid Ulerud. Uttagen låg under 1988 vid 300 kt resp. 250 kt. Delar av produktionen går till eldfasta massor, som tillverkas av svenska företag. Andra delar går till framställning av ferrolegeringar i Sverige och Norge. Ca 100 kt/år går till vägändamål inom landet.

Sandsten

Vid Lemunda, norr om Motala, bryter Ahlsell Mineral AB, tillhörig Trelleborg-gruppen, ca 60 kt/år för produktion av glassand (0,1–0,8 mm) till framställning av vita glasflaskor hos PLM. Den nedkrossade sandstenen siktas, tvättas och avslammas, så att järnoxidhalten underskrider 0,050 % Fe_2O_3 . Halten SiO_2 är ca 99 %.

En ringa del bryts som råblock till byggnadsfasader, främst för export.

Kvartssand

Sand med högsta kvartshalt, över 99,5 % SiO_2 , produceras av Fyleverken i Eriksdal i nordöstra Skåne. Uttagen uppgick 1988 till ca 30 kt/år och säljs främst som kvartsmjöl (100 % <0,10 mm) för glasfibertillverkning. I framställningen ingår våt anrikning, malning och torkning. – Verksamheten ägs av G & L Beijer, Malmö.

I Öresund bedriver Ahlsell Mineral AB och det danskägda Glassand AB sandsugning vid Västra Haken och Sandflyttan. Man tar in till terminal i Malmö resp. Själland ca 100 kt/år med 93–95 % SiO_2 och kornstorlek 0,06–0,7 mm. Sanden lämpar sig för olika byggmaterial, glasull, färgade glasflaskor och till gjuterisand.

Den största produktionen av industrisand sker vid två anläggningar på västra Vätternstranden. Den ena ägs av Baskarpsand AB i Habo, den andra tillhör Brogårdssand AB, också i Habo kommun. Båda fyndigheterna utgörs av fältspathaltig sand med 88–92 % SiO_2 . Genom tvättning och klassering framställs ett antal sandkvaliteter med kornstorlekar från 0,06–0,20 mm upp till 1–3 mm. Huvuddelen går i båda fallen till gjuterierna som form- och kärnsand, där Volvo- och Saab Scania-företag är viktiga avnämare. Betydande kvantiteter går också till glasull, torrbruk och byggnadstegel av kalksandsten.

Vardera företaget producerar i storleksordningen 200 kt/år, huvudsakligen torkad sand, som transporteras i bulkbilar till kunder. Viss export till Norge förekommer också.

Försäljningsmässigt företräds Baskarpsand AB i Sverige av Ahlsell Mineral AB, Stockholm och Brogårdssand AB av G & L Beijer, Malmö.

Andra producenter av fältspathaltiga sander med något lägre kvartshalter är Brobysand AB i Sörmland och Rådasand AB utanför Lidköping. Hos Brobysand produceras genom våtsiktning, klassering och torkning ca 15 kt/år. Sanden går till tre närbelägna järngjuterier, vilka är delägare i sandföretaget.

Hos Rådasand framsiktas filtersander med mycket snäva korrintervall. Även gjuterisand för speciella ändamål tillverkas. Sammanlagda årskvantiteterna ligger kring 90 kt. Huvuddelen av den brutna sanden går dock till betong och lokala ändamål.

Andra tillverkare av fältspathaltiga sander av liknande karaktär synes inte vara verksamma inom det egentliga industrisandområdet. För studium av deras verksamhet hänvisas till utredningen SIND 1980:1 "Grus och sand på land och i hav".

1.7.2 Danmark

I Danmark bedriver Ahlsell Mineral A/S på Bornholm sandförädling baserad på såväl landsand som sjösugen sand. Huvuddelen härav går till Sverige främst för kopparsmältning och cementtillverkning. I båda fallen är det SiO_2 -innehållet som efterfrågas. Detta ligger kring 98 % i råmaterialet och

oftast över 99 % i färdigprodukten. Man lastar sanden i båtar upp mot 5 000 ton för transport till avnämarna direkt eller till moderföretagets terminaler.

På Jylland exploateras ett antal sandförekomster med 94–97 % SiO_2 . Hos det största företaget, Silkeborg Kvarssand A/S, med en produktion av 80 kt/år anrikas sanden till över 98 % SiO_2 . Viss export till Sverige förekommer liksom till Norge.

1.7.3 Finland

I Nilsisää i nordöstra Finland bryter Lohja ca 200 kt/år kvartsit, varav ca 60 kt förädlas till glaskvalitet. Övriga delar av produktionen på 230 kt/år går till eldfasta material och metallurgisk industri, m.m.

Högren kvartssand importeras från Danmark och Belgien.

Kvartsmjöl, ca 30 kt/år, framkommer i samband med flotationen av fältspat hos Oy Lohja AB. Den går i huvudsak till keramisk industri på kontinenten.

1.7.4 Norge

I Norge bryts kvartsit för den inhemska ferrokiseltillverkningen av Elkem, dels i Tana, dels i Mårnes, Gildeskål. Brytningen uppgick 1987 till 330 resp. 130 kt till ett värde av nära 28 MSEK. Andra producenter finns av kvarts och kvartsit i årskvantiteter av sammanlagt omkring 100 kt.

I Nordnorge startade Norcem och Elkem 1981 ett företag, Minnor A/S, för att producera ultraren kvarts för kvartsglas, halvledartechnologi etc. Företaget baserades på en känd reserv av 250 kt kvarts. Totalt hade 270 MSEK investerats när anläggningen stod klar i april 1987. Framkomna produkter blev dock inte godkända och företaget gick i konkurs 1988. Ny ägare söks (1990).

Vid produktionen av fältspat hos Norfloat A/S i Lillesand kommer fram ca 30 kt/år kvartsmjöl. Den säljs i huvudsak till kunder på kontinenten, som också köper fältspaten.

Den totala produktionen av kvarts i Norge ligger kring 500–600 kt. Importen är av samma storleksordning, främst bestående av ren kvarts för kiseltillverkningen. Import av sand förekommer också, främst från Sverige och Belgien.

1.7.5 Europa

Den dominerande tillverkaren av högvärdig kvartssand i Europa är Sibelco-gruppen i Belgien. Man har dels mycket stora, rena sandförekomster i Mol och Lommel, dels stora ägarintressen i bl.a. tyska, franska och holländska sandföretag samt i USA. Enbart från Belgien levereras i storleksordningen 4 Mt/år sand främst till framställning av glasprodukter i Europa. Hepworth

Minerals and Cemicals spelar en dominerande roll i UK och har sandföremkomster även i USA. Tyska företag uppges totalt producera 10–14 Mt/år av industrisand för olika ändamål.

Tillverkningen av fönsterglas liksom de svenska kristallglastillverkarnas produkter i Sverige baseras på Sibelco-sand. Den används även av vissa svenska stålgljuterier på grund av sin höga eldfasthet och bindemedelsbesparande ytegenskaper.

Andra, i huvudsak lokala producenter av kvartssand, finns i praktiskt taget varje land i Europa. Av dessa kan nämnas Tilcon, som från sitt verk i Skottland säljer vissa mängder av glassandskvalitet till Skandinavien.

Ren kvarts bryts främst i Medelhavs-området, där Spanien, Portugal och Grekland svarat för importen till bl.a. Sverige och Norge.

1.8 Handel

De ofta mycket specifika krav, som ställs på kvartsråvaran i olika användningar, har medfört att det trots den i och för sig rikliga tillgången och det förhållandevis låga priset förekommer en relativt omfattande handel inom Europa. Den avser bl.a. högren glassand samt kvarts och kvartsit för kiselmetall resp. ferrokiselframställning. Belgien, Nederländerna och Frankrike har hittills haft en omfattande export av glassand till andra europeiska länder.

Huvuddelen av importen av glassand till Sverige kommer från Belgien, medan kvarts för kiselstillverkning importeras från Spanien. För koppar-smältning och cementtillverkning tas kvartssand från Bornholm. För gjuterier är Sverige, med undantag för stålgljuterierna, praktiskt taget självförsörjande, främst genom de fältspathaltiga sanderna kring Vättern. Inhemska tillgångar tillfredsställer också de flesta behoven för byggmaterial, liksom för ferrolegeringar.

Som framgått av tabell 20:3 i avsnittet 1.6 ligger den årliga importen av kvartsmineral till Sverige vid nära 0,5 Mt och utgör ca 40 % av landets totala förbrukning. Det totala värdet av importen beräknas underskrida 100 MSEK, medan exporten av ca 0,4 Mt, delvis relativt okvalificerade produkter, kan beräknas ha ett värde kring 30 MSEK.

Sveriges export av kvartsmineral avser dels kvartsit ingående i ferrolegeringar och eldfasta massor, dels sand för gjuterier och glasullstillverkning i Norge.

1.9 Priser

Kvartsmineralen i normalt använda förädlingsformer betingar ett relativt lågt pris fritt tillverkningsstället. Transportkostnaden är som regel en betydande post, ofta lika stor som tillverkningskostnaden. Härtill kommer kostnader för emballage och omlastningskostnader.

De relativt begränsade volymerna vid flertalet svenska anläggningar för förädling av kvartsmineral har gjort det svårt att få lönsamhet i långt gående förädlingssteg. Motsvarande verk på kontinenten producerar ofta 0,5–1,0 Mt per år, dvs. 5–10 ggr mer än de svenska.

Den lägre produktionskostnaden för kontinentala verk uppvägs å andra sidan ofta av de högre transportkostnaderna till svenska kunder. Detta gör att långväga import är fördelaktig endast för mycket kvalificerade material, dvs. i regel högre kvartser och sander.

Sjötransporter är ofta ett villkor för konkurrenskraft, särskilt i den inter-nordiska handeln. Båttorlekar på 1 000–5 000 ton är normala. Till lands transporteras styckeformigt (över 2 mm) material och fuktig sand på täckta lastbilar och järnvägsvagnar.

Distribution av torr sand sker oftast i tankbilar om 30–35 ton, vilka lossas genom blåsning till silo. Sluten hantering är på grund av silikosrisken alltid nödvändig med torra sander. Detta är ett relativt dyrbart transportsätt.

Säckemballage från 25–1 500 kg är vanligt för distribution till mindre förbrukare. Transportsätt och emballage är ofta avgörande för produkternas konkurrenskraft.

Nedan återges exempel på dagens prisnivåer för några kvartsprodukter i olika förädlingssteg fritt på bil hos tillverkaren eller cif svensk hamn.

Styckekvarts	200 SEK/t
Kvartssand och kvartsit	100–300 "
Kvartsmjöl	500 "

Den faktor som påverkar prisnivån är i första hand sandens renhet, där förädlingsprocessernas komplexitet har största inverkan. Extremfallet är givetvis kvarts med 1 ppm föroreningar, som betalas med uppåt 25 000 SEK/t. För sanden i bulkleveranser är snäva korngraderingar och malning värdestegrande faktorer. Varierande kostnader för transporter, emballage och kvantiteter per försäljningstillfälle medför också att prisbilden blir mycket spridd.

1.10 Konkurrerande råvaror/material

När kvartsmineralen används som processråvara, t.ex. vid glastillverkning, kan de givetvis inte ersättas av andra mineral.

Kvartsprodukterna är däremot i många andra användningar utsatta för konkurrens från alternativa material. Som eldfast infodringsmaterial har sålunda kvartsbaserade produkter i stor utsträckning ersatts av neutrala och basiska material. Olivin, kromit och zirkon är komplement, som i viss omfattning ersätter kvartssanden i speciella gjuteriapplikationer.

Som blästringsmedel får kvartssand inte användas längre i Sverige och många andra länder. Undantag är våtblästring, som dock svarar för en mycket ringa del av fristråleblästringen. Alternativa material som används är olivin och renade slaggprodukter.

Som filler i färg och gummi konkurrerar kvartsen med andra hårda mineral, t.ex. fältspat och bränd kaolin.

Anledning till substitution av kvarts är oftast den silikosrisk, som är förknippad med dammbildning vid utvinning, användning och kvittblivning av kvartsprodukter.

1.11 Forskning och utveckling

Under 50- och 60-talen studerades kvartsmineralens kristallomvandlingar rätt ingående främst med inriktning på användningen i elfasta material. Även kornstorleksfördelningen för uppnående av optimal packning i maskor, filtersander och gjuterisander undersöktes då på olika håll, bl.a. i Sverige. – Kvartsens silikosframkallande verkan har sedan länge ägnats stor uppmärksamhet.

Generellt är forskningsinsatsen numera relativt låg med tanke på att kvarts i olika former tillverkats och använts mycket länge i beprövade processer.

Därför torde forskning och utveckling med direkt inriktning på förbättringar av kvartsmineralens produktion och användning knappast bedrivas vid institut och högskolor, varken i Sverige eller utomlands.

Mera intensiva insatser sker dock inom specialområden, t.ex. elektronikindustrin kring kvarts och kisel i chips, optiska fiber och halvledare. Även på keramsidan sker utveckling av kiselkarbid och -nitrid.

Den utveckling som drivs, sköts främst av enskilda tillverkare och förbrukare inom resp. område. Detta sker sannolikt dels vid egna laboratorier, dels vid branschanknutna institut i resp. länder.

Kunskap och resurser för FoU-insatser kring kvartsmineral finns till vissa delar hos Svenska Keramiska Institutet, Glasforskningen och Svenska Gjuteriföreningen. Framställningsprocesser kan studeras bl.a. vid Luleå Tekniska Högskola.

Med hänsyn till de miljöproblem, som är förknippade dels med utbrytning av sand- och mineralförekomster, dels med kvittblivning av förbrukade sandrester, borde mer utvecklingsarbete ägnas åt återanvändning av sådana produkter från olika industriprocesser, t.ex. gjuterier.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Jämfört med MPUs marknadsbeskrivning 1976–77 och prognos för 1985 har utvecklingen på vissa områden visat andra tendenser. Mest anmärkningsvärda torde följande vara, vilka siffermässigt framgår av tabell 20:2.

Kulsintertillverkningen hos LKAB har gått så starkt mot basiska pellets (med olivin eller dolomit som slaggbildare) att kvartsit inte längre används.

För kiselmetall har kvartsförbrukningen hittills i stort sett varit oförändrad. Råvaruförsörjningen sker numera helt genom import, sedan tidigare brutna, svenska fyndigheter tagit slut. – Kvartsit för produktion av ferrokisel har fått en ny marknad i Norge.

Användningen av kvartsmineral i olika former i de svenska stålverken har minskat drastiskt genom nu gällande arbetsmiljöregler, som föreskriver max 1 % fri SiO_2 i eldfasta massor och andra förnödenheter. Den sänkta stålproduktionen har givetvis också bidragit. Processmässigt har de sura infodringsmaterialen nästan helt ersatts av neutrala och basiska material.

Kvartsit-användningen i induktionsugnsmassor på export och i gjuteriernas ugnar är dock relativt oförändrad.

Gjuteriernas sandförbrukning för formar och kärnor har sjunkit på grund av dels ökad återvinning, dels färre kvarvarande gjuterier. Övergång till olivin eller andra formmaterial har däremot inte fått ökad omfattning.

Förbrukningen inom glasindustrin har ökat genom tillkomsten av ett fönsterglasbruk i Halmstad (som använder importerad sand). Samtidigt har dock förbrukningen sjunkit inom emballageglassektorn. Å andra sidan har importerad sand ersatts av inhemsk produktion inom denna sektor. Ökad andel krossglas i glasmängden har dock minskat behovet av ny sand.

För glasull har den totala förbrukningen varit relativt konstant trots expansionen på grund av ökat värmeisoleringsintresse efter oljekrisen.

Förbrukningen av kvartssand vid kopparsmältning har ökat något beroende på ökad kopparproduktion. En intressant biprodukt härvid utgör kopparslaggen (i huvudsak järnsilikat bildat genom kvartsens reaktion med järnoxiden i kopparmalmen), som återanvänds främst i form av blästermedel.

För fristråleblästringen har kvartssanden helt ersatts av kvartsfria mineral och restprodukter. Detta gäller i Sverige såväl som i ett flertal europeiska länder.

En betydande del av kvartssandförbrukningen inom byggmaterialindustrin går till cementtillverkning. Denna användning betingas av övriga råmaterials sammansättning och var inte tidigare förutsedd. Totalt sett har byggmaterialindustrin varit en relativt konstant förbrukare av industrisand för kalksandstenstegel, torrbruk, puts, takpapp m.m.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Kvartsmineralen kommer även framgent att spela en viktig industriell roll, framför allt som nödvändig råvara för all tillverkning av glas- och kiselprodukter etc., men även som en ändamålsenlig basförnödenhet i gjuterier och vid kopparsmältning. Deras förhållandevis låga pris gör dem attraktiva också inom andra användningsområden, där de dock rent tekniskt kan ersättas av alternativa mineral. – Strävan att på grund av silikosrisken byta till kvartsfria mineral torde fortsätta, särskilt i tillämpningar där dammbildning uppstår.

Tillgång till kvartsmineral av lämplig renhet och form till konkurrenskraftiga priser är således livsavgörande för tillverkning av alla slags *glasprodukter*. Kvantitetsmässigt förutses inga betydande ändringar i förbrukning och inte heller i kvalitetskrav.

Den svenske tillverkaren av *kiselmetall* har för 1989 aviserat en sänkt produktion. Kvartsbehovet beräknas till följd härav minska med 1/3.

I riktning mot minskad kvartsförbrukning går också tendensen att använda basiska smältprocesser i *stålverk* och gjuterier och att därvid utnyttja högkvalificerade eldfasta material på magnesit-, aloxid- och zirkonbas.

I *gjuterierna* ligger förbrukningen nu på en tämligen stabil nivå, där inga drastiska förändringar förutses. Återanvändningen kan tänkas öka ytterligare i den mån som kvittblivningskostnaderna ökar. Högre återställningskostnader för sandproducenten – av miljöskäl – kan bidra härtill.

Sammanfattningsvis bedöms det genomsnittliga svenska årsbehovet av kvartsmineral under 1990-talet ligga kvar vid nuvarande nivå, möjligen sjunker det till ca 1,0 Mt fram emot år 2000.

Försörjning från Danmark och de stora kontinentala sandproducenterna är sannolikt möjlig även i framtiden. Användning av inhemsk sand förutsätter fyndigheter belägna så nära huvudförbrukarna att transportkostnaderna och den sannolikt högre produktionskostnaden inte omintetgör konkurrenskraften.

I detta sammanhang spelar nya sandfyndigheters renhet en huvudroll liksom den teknisk-ekonomiska möjligheten att rena sanden till önskad kvalitet. Reningsmetoder finns, men fordrar givetvis anpassning till en ny fyndighets särdrag.

Ökade energikostnader kommer att få inverkan främst i *förbrukarledet*, dvs. då kvartsen skall smältas. Här bidrar kvartsmineralens höga smältpunkt till att energikostnaderna utgör en betydande post.

I *tillverkningsledet* åtgår främst elenergi för krossning, malning, pumpning etc. samt olja för torkning. Överslagsmässigt utgör energin 1/3 av de

rörliga produktionskostnaderna, medan arbetskostnader och reparation/underhåll/reservdelar svarar för vardera 1/3 vid sandproduktion. Energi-kostnaderna påverkar därmed framför allt priserna för bulkprodukterna, dvs. råvarorna i förbrukarledet.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Kwartsmineralens egenskaper, främst kvartsinnehållet och eldfastheten, gör dem oundgängliga i ett flertal industriprocesser. Dit hör tillverkning av alla slags glasprodukter, järn- och stålglutgods, kiselmetall och -legeringar, kopparsmältning m.m. Den rikliga tillgången och de för flertalet ändamål enkla brytnings- och förädlingsbehoven möjliggör en förhållandevis låg produktionskostnad. Behovet av kvartsmineral i svensk industri beräknas ligga kvar kring 1 Mt/år.
2. Kwartsmineral bryts och förädlas i en mångfald länder. Handeln begränsas härav samt av transportkostnaderna. Huvuddelen av transporterna vid import och export sker per båt i bulk. Endast mycket speciella kvaliteter kan vara konkurrenskraftiga utanför Europa.
3. Den svenska konsumtionen av kvartsmineral uppgår till 1,1 Mt, varav 40 % importeras från Belgien, Danmark och Spanien. Importen består av kvartssand och kvarts med SiO_2 -halter över 98 % till ett värde under 100 MSEK. Den svenska produktionen omfattar 1,2 Mt/år till ett värde av 100 MSEK.
4. Nu utnyttjade tillgångar i Sverige består främst av kvartssander med SiO_2 -halter under 96 %, kvartsit och sandsten. – De kända reserverna av sådana kvartsmineral är stora på land och i havet.
5. I den mån kvarts och kvartssand i brytvärda mängder och av tillräcklig renhet kan lokaliseras i Sverige bör brytning och förädling kunna bli lönsam. Detta kan gälla också ultraren kvarts för elektronik och optik, även om världsbehovet här är ytterst begränsat och kvalitetskraven ytterst hårda.
6. För bibehållande av svenska producenters, gamla och nya, konkurrenskraft är det väsentligt att bl.a. energikostnaderna för produktion och distribution hålls igen. Detta är nödvändigt för att väga upp de fördelar, som kontinentala företag har i form av avsevärt större volymer (marknader) och på sina håll lägre arbetslöner.

Referenser

1. E.O. Lissell. Kvartssand. Gjuteriet, särtryck 621.742.4:546, s. 1–10.
2. MPU, Industrimineral. SOU 1977:25, s. 378–386.
3. Ahlsell Mineral AB, Stockholm. Broschyrer och datablad.
4. A. Reynolds. Seen through glass darkly. Ind. Minerals, mars 1986, s. 97–102.
5. J. Griffiths. Silica, is the choice crystal clear? Ind. Minerals, april 1987, s. 25–43.
6. C. Kirby & M. Lavender. Development in the glass sands supply industry. Ind. Minerals, november 1987, s. 55–63.
7. Anon. Silica and microspheres. Raw Materials for Pigments, Fillers & Extenders, s. 88–103. Ind. Minerals, London 1988.
8. US Bureau of Mines. Mineral Industry Surveys. Quartz Crystal. Industrial, Jan. 1989, 2 s.
9. B.M. Coope. Synthetic silicas & silicon chemicals – natural silica consumers & rivals. Ind. Minerals, mars 1989, s. 43–55.
10. J. Benbow. Industrial silica sand, an operational review. Ind. Minerals, juli 1989, s. 19–39.

Research

The purpose of this study was to investigate the relationship between the use of the Internet and the use of other information sources. The study was conducted using a survey of 1000 individuals. The results of the study showed that the use of the Internet was positively correlated with the use of other information sources. This suggests that the Internet is not a replacement for other information sources, but rather a complementary tool. The study also found that the use of the Internet was more likely to be used by individuals who were more educated and had higher income levels. This suggests that the Internet is more accessible to those who have the resources to use it.

The study was conducted using a survey of 1000 individuals. The results of the study showed that the use of the Internet was positively correlated with the use of other information sources.

This suggests that the Internet is not a replacement for other information sources, but rather a complementary tool. The study also found that the use of the Internet was more likely to be used by individuals who were more educated and had higher income levels.

Litiummineral

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	569
1.1	Litium, litiummineral	569
1.1.1	Definitioner	569
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	569
1.2	Råvarutillgångar	570
1.3	Sveriges tillgångar	572
1.4	Framställningsteknik	572
1.5	Användningsområden	574
1.6	Konsumtion	575
1.7	Produktion, större tillverkare	577
1.7.1	Sverige	577
1.7.2	Finland	577
1.7.3	Övriga världen	578
1.8	Handel	578
1.9	Priser	578
1.10	Konkurrerande råvaror/material	579
1.11	Forskning och utveckling	580
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	581
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	582
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	583
	<i>Referenser</i>	584

1 Faktaavsnitt

1.1 Litium, litiummineral

1.1.1 Definitioner

Litium (Li) ingår i den s.k. alkalimetallgruppen tillsammans med bl.a. natrium och kalium och är den lättaste av alla metaller. Det är ett mycket reaktivt ämne och förekommer aldrig i naturen i sin elementära form. Litiumbärande mineral förekommer i vissa granitiska pegmatiter tillsammans med fältspat, kvarts och glimmer. Litiumhalten i nu exploaterade pegmatiter är lägst 0,5 % Li men sällan mer än 1 %.

De viktigaste litiummineralen (av 13 kända typer) är spodumen, lepidolit, petalit och, i mindre mån, amblygonit. Samtliga är litiumsilikater utom amblygoniten som är ett fosfat. Litium förekommer också i vissa koncentrerade saltlösningar i en halt av mellan 0,01–0,15 % Li. Se tabell 21:1.

Tabell 21:1 Litiummineral och deras sammansättning

Mineral	Kemisk formel	Li ₂ O-halter %
Petalit	LiAlSi ₄ O ₁₀	3–5
Lepidolit	K(Li, Al) ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH, F) ₂	3–4
Spodumen	LiAlSi ₂ O ₆	3–8
Amblygonit	(Li, Na)Al(F, O, H)PO ₄	8–9
"Brines"	Saltlösningar	0,01–0,15 % Li

Litium används i form av mineralkoncentrat, som härur framställda rena litiumföreningar och som metall. Av litiumföreningarna är litiumkarbonat (Li₂CO₃) den vanligaste. Uppgifter om reserver och produktion omräknas ofta till litiumkarbonat-ekvivalenter, LCE, medan tillsatser anges som oxid, Li₂O, eller grundämne, Li.

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

I metallisk form utnyttjas litium på grund av dels sin låga vikt, t.ex. i aluminiumlegeringar, dels sin höga elektrokemiska reaktivitet (i batterier).

Som mineralkoncentrat används dess smältpunktsnedsättande effekt till att sänka energiåtgången vid glassmältning, samtidigt som den utgör en alkalikälla. Även i keramiska glasyrer bidrar litium som mineral eller som karbonat att förbättra flytbarheten.

I form av hydroxid medför litium som komponent i smörjmedel större

temperaturlåglighet, ökad skjuvhållfasthet och bättre vattenresistens.

Tillsatsen av litium för att nå effekter enligt ovan rör sig vanligen om 0,1–5 %, räknat som Li_2O . Några exempel på tillsatsernas storlek i olika tillämpningar återges i tabell 21:2.

Tabell 21:2 Litiumtillsatser i olika användningar

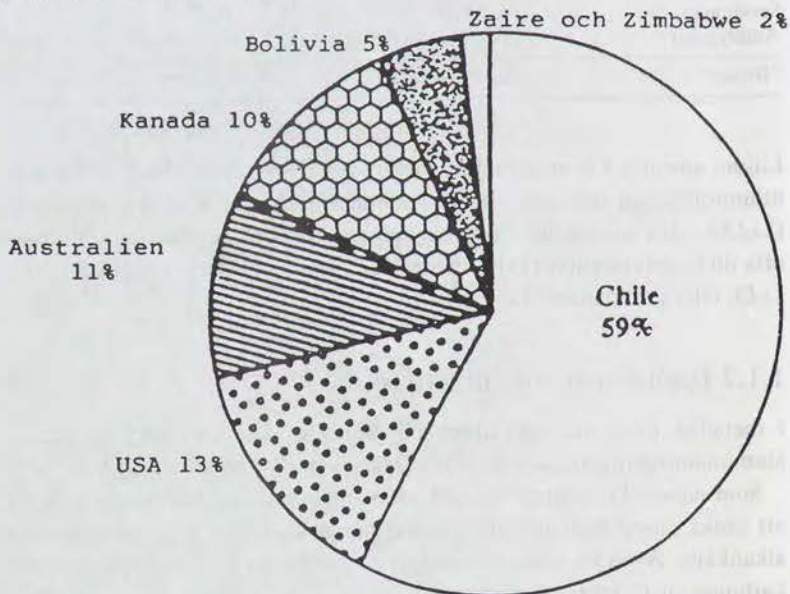
Användning	Mineralform	Typisk Li_2O -halt %
TV-rör	Spodumenkoncentrat, petalit, litiumkarbonat	0,5–2,0
Flamfast keramik	Dito	0,4–4,0
Fiberglas, vakuum- och parfymflaskor	Spodumenkoncentrat m.fl. mineral	0,1–0,5
Säkerhetsglasögon	Dito	0,1–1,0

Källa: Lithium Australia

1.2 Råvarutillgångar

Mineralen påträffas i magmatiska bergarter. På grund av litiumatomens geokemiska karaktär kristalliserar mineralen i senare delen av en magmas kristallisation. Följaktligen återfinns mineralen i sura kiselsyrbearter, företrädesvis i pegmatiter.

Figur 21:1 Fördelning av västvärldens reserver av litium på olika länder, räknat i LCE (litiumkarbonat-ekvivalenter)



Källa: Lithium Availability – Market Economy Countries, USBM

Litiummineral kristalliserar också som salter i s.k. brines. Sådana finns i bl.a. USA, Chile och Bolivia. Även Sovjet anses äga betydande reserver i sådana förekomster.

De i dag kända fyndigheterna i västvärlden har av US Bureau of Mines uppskattats innehålla ca 7,5 Mt Li. En fördelning återges i tabell 21:3.

Tabell 21:3 Uppskattade tillgångar av litium i västvärlden

Typ	Fyndighet	Företag	Reserver	Enhet
Pegmatiter	<i>Australien:</i> Greenbushes	Lithium Australia Ltd	33,5	Mt, in situ material
	<i>Kanada:</i> Bernic Lake	Tantalum Mining Corp	6,63	
	Quebec Lithium	Sullivan Mining Group Ltd	14,50	
	Yellowknife	Canadian superior Exploration Ltd	49,11	
	<i>Övriga</i>		12,45	
	<i>USA:</i> Kings Mountain	Foote Mineral Company	23,9	
	Bessemer City	Lithium Corporation of America	23,3	
	<i>Zaire:</i> Kitotolo	Zairetain (Geomines och staten Zaire)	31,6	
	<i>Zimbabwe:</i> Bikita	Bikita Minerals (Pty) Ltd	4,1	
Saltlösningar	<i>USA:</i> Silver Peak	Foote Mineral Company	357	Mt, LCE
	<i>Chile:</i> Salar de Atacama	Sociedad Chilena de Lito	1300	Mt, LCE
	-"- (nord)	Minsal	1,67	Mt, Li
	<i>Bolivia:</i> Salar de Uyuni	Staten	5,5	Mt, Li
Geotermala saltlösningar	<i>USA:</i> Kalifornien		40	Mt, Li
Hectoritler	<i>USA</i>		15,1	Mt, Li

Källa: Industrial Minerals, juni 1987

Prospekteringen efter litium har under senare årtionden varit intensiv beroende på en utbredd optimism beträffande litiums framtid. Detta har också lett till att de kända brytvärda tillgångarna har ökat snabbt. Det storleksmässigt dominerande landet är Chile, som förfogar över mer än hälften av de kända brytvärda reserverna. – Se figur 21:1.

Den största fyndigheten i USA ligger i North Carolina och svarar för 80 % av USA:s reserver. Förekomsterna utgörs av flera spodumenrika pegmatiter. De är ozonerade och spodumenen ligger jämnt fördelad i pegmatiterna. De enskilda gångarna är omkring 100 m breda, 1000 m långa och med ett medeldjup av omkring 150 m. En typisk förekomst innehåller 20 %

spodumen, 32 % kvarts, 6 % muskovit och 41 % fältspat (albit och mikroklin) samt 1 % accessorier med bl.a. beryll och apatit.

I Zimbabwe bearbetas en assymetriskt zonerad pegmatit som innehåller petalit, lepidolit och spodumen. Litiuminnehållet är 1,4 %. Pegmatiten är 1700 m lång och 30–70 m bred.

1.3 Sveriges tillgångar

I Sverige har litiummineral påträffats i pegmatitgångar (dvs. tillsammans med kvarts, fältspat och glimmer) på ett 100-tal ställen. Från pegmatiten i Varuträsk nära Skellefteå har petalit och spodumen utvunnits.

I muskovitpegmatiter associerade med graniter tillhörande Härnögruppen har bl.a. vid Järkvissle nordväst om Sundsvall och Orrvik väster om Örnsköldsvik nyligen ansevärliga mängder spodumen och petalit påvisats.

Det torde finnas goda möjligheter att påträffa exploaterbara fyndigheter i Sverige.

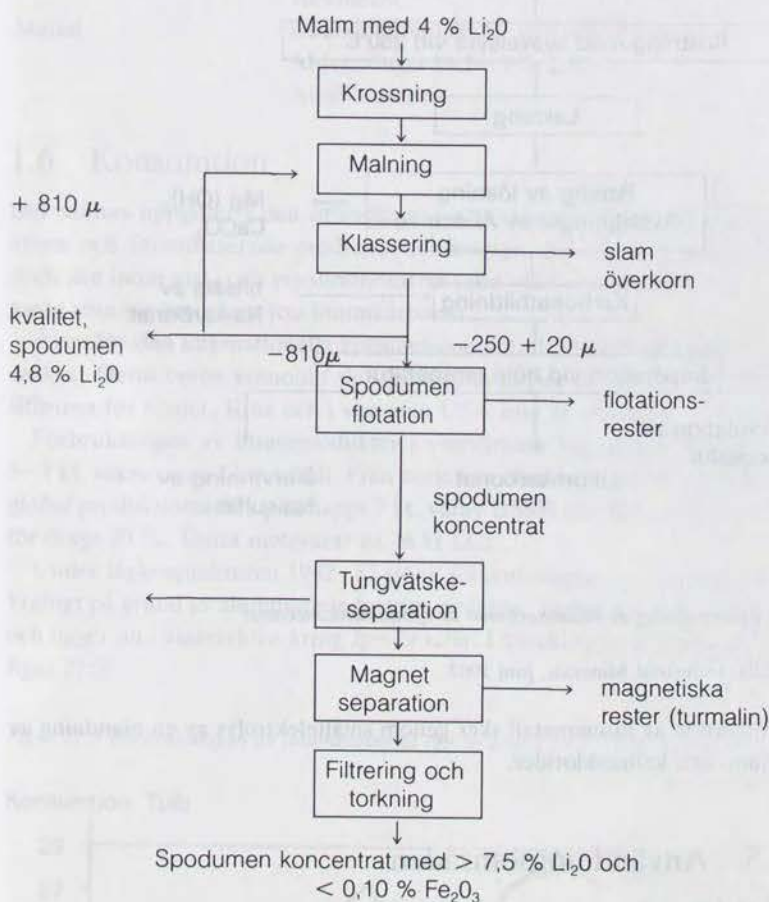
1.4 Framställningsteknik

Pegmatitbaserade litiummalmer bryts som regel i dagbrott. Framställning av mineralkoncentrat (spodumen, petalit och lepidolit är de vanligaste) sker genom normala operationer, där flotation, dense-media-separation och magnetseparering kan ingå. Framställda koncentrat håller oftast 3,5–7,5 % Li_2O .

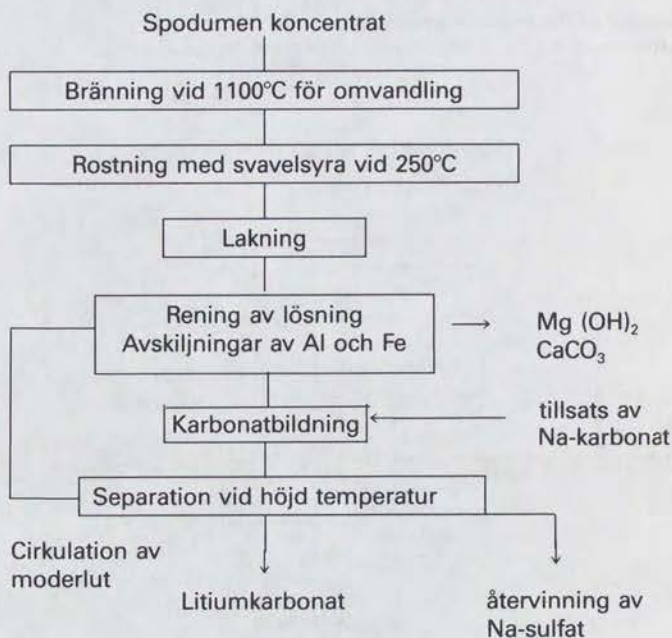
Vid framställning ur saltlösningar pumpas dessa till dammar, där de indunstas med solvärme. Genom kemikaliebehandlingssteg i flera steg skiljs sedan litiumkarbonat ut från natrium-, kalium- och magnesium-komponenterna.

Ett exempel på ett flytschema för produktion av spodumenkoncentrat och litiumkarbonat i ett verk i Australien visas i figur 21:2 a) och b).

Figur 21:2 Exempel på flytchema för produktion av
a) spodumenkoncentrat och b) litiumkarbonat i litiumverk i Australien



a) Framställning av spodumenkoncentrat



b) Framställning av litiumkarbonat ur spodumenkoncentrat

Källa: Industrial Minerals, juni 1987

Produktion av litiummetall sker genom smältelektrolys av en blandning av litium- och kaliumklorider.

1.5 Användningsområden

Produktform	Ändamål
Mineralkoncentrat	Glassmältning Specialglas (TV-rör, fibrer, skyddsglas) Keramik (glasyrer, eldhärdig)
Litiumkarbonat	Se Mineralkoncentrat Aluminiumtillverkning (elektrolys) Flussmedel Läkemedel Katalysatorer
Litiumhydroxid	Smörjmedelstillsats CO ₂ -adsorption
Litiumklorid	Flussmedel Luftkonditionering Torrbatterier

Litiumfluorid	Keramik (jfr Mineralkoncentrat)
Litumbromid	Svetsning och lödning
	Läkemedel
	Torkmedel
Metall	Desoxidation (av Al- och Mg-smältor)
	Al-legeringar (1,5–3 % Li)
	Alkalibatterier

1.6 Konsumtion

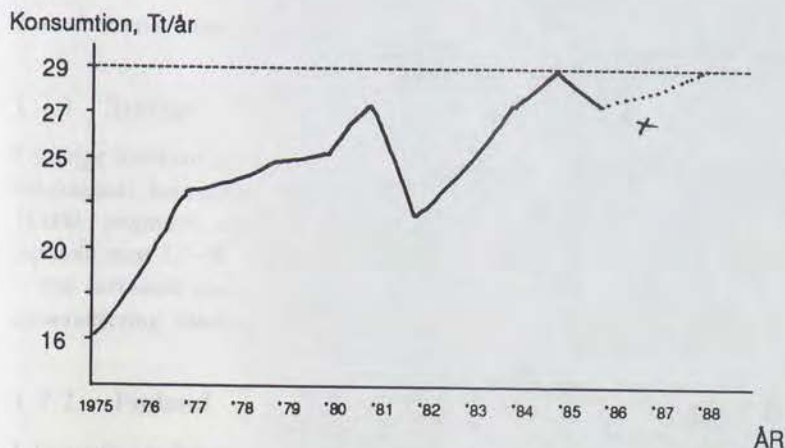
Det saknas uppgifter i den officiella svenska statistiken om tillförseln av litium och litiumbaserade produkter till Sverige. En viss förbrukning lär dock ske inom glas- och porslinsindustrin samt vid batteritillverkning. Det torde röra sig om några ton litiumkarbonat.

Även för den internationella konsumtionen/produktionen är uppgifterna osäkra. Detta beror sannolikt dels på omräkningen till LCE, dels på att siffrorna för Sovjet, Kina och i viss mån USA inte är officiella.

Förbrukningen av litiumprodukter i västvärlden låg under 70-talet vid 3–4 kt, räknat som Li-innehåll. Från början av 80-talet finns en uppskattad global produktionssiffra på knappt 7 kt, varav USSR och Kina beräknas stå för drygt 20 %. Detta motsvarar ca 36 kt LCE.

Under lågkonjunkturen 1982–83 sjönk förbrukningen av *litiumkarbonat* kraftigt på grund av aluminiumindustrins nedgång. Sedan har den åter stigit och ligger nu i västvärlden kring 26–29 kt/år. Utvecklingen åskådliggörs av figur 21:3.

Figur 21:3 Förbrukningen av litiumkarbonat (99 % Li_2O_3) 1975–1988 i västvärlden



Källa: Industrial Minerals, juni 1987, m.fl.

För 1987 och 1988 uppges västvärldens förbrukning av litiumprodukter till 26 resp. 27 kt LCE. Lägger man till 20 % därav för USSR och Kina, blir världskonsumtionen ca 31–32 kt LCE.

Aluminiumtillverkningen och glas/keramik svarar vardera för 25–30 % av förbrukningen, medan smörjmedel tar ca 20 %. Se vidare tabell 21:5, som visar att övriga områden är tonnagemässigt ganska små.

Tabell 21:4 Förbrukning av litium inom olika slutanvändningsområden

Användning	Andel,	%
	1980	1985
Aluminium	33	28
Glas/keramik	32	38 ¹
Smörjmedel	20	17
Kemikalier/metall	6	7,5
Luftkonditionering	4,5	3,0
Syntetgummi	1,5	2,5
Batterier	0,5	1,5
Diverse	2,5	2,5
Summa	100	100

¹ Något osäker uppgift

Källa: R.D. Crozier, Lithium: Resources and prospects

Konsumtionen av litiummetall i olika länder är inte känd. Den torde än så länge vara blygsam, då användningen i flygplansmaterial inte kommit i gång på allvar ännu. För Japan finns nämnd en importsiffra på 50 t, troligen för 1986.



1.7 Produktion, större tillverkare

Det är svårt att få fram siffror för den verkliga världsproduktionen av litium och dess föreningar de senaste åren. Detta beror på att såväl USA:s produktion som Sovjets och Kinas inte är tillgängliga. – Jämför avsnitt 1.6.

Tabell 21:5 ger dock en bild av kapaciteten hos världens ledande producenter, uttryckt som LCE.

Tabell 21:5 Större tillverkare av litium

Tillverkare		Uppskattad kapacitet t/år	Produkt	LCE t/år
<i>Amerika</i>				
Kanada: USA:	Tantalum Mining Corp.	20 000	Spodumen	1,311 ¹
	Foote Mining Company		Litium-	
	Kings Mountain		karbonat	7,200
	Silver Peak		Kemikalier	6,350
	Lithcoa		Kemikalier och metaller	16,300
Chile:	Sociedad Chilena de Litio	7,260	Litium- karbonat	7,260
Brasilien:			Spodumen	300
<i>Övriga länder</i>				
Australien:	Lithium Australia Ltd	24,800	Spodumen	2,700 ¹
Zimbabwe:	Bikita Minerals (Pvt) Ltd	38,500	Petalit	2,000
USSR:			Kemikalier och metaller	5,500
Kina:			Kemikalier och metaller	3,600
<i>Totalt</i>				52,941

¹ LCE varierar med spodumenkvaliteten.

Källa: Industrial Minerals, juni 1987

1.7.1 Sverige

I Sverige förekom brytning av litiumhaltig pegmatit i Varuträsk (i Skellefteå-trakten) åren 1936–1946 i Boliden ABs regi. Därvid bröts totalt ca 21 000 t pegmatit, varav sovrades fram petalit, spodumen, anbygonit och lepidolit med 3,7–8 % Li₂O i mängder om totalt knappt 2 200 t.

Vid Järkvissle utmed Indalsälven har LKAB lokaliserat en spodumen-mineralisering. Studium av förutsättningarna för brytning torde pågå.

1.7.2 Finland

I Tammela i sydvästra Finland finns en pegmatitförekomst med petalit och spodumen i intressanta halter. Brytning har dock inte kunnat komma till stånd på grund av naturvårdshänsyn, varför projektet lagts ned.

1.7.3 Övriga världen

Den största verksamheten finns i USA, där Foote Mineral och Lithcoa har kapacitet att producera 30 kt/år LCE av en beräknad global kapacitet på 53 kt/år LCE (jämfört med beräknad global förbrukning 31–32 kt/år LCE).

Näst störst kapacitet finns numera i Chile, där man ur saltlösningar kan producera drygt 8 500 t/år LCE. Sovjet beräknas ha kapacitet för 5 500 och Kina för 3 600 t/år LCE. Andra producentländer är Australien, Zimbabwe och Kanada.

1.8 Handel

USA, som största tillverkare av litiumprodukter, exporterade 1988 ca 2 200 t och importerade samtidigt ca 1 100 t, båda räknade som Li-innehåll. Dessa siffror motsvarar knappt 12 resp. 6 kt LCE. Detta innebär att den successiva minskningen av USAs export fortsätter till förmån för Chiles inbrytning på marknaden.

Övriga producentländer, utom möjligen Sovjet, torde liksom Chile exportera huvuddelen av sin tillverkning.

Såväl Japan som Europa importerar hela sitt behov, främst från USA, Chile och Kina.

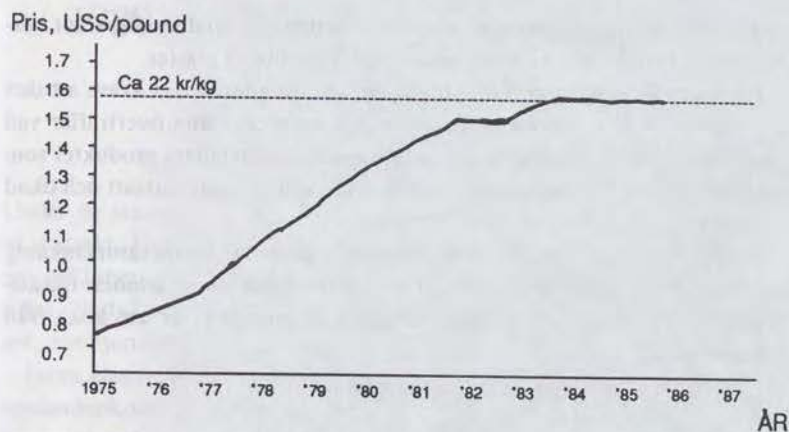
Västtyskland och Japan är de största tillverkarna av litiumkemikalier på basis av mineralkoncentrat, karbonat och metall. Västtyskland importerade år 1986 ca 5 kt litiumkarbonat, främst från USA och Chile.

Den svenska importen sker i form av litiumkarbonat.

1.9 Priser

Realpriset på litium sjönk kraftigt från mitten av 1950-talet till mitten av 1960-talet och var sedan i det närmaste oförändrat t.o.m. 1973. Därefter ökade realpriset med 20 % främst som en följd av högre energikostnader. Priset på litiumkarbonat var 1975 ca 8 000 kr/t i USA. – Prisutvecklingen åskådliggörs i figur 21:4.

Figur 21:4 Prisutvecklingen för litiumkarbonat 1975–1987



Källa: Industrial Minerals, juni 1987

Det anses, att prisstegringen från 1975–1982 kan hänföras till USA-tillverkarnas duopol på marknaden under en period av ökad efterfrågan. De allra senaste åren har nya leverantörer, främst Chile, kommit in på marknaden, vilket lett till en konstant prisnivå sedan 1984 kring 20 000 kr/t fob amerikansk hamn för litiumkarbonat.

Räknar man med detta sistnämnda värde och en förbrukning av 30 kt/år LCE innebär det att världsmarknadsvärdet för litiumkarbonat ligger i storleksordningen 600 MSEK.

Tabell 21:6 Aktuella riktpriiser för litiumprodukter, omräknade till svensk valuta

Produkt	SEK/t
Petalit, 3,5–4,5 % Li_2O < 75 μm , i bulk, fob Amsterdam	1 500
Spodumen, >7, 265 % Li_2O , fot Amsterdam (USD = SEK 7)	2 700
Spodumen, glaskvalitet, 5 % Li_2O , fot Amsterdam (USD = SEK 7)	1 200
Litiumkarbonat, i säckar e.d., i USA (USD = SEK 7)	25 000

Källa: Industrial Minerals, januari 1989

För litiummetall låg priset i USA under 1986 på nivån 375 000 kr/t medan litiumhydroxid i slutet av 1988 kostade ca 30 000 kr/t i tonposter.

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Alternativ till litiumprodukterna finns inom flertalet användningsområden. I keramik och specialglas kan natrium- eller kaliumflussmedel användas; i smörjmedel kan kalcium- och aluminiumtvål ersätta litiumstearaten medan

batterier kan göras med anoder av zink, magnesium, kalcium eller kvicksilver.

Aluminium-litiumlegeringar som konstruktionsmaterial konkurrerar närmast med kompositer av glas-, aramid- och borfiber i plaster.

Eftersom litiumtillsatsen ofta utgör det dyrare alternativet krävs att den ger förbättringar i materialegenskaper och processer, som överträffar vad man kan uppnå på annat sätt. Detta är uppenbarligen fallet i produkter som smörjmedel, alkalibatterier och aluminiumlegeringar, där fortsatt och ökad förbrukning av litiumprodukter förväntas.

I smältprocesser, dvs. för aluminium och glas, där temperatursänkning och energivinst är främsta motiven för litiumtillsats, är relationen tillsats-kostnad/energibesparing tydligen viktigast. Alternativet är att avstå från litiumtillsats.

1.11 Forskning, utveckling

Utveckling av metoder för utvinning och förändring av litiumkoncentrat och föroreningar torde främst bedrivas av de ledande producenterna, speciellt i USA. Vidareframställning av karbonat, klorid etc. sköts ofta av samma företag som utvinner koncentraten.

Annan forskning drivs sannolikt av branschinstitut och företag i användarledet. Ett exempel på detta är Glasforskningen i Växjö, där man studerat möjligheterna att använda låghaltiga spodumenmineral vid glas-smältning i energibesparingssyfte.

I utlandet torde forskningen koncentreras till de nya användningsområden som nu förutses (se avsnitten 1.5, 2 och 3).

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Under de senaste tio åren har efterfrågan på litium, speciellt litiummetall, ökat starkt. För karbonatet föll efterfrågan med 29 % under lågkonjunkturen 1982 men har sedan åter stigit, så att den 1985 var tillbaka vid 1981 års siffra. Nedgången för USA:s aluminiumindustri sänkte förbrukningen något, men tendensen är nu åter uppåtgående.

Inom glasindustrin provas på några håll tillsats av ett relativt lågvärdigt spodumenkoncentrat från Australien i syfte att sänka energiåtgången vid konventionell glassmältning. Denna "glaskvalitet" förväntas bli ekonomiskt fördelaktig genom att den också delvis ersätter fältspat eller nefelinsyenit.

Litiummetall har fått stadigt ökad användning på senare år. Ett område är litiumbatterier, vilka genom hög strömtäthet och stabil spänning under hela sin livslängd samt genom lägre vikt vunnit stora insteg under 80-talet. Dessa egenskaper inkl. lång lagringstid och okänslighet för temperaturväxlingar utnyttjas t.ex. i kameror, datorer, medicinsk apparatur och i militär utrustning. Volymmässigt har batterierna dock en blygsam inverkan på litiumbehovet.

En viss tillväxt har däremot uppkommit genom att aluminium-litiumlegeringar tagits i bruk inom flygplansindustrin. Här innebär 1,5–3 % litiumtillsats att hållfasthet, elasticitetsmodul och viktreduktion i storleksordningen 15 % kan vinnas. Det höga priset för litiummetallen har troligen varit en återhållande faktor än så länge.

På produktionssidan råder numera en överkapacitet vad gäller mineralkoncentrat och litiumkarbonat. Beskriven som LCE är världens produktionskapacitet, som nämnts ovan, ca 53 kt/år, medan förbrukningen inkl. Sovjets och Kinas, uppskattas till drygt 30 kt/år. Här har utbyggnaden i Chile, Zimbabwe och Kanada starkt bidragit till att kapaciteten ökat betydligt snabbare än efterfrågan. Orsaken kan också finnas i den sedan 1984 sänkta aluminiumproduktionen i USA, där man för övrigt också minskat tillsatserna av litiumkarbonat från 2,5–3 kg/ton smälta till 2,0–2,5 kg/ton.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Den för närvarande stora överkapaciteten hos litiumproducenterna kan komma väl till pass under 90-talet, då litium förväntas komma att användas i ökad omfattning, bl.a. inom nya områden. Bland producenter finns en förväntan om en årlig konsumtionsökning på 6–7 % de närmaste åren. En försiktigare siffra, baserad på den allmänna tillväxten är 2 %.

För glastillverkarna kan tillsatser av litiumhaltigt mineral bli väl motiverade, om energipriserna stiger. För glasugnar, där fluorföreningar tillsätts, kan även miljötekniska fördelar vinnas genom byte till litium, som ger smältan en stabilare sammansättning än med den lättflyktiga och korrosiva fluoren.

På batterisidan förväntas fortsatt utveckling om ock i något lägre takt än hittills.

Största ökningspotentialen torde dock finnas hos litium som metall. Aluminium-litiumlegeringar kommer sannolikt att tas i ökat bruk, trots att kostnaden för närvarande är minst den dubbla jämfört med alternativa legeringar. Lägre vikt och bättre hållfasthet förväntas uppväga priset inom allt fler tillämpningar. Bl.a. är lättare segelbåtsmaster av intresse.

I USA och Japan pågår utveckling av bränsleceller med smälta karbonater för elproduktion. Här ingår litium både som karbonat och legering med aluminium som viktiga komponenter i processen och konstruktionen. Det finns förväntningar att sådana celler skall föras ut på marknaden under 90-talet.

Sett på längre sikt anses litium ha sin största potential inom vätekraftsanvändningen, när det gäller deuterium-tritium-fusionsreaktorer. Man ser där möjligheter för litium dels som komponent (isotopen Li 6) i bränslet, dels som konstruktionsmaterial i delar av reaktorn. Denna möjlighet ligger dock långt fram i tiden – en reaktorprototyp förväntas inte före år 2015.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Såväl i form av mineralkoncentrat och kemiska föreningar som i metallisk form erbjuder litium värdefulla egenskaper i olika industriella tillämpningar. Hittills har litium mest använts som flussmedel och legeringsämne vid aluminiumtillverkning, som komponent i specialglas, keramik och högkvalitativa smörjmedel.
2. Ökad användning förutses för litiummetall i aluminiumlegeringar och i alkaliska batterier samt för litiummineral i glassmältning. För metallen ses på sikt nya möjligheter i bränsleceller för elproduktion och i fusionsreaktorer.
3. Världens reserver av litiumhaltiga mineral bedöms som mycket stora i relation till nuvarande produktion (ca 30 kt/år räknat som litiumkarbonat) och kommande behov. De finns främst i Australien, Chile, Kanada, Kina, Sovjet, USA och Zaire.
4. Litiumkoncentrat produceras främst i USA, Chile, Sovjet, Kina, Kanada, Australien och Zimbabwe. Vidareförädling till andra kemiska föreningar än karbonat och till metall sker huvudsakligen i USA och i europeiska industriländer. Västtyskland importerar t.ex. 5 Tt/år litiumkarbonat.
5. Sverige har några kända litiummineraliseringar men ingen produktion. Förutsättningar för ytterligare fynd i pegmatitbergarter bör finnas. Detta i kombination med avsaknaden av europeisk produktion kan ge möjlighet för svensk brytning och förädling i framtiden.
6. En exploatering måste ses på lång sikt och baseras på kommande, förväntad ökande användning av litiumföreningar, speciellt av metallen litium. – För närvarande finns en betydande överkapacitet hos västvärldens producenter.
7. För konkurrenskraft på världsmarknaden (svensk konsumtion kan inte förväntas motivera en egen produktion) fordras i första hand ett utgångsmaterial med hög litiumhalt, enkla processteg och andra gynnsamma produktionsfaktorer, t.ex. måttlig kapitalkostnad. Transportkostnaderna blir av underordnad betydelse. Stora mängder icke-litiumhaltiga restprodukter framkommer, vilka måste omhändertas, eventuellt genom utvinning av biprodukter.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh, *Nyttosten i Sverige*, s. 102–105, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971.
2. MPU, *Industrimineral*, SOU 1977:75, s. 395–399.
3. E. Forssberg m.fl. *Utvinning av industrimineral*, Medd. Minfo nr 5, 1983, s. 55–56.
4. D. Hargreaves & S. Fromson, *World Index of Strategic Minerals, Lithium (Li)*, Gower, Cambridge, UK, 1983.
5. S.J. Lefond, *Industrial Minerals and Rocks*, 5th ed. Vol. 2, s. 869–880. Soc. Mining Eng. New York 1983.
6. P.W. Harben & R.L. Bates, *Geology of the Nonmetallics*, s. 40–46. Metal Bull. Inc., New York 1984.
7. US Bureau of Mines, *Mineral facts and problems*, 1985 ed. Lithium, s. 461–470.
8. M.I. Hatcher & A. Elliot, *Green bushes – a new source of lithium*. 7th Ind. Minerals Int. Congress, Monte Carlo 1986, s. 212–232.
9. V. Carbol & S. Persson, *Användningen av litiumhaltiga råvaror i glasindustrin*. Glasforskningsinstitutet rapport nr 5755/PR 334, 1986.
10. Anon. *Lithium – no shortage in supply*. Ind. Minerals, juni 1987, s. 22–39.
11. A. Russell, *Bikita Minerals, 35 years on and still further potential*. Ind. Minerals, juni 1988, s. 63–71.
12. R.O. Crozier, *A strategy to enter a saturated market – Bolivian lithium*. 8th Ind. Minerals Int. Congress, Boston 1988, s. 59–75.
13. L.G. Johansson, *Inledande smältförsök beträffande svenska Li-råvarors användbarhet i tekniska glas*. Glasforskningsinstitutet rapport nr 6215/887245 (STU-projekt), 1988.
14. B. Lehnert, *Fusionsenergi – kan bli verklighet*. Energi och Framtid, Vattenfalls årsskrift 1988, s. 40–43.
15. US Bureau of Mines, *Mineral Commodity Summaries, Lithium*, 1988 och 1989.
16. *Metals and Minerals, Annual Review 1989*, s. C93-C94.

Olivin

av direktör Kurt Beckius, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	587
1.1	Olivin, olivinmineral	587
1.1.1	Definitioner	587
1.1.2	Egenskaper som utnyttjas	587
1.2	Råvarutillgångar	588
1.3	Sveriges tillgångar	588
1.4	Framställningsteknik	589
1.5	Användningsområden	590
1.6	Konsumtion	590
1.7	Produktion, större tillverkare	591
1.7.1	Sverige	592
1.7.2	Norge	592
1.7.3	Europa	593
1.8	Handel	593
1.9	Priser	594
1.10	Konkurrerande råvaror/material	594
1.11	Forskning och utveckling	594
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	596
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	597
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	598
	<i>Referenser</i>	599

1 Faktaavsnitt

1.1 Olivin, olivinmineral

1.1.1 Definitioner

Olivin är ett magnesium-järnsilikat med en magnesiumhalt, som varierar mellan 15–30 %. Mineralogiskt är olivinen av magmatiskt ursprung och utgör en fast lösning av forsterit (Mg_2SiO_4) och fajalit (Fe_2SiO_4) i varierande halter. I praktiken är emellertid termen begränsad till mineral med minst 85 % forsterit. Olivin utvinns huvudsakligen ur den ultrabasiska bergarten *dunit*, som alltid har magnesiumrik olivin.

Genom vittringsprocesser har en del av olivinen omvandlats till andra mineral, såsom serpentin, talk, klorit, aktinolit, dvs. mineral med lägre magnesiumhalt och hydratföreningar.

Tabell 22:1 visar kemiska analyser för några kända olivintyper.

Tabell 22:1 Kemisk analys för några europeiska olivintyper

Fyndighet	Land	% MgO	% SiO_2	% Fe_2O_3	% Al_2O_3	% Glöd-förlust
Handöl	Sverige	Max 45	Min 42,5	Max 7,5–9,0	2,0	3,0
Purnu	Sverige	Min 35	44–45			
Åheim	Norge	48–50	42,6	6,0	1,8	0,8–1,3
Lefdal	Norge	48–49	42–43	8,0	0,5	0,8–1,3
Vidracco	Italien	41–43	42–44	6,5–8,9	2,0–3,5	

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

Olivin med 93–94 % forsterit har hög eldfasthet (smältpunkt ca 1750°C), en hårdhet som liknar kvartsens, relativt hög värmekapacitet samt en rätlinjig termisk expansion. Den innehåller inte fri kvarts och är därför ofarlig ur silikossynpunkt. Det är främst ovannämnda egenskaper som gett den viss användning som gjuterisand och i eldfasta massor/tegel i stället för kvarts i gjuterier resp. stålverk.

Den höga magnesiumoxidhalten, upp till 48–50 % MgO, är av värde i sig på vissa områden, men också genom den basiska karaktär den ger olivinen. Som slaggbildartillsats i järnmalmssinter och -pellets har magnesiumoxiden erforderlig svavelrenande verkan samtidigt som silikatkaraktären bidrar till sänkt energibehov för smältning jämfört med kalk och dolomit.

MgO-halten och basiciteten är grunden för olivinens tänkbara och delvis

prövade utnyttjande som alternativ till kalk mot försurning i jordbruk och sjöar.

Avsaknaden av fri kvarts motiverar att olivin används som blästermedel vid fristråleblästring i en del av de länder, där kvartshaltiga blästermedel är förbjudna.

Den förhållandevis höga densiteten hos olivin gör att den använts som betongballast i offshore-plattformar. Detta förutsätter dock att olivinen av lokala skäl kan säljas till "grus"-pris.

Den goda värmekapaciteten gör att olivintegel kan användas för ackumulering av värme i s.k. nattvärmekaminer.

1.2 Råvarutillgångar

De globala tillgångarna på olivin är mycket stora. De norska förekomsterna i Åheim-Lefdal-området beräknas uppgå till minst 2 miljarder ton. Andra stora tillgångar finns i USA (Washington och North Carolina). Japan, Sovjet, Spanien, Italien, m.fl. länder i olika världsdelar. Från vardera Japan, Spanien och Italien finns uppgifter om reserver på 100 Mt hos enskilda företag.

Tillgängliga uppgifter enligt ovan torde i vissa fall omfatta inte enbart högvärdig olivin (över 48 % MgO) utan även all dunit, serpentin och eventuellt andra utrabasiska bergarter. Kända tillgångar av högvärdig olivin enbart i Norge kan dock anses vara tillräckliga för överskådlig tid. – Bl.a. i Japan är de geologiska förutsättningarna för att finna brytvärda ultrabasiska bergarter mycket goda.

1.3 Sveriges tillgångar

Vid Handöl i västra Jämtland finns ett område med dunit, omfattande såväl olivin som talk och täljsten. Brytning har förekommit, se avsnitt 1.7. Tillgångarna är stora.

I den svenska fjällkedjan finns en mängd förekomster av ultrabasiter, en del med mycket hög magnesiumhalt i olivinen. De är föga undersökta, utom den vid Kittelfjäll (se tabell 22:1 och avsnitt 1.7.) i Västerbottens län. En stor förekomst finns på fjället Ruopsok väster om Kvikkjokk. Ultramafiten bildar här en linsformad kropp med en blottad area på ca 5 km², och en uppskattad mäktighet av 450–500 m. Olivin med ett forsteritinnehåll av 90–95 % är huvudmineral i bergarten.

För närvarande bryter LKAB ca 135 kt/år olivinsten vid Purnu i Norrbottens län. Förekomsten är belägen i urberget och dess storlek är begränsad.

Ultrabasiter förekommer även i vissa kustnära regioner, främst söder om Skellefteå. Exploaterbarheten kan inte bedömas för närvarande, men belägenheten är intressant ur transportekonomisk synpunkt.

Enstatit (Mg₂Si₂O₆) förekommer i stora mängder i vissa delar av an-

tofyllitförekomsten vid Keukiskero i Norrbottens län. Tänkbar användning för enstatiten kunde vara som ersättning för olivin. Smältpunkten hos enstatit varierar beroende på dess sammansättning, men är dock ca 200°C lägre än hos magnesiumrik olivin.

1.4 Framställningsteknik

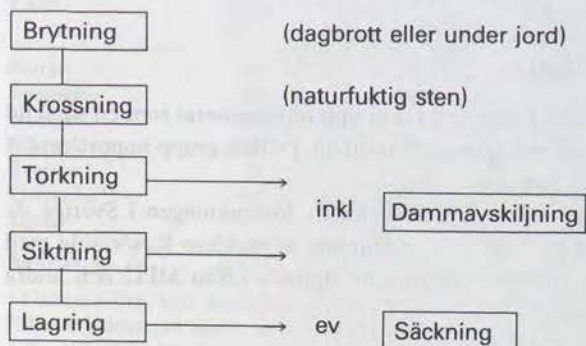
All olivin förekommer i form av berg. Tillverkningen omfattar således brytning i dagbrott eller underjordsbrott, krossning, siktning och stoftavskiljning på torra vägen. Se figur 22:1. Ytterligare reningssteg torde inte förekomma, trots att tvättning med vatten visat sig kunna ge en betydligt renare produkt.

Vid nedkrossningen av olivinmineralet samlas de mjuka vittringsmineralen i finandelen, som därmed får lägre eldfasthet och högre glödförlust. Vid behov avlägsnas de genom siktning och stoftavskiljning i cykloner och filter. Problemet är att vid transporter i bulk och vid omlastningar frigörs ytterligare finpartiklar, som innebär att finandelen ökat och olivinsens siktanalys förändrats något vid ankomsten till förbrukaren.

En slutjustering av siktanalysen relativt nära förbrukaren förbättrar siktanalysens kvalitet avsevärt, särskilt när det gäller snäva kornstorleksintervall eller typen 1–5 mm.

Olivin används i en mångfald kornstorlekar från 10–40 mm för direkt insats i masugn ned till mjöl, dvs. 80 % under 0,075 mm. För gjuteri- och blåsstringsändamål krävs relativt snäva kornstorleksintervall och minimal dammhalt.

Figur 22:1 Processteg vid produktion av olivin i olika korngraderingar



1.5 Användningsområden

Reguljära:

- Stålverk
 - Slaggbildare i masugnssinter och -pellets. Bäddmaterial kring kanal-tegel etc. vid göt gjutning i kokill.
 - Sjunkboxar vid samma process.
- Värm- och brännugnar
 - Eldfast tegel som alternativ till bl.a. chamottetegel. (I USA bl.a. i sopförbränningsugnar).
- Gjuterier
 - Form- och kärnsand för gjutgods av manganstål. Dito vid annat stålgjutgods och i metallgjuterier.
 - Eldfast fyllmedel i blacker.
- Blästring
 - Blästermedel vid fristråleblästring.
- Nattvärme
 - Värmeupptagande block i nattvärmekaminer (för utnyttjande av lägre eltaxa nattetid).
- Betong
 - Ballastmaterial i "tung" betong för oljeplattformar och lagerrum för röntgenfilm.
- Provade, ej reguljära:
- Jordbruk
 - Magnesiumgivare i gödningsmedel.
- Sjöar
 - Långtidsverkande magnesiumgivare och tungmetallbuffert mot förorening.

1.6 Konsumtion

Den offentliga svenska statistiken tar ej upp olivinmineral som en särskild grupp och ger inte heller någon indikation om i vilken grupp import/export och eventuell produktion ingår.

Tabell 22:2 återger siffror över den kända förbrukningen i Sverige de senaste åren. Tabell 22:3 ger en uppskattning av världens försörjning med olivin. I tabellerna jämförs med tidigare uppgifter från MPU och andra källor.

Tabell 22:2 Sveriges årliga förbrukning av olivin

Användning	Förbrukning 1980		SIND prognos för 1990	Förbrukning 1986–1988	Produktion	Import
	%	Kt	kt	kt	kt	kt
Järnmalmspelletts	20	7	300	300	135	165
Gjuterier	30	10	10	10		10
Eldfasta material	20	8		5		5
Blåstring	20	8	10	10		10
Summa	100	33	320	325	135	190

Källa: Utredning av SIND, Mineralbyrån (1982) för 1980 med prognos för 1990, och nu gjord sammanställning för 1986–1988.

Den totala svenska förbrukningen ligger som synes av tabell 22:2 något över 300 kt, varav LKAB:s tillverkning av järnmalmspelletts tar drygt 90 %.

1.7 Produktion, större tillverkare

Av tabell 22:3 framgår att Norge dominerar produktionen i Europa. De största förbrukarna utgörs av de kontinentala råjärnstillverkarna. Norsk olivin exporteras även till USA för samma ändamål, trots USA:s egen produktion i staterna Washington och North Carolina.

Andra betydande producenter är Japan och Spanien. Av den egentliga olivinproduktionen i Japan (jfr tabell 22:3) på 350 kt tycks endast 100 kt gå till slaggbildare, medan 150 kt går till betong och byggnadsmaterial.

Tabell 22:3 Produktion av olivin i några länder

Land	MPU 1977	SIND 1980	1986–1988
Norge	400–500	1 100	2 900
Spanien	600–700	400	480
Italien	85	100	90
USA	200	250	150 ¹
Sverige	35	8	140
Österrike ²	40	60	
Japan ³		350	
Summa, kt, ca	1 400	1 850	4 200

¹ Osäker siffra, kan innehålla import från Norge (ca 50 kt).

² Avser kalcinerad olivin, framställd ur olivin/serpentin.

³ Totalt produceras över 5 Mt ultrabasiska bergarter, varav en stor del går till vägbyggnad.

Källa: MPU (för 1987), SIND, Mineralbyrån 1982 (för 1980) och nu sammanställda siffror för 1986–1988.

1.7.1 Sverige

För närvarande bryts olivinsten (med proportionerna $\text{MgO/SiO}_2 = 0,77$) endast i Purnu, i Kiruna-trakten, av LKAB. Den används uteslutande för tillverkningen av basiska järnmalmspellet. Produktionen startade 1985 och ligger nu på ca 135 kt/år. Olivinstenen krossas och mals vid LKABs anläggningar i Malmberget.

Under åren 1959–1985 bröts olivin regelbundet av Höganäs AB i Handöl i västra Jämtland. Mineralets karaktär framgår av tabell 22:1. Det såldes främst på export till UK och kontinenten för tegel i nattvärmekaminer. Då denna marknad avtog sjönk också brytningen successivt. Produktionen i Handöl låg kring 35 kt/år. Konkurrenskraften gentemot den norska olivinen för slaggbildare i masugnar var också begränsad på grund av den långa landtransporten till norska kusten. – Halten av värdefulla metallmineral är låg; av t.ex. nickel i genomsnitt 10 ppm.

En fyndighet i Kittelfjäll i Västerbotten bröts på prov av Stora AB under en tid på 60-talet. Kvaliteten var dock mindre tillfredsställande för gjuteri-ändamål och reguljär brytning kom inte till stånd.

1.7.2 Norge

Det statligt ägda A/S Olivin har vid Åheim på Sunnmøre drivit upp produktionen av olivin till drygt 2 Mt. Kapaciteten uppgår nu till ca 2,5 Mt. Brytning sker i dagbrott ca 3 km från fabrik och kaj i Åheim.

Huvuddelen av tillverkningen är inriktad på användningen som slaggbildare, dvs. kornstorlekar 10–40 mm och 0–5 mm. Därutöver framställs även kvaliteter för gjuterier och blästring (ca 150 kt/år). Företaget tillverkar också olivintegel i egen fabrik i Åheim för export till kontinenten, speciellt Västtyskland (ca 18 kt olivin används härför).

Silo- och utlastningskapaciteten vid kajen tillåter lastning av fartyg upp till 80 000 ton. Detta har möjliggjort sjötransporter, som gör A/S Olivins slaggbildarolivin konkurrenskraftig även i USA.

Vid Lefdal några mil söder om Åheim tar Nor-Mineral A/S, tillhörigt Franzefoss A/S, ut olivin i underjordsbrott. Bearbetning sker på Kalneset ca 2 km därifrån. Kvantitetsmässigt överväger olivin för slaggbildare, men även olivinsand för gjuteri och blästring framsiktas. Den totala produktionen är ca 600 kt, varav 90 % går på export i Norden och på kontinenten. Båtar på upp till 60 000 ton kan lastas vid Kalneset.

Olivinmineralen från Åheim och Lefdal har i stort sett samma analyser, se tabell 22:1.

Ytterligare tre norska fyndigheter, belägna intill Atlantkusten, bearbetas i Norge. Den ena är Råna i Narviks-trakten, där LKAB tar ut delar av sitt behov för pellets.

I samma fjordområde som Lefdal har A/S Industrimineraler öppnat ett brott för export av olivin som slaggbildare till kontinenten och USA. Brytningen uppgick till 300 kt under 1988, men kapacitet för 800 kt/år har

nyligen installerats.

Två korngraderingar produceras, 0–4 mm och 10–30 mm med 47,5–48 % MgO.

Nikkel og Olivin är ett dotterbolag till Leonhard Nielsen & Sønner A/S, som under våren 1989 startat produktion i Ballangen, Troms. Man avser att ur olivin framställa ett nickelkoncentrat. Ett kontrakt på leverans av 70 kt koncentrat under åren till 1992 uppges ha skrivits med Outokumpu Oy i Finland. Hittills har investerats 120 MSEK i fabriks- och kajanläggningar. – Man räknar även med att sälja olivin på export.

1.7.3 Europa

I Spanien bryts dunit med 36–42 % MgO för slaggbildarändamål dels av Pasek Espana SA, dels av Gabriel Perez-Minas i fyndigheter i nordvästra Spanien. Korngraderingarna 0–3 mm och 10–40 mm produceras. Ut-skeppning sker över Puerto de Casina och Puerto de Ferrol, där båtar upp till 6 000 t kan lastas.

Pasek Espana svarar som det större av företagen för ca 80 % av de uppåt 500 kt, som numera säljs främst inom EG-området. Kapacitet finns för större kvantiteter.

Nuova Cievas Spa producerar olivin i Vidracco, nära Turin i Italien, sedan 1960. Man framställer en lång rad korngraderingar för skilda ändamål. Kapaciteten ligger på 200 kt/år, men den verkliga produktionen stannar under hälften. Den relativt låga MgO-halten, 41–43 % (se tabell 22:1) begränsar användningen. Praktiskt taget hela produktionen används inom Italien.

I Österrike bryter Magnolithe GmbH nära Leoben en dunit med 40–70 % serpentin. Av årsbrytningen 120 kt bränns hälften vid 1600–1650°C, varvid man får en produkt med 49–51 % MgO som siktas till varierande kornstorlekar. Den används speciellt för eldfasta ändamål i Sydeuropa och Ungern.

1.8 Handel

Som inses av ovanstående är den europeiska handeln med olivinprodukter tämligen enkelriktad med Norge som dominerande exportör. De dunit-kvaliteter som bryts i Spanien (och Italien) som slaggbildare är numera konkurrenskraftiga endast i södra Europa. Den största konkurrensfaktorn på kontinenten torde i stället vara lokala tillgångar på dolomit som MgO-givare. – De ca 2,5 Mt olivin för slaggbildarändamål som exporteras från Norge representerar ett fob-värde kring 90 MSEK.

Som gjuterisand används olivin på kontinenten endast för högvärdigt manganstålgoods, där klara tekniska fördelar finns jämfört med den vanliga, långt billigare kvartssanden. Den totala europeiska marknaden rör sig om 20 kt till ett värde kring 10 MSEK. Allmän användning i stålgyuterier

förekommer endast i Norden och då främst i syfte att undvika silikoseriskerna.

Av prisskäl används dock på sina håll olivinsand som alternativ till zirkon- eller kromitsand i gjutformar och i blacker. Kvantiteterna är dock blygsamma och beroende av den tekniskt värdefullare zirkonsandens tillgänglighet och pris.

Även för blästring har olivinsanden sin främsta användning i Norden. Den konkurrerar tekniskt och ekonomiskt med blästermedel baserade på kopparslagg (järnsilikat) och granulerade kolaskor (aluminiumsilikat) i länder där kvartssand inte längre tillåts. – I UK används nu ca 5 kt olivin för blästring av stål och byggnader.

1.9 Priser

Prisnivån för den med enkla metoder massproducerade och sjöfraktade slaggbildarolivinen ligger långt under de för gjuterisander och blästringsmedel etablerade nivåerna.

Tabell 22:4 Priser cif UK (GBP = 11 SEK)

	SEK/ton
Slaggbildare, bulk, styckestorlek 10–40 mm till 0–3 mm	80–150
Olivin för eldfast, bulk, kornstorlek 1–5 mm	225–275
Olivinsand, för gjuterier och blästring, bulk	400–500

Källa: Industrial Minerals, januari 1989

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Detta berörs i avsnitten 1.8 och 2.

1.11 Forskning och utveckling

Olivin i industriell användning, först som eldfast tegel, går tillbaka till 30-talet och USA. Exploateringen i Norge började efter 1945 med inriktning även på gjuterisand.

Det egentliga utvecklingsarbetet började emellertid på 50-talet, främst i Sverige. Det gjordes då en detaljerad kartläggning av olivinens karaktär och egenskaper främst i syfte att utröna dess lämplighet som alternativ till kvartssand. Drivfjädern var önskan att eliminera silikoserisken i stålgjuterierna.

Parallellt drevs under 50- och 60-talen ett utvecklingsarbete i Sverige och USA; under 70-talet även i Norge. Det svenska arbetet skedde inom Jernkontorets forskning. Det har lett till en klar bild av olivinens tekniska möjligheter och begränsningar inkl. försök till produktutveckling genom

kalcinering, ökad MgO-tillsats och smältning. – Det senare arbetet bedrevs först i Sverige och senare i Norge. – Några entydigt bättre produkter till rimliga kostnader erhöles emellertid inte.

Det amerikanska arbetet har främst varit inriktat på olivinsandens användning vid gjutning av icke-järnmetaller. Även den hälsomässiga aspekten har beaktats.

Under 70- och 80-talen har utvecklingen varit inriktad på olivinens funktion i masugnsprocesser och i eldfasta material.

Institutioner där olivin studerats på senare tid är Svenska Gjuteriföreningen och Mefos i Sverige, Sintef i Norge och University of Washington i USA. Största kunskapen torde i dag dock finnas samlad i företag, som producerar och marknadsför olivinprodukter samt i användarföretag, typ stålverk och pelletstillverkare liksom hos branschinstitut och tillverkare av eldfasta tegel och massor.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Med utgångspunkt från den beskrivning av olivinmarknaden som lämnades i MPU kan följande noteras.

Utvecklingen har helt dominerats av den ökade användningen i råjärns-tillverkningen. Trots den senares stagnation och den relativt låga tillsatsen av olivin, 2–3 %, har kvantiteterna i Europa ökat från drygt 1 Mt i slutet av 70-talet till dagens siffra, över 3 Mt. För Sveriges del märks detta främst genom att LKAB helt övergått till basiska järnmalmspellets och nu förbrukar 300 kt/år av egenproducerad och importerad olivin.

Tidigare förväntad ökning på gjuteriområdet har däremot inte inträffat. Skälen är dels stålgiutgodsets tillbakagång totalt sett, dels minskad produktion av gjutgods i manganstål till förmån för andra slitgodslegeringar. De svenska stålgiuteriernas antal och produktion har också minskat avsevärt. Endast tre av återstående fem stålgiuterier använder olivinsand. – I Danmark, Finland och Norge används olivin i sammanlagt tre giuterier. Silikosmotivet har visat sig inte vara tillräckligt starkt, då dagens krav på dammfrihet i arbetsmiljön i stället lett till att mycket omfattande utsugningsanordningar installerats i giuterierna. Även andra åtgärder i silikosbekämpande syfte har införts samtidigt som olivinen visat sig ha tekniska nackdelar med dagens bindemedelstyper.

Olivinsand har fått en etablerad men begränsad användning som blästermedel i Norden. Begränsningen är i huvudsak teknisk i form av relativt stor dammbildning. Dessutom kan kornfragment, som blir kvar på en blästrad yta, leda till blåsbildningar i vissa typer av färgskikt, som läggs på den blästrade stålplåten.

Under 60- och 70-talen tillverkades nattvärmekaminer i stor omfattning på kontinenten för utnyttjande av billiga eltaxor på natten. I dessa användes olivin i stor utsträckning i de tegelblock som ackumulerade värmen. Denna användning har emellertid minskat kraftigt under 80-talet.

Som eldfast material i stålverk ligger olivinmassors och -tegels egenskaper i ett mellanområde. Det betyder att de både tekniskt och prismässigt konkurrerar med chamotte och aloxid å ena sidan samt magnesit och dolomit å den andra. Detta i kombination med övergången till kontinuerlig gjutning i stålverken har avsevärt begränsat de möjliga insatsområdena för olivinprodukter. Å andra sidan har den kontinuerliga gjutningen gett andra möjligheter vad avser sprut- och gjutmassor, där olivinen kombineras med den eldfastare men dyrare magnesiten.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Den största volymmässiga utvecklingspotentialen för olivin kommer även framgent att vara som slaggbildare vid råjärnstillverkning. Förutsättningen för att agera med lönsamhet på denna marknad synes fortsatt vara att kunna leverera stora volymer till låga priser, dvs. att ha en mycket rationell tillverkning kombinerad med utlastningsmöjlighet direkt till fartyg i laster över t.ex. 50 000 ton. – Tekniskt tycks en förändring mot finare kornstorlekar, tillsatta i sinter och pellets vara på väg.

Som bredare alternativ till kvartssand i gjuteriernas former och kärnor torde olivinen för framtiden ha små chanser att utvecklas av såväl tekniska som ekonomiska skäl. Dagens relativt dyra, sofistikerade hartsbindemedel, som förväntas komma att användas i stor utsträckning även i framtiden, kräver rundade sandkorn, exakta korngraderingar och minimal andel finpartiklar för optimal funktion i former och kärnor. En vidare bearbetning av den kantiga olivinsanden för att uppfylla dessa krav kan vara tekniskt möjligt. Priset blir dock sannolikt för högt.

En smärre produktutveckling på blästermedelsområdet är tänkbar, men det är tveksamt om detta ger tillräcklig konkurrenskraft mot de restprodukter som i dag dominerar marknaden för ickekvarts-sander.

Olivin som långsiktig magnesiumgivare och tungmetallfälla i försurade sjöar och marker bör vara intressant ur funktionell synpunkt. Dess ekonomiska räckvidd begränsas säkerligen av transportbehoven. Man bör kunna tänka sig ett regionalt utnyttjande av eventuella nya fyndigheter. Hittillsvarande insatser mot försurning har syftat till en snabb pH-höjning, vilket skett bäst och billigast med kalk. På lång sikt bör dock olivins fördelar, rätt utnyttjade, vara värdefulla för behandling av både sjöar och skogsmarker.

I den mån den framtida energipolitiken ger betydande fördelar av att tillvarata billig elström på natten, kan tegelblock av olivin i kaminer åter bli aktuella – både i Sverige och i andra länder.

På sina håll har möjligheten att utvinna metaller ur olivinen övervägts. Det rör sig främst om nickelhalten, som i den norska olivinen kan uppgå till ca 0,4 %. Utvecklingen för det norska företaget som i år påbörjar produktion av nickelkoncentrat ur olivin bör ge vägledning för svenska möjligheter.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. I sin huvudsakliga användning – som slaggbildare vid råjärnstillverkning – utnyttjar man olivinens magnesiuminnehåll och järn-magnesium-silikaters lättsmälthet (jämförd med dolomit). – I övriga användningar (gjuterisand, eldfast tegel) är det i stället den jämfört med alternativa material höga eldfastheten som utnyttjas.
2. Olivin bryts i ett fåtal länder, främst Norge, USA, Japan, Italien och Spanien. Den världsledande norska produktionen för slaggbildare baseras på rationell brytning i fyndigheter med hög MgO-halt, belägna några få kilometer från utskeppningskajer med stor kapacitet. Detta medför konkurrenskraft i hela Europa och delar av USA. LKAB:s användning av olivin i basiska järnmalmspellets förutsätter en likaledes närbelägen brytning eller gynnsamma transportmöjligheter till Kiruna och Malmberget.
3. Användning av olivin för andra ändamål har en begränsad marknad i Europa, understigande 100 kt/år. Ingen betydande utveckling av denna marknad förutses.
4. Svensk olivinproduktion kan bli aktuell av teknisk-ekonomiska skäl i tre fall:
 - Fyndighet nära utskeppningshamn, som kan ge konkurrenskraft på Europa-marknaden.
 - Fyndighet som tillfredsställer regionalt, svenskt behov, t.ex. bekämpandet av försurade sjöar och skogsmarker.
 - Fyndighet som möjliggör utvinning av nickel-, krom- eller annat värdefullt metallkoncentrat.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh. Nyttosten i Sverige, Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971.
2. K.Beckius. Olivine sand – recent research and experience. 40th Int. Foundry Congress, Moskva 1973.
3. J. Ortfeldt. La sabbia di olivina norvegese come materiale per fusione. La Fonderia Italiana nr 2, 1975, s. 48–52.
4. MPU, Industrimineral. SOU 1977:75, s. 422–424.
5. SIND, Mineralbyrån. Olivin , 1982, 9 s.
6. E. Forssberg m.fl. Utvinning av industrimineral. Medd. Minfo nr 5, 1983, s. 58–59.
7. S.J. Lefond. Industrial Minerals and Rocks. 5th ed. Vol. 2, s. 989–996.8.P.W. Harben. Geology of the Nonmetallics, s. 5–8. Metal Bull. Inc., New York 1984.
9. J. Griffiths. Olivine, exchanging new uses for old. Raw Materials for the Refractories Industry. 2nd ed., s. 65–69. Ind. Minerals, London 1986.
10. J. Griffiths. Olivine, volume the key to success. Ind. Minerals, januari 1989, s. 25–35.
11. Anon. Stor kontrakt om nikkell. Bergverks-Nytt (35): mars 1989, s. 13.

Talkmineral

av direktör *Kurt Beckius*, Ahlsell Mineral AB

Innehållsförteckning

1	<i>Faktaavsnitt</i>	603
1.1	Talk, talkmineral	603
1.1.1	Definitioner	603
1.2.2	Egenskaper som utnyttjas	603
1.2	Råvarutillgångar	604
1.3	Sveriges tillgångar	604
1.4	Framställningsteknik	604
1.5	Användningsområden	605
1.6	Konsumtion	606
1.7	Produktion, större tillverkare	607
1.7.1	Sverige	607
1.7.2	Finland	607
1.7.3	Norge	607
1.7.4	Övriga Europa	608
1.8	Handel	608
1.9	Priser	609
1.10	Konkurrerande råvaror/material	609
1.11	Forskning och utveckling	609
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	610
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	611
4	<i>Sammanfattning och slutsatser</i>	612
	<i>Referenser</i>	613

1 Faktaavsnitt

1.1 Talk, talkmineral

1.1.1 Definitioner

Talk är ett vattenhaltigt magnesiumsilikat, som bildats genom omvandling av ultrabasiska bergarter eller magnesiumrika karbonatstenar (dolomit). Normalt uppträder talk i förening med serpentin, pyroxen, klorit, magnesit, kvarts och dolomit. Den förekommer vanligen som mjuka skiktade skivor, men kan även uppträda i blockform som steatit eller täljsten.

(Pyrofyllit är ett vattenhaltigt aluminiumsilikat som ofta i internationell statistik, oegentligt, redovisas i samband med talk, då dess egenskaper och användning är likartad. Så har inte skett här utom i inledningen till avsnitt 1.7.)

1.1.2 Egenskaper som utnyttjas

Talk i ren form håller ca 32 % MgO, 63 % SiO₂ och 5 % vatten. I naturen och i kommersiella produkter är sammansättningen dock varierande. Tabell 23:1 ger några exempel.

Tabell 23:1 Kemisk analys m.m. hos några olika typer av talk

%	Handöl	Garpenberg	Finland	Indien ¹
SiO ₂	56,7	59	59	61,8
MgO	28,2	28	31	33,2
Fe ₂ O ₃	4,5	3 ²	1,6	0,84
Al ₂ O ₃	3,5	1	0,6	0,66
CaO	1,5	1		2,16
K ₂ O	0,2			
Na ₂ O	< 0,02			
MnO	0,08			
TiO ₂	0,15			
BaO	0,03			
S	1,5			
H ₂ O		<0,5 ³	4,8 ³	
CO ₂			1,0	
Glöd-förlust			6,0	1,29
Talk	92/95	ca 95	96/97	
Vithet	72	45	87/88	99,6

¹ S.k. taxtalkalk

² Avser Fe-halten

³ Bundet vatten

De egenskaper som framför allt utnyttjas är talkens mjukhet, glans, lyster, täckande förmåga, höga oljeabsorption, eldfasta egenskaper, kemisk resistens och låga elektriska ledningsförmåga.

Talk låter sig väl dispergeras i både vatten, oljor och hartser, vilket gör den lämpad som fyllmedel i färg m.m.

Talk marknadsförs i ett stort antal kvaliteter med varierande kemisk sammansättning och fysikaliska egenskaper och därmed också med olika användningar för resp. kvalitet och olika priser. Utslagsgivande är härvidlag ofta färgen samt malningsgraden.

1.2 Råvarutillgångar

Fyndigheter av talk förekommer dels i omvandlade ultrabasiska bergarter, dels i dolomitsten. Talk i brytvärda förekomster finns i ett stort antal länder över hela världen.

Enligt statistiken från US Bureau of Mines för 1988 uppskattas de totala kända reserverna i världen till över en miljard ton, varav ca 400 Mt för närvarande anses vara ekonomiskt brytvärda. Av den senare kvantiteten finns 150 Mt i USA, 145 Mt i Japan, 75 Mt i andra länder med planekonomi.

1.3 Sveriges tillgångar

De flesta svenska fyndigheterna av talk och täljsten uppträder i omvandlade ultrabasiska bergarter. Endast ett fåtal finns i omvandlade dolomitiska kalkstenar. Betydande förekomster av talk och täljsten finns i Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län samt i västra Värmland och Dalsland. Täljstensförekomsten vid Lauttakoski i Pajala kommun förefaller vara störst bland de hittills undersökta med minst 45 kt täljsten per sänkmeter, innehållande 50 % talk.

Numera bryts ca 20 kt täljsten per år vid det s.k. Tjuvflonsbrottet i Handöl i Jämtland.

Omkring 4 kt utvinns också tidvis som biprodukt ur sulfidmalm i Garpenberg.

För närvarande undersöks ett par förekomster i Jämtlands, Västerbottens och Norrbottens fjälltrakter (Gäddede- resp. Storuman-trakten).

1.4 Framställningsteknik

Mycket få talkförekomster har sådan hög renhet, att de kan användas direkt utan förädling. Krossning, malning, magnetisk separering och vindsiktning tillämpas numera i de flesta fall. Av speciellt intresse är att man sedan ett par årtionden tillbaka utnyttjar flotationstekniken för att få fram högvärdiga talkkvaliteter. Tekniken tillämpas bl.a. på den talk/magnesitfyndighet som

bryts i Finland.

Möjligheterna att flotationsanrika talk har bl.a. inneburit, att de naturligt högre talkfyndigheterna i Frankrike och Italien förlorat något av sin tidigare dominerande ställning.

Mikronisering av talk är en annan utvecklingslinje som tillämpas bl.a. i USA, Storbritannien, Finland och Norge. Mikroniseringen ger talken större specifik yta och förbättrade egenskaper i vissa avseenden genom att kornstorleken nedbringas under 5 μm och t.o.m. under 1 μm .

1.5 Användningsområden

- Keramik
 - Hushållsporslin
 - Elektroporslin
 - Isolatorer (även steatit)
- Färg
 - Fyllmedel för utdrying av titandioxid, speciellt i emulsioner och korrosionsbeständiga färger
- Papper
 - Fyllmedel
 - Hartsdispergeringsmedel
 - Bstrykningsmedel
- Plast
 - Fyllmedel och förstyvningsmedel i polypropylen, PVC, polyamider, polyuretaner, polyester m.m.
- Gummi
 - Fyllmedel i kabel-, ventil- och annat industrigods
- Kosmetika och annan farmaceutika
 - Råvara i olika slags puder, deodoranter m.m.
- Taktäckning
 - Fyllmedel i takpapp och takplattor
- Gödningsmedel
 - Antiklibbmedel
- Djurfoder
 - Antiklibbmedel
- Asfaltmassor
 - Fyllmedel

Talk i form av täljstensblock används i kaminer och spiselhällar på grund av sin goda värmekapacitet. Den nyttjas också för prydnadsföremål etc.

1.6 Konsumtion

Talkförbrukningen i Sverige uppgick 1974 till drygt 49 kt. Ca 40 % härav användes för tillverkning av takpapp, 24 % utnyttjades inom massa- och pappersindustrin och 2 % inom gödselmedelsindustrin. Användningen av talk som fyllmedel inom färg- och gummivaruindustri svarade för 10 % av förbrukningen. – Den svenska produktionen uppgick då till 28 kt, medan importen var 25 kt och exporten 4 kt.

Under åren efter 1974 har trenden brutits så att i stället för av MPU prognoserad förbrukning för mitten av 80-talet på närmare 60 kt har den sjunkit till nivån 30 kt. Som synes av tabell 23:3 låg produktionen 1986 vid 11 kt, varav huvuddelen gick på export. Importdelen var i nivån 26 kt.

Nedgången sammanhänger främst med att takpappindustrin bytt talken mot den billigare kvartssanden och att förbrukningen i gödningsmedel sjunkit från nivån 11 kt till under 5 kt. Å andra sidan har cellulosaindustrin ökat sin konsumtion från 12 till 18 kt. Tabell 23:2 jämför fördelningen på olika användningsområden 1974 och 1988.

Tabell 23:2 Användning av talk inom olika industrier i Sverige, kt/år

Användnings- område	1974	1986
Takpapp	19	
Papper	12	18
Gödningsmedel	11	5
Färg	4	
Keramik	1	7
Övrigt	2	
Summa, kt	49	30

Tabell 23:3 Sveriges försörjning med talk, kt/år

	1974	1986	1987
Produktion	28	11	16
Import	25	26	30
Export	4	8	14
Förbrukning, kt	40	29	32

Den europeiska talkförbrukningen låg 1986 på 1,3 Mt mot en produktionskapacitet på nära 1,8 Mt. Hälften förbrukades inom pappersindustrin, medan färg och plast stod för nära en tredjedel. Djurfoder, gödningsämnen, keramik och takpapp var andra tonnagemässigt betydande användningsområden.

1.7 Produktion, större tillverkare

Den globala produktionen av talk + pyrofyllit uppskattas 1986–1987 till 8,5 Mt/år. Detta innebär en ökning på ca 3 Mt från 1974. Produktionssiffrorna för USA och Japan ligger vid 1,2–1,4 Mt vardera, vari dock ingår även pyrofyllit. Värdet av USAs produktion 1987 på 1,2 Mt uppskattas till 150 MSEK. – Av övriga länder kan nämnas Kina med 1,1 MT, Sydkorea med 0,9 Mt, Sovjet med 0,6 Mt och Brasilien med 0,5 Mt.

Produktionskapaciteten i Europa, exkl. Sovjet men inkl. övriga Östeuropa ligger vid 1,8 Mt/år. Av denna svarar Finland och Frankrike för en produktion av vardera nära 350 kt.

1.7.1 Sverige

Reguljär tillverkning av talk har sedan länge bedrivits av Handöls Täljsten AB i västra Jämtland. Produktionen låg på 70-talet uppe i 30 kt/år. En uppgång tycks vara på väg igen, då man genom ökad export prognoserar 20 kt för 1989. Kartläggning av fyndighetens utbredning och karaktär pågår liksom studium av möjligheten att producera renare kvaliteter.

Vid Boliden Minerals bearbetning av sulfidmalmer i Garpenberg framkommer en mörk, lågvärdig talk, som hittills funnit användning i gödningsmedel som antiklibb-agent. Den har emellertid de senaste åren ersatts av renare talk i syfte att undvika föroreningarna av tungmetall.

1.7.2 Finland

Här finns två tillverkare, Finnminerals Oy och Partek-gruppen, som vardera driver två fyndigheter. Finnminerals producerar 230–250 kt men har kapacitet för 360 kt. Den floterade, högvärdiga talken går till papper och cellulosa (fyllmedel resp. hartskontroll), färg, plast, gummi och gödningsmedel.

Partek tillverkar 90 kt/år, som hittills i huvudsak gått till Myllykoskis (tidigare ägare) pappers- och cellulosafabriker.

1.7.3 Norge

I Norge finns tre tillverkare, Norwegian Talc A/S i Bergen, Kvam Talc A/S norr om Lillehammer och A/S Granit nära Odda i södra Norge.

Norwegian Talc har dels egen brytning av två fyndigheter (i Altermark, Kana, producerades 1987 ca 39 kt), dels importerar man vit, indisk talk och finmaler denna. Man är specialist på mikronisering. Totalt processas 40–45 kt/år. Huvuddelen exporteras inom Europa. Kvam Talc A/S har kapacitet för 10 kt/år av kvaliteter 0-75 μm och 0-45 μm för papperstillverkning.

A/S Granit producerar kring 6 kt, men lär ha kapacitet för det 4-dubbla. Praktiskt taget allt exporteras och används till djurfoder, takpapp och annat där vithet inte är ett krav.

1.7.4 Övriga Europa

Franska Talcs de Luzenac är den dominerande företagsgruppen i Europa. Med egna produktionsställen i Sydafrika och dotterföretag i Österrike, Italien och Spanien står man för över 550 kt/år av den europeiska förbrukningen. Detta inkluderar vit talk från Indien och Australien som mikroniseras i egna verk. Gruppen har också produktion i Kanada och USA.

Talkproducenter finns i övrigt i praktiskt taget alla europeiska länder. Den vitaste talken, som avsätts för kosmetika, farmaceutika etc., kommer från Talcs e Grafite val Chisone Spa. i Italien.

I Gent, Belgien, har USA-ägda Cyprus Industrial Minerals Corp. en förädlingsanläggning för 50 kt/år. I denna processas talk från Spanien, Australien och USA. Produkterna säljs på kontinenten, i England och i Norden.

1.8 Handel

I stort sett utmärks talkmarknaden av att produktion förekommer i ett stort antal länder över hela världen, främst i länder där den industriella efterfrågan motiverat en exploatering av inhemska fyndigheter.

Bland de nordiska länderna intar Finland en ledande ställning med en produktion inriktad främst på talkkvantiteter lämpliga för användning inom pappersindustrin.

Med undantag för speciella kvaliteter har talk ett relativt lågt värde. Endast en mindre del av världsproduktionen av talk av ordinär kvalitet är därför föremål för internationell handel och då endast inom begränsade geografiska områden. Handelsströmmarna går framför allt mellan europeiska länder med Finland, Frankrike, Italien, Norge och Österrike som viktiga leverantörländer.

Talk av mycket hög kvalitet med låg halt av föroreningar kan bära längre transportsträckor och uppvisar ett delvis annat handelsmönster. Indien exporterar sålunda betydande kvantiteter omalen och malen talk av hög kvalitet till Japan, Europa och även USA (för bl.a. kosmetika).

Finland är huvudleverantör av malen talk till Sverige med en andel på 50 % av importen, tabell 23:3. De närmast viktigaste leverantörländerna är Norge, Österrike och Belgien-Luxemburg (ursprungsland USA).

Den sammanlagda svenska importen uppgick 1987 till 30 kt med ett importvärde på ca 43 MSEK (1988: 33 Tt och 44 MSEK). Export av talk från Sverige förekommer, främst till Nederländerna. Dit gick 9 kt av den totala exporten (14 kt och 10 MSEK) under 1987 till ett värde av nära 6 MSEK.

Förbrukningsstrukturen för talk varierar mellan enskilda länder alltefter den relativa tillgången på talk av olika kvaliteter och på konkurrerande material.

1.9 Priser

Prisbildningen är givetvis mycket oenhetlig, beroende på det stora urvalet av kvaliteter och producenter. Totalt sett förekommer priser mellan 350 och 2000 SEK/t. Med hänsyn till den stora överkapaciteten, både i Europa och globalt, anses priserna på bulkprodukter och standardkvaliteter för närvarande mycket pressade.

De prisexempel, som lämnas i nedanstående uppställning, är därför endast att se som vägledande.

Tabell 23:4 Några prisexempel

Kvaliteter	SEK/t
Norsk, mald, fritt lager i UK	1 000–1 100
Norsk, mald, mikroniserad, fritt lager i UK	1 250–1 750
Fransk finmald, cif UK hamn	1 300–2 100
Italiensk, kosmetisk, cif UK hamn	1 925
Kinesisk, normal, fritt lager i UK, <75 μm	1 550
Kinesisk, normal, fritt lager i UK, <45 μm	1 600

Källa: Industrial Minerals, januari 1989, GBP = SEK 11

Den svenska Handöls-talken, som ensam står för exporten, har under 1986–87, att döma av exportstatistiken, betingat ett snittpris av 720–840 SEK/t. Den nominella prisnivån 1974 var 405 SEK/t enligt samma källa.

1.10 Konkurrerande råvaror/material

Det finns en rad alternativa material till talk i många av dess användningar, främst sektorn fyllmedel och pigment och efterfrågan är priskänslig.

1.11 Forskning och utveckling

Liksom för flertalet industrimineral bedrivs utvecklingsarbete kring talkens egenskaper vid användning främst vid användarnas branschinstitut och i de större tillverkarnas laboratorier. Sådan forskning torde i första hand ske på papperssidan.

Den processtekniska utvecklingen är på motsvarande sätt koncentrerad till producenternas laboratorier och mineraltekniska institut och högskoleinstitutioner.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

Det viktigaste marknadssegmentet för talk i Västeuropa är papperstillverkning. Den används numera som fyllmedel, bstrykningspigment och för hartsdispergering i kvantiteter på sammanlagt nära 650 kt/år (1986). En kraftig tillväxt har skett genom utvecklingen främst i Finland av talk som fyllmedel och senare även som bstrykningspigment. För hartsdispergering har utvecklingen dock varit snabbare i USA, där talk nu har 80 % av marknaden mot 20 % i Europa. Talken som används är finmald, mikroniserad, till under 15 μm .

Samma fina korngradering föredras i färgindustrin, där den europeiska förbrukningen nu nått 140 kt/år i Europa exkl. Sovjetunionen. Färgmarknaden innehåller ett segment där hög kvalitet efterfrågas, t.ex. för bilindustrin, och ett segment där kraven är lägre och priskonkurrensen betydligt hårdare – inte minst med anledning av rådande överkapacitet i talkproduktionen.

Anknuten till färgindustrin finns en marknad på 25–30 kt/år av talk för polyester-"putties" i Europa, främst England, Italien och Västtyskland. Här efterfrågas lågt pris, viss mineralogisk sammansättning och viss kornfördelning.

Det tredje marknadssegmentet för talk där en utveckling ägt rum är plasterna, speciellt konstruktionsplasterna av typen polypropylen. Den plattliknande strukturen hos talken har en armerande effekt i plasten, som man börjat utnyttja allt mer. I huvudsak används grå och svarta plaster (compounder) och då kan en helt mörk talk användas. För tvättmaskiner, trädgårdsmöbler etc. krävs dock vita talker. Förbrukningen härav i Europa har stigit till 15–20 kt/år, vilka levereras från Kina, Indien, Korea och Australien. – Den totala talkförbrukningen i polypropylen i Europa ligger på 65–70 kt/år.

I USA har de senaste åren uppstått en strid om sådana talker som innehåller tremolit skall betraktas som asbesthaltiga. Detta har lett till tveksamhet om användning av tremolithaltiga talktyper. Det har också inneburit att t.ex. kosmetikaindustrin undvikit talk över huvud taget. Ett myndighetsutslag avvaktas.

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

De trender som beskrivits i avsnitt 2 bedöms fortsätta de närmaste åren. Talk väntas spela en utökad roll i papper, främst i hartsdispergeringsmedel och bstrykningsmedel, medan den som fyllmedel antas stagnera till förmån för kalciumkarbonat. Ytterligare 50–80 kt/år förväntas europeisk pappersindustri förbruka. Ju vitare talken är desto attraktivare är den. – Utveckling av ytbehandlade talkprodukter förväntas skjuta fart.

Färgindustrins fortsatta användning av talk är sannolikt knuten till bilindustrin. Ökad förbrukning av talken i finmald form väntas.

Även i plastindustrin knyts vidareutvecklingen av talk till ytbehandling, som ger compounden bättre hållfasthet (slagseghet bl.a.), vilket krävs bl.a. inom bil- och vitvaruindustrin. – I gummiindustrin har användningen av talk stagnerat, varför även där nyutveckling fordras.

Andra marknader för talk kan förväntas vara relativt stabila men utan uppenbara utvecklingsmöjligheter. Fortsatt hård konkurrens med andra industrimineral är trolig, där lågt pris eller speciella egenskaper är utslagsgivande.

4 Sammanfattning och slutsatser

1. Talk är ett industrimineral med egenskaper som gör den användbar framförallt som tillsats i papper, färg och plast. Den fungerar där som utfyllnadsmedel, men ges också speciella funktioner, t.ex. förstärkande. – I flertalet funktioner är talken utsatt för konkurrens av alternativa industrimineral, där egenskaper och pris ställs mot varandra.
2. Den europeiska talkproduktionen är väl utvecklad med dominerande tillverkare i Finland och Frankrike. Överkapacitet råder men kan elimineras om förväntad marknadsutveckling inträffar. Om alla förväntningar inträffar kan den europeisk förbrukningen öka från 1,3 Mt/år till 1,5 Mt/år inom 5 år.
3. Den svenska produktionen är blygsam och avsättningen begränsad av kvalitetsskäl. Den svenska försörjningen med talk täcks endast till 10 % med egen produktion.
4. Mycket tyder på att importen till stora delar kan ersättas med inhemsk produktion, förutsatt att igång varande verksamhet byggs ut med modern utrustning och lämpliga förädlingsprocesser. Alternativa källor kan sökas i andra hand.
5. Förutsättningen för lönsamhet vid utökad produktion är att exporten vidmakthålls och utökas med högre kvaliteter. Detta måste vägas mot den överkapacitet som finns i Europa.
6. En annan fråga som måste besvaras i samband med eventuell vidare exploatering av talk är risken för förekomst av fibrer av asbesttyp (tremolit). Detta problem har i USA lett till tveksamhet om talkers användning inom vissa områden.

Referenser

1. P.H. Lundegårdh. Nyttosten i Sverige, s. 71–74. Almqvist & Wiksell, Stockholm 1971.
2. MPU, Industrimineral. SOU 1977:75, s. 447–455.
3. E. Forssberg m.fl. Utvinning av industrimineral, Medd. Minfo nr 5, 1983, s. 67–69.
4. S.J. Lefond. Industrial Minerals and Rocks, 5th ed. Vol. 2, s. 1275–1301. Soc. Mining Eng., New York 1983.
5. P.W. Harben & R.L. Bates. Geology of the Nonmetallics, s. 336–346. Metal Bull. Inc., London 1984.
6. US Bureau of Mines. Mineral facts and problems, 1985 ed, s. 799–810.
7. W. Schober. Talc in Europe, optimistic views are prevailing. Ind. Minerals juni 1987, s. 40–51.
8. R.W. Grexa. North American talc, competition in every direction. Ind. Minerals juni 1987, s. 52–55.
9. Anon. Talc, the platy white filler. Raw materials for Pigments, Fillers and Extenders, s. 49–57. Ind. Minerals, London 1988.
10. US Bureau of Mines. Mineral Commodity Summaries. Talc and Pyrophyllite. 1988 och 1989.
11. J-P. Grange. Health regulations; let realism replace prejudice. Ind. Minerals januari 1989, s. 41–42.
12. R.L. Virta. The talc industry – an overview. US Bureau of Mines. Inform. Circular 9220, 1989, 11 s.
13. Datablad och broschyrer från olika företag.

Wollastonit

av produktchef *Jan-Willy Gustafsson*, Ernström Mineral AB

Innehållsförteckning – wollastonit

1	<i>Faktaavsnitt</i>	617
1.1	Wollastonit	617
1.2	Råvarureserver/svenska fyndigheter	617
1.3	Framställningsteknik	617
1.4	Egenskaper/användningsområden	618
1.5	Konsumtion	620
1.6	Världsprodukter/priser	621
1.7	Miljöaspekter	621
2	<i>Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet</i>	622
2.1	Produktion/konsumtion	622
2.2	Prisutveckling	623
3	<i>Marknadsutvecklingen fram till år 2000</i>	624
3.1	<i>Svensk marknadsöversikt</i>	624
4	<i>Sammanfattning</i>	626
	<i>Referenser</i>	627

1 Faktaavsnitt

1.1 Wollastonit

Wollastonit, uppkallat efter den engelske kemisten William Wollstone, är ett kalciummetasilikat, CaSiO_3 (CaO 48,3 %, SiO_2 51,7 %).

Wollastonit har en relativt kort historia som industriellt utnyttjad råvara. Först på 1950-talet började mineralet marknadsföras i större skala. Förbrukningen är ännu relativt blygsam, men en vidgad användning anses sannolik.

Wollastonit i ren form har en vit färgluster och en nålformig partikelstruktur. Normalt är att wollastonit har en grå- eller brunaktig färg, som beror på föroreningar som finns i fyndigheten. Den nålformiga strukturen är en av mineralets viktigaste egenskaper.

Mineralets avlånga karaktär indelas efter partiklarnas längd/diameterförhållande (aspect ratio). Wollastonitmarknaden är i stort uppdelad i två sektorer, beroende på partiklarnas aspect ratio. Wollastonit med högt aspect ratio, vanligen 15:1 till 20:1, används i huvudsak som ersättning för asbest och som armeringsfyller i termo- och hårdplaster samt vid tillverkning av värmeisolerande skivor.

Lågt aspect ratio mellan 3:1 och 5:1 används inom områdena kemisk industri, främst tillverkning av kakelplattor och glasyrer, inom glasindustrin genom att man får kortare smälttider och därmed lägre energiförbrukning samt mindre gasinneslutningar, och inom metallurgisk industri som flussmedel. Övriga användningsområden för denna typ av wollastonit är svets-elektroder, tillverkning av slipmedel och tändstickor samt som fyllmedel inom plast, färg och lim.

1.2 Råvarureserver/svenska fyndigheter

Världens kända reserver uppgår uppskattningsvis till 70–80 miljoner ton, men det verkliga värdet är sannolikt mycket högre, då både geologiska förutsättningar att finna wollastonit i jordskorpan är goda samt att mineralet historiskt inte tillhört de man primärt sökt efter.

1.3 Framställningsteknik

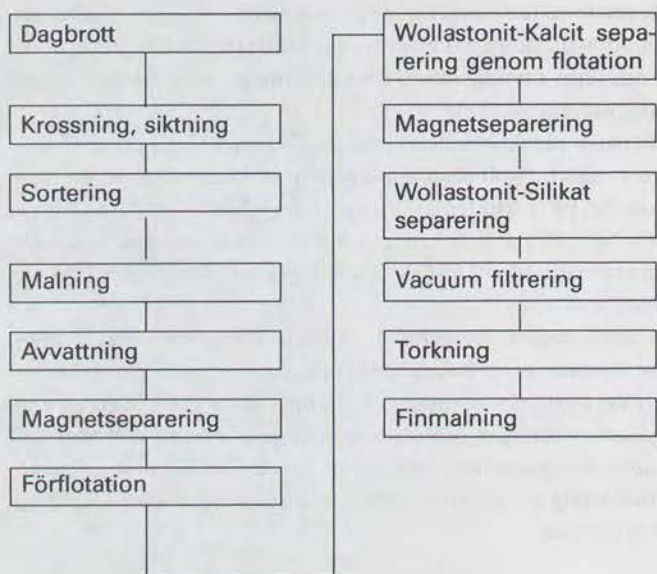
Wollastonit påträffas vanligen i områden, där kalksten kommit i kontakt med eruptiva bergarter. Mineralet bryts såväl i dagbrott som under jord med efterföljande malning, anrikning och klassificering med avseende på

användningsområde.

Beroende på fyndighetens renhet och vilka mineral som är associerade, sker upparbetningen på olika sätt. I vissa fall räcker det med selektivbrytning och/eller flotation. Vid normal nedmalning av det renade mineralet används pebbles-kvarnar, men för att bibehålla mineralets nålkaraktär måste en annan typ av malning ske, exempelvis attritormalning.

I den finska förekomsten i Villmanstrand återfinns wollastonit tillsammans med kalksten i ett förhållande ca 25/70. Anrikningen sker här först med optisk sortering och därefter genom en tvåstegs flotationsprocess, där kalcit och järnbärande silikatmineral frångår. Efterföljande malning med vanliga pebbles-kvarnar ger en slutprodukt med ett längd/breddförhållande 3–5/1.

Figur 1 Flödesschema för wollastonitproduktion i Villmanstrand



1.4 Egenskaper/användningsområden

Beroende på graden av partiklarnas nålform, längd/breddförhållande, kan wollastonitmarknaden indelas i två sektorer. Wollastonit med korta nålar, längd/breddförhållande 3:1–5:1, har mindre betydelse för applikationsområden, där partikelform med förstärkande egenskaper söks, utan går främst till keramisk industri, flussmedel och enklare fyllmedel. Wollastonit med längd/breddförhållande 15:1–20:1 används bl.a. som alternativ till asbest, men också som ett förstärkande egenskapsfyller inom plasttillverkning.

Keramisk tillverkning

Wollastonit är en utmärkt bärare av kisel- och kalciumoxid i keramiska blandningar. Den kan ersätta traditionella råvaror som flinta, kvartssand, talk och olika leror samt kalksten och dolomit. De enskilt större förbrukningsområdena är i massan till kakelplattor samt glasyrer. Den övergång som skett till snabbbrännande processer av keramiska produkter ställer högre krav på massan, där påverkan av termisk chock, kortare evakuerings-tid för den gas som utvecklas i massan vid upphettningen och större mekanisk påverkan har medfört förändringar i recepturerna. Följande egenskaper hos wollastonit värdesätts:

- Nålform – bidrar till mekanisk förstärkning av massan samt förbättrad pressbarhet, dimensionsstabilitet samt underlättar snabb evakuering av fukt längs fibern.
- Längdutvidgningskoefficient – wollastonit har en låg, linjär termisk expansion, vilket minskar problem i samband med krympning som sprickbildning och glasyreffekter.
- Glödningsförlust – wollastonit har vanligtvis mindre än 1 % viktminskning vid upphettning, som medför låg gasutveckling jämfört med karbonater och hydratiserade mineraler, vilket ger en jämn yta med uteblivna tendenser till "pin holes" i glasyren.
- Kemisk sammansättning – wollastonit är vitbrännande, avsaknad av alkali bidrar till goda elektriska egenskaper och mineralet har låg sinteringstemperatur, 991–1196°C.

Metallurgisk användning

Då wollastonit är naturligt flussande vid låga temperaturer, används relativt stora volymer vid stål-gjutning och tillverkning av svetselektroder. Övergången från kokill-gjutning till kontinuerlig gjutning av stål har ställt nya krav på gjutpulver. Vid kontinuerlig gjutning tillsätts gjutpulvret på toppen av stålbadet i gjutlådan för att förhindra avkylning och oxidation av det smälta stålet. I kontaktytan med stålbadet bildas en smält slaggas, vilken fungerar som ett smörjmedel mellan den vattenkylda kokillen och den stelnde stålytan. Gjutpulver innehållande wollastonit rapporteras ge stålet en bättre ytfinish än pulver baserat på kiseldioxid och kalk.

Wollastonit i svetselektroder används för dess flussande och slaggbildande egenskaper.

Asbestersättning

Denna växande marknad är endast aktuell för wollastonit med högt längd/breddförhållande. Wollastonit är inget perfekt ersättningsmaterial, då nålarna är stela samt väsentligt kortare i förhållande till asbest, men används som förstärkande filler i skivor och paneler avsedda för värmeskydd såsom i ugnar, torkar, sekundär isolering och i bromsband.

Färganvändning

Inom färgindustrin finns ett stort antal billigare alternativ till wollastonit, men i vissa formuleringar för t.ex. industriell rostskyddsfärg, vägmarkeringsfärg och strukturfärg uppskattas följande egenskaper:

- Nålform – ger bra mattering av färgfilmen.
- Vithet
- Oljetal – lågt oljetal medför minskat behov av bindemedel.
- Kemisk sammansättning – en vattensuspension av wollastonit ger ett pH-värde omkring 10, vilket fungerar stabiliserande på PVA-bindemedel samt hjälper till att förhindra korrosion.

Plastanvändning

Generellt kan sägas att plast fylld med wollastonit får ökad drag- och böjhållfasthet jämfört med andra mineralfiller, men för att uppnå dessa egenskaper krävs vanligtvis ytbehandling av partiklarna. Inom detta område efterfrågas långnålformig wollastonit med högt aspect ratio.

- Nålform – ökar drag- och böjhållfasthet, minskar krympning.
- Hårdhet – ger bättre motstånd mot nötning men kan samtidigt vara slitande i extruder och formverktyg.
- Absorptionsegenskaper – hög inblandningsgrad möjlig genom låg mjukgörarabsorption.
- Vithet – god vithet minskar pigmenttillsats.
- Elektriska egenskaper – goda elektriska isoleringsegenskaper.

1.5 Konsumtion

Konsumtionen av wollastonit har ökat kraftigt under 80-talet, där samtliga användningsområden bidragit till ökningen. Några områden som ökat mer än andra är marknaden för långnålformig wollastonit som förstärkande filler i plast och som alternativ till asbest. Sammanlagda tonnaget för dessa två användningsområden utgjorde 45 kt i USA och Västeuropa 1986. Tillväxttakten i USA för wollastonit till plast uppskattas till ca 10 % per år. Långnålformig wollastonit kommer huvudsakligast från Indien och USA.

I Västeuropa förbrukas ca 35 kt av kortnålformig och ca 25 kt av långnålformig wollastonit, fördelat enligt följande:

Tabell 24:1 Västeuropas förbrukning av wollastonit

Kortnålformig wollastonit		Långnålformig wollastonit	
Keramik	16 – 18 kt	Fibercement	20 kt
Metallurgi	13 – 15 kt	Övrigt	5 kt
Plast	4 kt		
35		25	

Källa: Partek

Prisnivån i USA 1988 för en wollastonitfraktion 325 mesh, lågt aspect ratio, var ca 1 200 SEK/ton, medan motsvarande fraktion med högt aspect ratio kostade ca 1 700 SEK/ton.

1.6 Världsproduktion/priser

Wollastonit produceras kommersiellt i endast ett fåtal länder, där USA är den dominerande producenten och svarar för närmare hälften av den kända produktionen, som i mitten av 80-talet uppgick till ca 300 kt. Övriga producentländer av nämnvärda kvantiteter för export är Finland, Indien och i viss mån Kina. Antalet exporterande länder är få, likaså är antalet producerande företag ett fåtal; i USA Nyco (en division i Processed Minerals Inc.) och R.T. Vanderbilt Co. Inc., båda liggande i staten New York; i Finland Partek med produktion i Villmanstrand; i Indien Wolkem Pvt. Ltd. i Rajasthan.

Andra producentländer är Mexico och Turkiet, där nästan hela tonnageet avsåtts inom den egna, inhemska keramiska industrin.

Syntetisk wollastonit, ca 15 000 ton, produceras framför allt i Västtyskland och Japan.

Syntetisk wollastonit framställs genom högtemperatur sintringsprocess av en blandning, bestående vanligtvis av kvartssand och kalksten. De flesta syntetiska wollastoniterna är hydratiserade kalciumsilikater och har en annan kristallform än naturlig wollastonit. Partiklarna har till skillnad från naturlig wollastonit hög absorptionsförmåga. Användningsområdet kan jämföras med det för kortnålformig wollastonit. Syntetisk wollastonit utgör endast 5 % av den totala marknaden och framställs för närvarande i Västtyskland och Japan.

1.7 Miljöaspekter

Med tanke på att wollastonit är ett nålformigt mineral har en del synpunkter uttryckts rörande hälsoaspekter. Olika undersökningar har utförts, bl.a. uttalade International Agency for Research on Cancer (IARC) följande rörande wollastonit vid sitt Lyon-möte 1986:

"Det finns begränsade indikationer för wollastonitens cancerbildande förmåga hos försöksdjur."

"Det finns oegentliga indikationer för wollastonitens cancerbildande förmåga hos människor."

De undersökningar som man låtit göra både i USA och Finland på människor, vilka varit i direkt kontakt med wollastonit under en längre tid, dvs. anställda inom wollastonitproduktionen, har genomgått epidemiologiska undersökningar och jämförts med "normalpopulationen". Inga resultat tyder på några skillnader mellan grupperna.

2 Marknadsutvecklingen under 1970- och 1980-talet

2.1 Produktion/konsumtion

Under perioden 1976 till 1986 har den kända produktionen av wollastonit i världen i det närmaste fördubblats (exkl. Kinas produktion av ej raffinerad wollastonitmalm), enligt nedanstående tabell 24:2.

Tabell 24:2 Uppskattad produktion av wollastonit 1976 och 1986, kt

Land	1976	1986
Finland	6,2	22,7
Indien	4,5	24
Japan	? ³	6,5 ¹
Kina	-	70 ²
Mexico	1,1	9,4
Turkiet	45	25
USA	68	1355
Västtyskland	? ³	8 ¹

Anm. ¹ Syntetisk wollastonit

² Ej raffinerad wollastonitmalm, kvantiteten osäker

³ Uppgift saknas

Inga produktionssiffror tillgängliga från Sovjetunionen, inte heller är någon handel känd.

Källa: Roskill/Partek

Den totala världskonsumtionen är inte känd, men det kan antas att den ligger relativt nära världsproduktionen, då det är känt att det rådde viss brist på materialet i början av 1985, då inte att förglömma att det endast är en mindre del av produktionen, som återfinns i den internationella handeln.

Produktionen av syntetisk wollastonit styrs direkt av pris och tillgång. I dag producerar Västtyskland och Japan, men för några år sedan fanns produktion igång även i Danmark, England, Frankrike och Italien. I Norge fanns nyligen planer på att starta tillverkning av 10–30 kt syntetisk wollastonit, där tanken var att utnyttja billig elkraft och nedlagt smältverk. Projektet är tills vidare vilande, då marknadsförutsättningarna för tillfället är svaga.

Under senare år har legomalning av amerikansk och kinesisk wollastonit påbörjats i Europa. Producentländer är Italien och Holland, kvantitet uppskattningsvis 25–30 kt, kapacitet okänd.

Wollastonit är ett av de yngsta kommersiellt utnyttjade industrimineralerna, USA är det land man har längst erfarenhet av användning. 1986 producerades ca 135 kt wollastonit, varav 70–80 kt förbrukades av hem-

mamarknaden. Viktiga användningsområden är keramisk industri, fibercement, plast och ytbehandling.

De två områden, vilka vuxit kraftigast under årtiondet, är fibercement och plast. Inom fibercement som alternativ till den numera förbjudna användningen av asbest och inom plastindustrin som ett förstärkande tillsattningsmedel och då främst till nylon för avancerad användning, exempelvis kugghjul.

Inom keramisk industri återfinns wollastonit i keramiska massor, glasyrer och flussmedel. De viktigaste förbrukarna är keramiska massor till kakel och glasyrer. Fastän wollastonit inte enbart är ett ersättningsmedel för traditionella råvaror, är användningen till stor del beroende på tillgång och pris på andra material.

2.2 Prisutveckling

Tabell 24:3 Wollastonitpriser i England, 1971–1988 (pund per ton)

År	Större än 3-tonsleveranser, säckad vara, approx. 300 mesh
1971	37 – 42
1975	60 – 70
1976	80 – 90
1978	100
1981	110
1981	110
1982	120
1986	185
1987	185
1988	185

(Dessa priser från Metal Bulletin Plc är reproducerade med dess tillåtelse.)

Källa: Industrial Minerals

3 Marknadsutvecklingen fram till år 2000

Fram till mitten av 70-talet var wollastonitens huvudsakligaste användningsområden inom keramik och som ett traditionellt fyller. I samband med förbudet att använda asbest vändes blickarna mot wollastonit som ett möjligt alternativ. Under några år lades mycket utvecklingsarbete ned kring wollastonit och en ny marknad skapades i form av fibercement. Totalt ökades inte kvantiteterna såsom var väntat. Ytterligare en ny marknad skapades – wollastonit som förstärkande fyller i termoplast.

Förbrukningen av asbestersättning i USA uppgick 1986 till 27 kt och motsvarande i Västeuropa till 20 kt. Ingen tillväxt utöver normal förändring av fibercement förväntas för wollastonit inom detta område. Jämförande siffror mellan USA och Västeuropa till termoplastindustrin är 10 resp. 4 kt. Här spås en tillväxttakt på 10–12 % per år i USA och då skall tilläggas att utvecklingen i Västeuropa inom detta område ligger efter USA, så här förväntas t.o.m. en större tillväxt.

Inom området keramik är marknaden relativt statisk och inga förändringar ses inom kommande 10-årsperiod. Användning till främst gjutlådepulver och täckmedel inom metallurgi har under den senaste 15-årsperioden haft en kraftig utveckling allt eftersom stålverken gått över till kontinuerlig gjutningsteknik. Denna fas är till stor del färdig och behovet för Västeuropas del, i dag 13–15 kt, förväntas vara stabilt.

De etablerade, exporterande wollastonitföretagen från USA och Finland kommer att möta nya konkurrenter i form av kinesisk och indisk wollastonit. Kinas export till Västeuropa 1987 uppskattas till 5 kt och väntas öka kraftigt under 90-talet. Turkiet har under hela 80-talet arbetat intensivt med att marknadsföra sina mineraltillgångar och här finns möjligen ytterligare en aktör på marknaden.

3.1 Svensk marknadsöversikt

Någon större användning av wollastonit i Sverige finns inte. Under hela 80-talet har förbrukningen varit stabil och legat mellan 400 och 600 årston. Nästan hela tonnaget avsätts inom keramisk industri som råvara i glasyrer. Små mängder förbrukas inom speciella färgapplikationer och fogmassor.

Prisnivån i Sverige under 1988 för finmalen wollastonit låg runt 1 300–1 500 SEK per ton. Svenska marknaden förses huvudsakligen med material från Finland, men mindre import sker också från USA.

Under senare år har frågan om svensk wollastonitproduktion ventilerats

vid ett flertal tillfällen. Med tanke på marknadsförutsättningar och behov synes frågan ha tillmätts ett oproportionerligt stort intresse i den svenska debatten.

4 Sammanfattning

Wollastonit har många konkurrenter på traditionella användningsområden för industrimineral och då främst inom området filler. Endast där nålformen har ett egenvärde eller där den kemiska sammansättningen värdesätts, har wollastonit en marknad.

Tillgången av wollastonit till användningsområden där inga egentliga krav ställs på nålformen är väl försörjd, medan endast ett mindre antal förekomster ger en långnålformig slutprodukt. Allt eftersom behovet av denna typ av wollastonit ökar, kommer nuvarande producenter att öka sin produktion för att möta de nya tonnagen. De flesta wollastonitförekomsterna kan ge produkter med högt aspect ratio, men med partikellängder under 1 mm.

Med tanke på kända tillgångar, världsproduktionen och marknadssituationen torde behov och möjlighet till nyetablering av svenska förekomster med enbart förädling av wollastonit vara små. Höga krav måste ställas på kemisk renhet för att nå den keramiska marknaden, men framför allt bör nya fyndigheter innehålla wollastonit med bibehållen karaktäristiskt långnålformig struktur. En förbättrad möjlighet för svensk wollastonitproduktion torde vara vid samproduktion av annat mineral, där wollastonit är att betrakta som biprodukt.

Referenser

1. Andrews, R.W.: Wollastonite, 1970, National Environment Research Council, Institute of Geological Sciences.
2. Industrial Minerals, January 1986, Tim Power
3. The Economics of Wollastonite, First Edition 1980, Third Edition 1987, Roskill Information Services.
4. Geology of the Nonmetallics, Harben. P.W., Bates, R.L., Metal Bulltin Inc.
5. Industrial Minerals and Rocks, 5th Edition, Volume 2: Lefond, S.J. American Institute of Mining Metallurgical and Petroleum Engineers Inc.

Faktorer som styr användningen av konstruktionsmaterial

av professor *Rolf Sandström*, Institutionen för materialteknologi, KTH

Innehållsförteckning

<i>Sammanfattning</i>	631
1 <i>Inledning</i>	632
2 <i>Kostnadens roll för materialanvändningen</i>	633
2.1 <i>Materialkostnaden per volymenhet</i>	633
2.2 <i>Meritparametrar</i>	640
3 <i>Utvecklingen för enskilda materialgrupper</i>	645
3.1 <i>Stål</i>	645
3.2 <i>Aluminium</i>	649
3.3 <i>Plast</i>	652
3.4 <i>Koppar</i>	655
3.5 <i>Zink</i>	658
3.6 <i>Bly</i>	660
3.7 <i>Avancerade material</i>	664
4 <i>Förbrukning av legeringselement</i>	665
5 <i>Återanvändning</i>	667
5.1 <i>Stål</i>	667
5.2 <i>Övriga metalliska material</i>	668
5.3 <i>Plast</i>	672
5.4 <i>Ökad återanvändning i framtiden</i>	673
6 <i>Slutsatser</i>	675
<i>Referenser</i>	677

Sammanfattning

En översikt ges över viktiga faktorer, som styr användningen av konstruktionsmaterial och konkurrensen dem emellan. Betydelsen av en förändrad industriell situation, framväxten av nya teknologier, strävan att optimera konstruktioner samt värdet av lägre vikt hos komponenter, t.ex. inom transportindustrin, behandlas. Den roll, som förhållandet mellan prestanda och pris för enskilda material spelar, betonas. Detta analyseras med hjälp av meritparametrar. För de ekonomiskt viktigaste konstruktionsmaterialen som stål, järn, plast, aluminium och kopparlegeringar kan en direkt rangordning av konkurrenskraften i många fall erhållas med meritparametrar.

1 Inledning

Förbrukningen av metalliska mineral styrs av användningen av metalliska material och vilka element som ingår i dessa. Många faktorer som påverkar användningen av material är välkända. Utvecklingen av nya material sker ständigt. Det gäller både enskilda material och grupper av material. Om man gör en historisk återblick kan man konstatera att t.ex. under 1800-talet introducerades zink och aluminium som konstruktionsmaterial. I början av detta århundrade inleddes tillverkning av rostfria stål. Under 50- och 60-talen kom de mikrolegerade stålen. Det kommersiella utnyttjandet av nya material styrs dels av att nya material utvecklas med förbättrade egenskaper och dels att ny tillverkningsteknik kommer fram, som gör det möjligt att producera de nya materialen till konkurrenskraftiga priser. Materialutvecklingen sker i en allt snabbare takt. I själva verket finns det goda skäl att anta att förändringen när det gäller användningen av olika materialtyper aldrig har varit så snabb som nu (1).

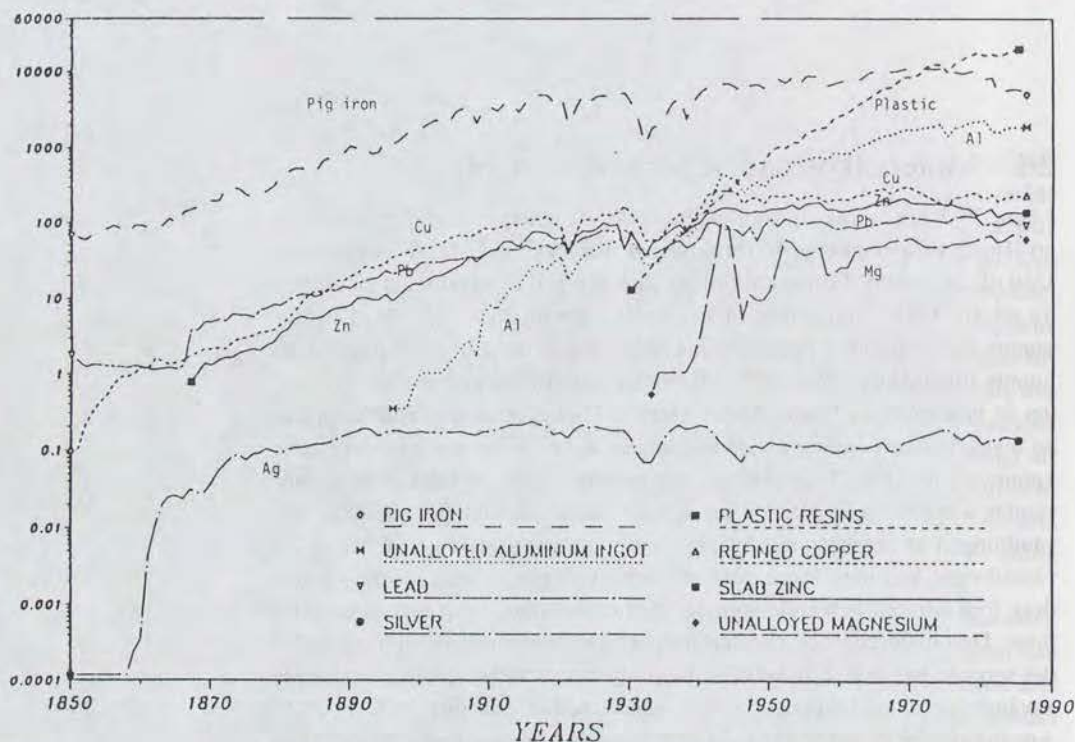
Två faktorer, som är av stor betydelse för användningen av olika material, gäller utvecklingen av nya material med förbättrade egenskaper som kan lösa problemställningar som inte tidigare har varit möjliga att hantera. Det andra gäller att man finner nya applikationer för materialen. Man kanske föreställer sig att dessa två faktorer är de viktigaste som styr materialanvändningen. Det är sannolikt dock inte fallet. Syftet med föreliggande rapport är att belysa olika faktorer som påverkar användningen av konstruktionsmaterial. Inte enbart metaller som framställs med mineraler som utvinns i Sverige kommer att behandlas. Anledningen är att man bör beakta alla viktiga grupper av konstruktionsmaterial när man analyserar de styrande faktorerna.

2 Kostnadens roll för materialanvändningen

2.1 Materialkostnaden per volymenhet

I figur 25:1 illustreras användningen av de viktigaste materialtyperna över ett längre tidsperspektiv. Förbrukningen uttryckt i m^3 i USA återges från 1850 till dags dato. Förbrukningen av järn och stål representeras av kurvan för råjärn. Förbrukningen av råjärn ökade fram till omkring 1970. Ungefär samma tidsberoende uppvisar bly, koppar och zink, dvs. de material som funnits tillgängliga sedan 1850. Ökningstakten för användning av aluminium är väsentligt snabbare. Sedan Herault-Hall-processen utvecklades har en mycket snabb ökning av användningen skett. Processen introducerades kommersiellt 1886. Från det att magnesium under 30-talet började användas i större skala skedde en mycket snabb tillväxt på grund av användningen av magnesium i flygplan under andra världskriget. Efter andra världskriget kan man konstatera att förbrukningen av magnesium i grova drag följt samma beteende som för övriga metaller, även om variationer finns. Den materialgrupp som har haft den snabbaste volymökningen under det senaste halvsekllet är tveklöst basplasterna. Räknat i volym överstiger användningen av basplaster t.o.m. råjärn sedan omkring 1970 i USA. Användningen av silver har varit förbluffande konstant sedan 1890. Även konsumtion av trä, glas, cement och tegel har under tidsperioden haft stor ekonomisk betydelse. Emellertid brukar man inte numera räkna in de materialtyperna bland konstruktionsmaterialen.

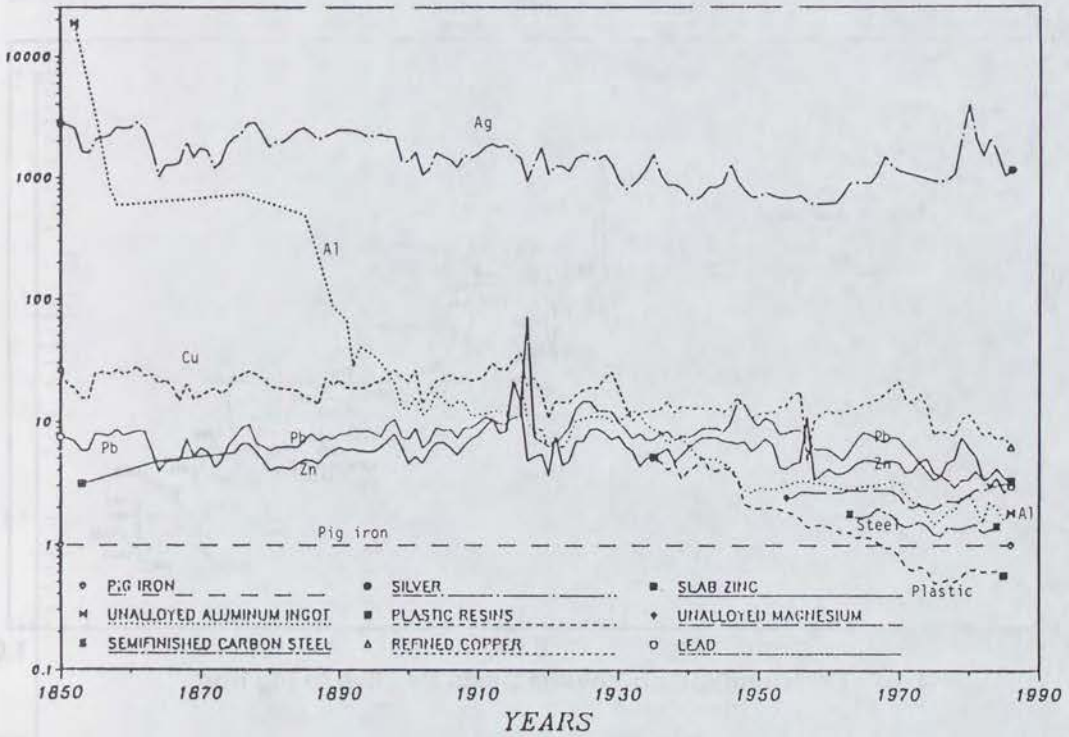
Figur 25:1 Förbrukning av viktiga materialgrupper i m^3 i USA efter 1850. Följande materialgrupper är medtagna: råjärn, aluminium, bly, silver, plast, koppar, zink och magnesium.



Källa: C.N.Cochran (2)

Prisutvecklingen för samma material som i figur 25:1 illustreras i figur 25:2. Som referens används priset på råjärn. Man kan från figuren se att priserna för koppar, bly och zink, liksom för silver, väsentligen följt utvecklingen för priset på råjärn. Prisskillnaderna har dock minskat något för de tre förstnämnda i förhållande till råjärn. Naturligt nog förekommer stora variationer i priserna under vissa tidsperioder. Priset för magnesium i förhållande till priset för råjärn är i stort sett konstant sedan 1950. Priset för aluminium har genomgått de största förändringarna under åren. Aluminium betraktades ursprungligen som en ädelmetall, men vi ser att introduktionen av Herault-Hall-processen ledde till en mycket snabb prisminskning. Även under senare år har dock en snabb prisminskning skett i förhållande till råjärn. De snabbaste förändringarna under de senaste decennierna representeras av basplasterna. Från att ha varit fem gånger så dyra som råjärn under 30-talet, betingar de nu ett pris per volymenhet som är ungefär en tredjedel.

Figur 25:2 Pris relativt samma volym som råjärn för samma materialgrupper som i figur 25:1. Uppgifter för USA från 1850–1988



Källa: C.N.Cochran (2)

Förändringen av de relativa prisnivåerna har haft en mycket direkt inverkan på konsumtionen. I figur 25:3 visas prisförhållandet mellan aluminium och råjärn som funktion av konsumtionsförhållandet mellan materialen. Man ser att det finns ett nära samband mellan de två storheterna.

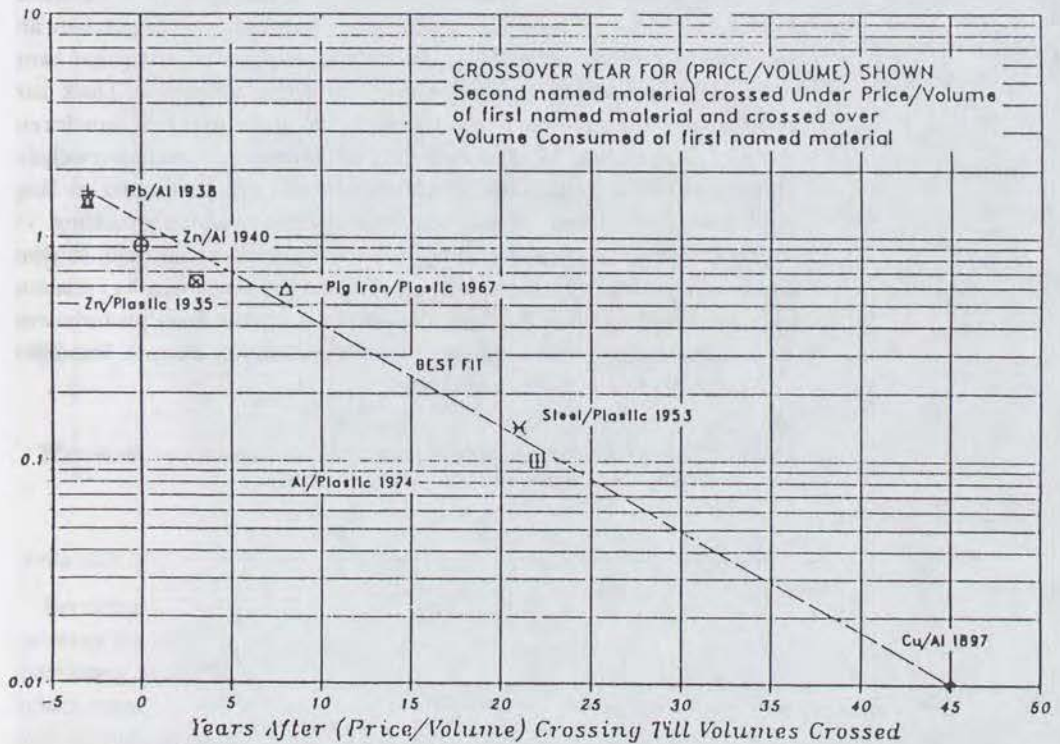
längs kurvan anger årtal. Uppgifter för USA



Källa: C.N.Cochran (2)

Ännu mer konkret kan detta samband illustreras enligt figur 25:4. Figuren är något komplicerad att läsa och måste därför betraktas i detalj. Figuren sammanfattar ett antal händelser, där två olika materialtypers pris per volymenhet korsat varandra vid en viss tidpunkt. Exempelvis fick kolstål och basplaster samma pris per volymenhet 1953. Innan denna tidpunkt var priset för stål lägre – efter 1953 högre. Då var förbrukningen av basplaster 15 % av stålvolymen. Det tog 21 år tills volymen av stål och volymen av plast blev lika stor. Ett annat exempel är koppar och aluminium, som fick samma priser per volymenhet 1897. Förbrukningen av aluminium var då bara 1 % av volymen av koppar. Det tog sedan 45 år innan förbrukningen av de två metallerna blev lika stor. I figuren är ett antal händelser av den här typen inprickade. Det vänstra materialet, som är angivet intill en datapunkt, var billigare innan tidpunkten och det högra materialet efter tidpunkten. Det är slående att så olika material kan sammanfattas i en figur på detta sätt.

Figur 25:4 Figuren illustrerar konsumtionsförändringar som skett för olika materialtyper efter det att priset per volymenhet för två grupper passerat varandra. Förhållandet mellan förbrukade volymer som funktion av antalet år efter övergången till att volymerna blev lika stora.



Källa: C.N. Cochran (2)

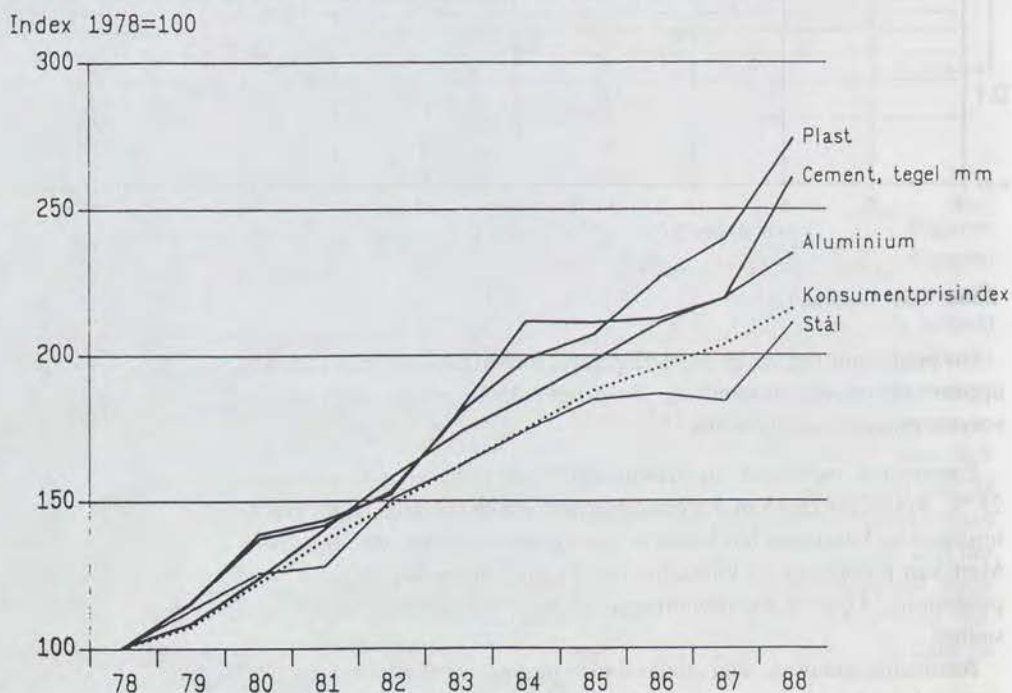
En prisförändring för en materialgrupp i förhållande till andra ger alltså upphov till en volymförändring. Från figur 25:3 kan den uttryckas som volym: proportionell mot pris^{2,2}.

Exempelvis motsvarar en prisminskning på 10 % en volymökning av 23 %. Från figur 25:4 kan den hastighet med vilken volymförändringen sker uppskattas. Lutningen hos linjen motsvarar en förändring med 9 % per år. Man kan konstatera att konsumtionen av olika materialgrupper är starkt priskänslig. Uppstår prisförändringar så sker volymanpassningar relativt snabbt.

Resonemanget ovan, som relaterar förbrukning av olika huvudgrupper av material med prisnivån, representerar självfallet en förenkling. Tillverkningskostnader av olika typer måste beaktas liksom vilka fördelar och nackdelar för den slutliga användningen som materialens egenskaper innebär. Likafullt ger resonemanget ovan värdefull ledning för hur stor inverkan priset i sig har på materialanvändningen. I figur 25:5 och figur 25:6 illu-

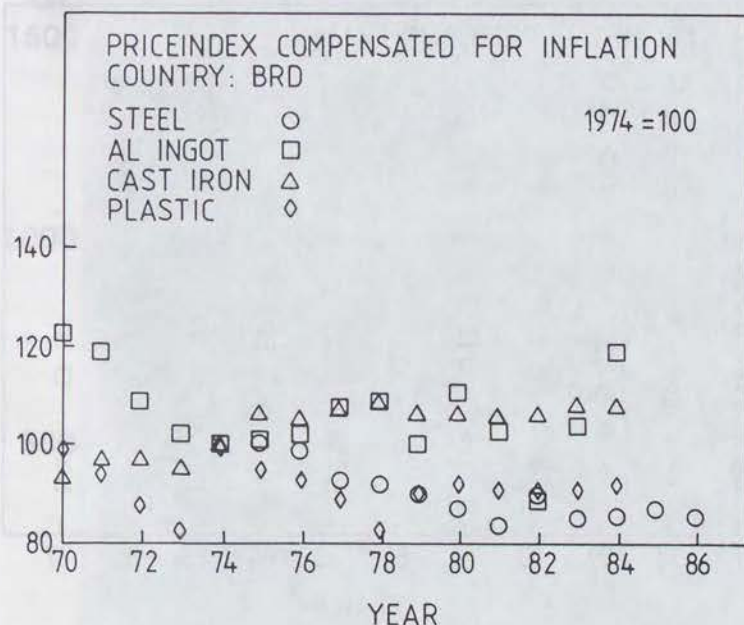
streras hur priserna för olika huvudgrupper av material utvecklats i Sverige resp. Västtyskland. Det framgår att stålpriset ökat långsammare än inflationen, medan aluminiumpriset ökat snabbare. Figurerna 25:5 och 25:6 ger skenbart olika beteende för plastpriset. Man ser dock att om man i figur 25:6 använt samma referensår som i figur 25:5, nämligen 1978, så skulle man även i figur 25:6 redovisa en ökning av plastpriset som är snabbare än inflationen. Den riktigare bilden är att utvecklingen av plastpriset varit något långsammare än inflationen över en längre tidsperiod. Dock har prisökningen inte varit lika långsam som för stål. Från detta kan man dra en rad viktiga slutsatser. Vi såg i figur 25:1 att volymen av basplaster och av aluminium ökat i förhållande till volymen av stål och järn under en lång följd av år, beroende på att prisutvecklingen gynnat en sådan utveckling. Vi ser nu emellertid att prisutvecklingen snarare gått åt motsatt håll, så man kan inte på grund av prisnivån anta att volymen stål skulle minska i relation till plast och aluminium. Tvärtom förstärker det senaste årets pristurbulens med kraftigt höjda priser för aluminium och plast denna slutsats. Sannolikt är att stålvolymen blir oförändrat hög.

Figur 25:5 Priset för olika materialtyper relaterat till motsvarande pris för år 1978. Som jämförelse är konsumentenprisindex (Sverige) medtaget.



Källa: SCB

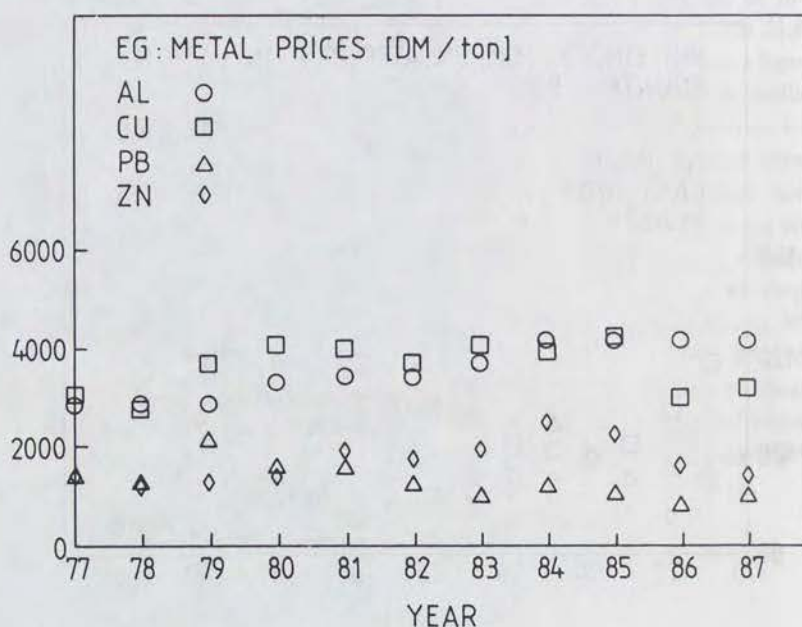
Figur 25:6 Inflationskompenserade priser för stål, aluminiumgöt, gjutjärn och plast. Uppgifterna gäller för Västtyskland.



Källa: IISI (14)

Beträffande koppar, bly och zink ges priser i figur 25:7. Man ser där att priserna för koppar och zink är ungefär desamma 1987 som de var 1977. En minskning i blypriset kan dock noteras. Enligt figur 25:6 har en ökning under senare år skett för priset på gjutjärn. En bidragande orsak till detta kan vara att alltmer kvalificerade produkter framställs av detta material.

Figur 25:7 Västtyska priser för aluminium, koppar, bly och zink 1977–1987

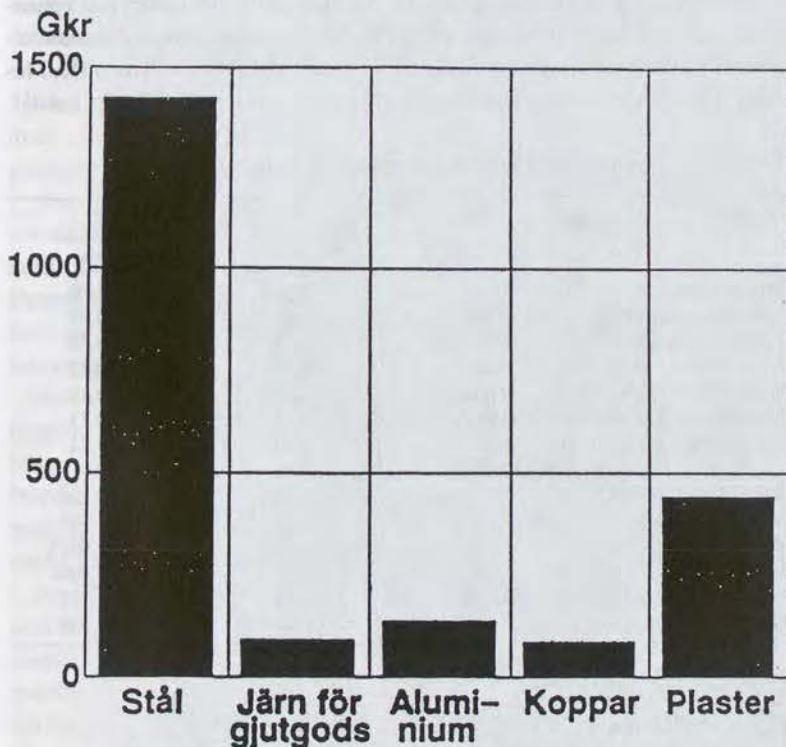


Källa: MG, Frankfurt (12)

2.2 Meritparametrar

Av det underlag, som presenterades i avsnitt 2.1, kan man lätt få uppfattningen att kostnaden per volymenhet hos ett material är den viktigaste faktorn som styr en materialtyps användning. Det är emellertid inte fallet. Det inser man direkt om man betraktar figur 25:8. Där anges världskonsumtionen av de viktigaste huvudgrupperna av material 1985. I de tidigare figurerna har konsumtionen angetts i m³. I figur 25:8 är det i stället det totala värdet av materialtyperna som återges. När det gäller att väga olika materials betydelse i förhållande till varandra, så är representationen i figur 25:8 den riktiga. Av figuren framgår att stål är den materialtyp som är kommersiellt överlägset viktigast. I själva verket är värdet av mängden producerat stål långt större än värdet av alla övriga material sammantaget. Som kommer att belägas nedan finns det ingen anledning förmoda att detta förhållande skulle ändra sig inom överskådlig framtid.

Figur 25:8 Världskonsumtionen av olika material 1985



Källa: Jernkontoret

Med det kostnadsresonemang som fördes ovan borde i stället basplasterna vara de ekonomiskt mest betydelsefulla. Man kan visa att när det gäller att välja material bör man maximera materialets prestanda vid en given kostnad eller minimera kostnaden vid givna prestanda. Dessa två alternativa optimeringskriterier är väsentligen ekvivalenta (3). Optimering av en komponent med avseende på material berör ett fåtal viktiga egenskaper, nämligen; hållfasthet, styvhet, elektrisk och termisk ledningsförmåga. Dessa egenskaper är av den karaktären att deras värden påverkar komponentens slutliga dimensioner. Ett material med hög hållfasthet kan t.ex. tillverkas i klenare dimensioner än ett material med låg hållfasthet. Precis på samma sätt kan man argumentera för de övriga av dessa egenskaper. Eftersom dessa egenskaper påverkar de slutliga dimensionerna hos komponenten kallas de för optimerande eller dimensionerande.

För att beakta de dimensionerande egenskaperna inför man s.k. meritparametrar (4). En meritparameter är ett mått på ett materials prestanda med avseende på någon egenskap i förhållande till kostnaden. Det exakta utseendet hos meritparametrarna beror på den konstruktiva utformningen. Emellertid är skillnaden i meritparametrar mellan olika konstruktiva utformningar inte så stor att man inte kan behandla problemet generellt.

Meritparametrar för ett vanligt fall finns redovisade i tabell 25:1 för ett

antal konventionella konstruktionsmaterial. Meritparametern för hållfastheten är helt enkelt hållfasthetsvärdet dividerat med kostnaden per volymenhet för materialet. Motsvarande för de fall där styvheten är dimensionerande är elasticitetsmodulen dividerat med kostnaden per volymenhet. Meritparametrarna har normaliserats så att de fått värdet 1 för mjukt kolstål.

Tabell 25:1 Meritparametrar för några vanliga konstruktionsmaterial

Material	1	R_p	E
	ρc_k	ρc_k	ρc_k
Mjukt kolstål ($R_p = 220$ MPa)	1	1,00	1,00
Mikrolegerat stål ($R_p = 380$ MPa)	0,88	1,51	0,88
Extra höghållfast stål ($R_p = 690$ MPa)	0,58	1,82	0,58
Austenitiskt rostfritt stål 18Cr10Ni	0,22	0,22	0,22
Austenitiskt rostfritt stål 18Cr10Ni0,2N	0,20	0,26	0,19
Duplext rostfritt stål 18Cr5Ni3Mo	0,14	0,28	0,13
Renaluminium (halvhårt)	0,43	0,17	0,14
Härdbar Al-leg. Al1Mg1Si (varmålrat)	0,33	0,37	0,11
Renkoppar (halvhårt)	0,12	0,096	0,068
Mässing Cu 27 Zn (halvhårt)	0,13	0,14	0,067
Polyeten PELD	3,4	0,014	0,0015
Polypypropen PP	3,3	0,061	0,0066
Glasfiberarmerad polykarbonat (30 % GF)	0,54	0,10	0,011
Glasfiberarmerad polyester	1,02	0,34	0,036

ρ = täthet

c_k = materialets prisindex

R_p = hållfasthet

E = elasticitetsmodul

Man ser från tabellen att de tre första materialen som är olegerade stål har de klart bästa värdena för meritparametern för hållfastheten och för styvheten. Detta är den viktigaste förklaringen till varför stål har en så stark dominans bland konstruktionsmaterialen. Olegerade stål ger helt enkelt mest hållfasthet och styvhet i förhållande till kostnaden. Meritparametern för hållfastheten ökar i allmänhet med hållfastheten för enskilda materialgrupper. För meritparametern för E-modulen är det vanligen tvärtom även om det finns viktiga undantag för armerade plaster. Rostfria stål och aluminiumlegeringar har meritparametrar för hållfastheten som är av samma storleksordning. Värden för kopparlegeringar och plaster ligger i de flesta fall lägre, även om armerade plaster kan ha högre värden. Rangordningen för meritparametern för styvheten är sådan att i avtagande ordning efter de olegerade stålen följer rostfria stål, aluminiumlegeringar, kopparlegeringar och sedan plastmaterialen.

I många fall finns det över huvud taget ingen materialegenskap som är dimensionerande. Man utnyttjar helt enkelt inte materialet fullt ut. I det fallet är meritvärdet inversen av kostnaden per volymenhet. Om man t.ex. betraktar ett hushållskärl som utsätts för små mekaniska påkänningar blir det helt enkelt kostnaden per volymenhet för materialet, som blir avgörande för vilket material som skall väljas. Denna meritparameter, som brukar kallas den geometriska, har de högsta värdena för basplaster som

polyeten och polypropen. Därefter följer olegerat stål och enkla konstruktionsplaster. Även om det geometriska villkoret inte är det allra viktigaste dimensioneringsvillkoret förekommer det tillräckligt ofta för att det skall ha en bred tillämpning.

Den diskussion som fördes ovan i anslutning till figurerna 25:1–4 utgick ifrån att kostnaden per volymenhet var den styrande faktorn, dvs. det geometriska villkoret var kontrollerande.

Användningen av meritparametrar för att analysera konkurrenskraften hos olika material kan tyckas starkt förenklat. Självfallet innebär det också en förenkling, men kanske inte i lika hög grad som man föreställer sig. Meritparametrar är matematiskt exakta begrepp som rangordnar materials konkurrenskraft. Man får välja den meritparameter i varje enskilt fall, som svarar mot den dimensionerande egenskapen.

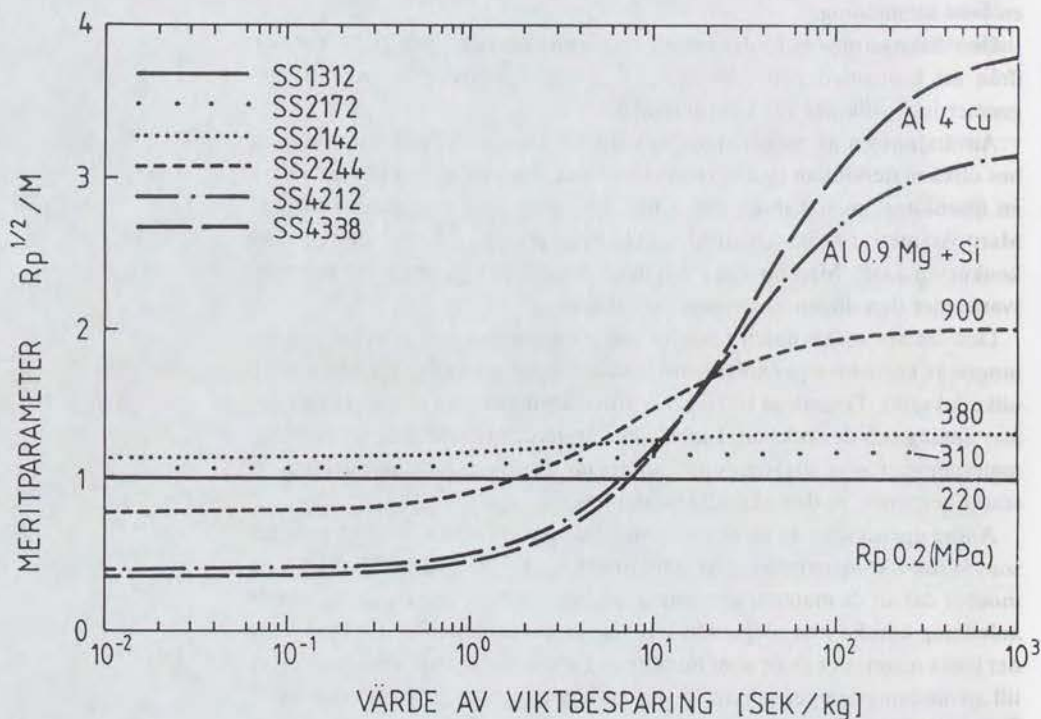
Den största osäkerheten i värdet hos meritparametern gäller uppskattningen av kostnaden per volymenhet. Materialpriset i sig beror på en mängd olika faktorer. Dessutom tillkommer tillverkningskostnader, kostnader för återvinning och destruktion. I tabell 25:1 är värdena beräknade endast med materialpriset som utgångspunkt, eftersom de övriga kostnadsdelarna är starkt beroende av den aktuella tillämpliga.

Andra egenskaper än de dimensionerande påverkar också vilket material som är mest konkurrenskraftigt. Om man t.ex. tar hänsyn till korrosion, så innebär det att de material som inte uppfyller miljökraven slås ut. Av denna anledning kanske inte olegerade stål går att använda och då får man välja det bästa materialet av de som finns kvar. På samma sätt om man tar hänsyn till användningstemperaturen, så slår en hög användningstemperatur ut de flesta plastmaterial. Efter att man på detta sätt plockat bort material som över huvud taget inte går att använda för den aktuella applikationen, återstår typiskt ett stort antal från många olika materialgrupper. I den situationen är meritparametrar ett mycket kraftfullt redskap för att avgöra vilka material som är fördelaktigast.

Användningen av lätta material som aluminiumlegeringar och plaster har ökat kraftigt under senare år. I själva verket finns ett incitament t.ex. för transporttillämpningar, att minska vikten hos komponenter. Man kan lätt väga in denna faktor när man analyserar konkurrenskraften hos olika material. Man ersätter endast kostnaden per volymenhet i meritparametern med summan av kostnaden och värdet av viktbesparingen per sparad kilo material (4).

Ett exempel hur detta inverkar återges i figur 25:9, där meritparametern för hållfastheten ges som funktion av värdet för viktbesparingen. För personbilstillämpningar talar man om värden på viktbesparingen på mellan 3 och 5 kr/kg, för lastbilar ligger värdet något högre, från 5 kr upp till 50 kr/kg, där den undre delen av intervallet är långt vanligare än den övre. I exceptionella fall kan även högre värden komma ifråga. För flygtillämpningar gäller värden från några hundra kr/sparat kg material till flera tusen kr.

Figur 25:9 Meritparametrar för hållfastheten som funktion av värdet av viktbesparing (kr/kg). Värdena är givna i förhållande till mjukt kolstål. Olegerade stål och aluminiumlegeringar med olika hållfasthet (sträckgräns) är medtagna.



Av figur 25:9 framgår att vid låga värden på viktbesparing är olegerade stål mera konkurrenskraftiga än aluminiumlegeringar, medan vid värden som ligger över ca 20 kr/kg är aluminiumlegeringarna fördelaktigast. Värdet för viktbesparingen för tillämpningar inom transportsektorn av storleksordningen 5 kr/kg är inte tillräckligt mycket för att påverka rangordningen mellan olika konstruktionsmaterial på ett nämnvärt sätt. Detta innebär också att de värden som givits i tabell 25:1 kan i stort sett tillämpas också i det fallet.

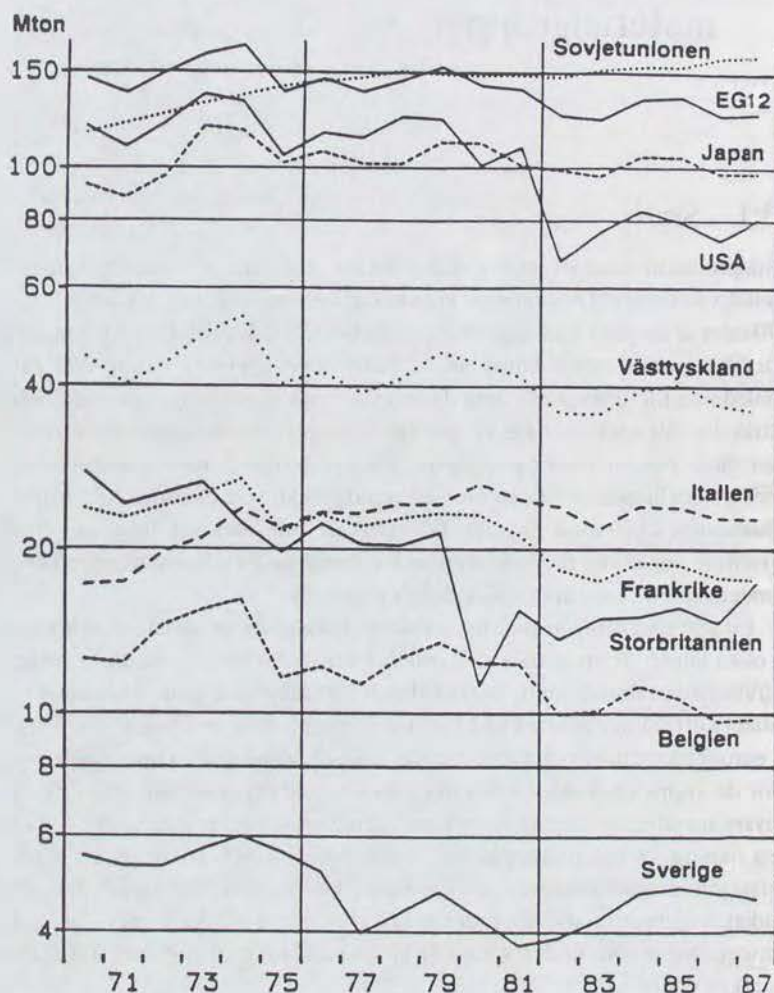
3 Utvecklingen för enskilda materialgrupper

3.1 Stål

Stålproduktionens utveckling under senare år illustreras i figur 25:10 för ett antal västländer. Den relativa minskning som har noterats sen i början av 70-talet är ungefär lika stor för de flesta länder. USA och Belgien har dock drabbats av en större minskning. I Italien har ingen minskning skett. En anledning till detta torde vara de mycket stora subventioner som stålindustrin där fått under senare år. Sverige följer helt det internationella mönstret. Som bekant visar östländerna, här exemplifierat med Sovjetunionen, och utvecklingsländerna en motsatt trend. Totalt sett i världen har stålproduktionen ökat med ungefär 1 % per år. International Iron and Steel Institute anger i en prognos att man förväntar sig att stålproduktionen även under de närmaste åren följer denna trend (5).

Ett sätt som ofta används för att belysa betydelsen av metallproduktionen i olika länder är att bilda kvoten mellan värdet för metallproduktionen och bruttonationalprodukten. Detta kallas för metallintensiteten. Man kan konstatera att stålintensiteten nådde sitt maximum redan omkring 1920 i USA – i europeiska länder och i Japan under 50- och 60-talet (6). Detta gäller även för de andra klassiska metallerna som koppar, bly, zink och tenn. För de nyare metallerna aluminium och nickel uppvisas fortfarande under 70-talet en ökning av metallintensiteten. Detta beteende är inte svårt att förstå, eftersom produktionen av olika metaller har visat en måttlig tillväxt samtidigt som bruttonationalprodukten ökat snabbt i många länder. De stora investeringar som under senare år gjorts t.ex. i informationsteknologi förstärker denna effekt.

Figur 25:10 Stålproduktionen i olika västländer 1971–1987



Källa: Jernkontoret (13)

Minskningen av stålkonsumtionen i västvärlden under senare år har en rad orsaker.

1. Vissa stålintensiva industrigrenar som varvsindustrin och byggnadsindustrin har kraftigt minskat sin verksamhet sedan början av 70-talet.

2. På grund av en hårdnande internationell konkurrens optimeras konstruktioner alltmer, dvs. onödigt material tas bort.

3. Låghållfast kolstål har ersatts med höghållfast stål i betydande omfattning. Incitamentet för detta framgår om man jämför meritparametrarna för hållfastheten för mjukt kolstål och höghållfast stål i tabell 25:1. Den ökande användningen av mikrolegerade stål är en av de viktigaste förändringarna ekonomiskt sett inom materialanvändning under de senaste två

decennierna. Inte minst viktigt är detta inom transportsektorn där det har varit angeläget att spara vikt.

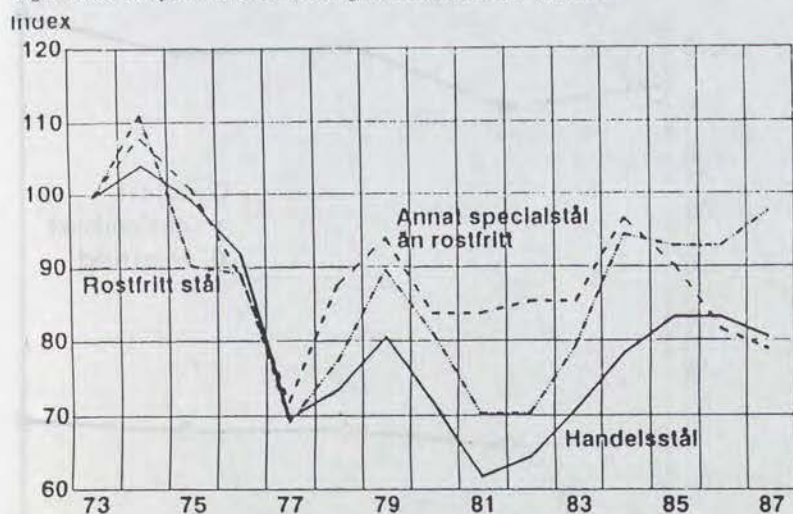
4. Ny teknologi har i många fall introducerats som inneburit en minskande användning av stål. Som exempel kan nämnas kalkylatorer, som tidigare hade väsentliga mekaniska delar, men numera nästan uteslutande består av elektronik.

5. I en rad tillämpningar har stål ersatts med andra konstruktionsmaterial. Som exempel kan nämnas husgeråd i galvaniserad plåt, som numera i de flesta fall tillverkas i basplast.

6. En stark strävan under senare år har varit att göra konstruktioner lättare. Punkterna 2, 3 och 5 har bidragit till att genomföra detta. Lägre vikt i en konstruktion innebär samtidigt att de mekaniska påkänningarna minskar. I en sådan situation minskar ståls konkurrenskraft i förhållande till enkla plaster.

Man skulle av de ovan sex uppräknade punkterna kunna förmoda att minskningen i stålanvändningen varit mycket drastisk. Det framgår redan av figur 25:10 att detta inte är fallet. Dessutom måste man komma ihåg att under den tidsperiod som täcks in av figur 25:10 har i de flesta västländer skett en övergång från kokillgjutning till stränggjutning. Eftersom tidigare upp till 15 % av det producerade stålet måste skrotas, inser man att skillnaden mellan produktionen av stål och konsumtionen är väsentligt större under första hälften av 70-talet än vid mitten av 80-talet. Minskningen av stålkonsumtionen är alltså påtagligt mycket mindre än vad som figur 25:10 först kan ge intryck av. En viss minskad stålproduktion i västländerna kan förutses även under de närmaste åren. Den minskningen kommer emellertid att vara relativt marginell och kommer inte att påverka ståls ställning som det viktigaste konstruktionsmaterialet.

Figur 25:11 Stålproduktionen i Sverige relaterat till 1973 års nivå

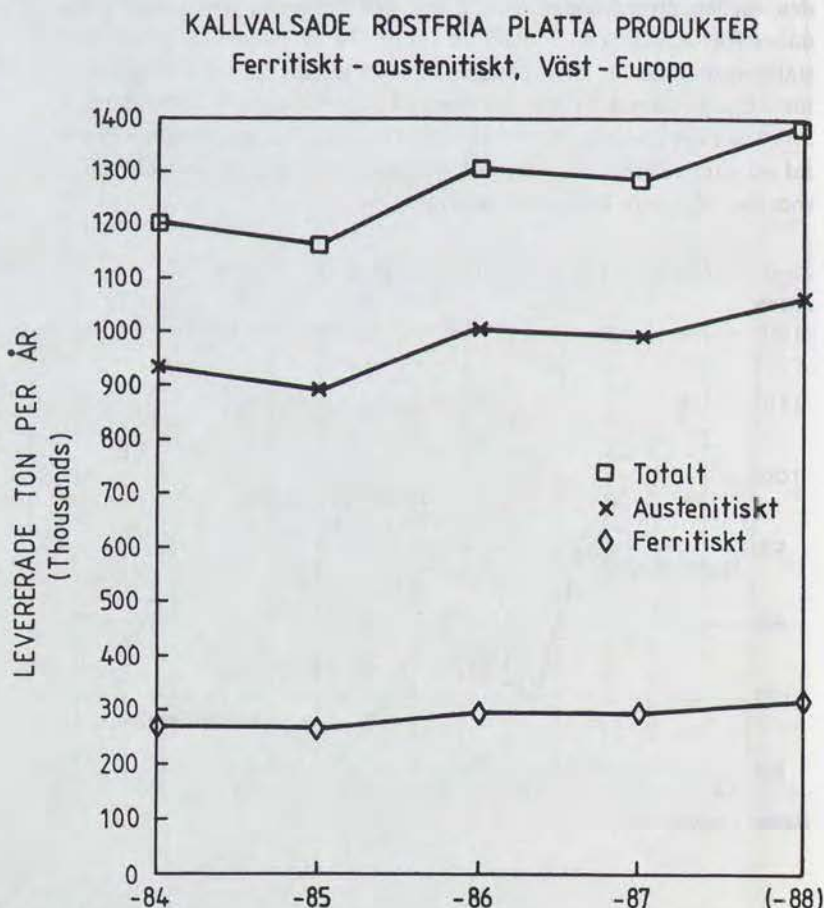


Källa: Jernkontoret (13)

Viktigare än förändringar rörande den totala användningen av stål är förändringar mellan olika ståltyper. Som diskuterades ovan ökar användningen av olegerade höghållfasta stål på mjuka kolståls bekostnad (7). I figur 25:11 visas att produktionen av rostfria stål visar en gynnsammare utveckling än handelsstål. Förklaringen torde i många fall vara att man vill undvika de skyddande ytbehandlingar, som praktiskt taget alltid är nödvändiga för handelsstål.

I figur 25:12 ser man att användningen av rostfria stål ökat med storleksordningen 5 % per år i Västeuropa under de senaste åren. Man ser att denna ökning gäller i ungefär lika hög grad ferritiska som austenitiska rostfria stål. I Västeuropa i sin helhet är förbrukningen av ferritiska rostfria stål ungefär 30 % av den för austenitiska material. I Sverige utgör förbrukningen av ferritiska stål bara 6 % av kvantiteten av austenitiska stål (8). Man kan förvänta sig att andelen ferritiska stål kommer att öka i Sverige framgent. Ferritiska stål av konventionell typ har något högre hållfasthet och är något billigare än enkla austenitiska stål. Detta innebär att de får något högre meritparameter med avseende på hållfastheten.

Figur 25:12 Förbrukningen av kallvalsat, austenitiskt ferritiskt rostfritt stål i Västeuropa 1984-1988



Källa: M.L.Erbing (8)

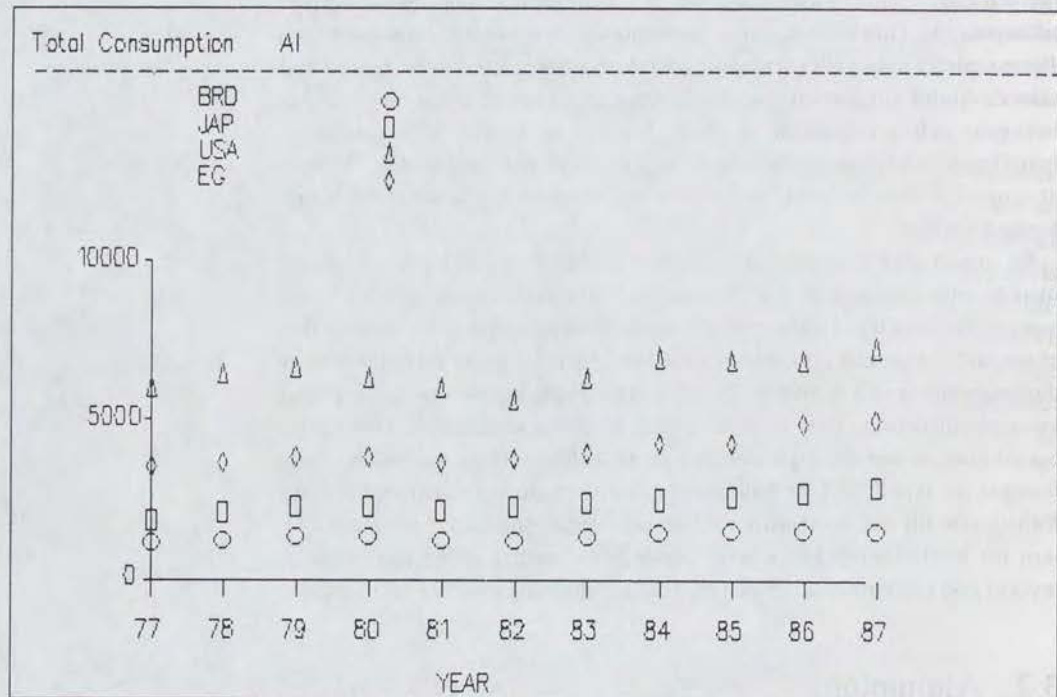
Det finns alltså ett klart ekonomiskt incitament för att öka användningen av ferritiska stål. Samtidigt har de ferritiska stålen väsentligt sämre svetsbarhet och något sämre formbarhet, vilket gör att de inte kan användas i alla tillämpningar. Områden där man förväntar sig att ferritiska stål kommer in i större utsträckning gäller trummor till tvättmaskiner samt delar av diskmaskiner. Andra tillämpningar, där ferritiska stål redan i dag används, är bakugnar och avgassystem till bilar. En stor osäkerhet finns emellertid beträffande övergången från austenitiska till ferritiska rostfria stål. Orsaken är sannolikt i första hand att tillverkningstekniken måste anpassas till de ferritiska stålen.

En annan viktig utvecklingstendens beträffande rostfria stål gäller den ökande användningen av s.k. duplexa stål, dvs. rostfria stål med en ferrit-austenitisk struktur. Detta område är av speciellt intresse för svensk del, eftersom Sverige kan betraktas som ledande när det gäller framställning av duplexa rostfria stål. Förutom fördelar beträffande korrosionshårdigheten i vissa sammanhang, t.ex. när det gäller förbättrade spänningskorrosionsegenskaper, så har de duplexa stålen en väsentligt förhöjd hållfasthet. Som framgår av tabell 25:1 är hållfasthetshöjningen större än prisskillnaden i förhållande till det austenitiska stålen och detta innebär att meritparametern för hållfastheten blir större. De duplexa rostfria stålen har alltså en mycket god konkurrenskraft och en ökad användning av dessa kan förutses.

3.2 Aluminium

Användningen av aluminiumlegeringar har under det senaste decenniet ökat i västvärlden, se figur 25:13. Ökningen av konsumtionen rör sig om omkring 2 % per år. För Skandinavien i sin helhet gäller ungefär samma ökningstakt. Däremot har användning av aluminium i Sverige i stort sett varit oförändrad under den gångna 10-årsperioden.

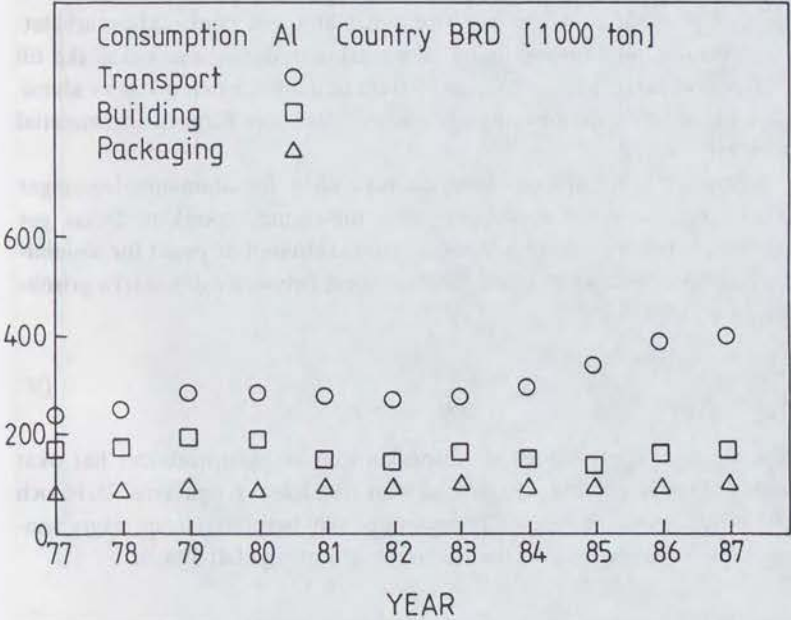
Figur 25:13 Konsumtionen av aluminiumlegeringar som funktion av årtal för Västtyskland, Japan, USA och EG totalt (kton)



Källa: MG, Frankfurt (12)

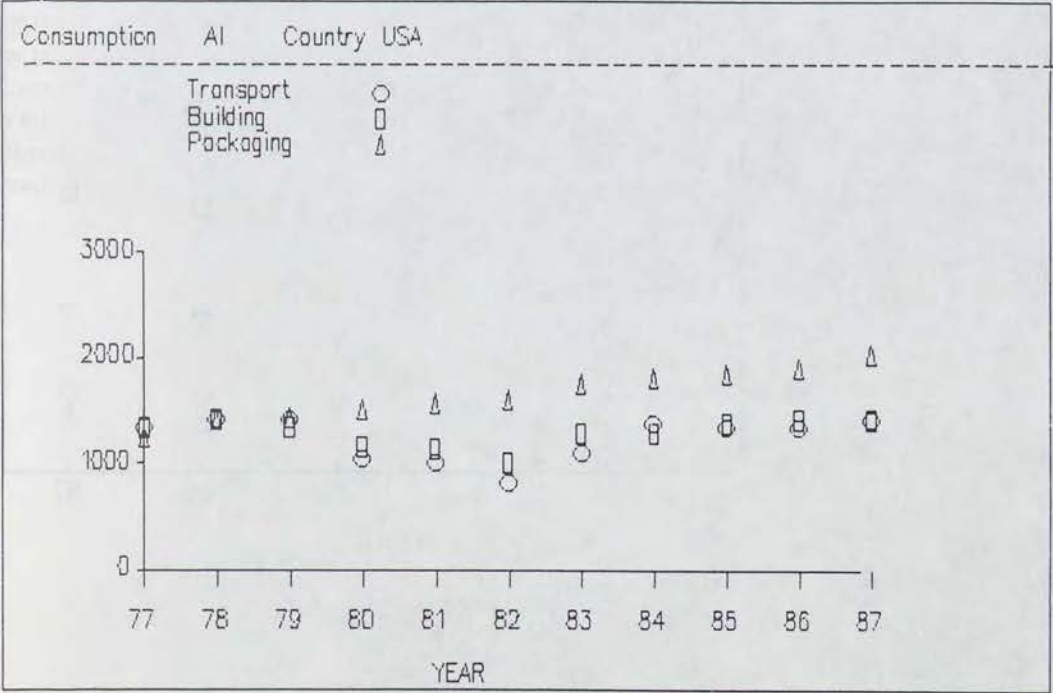
Utvecklingen för de viktigaste användningsområdena illustreras i figur 25:14 för Västtyskland och i figur 25:15 för USA. I Västtyskland har den ökande användningen av aluminium i transportindustrin och då inte minst inom bilindustrin varit stark. I USA är utvecklingen för användningen som förpackningsmaterial mest påtaglig. Detta har en enkel förklaring eftersom användningen av aluminiumburkar för drycker haft en mycket snabb ökning. Motsvarande användning i Västtyskland är av mycket mindre omfattning. Andra viktiga tillämpningsområden som kablar, hushållsprodukter och för maskinkonstruktion uppvisar en mera blandad utveckling och varierar dessutom kraftigt från land till land. I Västtyskland t.ex. har användningen för maskinkonstruktion ökat snabbast, medan i USA gäller det hushållsprodukter.

Figur 25:14 Förbrukning av aluminiumlegeringar i kt i Västtyskland för transport-, byggnads- och förpackningssektorn



Källa: MG, Frankfurt (12)

Figur 25:15 Förbrukning av aluminiumlegeringar i kt i USA för transport-, bygg- och förpackningssektorn



Källa: MG, Frankfurt (12)

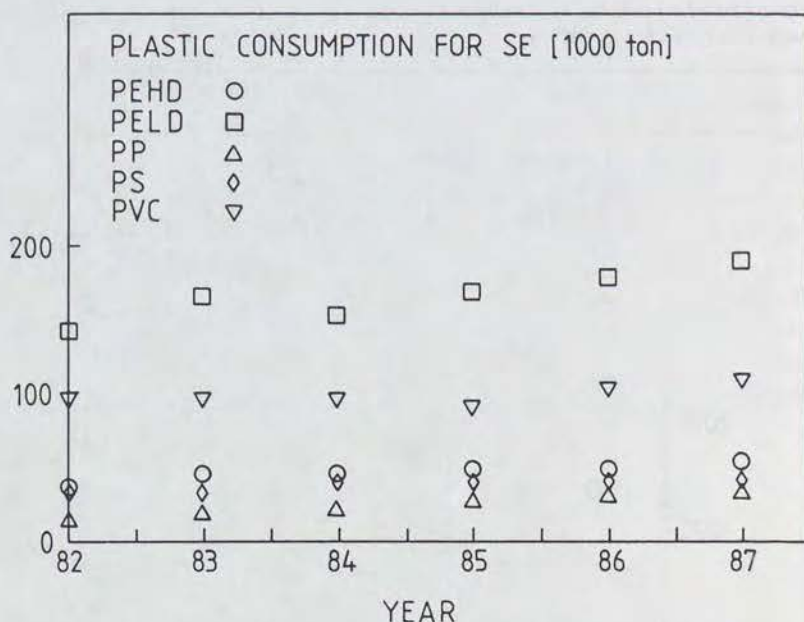
Det finns flera förklaringar till varför användningen av aluminium har ökat under senare år. En är strävan efter lättare konstruktioner. Genom utnyttjande av pressgjutning eller extrudering kan mycket komplicerade geometrier erhållas, vilket ger stor flexibilitet vid konstruktionsarbetet. Framställning med pressgjutning eller med extrudering kan också ske till rimliga kostnader. Möjligheten att ta fram tunna folier och plåtar av aluminium har medfört att användningen av metallen som förpackningsmaterial har ökat.

Osäkerheten beträffande framtida utveckling för aluminiumlegeringar gäller knappast deras egenskaper eller tillverkningstekniken. Dessa ger fortfarande många outnyttjade möjligheter. Däremot är priset för aluminium en osäkerhetsfaktor. Detta har inte minst belysts av den starka prisökningen under 1987/88.

3.3 Plast

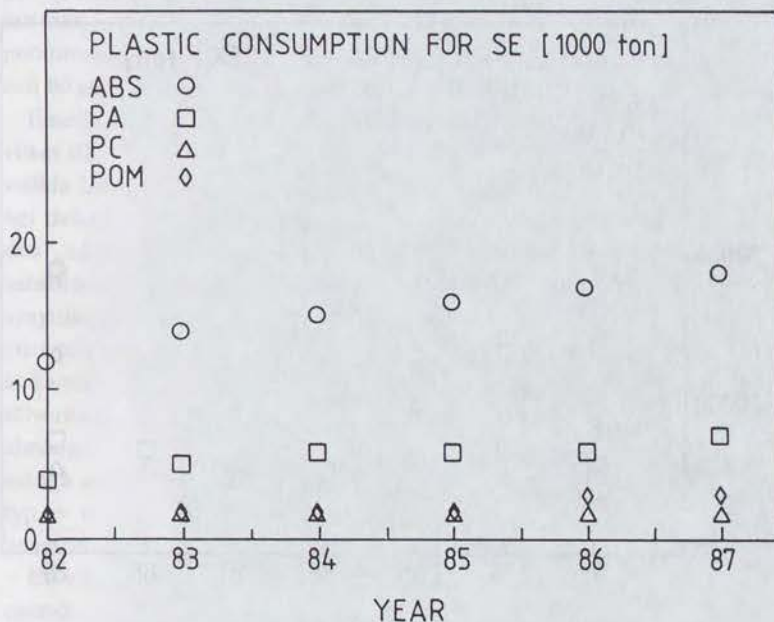
Redan i figur 25:1 visades att förbrukningen av plastprodukter har ökat snabbt. Det är en utvecklingstrend som fortsätter. I figurerna 25:16 och 25:17 illustreras den svenska konsumtionen av basplaster resp. några vanliga konstruktionsplaster. Ökningstakten är i många fall 5 %/år.

Figur 25:16 Förbrukningen i Sverige av basplasterna polyeten, polypropen, polystyren och polyvinylklorid



Källa: Arne Jacobson (15)

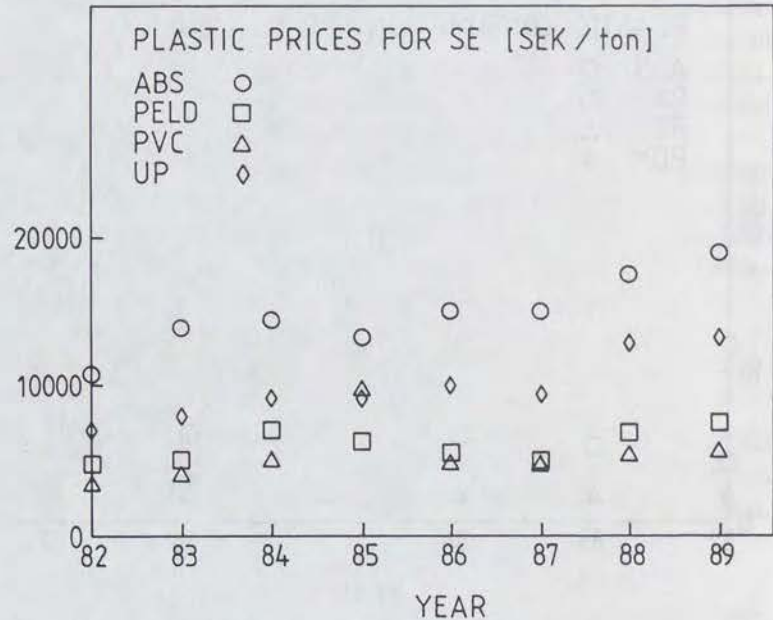
Figur 25:17 Förbrukning av konstruktionsplaster i Sverige. Följande plaster är medtagna: ABS, polyamid, polykarbonat och polyacetal



Källa: Arne Jacobson (15)

Under de allra senaste åren har ökningstakten för plastpriserna stigit, se figurerna 25:5 och 25:18. Detta innebär med säkerhet en återhållande faktor för framtiden. Den snabba utvecklingen beträffande användningen av plastmaterial har fått som konsekvens att en brist på råvaror för plastframställningen har uppstått. Det gäller t.ex. eten och styrenmonomer. Världsproduktionen är för närvarande inte tillräcklig. Den planerade utökningen av kapaciteten under de närmaste fem åren är begränsad, vilket medför att prispressen uppåt sannolikt kommer att bestå.

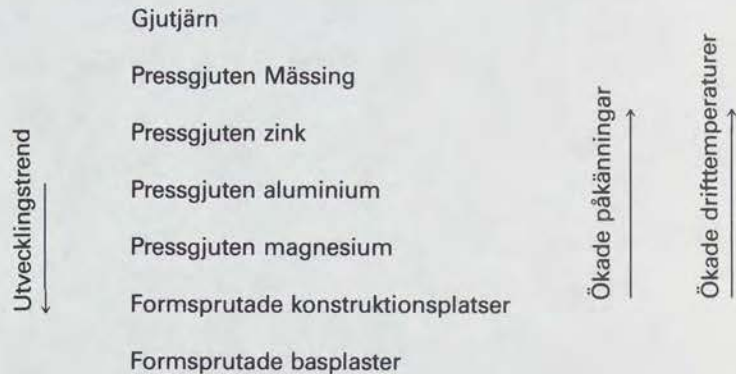
Figur 25:18 Utvecklingen av plastpriser i Sverige för ABS, polyeten, polyvinylklorid och omättad polyester (UP)



Källa: Arne Jacobson (15)

Den kanske allra största användningen av plastmaterial i konstruktions-sammanhang gäller formsprutade produkter. För dessa finns en mycket direkt konkurrenssituation med olika typer av gjutna metalliska material (16, 17). Konkurrens med plåtprodukter och smide förekommer även, men det viktigaste området gäller formgods av den typ som listas i figur 25:19. Allmänt kan man konstatera att i den kedja av material, som figuren representerar, blir produktkostnaden lägre ju längre ner i kedjan man kommer mot basplasterna. Det finns därför i varje given konstruktions-situation en strävan att komma så långt ner i listan som möjligt.

Figur 25:19 Konkurrensen mellan metallgjutgods och formsprutade plaster



Det finns också en klar utvecklingstrend, där gjutjärn ersätts t.ex. med pressgjuten aluminium, som i sin tur i andra tillämpningar kan ersättas av formsprutade konstruktionsplaster. Det som begränsar hur långt ner i kedjan man kan gå är storleken på de mekaniska påkänningarna och driftstemperaturen. De metalliska materialen klarar väsentligt större påkänningar och högre drifttemperaturer.

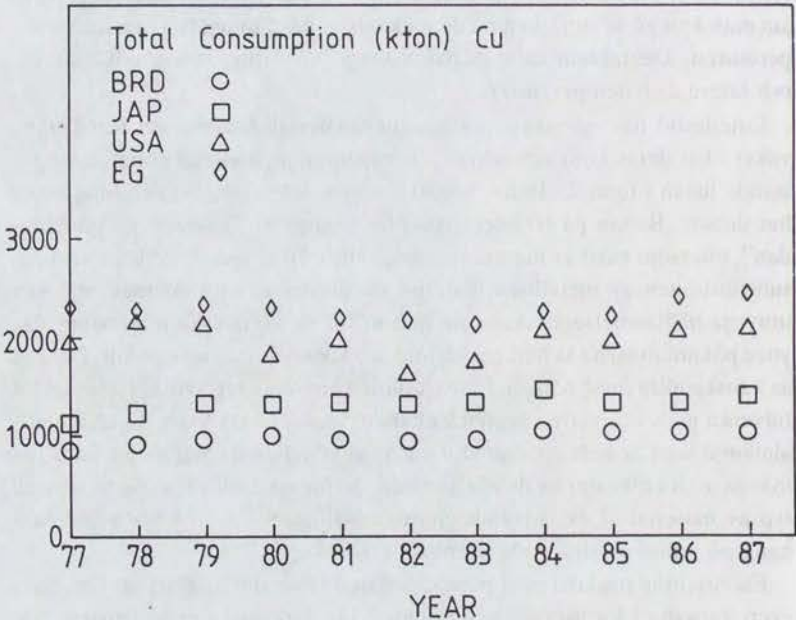
Emellertid har egenskaperna hos plastmaterialen successivt förbättrats, vilket ökat deras konkurrenskraft. Substitution av material enligt den uppställda listan i figur 25:19 har pågått under mycket lång tid och ofta under het debatt. Redan på 60-talet myntades begreppet "kampen på gungbrädan", eftersom valet av material i många fall varit så ovisst. Anledningen till substitutionen av metalliska material till plaster är ofta att man inte kan utnyttja hållfasthetsegenskaperna fullt ut för de metalliska materialen. De yttre påkänningarna är helt enkelt inte tillräckligt stora i många fall. Det här är kanske allra mest påtagligt för gjutjärnskomponenter, där det är svårt att tillverka gods i tunnare vägg tjocklekar än 5 mm. Detta leder till en materialmängd som är helt onödigt stor i många situationer. Självfallet finns det många andra faktorer än de här nämnda, varför man vill välja någon speciell typ av material. T.ex. används gjutna mässingslegeringar i VVS-sammanhang på grund av sina goda korrosionsegenskaper.

En väsentlig nackdel med plastmaterialen är att det är svårt att förutsäga egenskaperna i formsprutade produkter. De mekaniska egenskaperna blir ofta väsentligt lägre än för provstavar i samma material. I situationer, där vissa minimegenskaper måste vara uppfyllda, bör man därför undvika plastmaterial. Fördelar med plastmaterialen är å andra sidan de lägre bearbetningskostnaderna. En formsprutad detalj kan ofta användas direkt med endast begränsad efterbearbetning. Detta innebär att totalkostnaden för komponenten ifråga blir lägre. En rad faktorer av den här typen påverkar konkurrensen mellan de olika formgodsmaterialen: Man kan förut säga att även i framtiden kommer det att vara en mycket hård konkurrens mellan de olika materialgrupperna, som är nämnda i figur 25:19.

3.4 Koppar

Utvecklingen av konsumtionen av raffinadkoppar illustreras i figur 25:20. En viss ökning av konsumtionen har skett i Västtyskland, Japan och USA under tioårsperioden. En liknande ökning har också ägt rum i Sverige. Statistiken för förbrukning av kopparlegeringar för olika tillämpningsområden är tyvärr ofullständig.

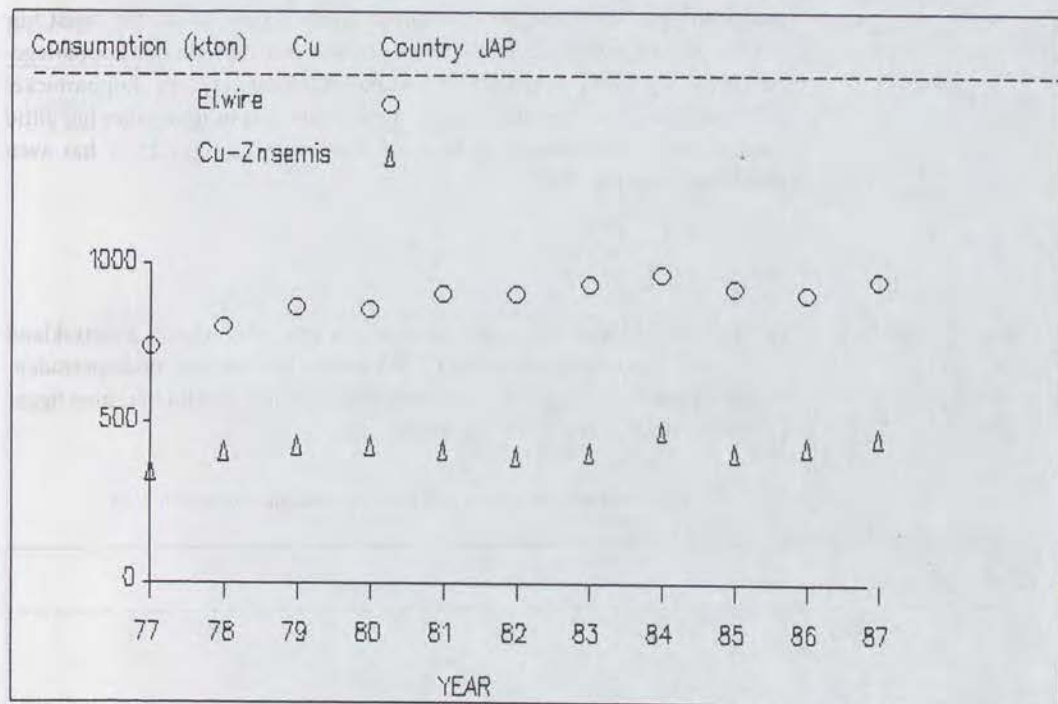
Figur 25:20 Förbrukningen av raffinadkoppar i Västtyskland, Japan, USA och EG totalt



Källa: MG, Frankfurt (12)

Figur 25:21 illustrerar att användningen för elektriska ledare är ett stort och dominerande område. Om man jämför meritparametrarna för elektrisk ledningsförmåga mellan renkoppar och renaluminium finner man att värdet är ungefär dubbelt så stort för aluminiumlegeringar, dvs. den senare typen av legeringar är väsentligt mera konkurrenskraftig. Detta är också anledningen till att för kraftöverföring används aluminiumlegeringar i allt större utsträckning.

Figur 25:21 Förbrukningen av koppar för elektriska ledare och mässingshalvfabrikat i Japan



Källa: MG, Frankfurt (12)

Elektriska ledare av koppar har även konkurrens från ett annat håll, nämligen från överföringskablar baserade på fiberoptik. Trots detta visar förbrukningen av koppar för elektriska ledare ingen tendens att minska. Anledningen är att koppar för installationsändamål och andra finare ledare är helt dominerande. Det finns flera skäl för detta. Det första är att det ofta finns utrymmesbrist för kablar och då måste ett värde av volymbesparing tas med i meritparametern. Gör man det visar det sig att koppar är klart överlägset aluminium. Det andra skälet är att lötning av kopparlegeringar är tekniskt sett enklare än lötning av aluminiumlegeringar. Det tredje gäller risken för relaxation av aluminium i skruvkontakter. Detta har förorsakat avbrott. Det har dessutom inte varit ovanligt att brand har initierats i den typen av kontakter.

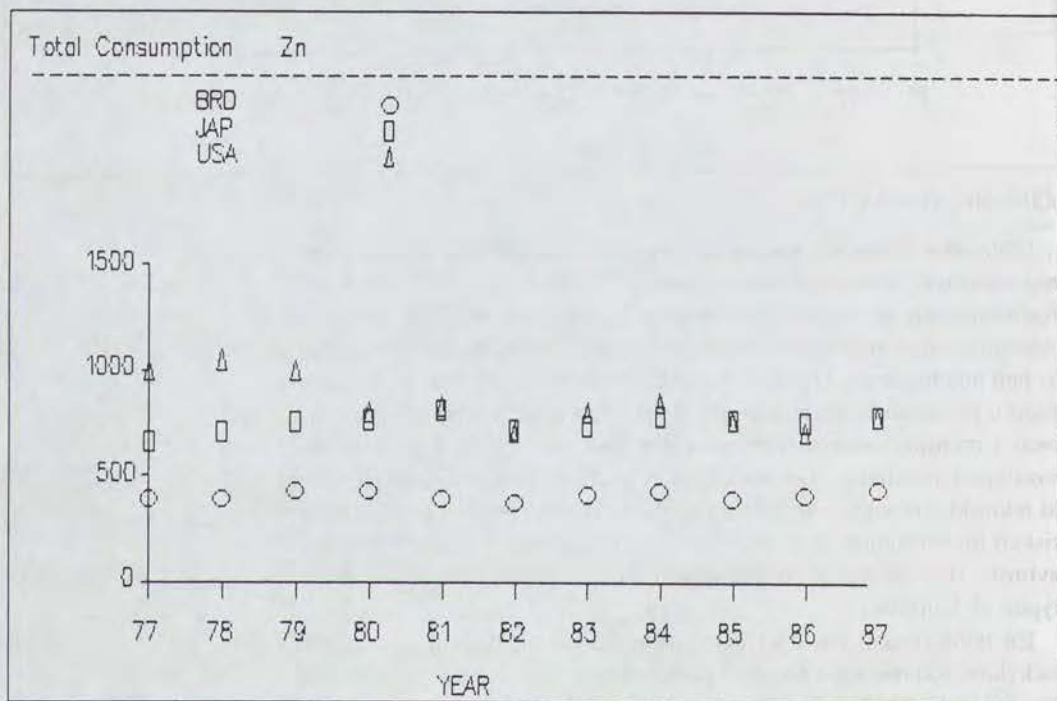
En hård konkurrens äger också rum mellan aluminium och koppar i bilkyllare. Relationerna för meritparametrarna i detta fall är desamma som för den elektriska ledningsförmågan är kontrollerade, dvs. konkurrenskraften för aluminiumlegeringarna är ungefär dubbelt så hög som för renkoppar. Utvecklingen under de senaste åren har också visat att andelen aluminium i bilkyllare har ökat även om orsaken sannolikt är väsentligt mer komplex än den här angivna. I viss utsträckning motverkas obalansen i meritparametrarna av att kopparbanken går att göra tunnare än aluminiumbanden i kylarna.

Ett annat viktigt tillämpningsområde för koppar är vattenledningar. Här pågår en intensiv konkurrens med plaströr. Även om plaströren har vissa begränsningar som t.ex. att de släpper igenom syre, så är det ovisst hur utvecklingen kommer att gå på detta område. Ett område där kopparlegeringar får allt större betydelse är marina tillämpningar; t.ex. kopparnickel har utmärkta korrosionsegenskaper i havsvatten. Mässingsdetaljer har alltid varit en viktig användning av koppar. Som synes av figur 25:21 har även denna användning ökat.

3.5 Zink

Av figur 25:22 framgår att användningen av zink ökat något i Västtyskland och Japan, medan den minskat i USA under den senaste tioårsperioden. Förbrukningen i Sverige har varierat kraftigt mellan enskilda år, men ligger på precis samma nivå 1977 och 1987.

Figur 25:22 Förbrukningen av zink i kt för Västtyskland, Japan och USA



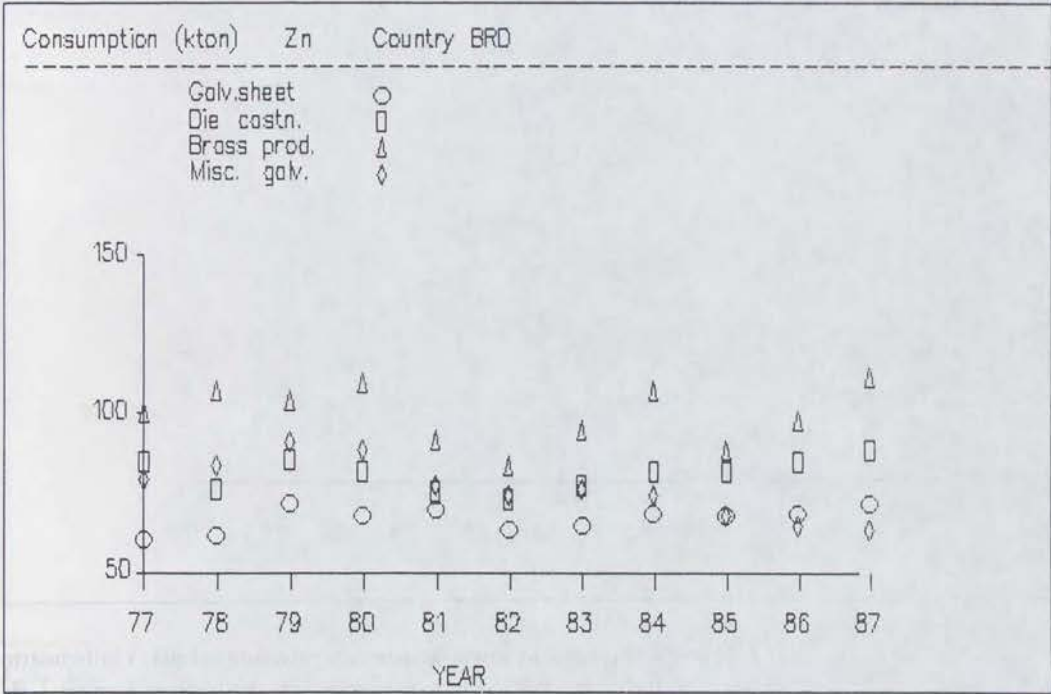
Källa: MG, Frankfurt (12)

De tre stora användningsområdena för zink är: galvaniserad plåt, pressgjutna zinklegeringar och mässingslegeringar. Övriga användningsområdena är helt olika mellan Västtyskland, Japan och USA, se figurerna 25:23 a-c. Om detta är orsakat av att de statistiska uppgifterna är insamlade på skilda sätt är inte bekant.

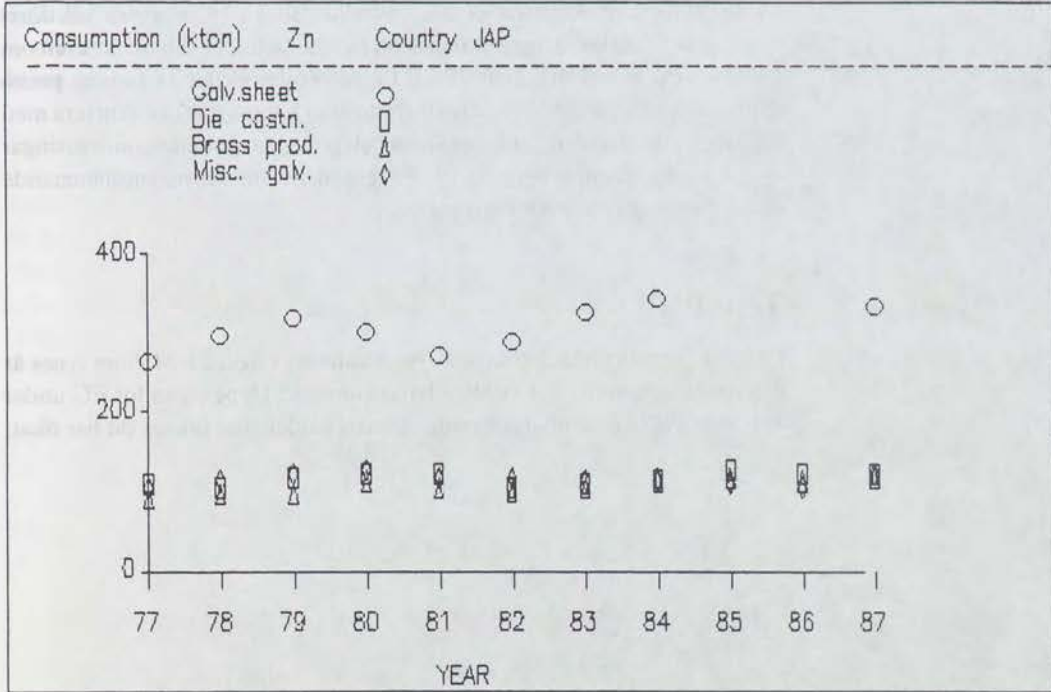
Figur 25:23 Förbrukningen av zink för galvaniserad plåt, pressgjutna detaljer, tillverkning av mässing samt diverse galvaniserade produkter

Källa: MG, Frankfurt (12)

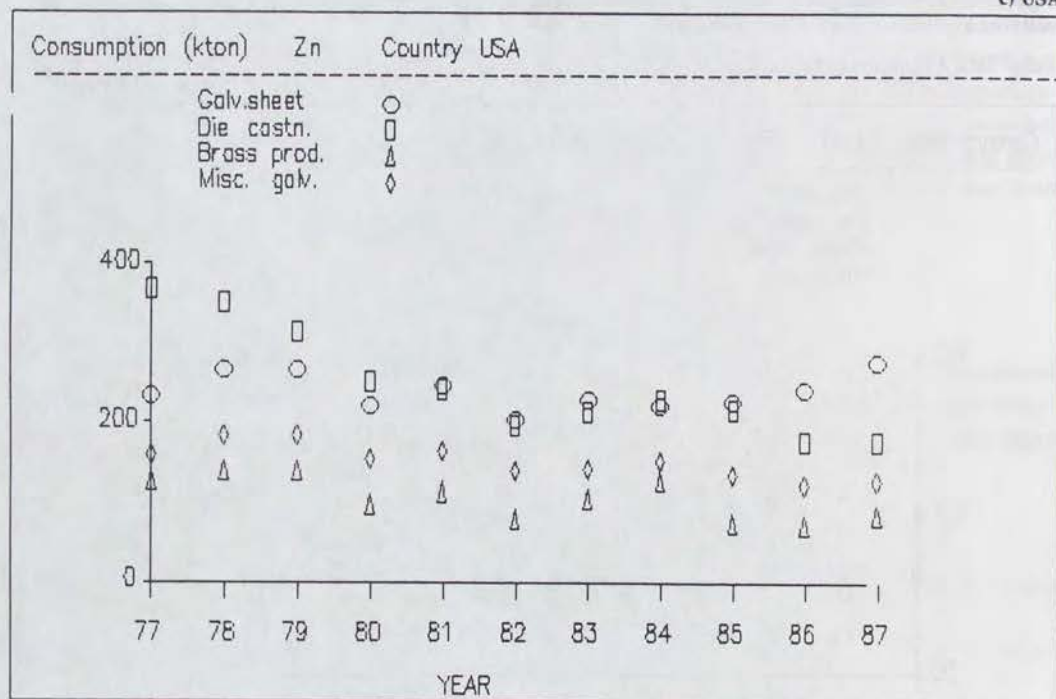
a) Västtyskland



b) Japan



c) USA

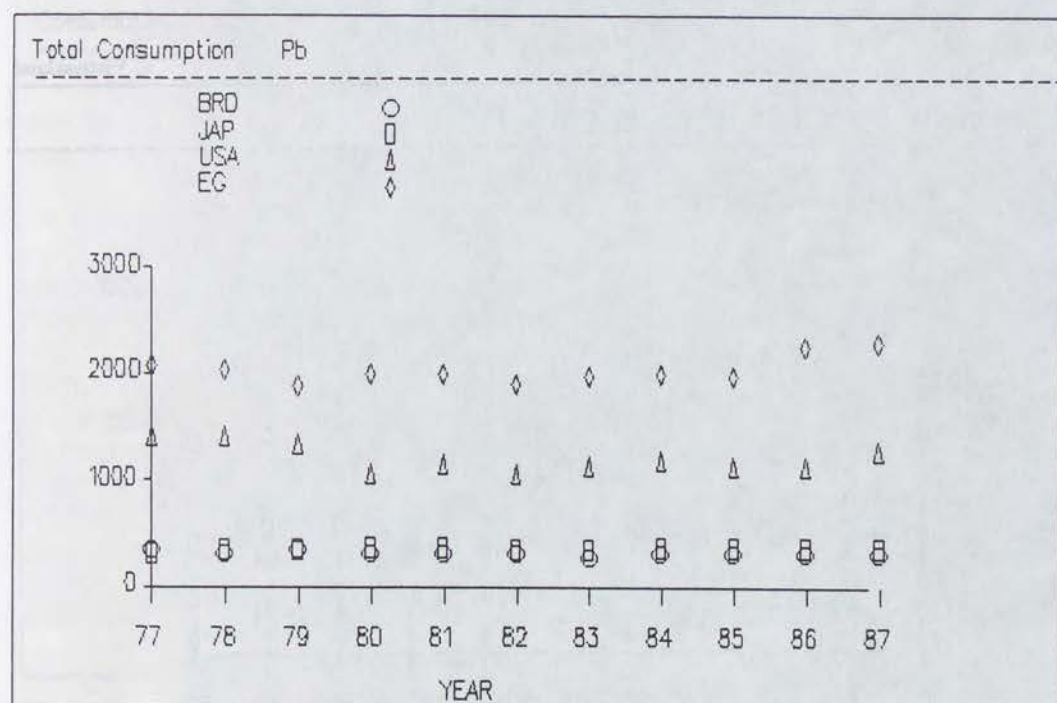


Den stora ökningen av användningen av galvaniserad plåt i bilindustrin ägde rum 1985 och 1986 och har kanske inte helt slagit igenom i de statistiska uppgifterna. Detta borde dock ha en stor positiv inverkan på konsumtionen. Pressgjutna detaljer av zink, som t.ex. används till dörrhandtag och fönsterbeslag har minskat i betydelse under senare år, även om det inte syns så tydligt i figur 25:23. I många bilmodeller är numera pressgjutna zinkdetaljer ovanliga. Zinklegeringarna har svårt att konkurrera med formsprutade plastdetaljer å ena sidan och pressgjutna aluminiumlegeringar å den andra, jämför figur 25:19. På grund av sin korrosionshämmande effekt används zink även i färgpigment.

3.6 Bly

Utvecklingen av konsumtionen av bly illustreras i figur 25:24. Som synes är den totala konsumtionen av bly relativt konstant. Uppgången för EG under 1986 och 1987 är skenbar, eftersom antalet länder som räknas dit har ökat.

Figur 25:24 Förbrukningen av bly i kt för Västtyskland, Japan, USA och EG totalt

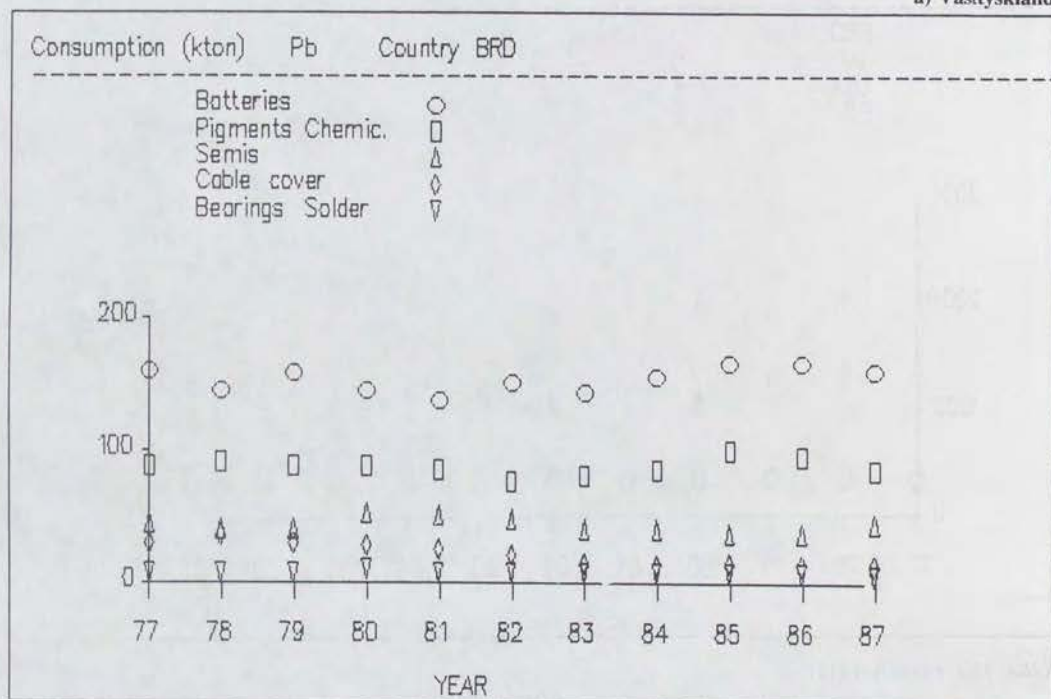


Källa: MG, Frankfurt (12)

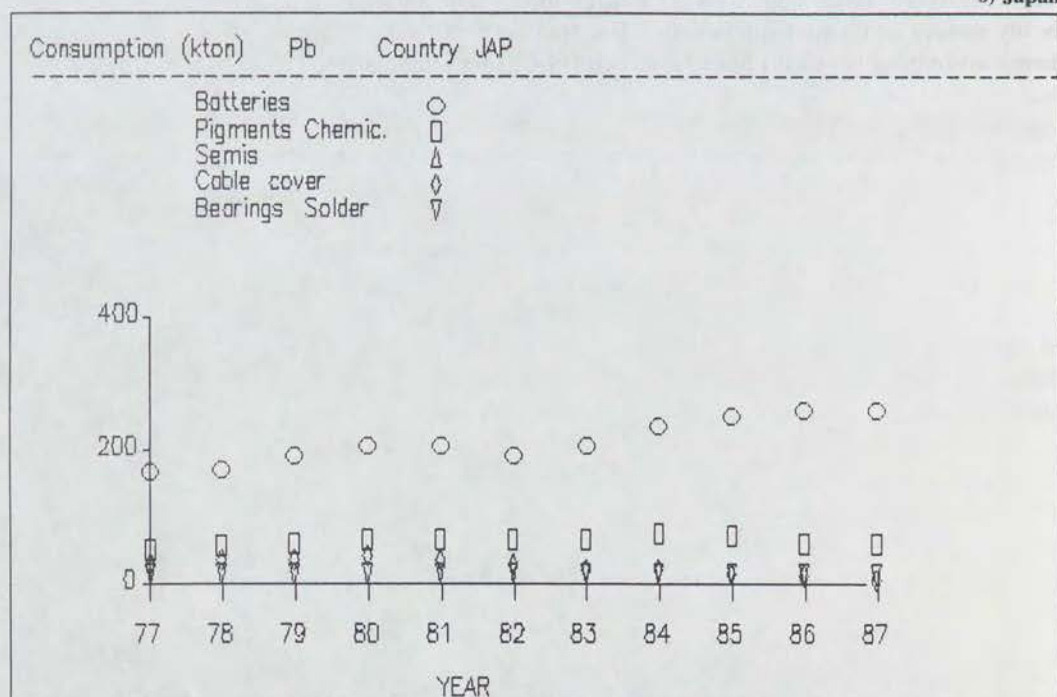
Utvecklingen för skilda användningsområden visas i figurerna 25:25 a-c för Västtyskland, Japan resp. USA. Den ojämförligt största användningen av bly numera är till startbatterier för bilar. Man ser från figur 25:25 att denna användning har ökat i både Japan och USA under senare år.

Figur 25:25 Förbrukningen av bly till batterier, färgpigment och kemikalier, halvfabrikat, kabelhöljen, lager och lod

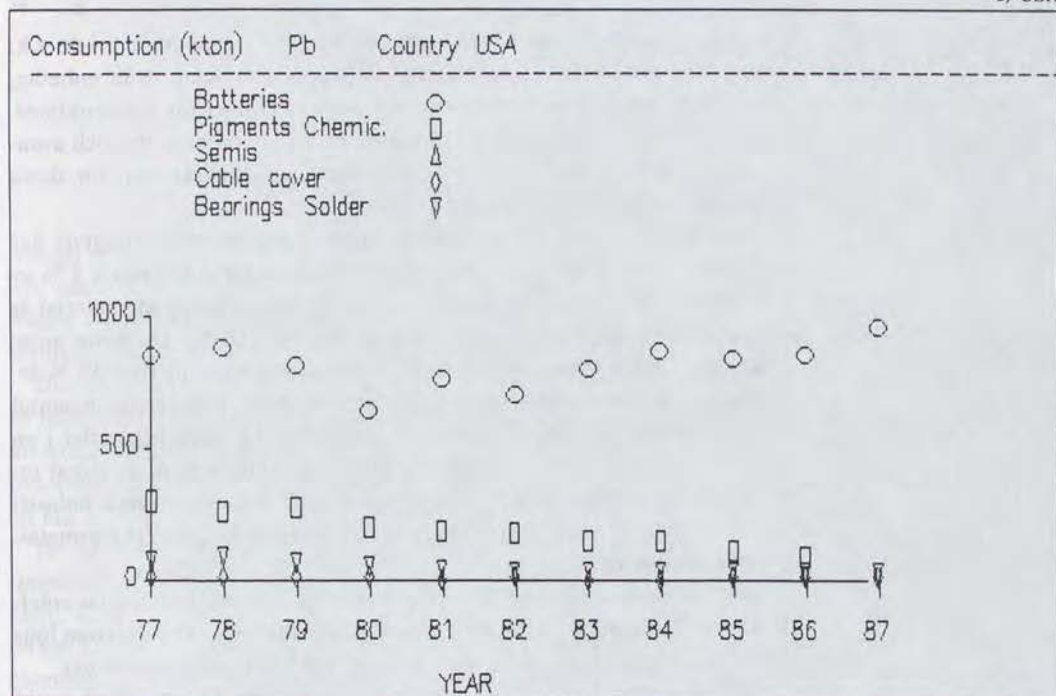
a) Västtyskland



b) Japan



c) USA



Användningen till kemikalier och färgpigment (t.ex. för blymönja) är relativt oförändrad i Västtyskland, men har avtagit snabbt i USA. Det är möjligt att siffrorna för tetraetylble som bensintillsats ingår i siffrorna för det sistnämnda landet. Under alla förhållanden minskar denna användning snabbt och förväntas inom en snar framtid utgå helt i västvärlden. Halvfabrikat av blylegeringar används ofta på grund av blys ljuddämpande förmåga. I byggnadssektorn finns här ett stort användningsområde. Kabelmantling är ett annat område, där användningen av bly avtagit kraftigt. Användningen inom detta område är numera koncentrerad till markförlagda kablar och undervattenskablar. Förbrukningen av bly i lod har avtagit något, men i huvudtyperna av lod är bly fortfarande en viktig beståndsdel.

Som framgår ovan avtar användningen av bly inom de flesta tillämpningsområdena. Undantaget är startbatterier, där en ökad användning har skett. Man kan förvänta sig att denna blir ännu mer dominerande i framtiden. Att göra förutsägelser om den framtida blyanvändningen från allmänna utgångspunkter är knappast möjligt. I själva verket är det konkurrensen med alternativa batterityper som blir helt avgörande. Det är mycket svårt att bedöma när tekniska genombrott för nya batterityper kan ske som kan konkurrera med konventionella blybatterier.

3.7 Avancerade material

En grupp material som hittills inte alls berörts i rapporten är de s.k. avancerade materialen. Definitionen av gruppen är långt ifrån enhetlig, men vanligt är att man inkluderar nya typer av keramer för konstruktions- och elektroniska tillämpningar samt avancerade fiberkompositer och avancerade polymerer. Kline & Co (1988) anger världsmarknaden för dessa material till ungefär 50 miljarder kr 1986.

Sannolikt är denna siffra i högsta laget, eftersom man troligtvis har inkluderat isolationsporslin i siffrorna. De 50 miljarderna motsvarar 3 % av den totala försäljningen av material i världen. Denna grupp av material är mycket intressant, eftersom den visar en hög tillväxttakt. De flesta prognoser anger tillväxttakter för de olika materialgrupperna på över 10 %/år.

Någon närmare diskussion om användningen av avancerade material skall inte göras i föreliggande rapport, eftersom det finns behandlat i en nyligen framtagen SIND-rapport (9). Den utveckling som är av störst intresse för svensk del, gäller pulvermetallurgiska material; svensk industri har en ledande ställning för många materialtyper när det gäller pulvermetallurgiska produkter.

Internationella prognoser för utvecklingen på P/M-området saknas emellertid i stort sett. Även de andra materialgrupperna som nämndes ovan följs med stort intresse både inom industrin och vid forskningsinstitutioner.

Möjligheten att kvantitativt förutsäga utvecklingen är emellertid starkt begränsad. För de som är involverade i tillverkningen av avancerade material är det ytterst angeläget att få en uppfattning om när marknaderna har nått en större volym. På keramområdet t.ex. har ett antal internationella prognoser över utvecklingen genomförts. Redan för år 1995 varierar de förutsagda volymerna ofta upp till en faktor 10 eller t.o.m. ännu mera och variationen blir ännu större för förutsägelser till år 2000.

4 Förbrukning av legeringselement

Många metaller som krom, molybden, magnesium, nickel och vanadin har inte sin största förbrukning som basmaterial utan som legeringselement. Några viktiga förändringar rörande materials användning, som påverkar förbrukningen av legeringselement, skall här nämnas.

Den ökande användningen av höghållfasta stål innebär att förbrukningen av mangan och mikrolegeringselement som niob och vanadin har stigit. För att spara legeringselement har också låglegerade stål i många fall ersatts av mikrolegerade. En minskning av krom-, molybden- och nickelförbrukning-
en blir konsekvensen samtidigt som användningen av vanadin höjs.

Tre utvecklingstrender för rostfria stål påverkar förbrukningen av legeringselement. Den totala användningen av rostfritt har under de senaste åren, som beskrevs ovan, ökat. De viktigaste legeringselementen är krom, nickel och molybden. Huvudtrenden torde bli att användningen av dessa element stiger. Samtidigt förväntas andelen duplexa stål öka. Eftersom dessa innehåller mera krom och mindre nickel än konventionella rostfria stål, kan det få en viss påverkan på nyttjandet av dessa legeringselement. För svensk del kan dessutom förväntas att andelen ferritiska stål ökar. Det skulle ge en minskad användning av nickel.

De viktigaste metalliska legeringselementen i aluminiumlegeringar är magnesium, koppar och zink. Med en fortsatt stigande användning av aluminiumlegeringar kan en stigande förbrukning av dessa element ske. De ökningar som prognostiserats beträffande avancerat material torde få en marginell inverkan på förbrukningen av legeringselement, främst därför att den totala förbrukningen av legeringarna förväntas bli liten.

Även om de förändringar som nämnts ovan kommer att fortsätta, är den totala effekten på konsumtionen av legeringselement liten.

För svensk del finns det andra faktorer, som sannolikt kommer att få en väsentligt större effekt. Om elpriset stiger med en faktor 2 i samband med en kärnkraftsavveckling, som skisseras i ett scenario av Statens Energiverk (10), kommer direkt framställningen av primäraluminium att drabbas. Antagligen kommer endast en mindre del av denna att återstå efter en sådan elprishöjning.

Den slutsatsen kan man omedelbart dra om man jämför med situationen i Japan, där priset på elektrisk ström för industriella förbrukare är ca 2,5 ggr högre än priset i Sverige. I Japan är huvuddelen av primäraluminiumproduktionen utslagen.

En minskning av den svenska primäraluminiumproduktionen innebär i sig inte nödvändigtvis en minskad förbrukning av aluminium och ingående

legeringselement, eftersom ämnen sannolikt kommer att köpas in utifrån. En förändring av den svenska marknaden blir emellertid en direkt konsekvens.

Även för koppar- och stålproduktionen kan en elprishöjning få påtagliga effekter (10), (11). I de refererade utredningarna anges att speciellt specialstålproduktionen, t.ex. beträffande rostfritt, kan minska kraftigt. Vissa scenarior ger en halvering av produktionen. Många andra materialtyper kommer också att påverkas. Förutom olika metalliska material gäller det även keramer; som mycket konkreta exempel kan kiselnitrid och kiselkarbid nämnas.

5 Återanvändning

Under de senaste två decennierna har medvetenheten om miljöfrågor ökat snabbt hos allmänhet, industrifolk och politiker. Miljöreelser har bildats på många håll i världen. Budskapet som framförs har tagits upp både av etablerade partier och sådana med huvudsaklig inriktning mot miljöfrågor. Vikten av att spara på naturresurser, att skydda miljön och därför återanvända material påpekas gång på gång i den politiska debatten. Inte minst tas problemet med avfallshantering upp. Detta är naturligt, eftersom hushållsavfallet har ökat kraftigt under senare år. Förpackningsmaterial spelar här en central roll; man har uppskattat att mellan 35 och 50 % av allt hushållsavfall utgörs av denna typ av material. Nödvändigheten att öka återanvändningen uttrycks ständigt.

Beroende av i vilket stadium som återanvändning sker delar man in materialet i tre grupper.

1. Internt skrot (recirkulationsskrot vid materialtillverkning).
2. Nytt skrot (från manufakturering, t.ex. skärande bearbetning).
3. Gammalt skrot (efter användning).

Termen skrot utnyttjas traditionellt i första hand för metalliska material. Den kommer liksom i en del andra källor här att beteckna även andra typer av sekundära material (18). Gruppering av skrot i tre klasser är naturlig, eftersom de avspeglar olika kvalitetsnivåer, olika tid det tar innan materialet återanvänds och i vilken utsträckning som återanvändningen sker. Internt skrot vid materialframställningen har en högre kvalitet och renhet och kan utnyttjas snabbare, vilket naturligt leder till att en större andel kan användas. På samma sätt har nytt skrot en större användning än gammalt skrot, eftersom sammansättningen och föroreningsnivån är mera lämpad.

5.1 Stål

Återanvändning av stål har under lång tid skett i stor omfattning. Detta illustreras i tabell 25:2, där andelen stålskrot vid framställning av råjärn ges för olika länder. Förutom tre mindre länder, där stålmetallurgin helt är baserad på skrot, utgör skrotandelen mellan 25 och 65 %. Sverige ligger i den övre delen av detta intervall och det är naturligt, eftersom specialstålindustrin är stark.

Tabell 25:2 Använd skrotmängd i kilo per producerad ton råstål eller gjutjärn

Country	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Germany, Federal Republic of	395	384	391	397	364	353	365	368	380	362	348	339
Australia	290	301	246	278	276	280	273	271	322	282	...	...
Austria	350	345	369	377	354	344	350	364	351	330	328	324
Belgium	320	300	300	299	300	299	308	320	316	309	287	269
Denmark	1054	1091	1144	1125	1129	1108	1105	1113	1185	1190	1127	1114
Spain	554	603	688	657	576	677	651	...	...	...	...	...
United States	524	521	539	541	533	578	547	568	567	577	575	...
Finland	340	...	...	...	...	...	...	...	293	287	301	294
France	362	360	361	365	355	344	359	369	389	368	355	380
Greece	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1044	1095	1099
Hungary	481	...	...	...	...	...	...	...	520	524	527	557
Ireland	...	...	...	...	...	...	1121	1131	1121	1130	1133	1120
Italy	612	621	636	658	659	667	645	632	657	641	642	634
Japan	282	300	277	319	341	325	320	322	344	342	349	341
Luxembourg	277	293	301	343	347	334	343	370	406	414	398	395
Norway	...	...	...	...	...	...	573	606	549	596	571	...
Netherlands	294	309	309	303	313	319	301	301	297	260	245	247
Poland	592	603	586	550	569	565	573	577	566	566	...	...
Portugal	363	...	...	...	...	...	605	727	616	601	507	525
United Kingdom	558	549	550	576	545	597	526	...	...	...	...	...
Sweden	597	599	592	595	562	579	657	658	625	...	...	...
Czechoslovakia	439	429	433	421	434	442	445	452	479	468	466	463
USSR	479	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Yugoslavia	557	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Källa: UN Economic Commission for Europe (23)

Någon systematisk förändring av användningen av skrot tycks inte ha skett under den redovisade 12-årsperioden. Av de 22 länder, för vilka data finns med för minst tre år, uppvisar 10 länder en ungefärligt oförändrad andel skrot, 6 stycken en minskande andel och 6 en ökad andel.

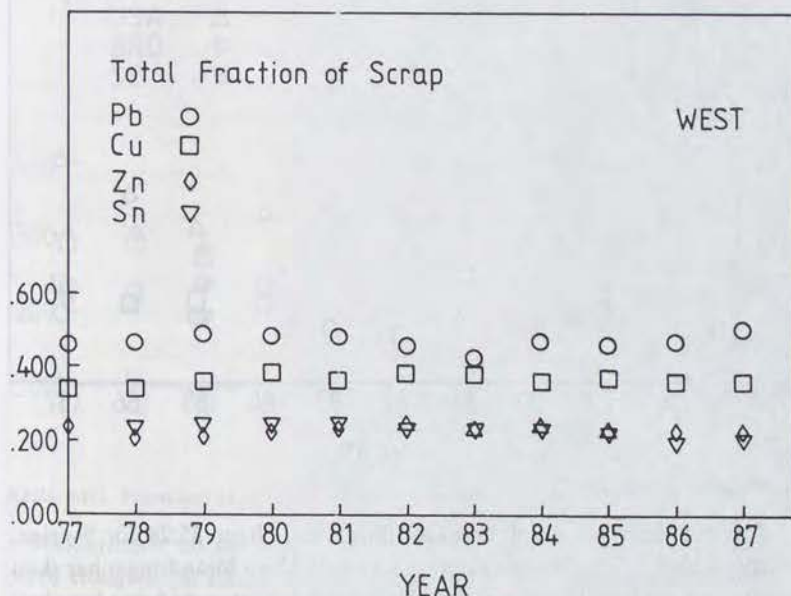
Olegerat och låglegerat stål har fördelen i förhållande till de flesta andra typer av material att de enkelt kan avskiljas (med magnetiska metoder), t.ex. i avfall som har passerat en fragmenteringsprocess. För de flesta andra materialtyper är det svårt att uppnå en tillräcklig renhet efter uppdelning. Altenpohl (18) anger att ungefär 50 % av allt stålskrot omkring 1980 i England och USA utgjordes av internsksrot, medan resterande delar nytt och gammalt skrot representerade var sin fjärdedel. Med tanke på den minskande användningen av kokillgjutning är det sannolikt att den interna andelen av skrotet har minskat och den externa ökat. Detta kan vara en förklaring till varför någon total ökning med tiden inte framgår av tabell 25:2.

5.2 Övriga metalliska material

På samma sätt som för stål är användningen av skrot av mycket stor betydelse för övriga viktiga metalliska materialtyper. I figur 25:26 återges skrotandelen vid framställning av bly-, koppar-, zink- och tennlegeringar

som funktion av tiden under den senaste 10-årsperioden. Siffrorna anger den totala skrotandelen, dvs. de innefattar internt, nytt och gammalt skrot. Siffrorna är medelvärden för västländer.

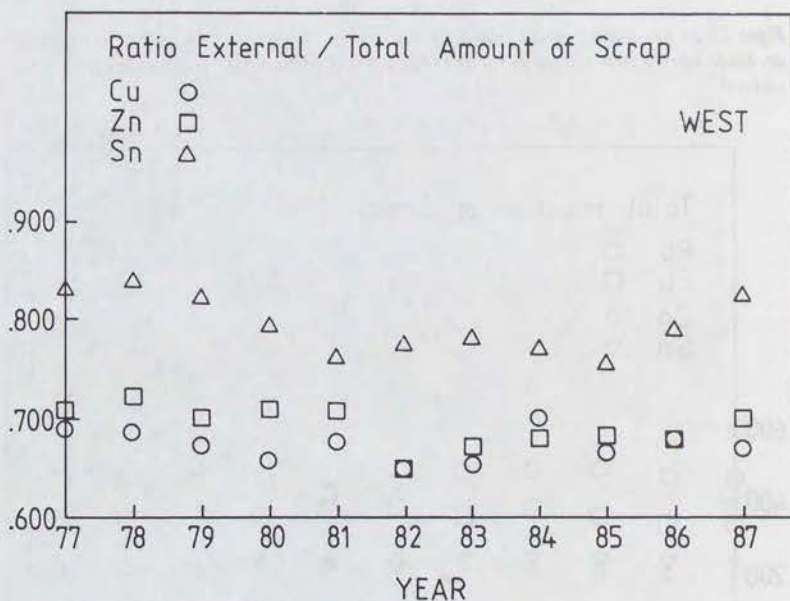
Figur 25:26 Skrotandelen vid framställning av bly-, koppar-, zink- och tennlegeringar. Både internt och externt skrot är medtaget. Siffrorna anger snittvärden för västvärlden.



Källa: MG, Frankfurt (12)

Bly har den högsta andelen återanvänt material; detta är naturligt eftersom en produkt, nämligen blyackumulatorer, utgör en så dominerande användning. Blyet går också direkt att ta hand om i samband med bilskrötning. Återanvändningen av koppar ligger på cirka 35 % i snitt för västvärlden. Motsvarande siffra för Sverige är 40 % och för USA 55 % (19). Återanvändningen av zink och tenn ligger strax över 20 %. Dessa två metalltyper har stora användningsområden, som är mycket svåra att få återanvändning från, t.ex. ytbehandling. En viss ökad återanvändning under den angivna tidsperioden har skett för bly och koppar. Som synes av figur 25:27 är andelen externskrot hög i förhållande till interndelen. Externskrotet är nytt och gammalt skrot sammantaget. Förhållandet är ungefär 80 % för tenn och 70 % för koppar och zink. Bly har sannolikt också en hög användning av externt skrot.

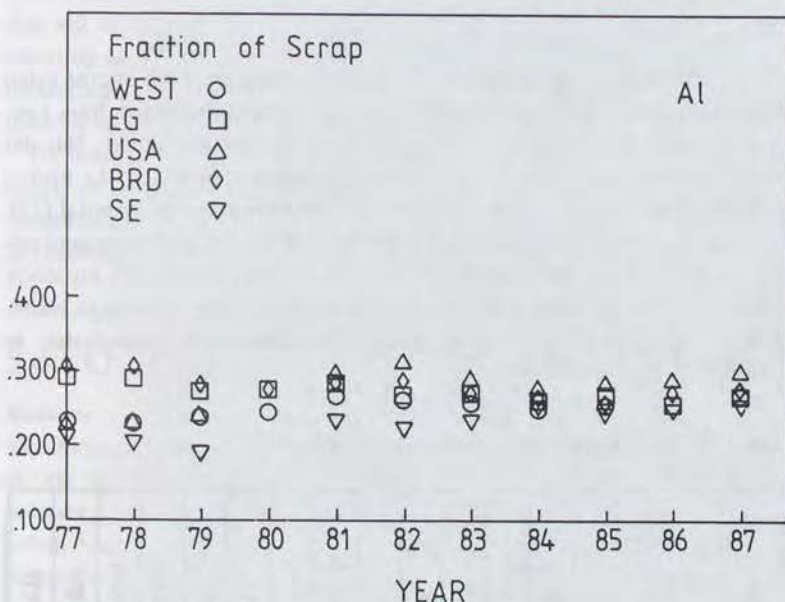
Figur 25:27 Förhållandet mellan användningen av externskrot och den totala skrotmängden vid framställning av koppar-, zink- och tennlegeringar. Den totala skrotmängden är summan av den interna och den externa, där den interna representerar cirkulationsskrotet hos materialtillverkaren.



Källa: MG, Frankfurt (12)

Användningen av aluminiumskrot illustreras i figur 25:28 för Sverige, Västtyskland, USA, EG och västvärlden totalt. Vissa förändringar har skett under den angivna 10-årsperioden. En minskad skrotanvändning har skett för Västtyskland och EG totalt, medan övriga områden har ökat sin användning. I figuren är endast externskrot medtaget.

Figur 25:28 Användningen av externskrot vid framställning av aluminiumlegeringar för västvärlden i sin helhet, för EG, för USA, för Västtyskland och för Sverige. Andelen i figuren är förhållandet mellan mängden externskrot och den producerade materialmängden.



Källa: MG, Frankfurt (12)

Förklaringen till de olika utvecklingstendenserna i de olika områdena beror troligtvis på att användningen och återanvändningen av dryckesförpackningar i aluminium är så skilda. Få områden när det gäller återanvändning av material har fått ett sådant stort intresse hos allmänheten som dryckesförpackningar. Detta trots att det endast utgör en procent av det totala hushållsavfallet. Likafullt har dryckesförpackningarna fått fungera som symbol för återanvändning.

Utnyttjandet av dryckesförpackningar i aluminium är mycket omfattande i USA; huvuddelen av världens dryckesförpackningar säljs i detta land. Återanvändningen av dryckesburkarna är i dag 55 % (20).

Återanvändning av dryckesburkar är inte något som bara är av intresse för miljöaktivister, utan är i själva verket en ekonomisk förutsättning för aluminiums konkurrenskraft i denna tillämpning. Aluminiummaterialet har den fördelen att det kan återanvändas i samma tillämpning, dvs. en obegränsad återanvändning kan komma ifråga. Man brukar beteckna detta med full återanvändning till skillnad mot de fall, när det recirkulerade materialet måste användas till någon enklare produkt.

I Sverige ligger återanvändningen av burkar i aluminium på mellan 85 och 90 %, en siffra som är den högsta i världen och dessutom helt exceptionell i Europa. Andra länder med hög återanvändning är Canada med 60 %, Australien med 53 % och Japan med 41 % (20).

Andra områden med hög återanvändning av aluminiumlegeringar är

transportsektorn, elektriska tillämpningar och maskinell utrustning. Återanvändningsandelen ligger typiskt på 25 % (21).

5.3 Plast

Återanvändning av plastmaterial är i huvudsak begränsat till internt avfall hos plastleverantörer och plastbearbetare. Tillverkningsskrot från t.ex. formsprutade produkter går i många fall att återanvända direkt. När det gäller återanvändningen av externskrot, så ligger den på en låg nivå; i Sverige torde det röra sig om omkring 2 % av nyproducerat material (22).

Detta gäller för termoplaster. För hårdplaster t.ex. glasfiberarmerad polyester tycks ingen återanvändning ske. Det största hindret för en större återvinning av blandat plastskrot är den begränsade eller obefintliga blandbarheten mellan olika typer av vanligt förekommande termoplaster, se tabell 25:3.

Tabell 25:3 Blandningsbarhet mellan olika termoplaster

1 - bäst 6 - sämst	PC	SB	SAN	ABS	PA	PC	PMMA	POM	PVC	PP	LDPE	HDPE	PBTP	PETP
PS	●	1	6	6	5	6	4	6	6	6	6	6	6	6
SB	1	●	6	6	4	5	4	6	6	6	6	6	6	5
SAN	6	6	●	1	6	2	1	6	2	6	6	6	6	5
ABS	6	6	1	●	6	2	1	5	3	6	6	6	5	6
PA	5	4	6	6	●	6	6	6	6	6	6	6	5	5
PC	6	5	2	2	6	●	1	6	5	6	6	6	1	5
PMMA	4	4	1	1	6	1	●	5	1	6	6	6	6	1
POM	6	6	6	5	6	6	5	●	6	6	6	6	6	6
PVC	6	6	2	3	6	5	1	6	●	6	6	6	6	6
PP	6	6	6	6	6	6	6	6	6	●	6	6	6	6
LDPE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	●	1	6	6
HDPE	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	●	6	6
PBTP	6	6	6	5	5	1	6	6	6	6	6	6	●	6
PETP	5	5	6	5	5	1	6	6	6	6	6	6	6	●

Utnyttjandet av plastskrot är i huvudsak begränsad till enklare produkter; så tillverkas t.ex. pallklossar och plankprofiler i Sverige (22). På samma sätt så finns en framställning i Japan sedan början av 70-talet som i huvudsak

ersätter grovt virke. Stolpar, staket, klossar, större kärl är exempel på produkter. Grov extrudering är den tillverkningsprocess som tillämpas och den är mycket förlåtande i förhållande till materialet.

Problem med lukt och buller förekommer såväl vid intag och sortering som vid tillverkning. Vid vissa stora varudistributionscentraler kan en utsortering av förpackningsfolier och påsar m.m. av polyeten ske. Efter fragmentering och tvättning kan materialet återanvändas till ny förpackningsfolie för mindre kvalificerade tillämpningar som exempelvis sopsäckar.

En mera omfattande återanvändning förekommer vid dryckesförpackningar av polyetentereftalat (PET) i USA. I 12 stater har man med lagstiftningen infört ett pantsystem. Återvinningsgraden anges till 25 %. De typer av produkter som framställs är fibrer för stoppning i möbler, rep och band.

5.4 Ökad återanvändning i framtiden

Både av ekonomiska och politiska skäl kan man förvänta sig en ökad återanvändning av material i framtiden. Detta gäller inte minst plastmaterial, där den låga återanvändningen i dagens läge står i bjärt kontrast till behovet; i själva verket överstiger mängden plast mängden metall i hushållsavfall. Man kan utgå ifrån att krav kommer på att utvecklade system skall finnas för återanvändning av alla viktiga materialtyper.

I Kalifornien har ett system introducerats som innebär att alla viktiga typer av förpackningar skall kunna lämnas tillbaka mot en pant (20). Stället där man kan få lämna förpackningen får inte ligga längre än 4 km från den plats, där varan inköptes. Om en 50 % återvinning inte uppnås efter ett introduktionsskede måste panten höjas; antingen ökar då återvinningen till avsedd nivå eller konkurreras varan ut.

Problemet med plaståtervinning är att råvarans prisnivå för bulkplasterna inte är väsentligt högre än kostnaden för insamling, tvättning, malning och granulering. Man kan utgå ifrån att ett pantsystem kommer att införas, t.ex. i form av X kronor per kg såld plastprodukt. Den som sedan lyckas konvertera plastavfallet till nyttiga produkter får tillgodoräkna sig panten (22).

För många metalliska material är andelen i hushållssopor så låg att någon ekonomisk lönsam återvinning inte är möjlig. Detta bör lösas på så sätt att en ökad grad av källsortering liksom sortering före fragmentering genomförs. Att detta är praktiskt möjligt framgår av den framgångsrika hanteringen för tidningspapper, använt glas och aluminiumburkar. Sverige är i detta avseende ett föregångsland.

En angelägen uppgift är att introducera en enhetlig märkning av material, så att en noggrann sortering av skrot kan genomföras. Detta skulle öka kvalitén och därmed värdet av skrotet.

Det finns i dag ett ISO-system för beteckning av olika typer av plastmaterial. Etablerade internationella beteckningar finns även för de viktigaste metalliska materialen. Detta innebär att det finns goda förutsättningar att i en framtid komma överens om hur material bör märkas upp. På detta sätt

skulle det inte behöva finnas någon tvekan om t.ex. för plastmaterial vilka fyllmedel, typer av fibrer, pigment, stabilisatorer och mjukgörare, som ingår och som det är viktigt att skilja på vid en uppsortering av material.

Ett framgångsrikt utnyttjande av gammalt skrot (använt material) förutsätter att produkter kan delas upp med hänsyn till ingående material. Detta innebär att utformningen av produkten måste anpassas så att en sönderdelning är enkelt genomförbar (18). Inte minst för massproducerade konsumtionsartiklar som bilar skulle detta kunna medföra att huvuddelen av de ingående materialen kunde utnyttjas igen.

En utveckling av tekniken för sönderdelning av produkter är också en förutsättning. Ett framtidsperspektiv är att ett automatiserat sönderdelningssystem skulle kunna införas för viktiga produkter, samtidigt som de ingående materialen är elektroniskt märkta på något sätt, så att en precis uppsortering av materialen kan ske.

6 Slutsatser

1. Moderna teorier för konkurrensen mellan material visar att användningen styrs av enkla prestanda/prisförhållanden. Detta har också verifierats med data för användningen av de viktigaste typer av konstruktionsmaterial under den senaste 100 års perioden.

2. Eftersom prestanda-förhållanden mellan material förändras långsammare än priserna så innebär det att de senare storheterna som styr förändringar i materialens användning. Under en 10-årsperiod fram till 1986-87 var prisrelationerna mellan viktiga materialtyper relativt konstanta. Om denna utveckling fortsätter så kommer inga dramatiska förändringar när det gäller materialens användning att ske. Konsekvenserna pristurbulensen under 87/88 på materialområdet med kraftiga prishöjningar på många viktiga materialtyper är svåra att förutsäga i ett längre tidsperspektiv.

3. De viktigaste förändringarna när det gäller förbrukningen av konstruktionsmaterial kommer sannolikt att ske inom olika huvudgrupper av material som stål, aluminium, koppar och plast snarare än mellan dessa grupper. Som exempel på en sådan utveckling, vilken pågått under längre tid, kan nämnas ersättningen av låglegerade stål med mikroreglerade vilket minskar användningen av krom och molybden. En annan sådan utvecklingstendens är det ökande utnyttjandet av rostfria stål vilket leder till en ökad förbrukning av krom och nickel.

4. Återvinning av material ligger för de viktigaste typerna av metaller mellan 20 och 50 %. Med tanke på den omfattande debatt och diskussioner som har varit beträffande detta område är det överraskande att finna att återvinningsgraden knappast förändrats under den senaste 10 års perioden. Det är uppenbarligen angeläget att få igång program som leder till ökad återanvändning. Beträffande plastmaterial så är återvinningen liten, globalt anses den ligga på mellan 1 och 2 % av totalproducerad mängd. Återanvändningen sker dessutom i allmänhet i mycket enkla produkter. Även detta kända problemområde kräver fortsatta insatser.

Erkännande

Författaren vill tacka för det finansiella bidraget till denna studie som har lämnats från Industridepartementet. Ett varmt tack riktas också till Alf Abrahamsson, Thomas Hellström, Åke Karlsson och Rolf Sundberg, som lämnat värdefullt underlag till studien.

Referenser

1. R.Sandström, R.Lagneborg: Development of metallic materials and its significance for Swedish Industry, *Scand. J. Metall.* 17 (1988) 108–119.
2. C.N.Cochran: Competition of aluminium with other materials: Historical trends and future challenges, *Aluminium* 64 (1988) 854–863.
3. R.Sandström: New principles for systematic material selection using merit parameters, *Conf. Modern design principles*, Tapir, Trondheim (1988) 55–74.
4. R.Sandström: Systematic selection of materials in light weight design, 4th *Scand. Symp. on Materials Science*, Trondheim (1986) 255–268.
5. L.J.Holschuh: IISI 22. annual meeting and assembly (1988).
6. W.S.Eheridge: Demand for metals, *Metals in engineering* 2 (1981) 131–140.
7. Advanced materials in vehicle design, *Ford Motor Report*, Engineering Dec. (1982) 103–106.
8. M.L.Erbing: Den svenska marknaden för ferritiska rostfria stål – en materialjämförelse av AISI 304 och AISI 430, *Materialteknologi rapport MT-38* (1988).
9. Avancerade materials betydelse för den svenska verkstadsindustrin, *Statens industriverk SIND PM* 1987:4.
10. Elpriser och svensk industri. Struktur; sysselsättning, styrmedel; Statens energiverk rapport 1988:7.
11. Stålintusti och gruvindustri – om elpriserna stiger starkt, *Statens industriverk PM* 1988:2.
12. Metallstatistik 1977–1987, *Metallgesellschaft*, Frankfurt am Main (1988).
13. Svensk stålstatistik 1987, *Jernkontoret* (1988).
14. International competition, *IISI report* (1987).
15. Arne Jacobson: Plastråvaruöversikt 1987–88, *Plast Nordica* 1/2 (1988).
16. J.A.Vaccari: Choosing between plastics and die cast metals, *Product Engineering* Dec (1978) 33–38.
17. R.Naraway: Plastics versus die castings, *Engineering Materials and Design* 24 (1980):4, 40–46.
18. D.Altenhohl: Materials in world perspective, *Materials Research and Engineering*, Springer, Berlin (1980).
19. W.T.Black: Copper – A colorful history and bright future, *ASTM Stand. News* Nov. (1987) 46–51.
20. A.H. Wirtz: The growing success of aluminium beverage can recycling around the world, *Metal Bull.* 3rd secondary aluminium conf. London (1988).

21. R.F. Testin: Aluminium recycling – potential and problems, J. of Metals Sept (1981) 21–24.
22. Plaståtervinning i Sverige, Reforsk rapport, FoU nr 14 (1987)
23. Iron and steel scrap: its significance and influence on further developments in the iron and steel industries, UN Economic Commission for Europe (1988).

Geologiska förutsättningar för utvinning av metallbärande mineral i Sverige

av direktör *Lars-Göran Ohlsson*, Sveriges Geologiska AB

1.1 Inledning

Åldersmässigt kan vår svenska berggrund i grova drag delas upp i tre huvudområden (figur 1). De äldsta bergarterna (A), som har prekambrisk ålder (600–2 000 miljoner år), upptar den största ytan. Inom fjällkedjan (B) samt på Öland, Gotland och i Skåne (C) uppträder paleozoiska och yngre (600 miljoner år) bergartstyper.

Området, som domineras av de prekambrisk bergarterna kan, i sin tur, generellt delas upp i sju olika provinser.

A 1. Sydvästra Sverige

Berggrunden inom detta område domineras helt av granitoida gnejser av plutoniskt eller sedimentärt ursprung. Prospekteringsaktiviteten i regionen har varit mycket låg och några betydande mineraliseringar är inte kända.

A 2. Området Småland-Norra Dalarna

De dominerande bergartstyperna i detta område utgörs av olika typer av graniter, vilka stundom åtföljs av komagmatiska suprakrustaler samt sedimentära bergartssekvenser. Prospekteringsaktiviteten har varit låg. Ett antal noterbara mineraliseringar är dock kända inom området (vulkanogena stratiforma basmetallförekomster, hydrotermala mineraliseringar med ädel- och legeringsmetaller samt magmatiska segregationsfyndigheter med järn, vanadin och titan).

A 3. Bergslagsområdet

Berggrunden karakteriseras av en hästskoformad båge med vulkaniska och sedimentära berarter, vilken begränsas av sedimentära gnejser samt olika typer av granitoider. Området är en av landets mest betydande malmprovinser och prospekteringen har under århundraden varit omfattande. Bland

det stora antal malmtyper, som är kända från Bergslagsregionen, är de viktigaste: vulkanogena stratiforma basmetall- och/eller järn-mangan-fyndigheter, stringer-förekomster, apatit-järnmalmer av Kirunatyp, hydrotermala mineraliseringar med legerings- och ädelmetaller m.fl.

A 4. Sydöstra Norrland

De mest frekventa bergartstyperna inom detta område är olika typer av granitoider samt metamorfa suprakrustal-bergarter av vulkaniskt eller sedimentärt ursprung. Prospektering har bedrivits i relativt liten omfattning. Mest betydande fyndigheter inom området är Enåsens guldgruva samt ett antal magmatiska segregationsfyndigheter med järn, titan och vanadin.

A 5. Centrala Norrland

Regionen domineras av senorogena graniter samt metamorfa bergarter av företrädesvis sedimentärt ursprung. Prospekteringen har varit relativt blygsam. Av intresse är förekomsten av ett antal magmatiska segregationsfyndigheter med järn, titan och vanadin samt pegmatitgångar, vilka bl.a. för litium- och tennmineral. Mindre guldmineraliseringar är också kända från området.

A 6. Skelleftefältet

Den centrala delen av området karakteriseras av sura till intermediära vulkaniter, vilka är knutna till en "volcanic arc"-miljö. Andra vanliga bergarter i området är olika typer av metasediment samt granitoider. Skelleftefältet, som är en av de mest betydande malmprovinserna i Sverige, har sedan i början av 1900-talet undersökts genom omfattande prospektering. Ett stort antal olika malmtyper är kända från området. De ekonomiskt viktigaste är: vulkanogena stratiforma bas- och ädelmetallförekomster, stringer-zoner med ädel- och basmetaller, hydrotermala ädelmetallförekomster, pegmatiter med bl.a. litium m.fl.

A 7. Norrbotten

De viktigaste bergartstyperna i regionen är olika typer av metavulkaniter och metasediment, vilka intruderats av bl.a. granitoider. Inom den nordöstra delen av området uppträder arkeiska gnejser och granitoider. Prospekteringen har tidvis varit relativt intensiv inom vissa områden, medan den i andra områden legat på en låg nivå. Den s.k. Malmfältsregionen utgör en mycket betydande malmprovins, inom vilken flera olika malmtyper är kända (apatit-järnmalmer av Kirunatyp, vulkanogena stratiforma basmetall- och/eller järnfyndigheter, stringer-zoner med ädel- och basmetaller, hydrotermala mineraliseringar osv.).

B. Fjällkedjan

Berggrunden inom fjällkedjan anses generellt ha en ålder, som sträcker sig från eokambrium till devon. Den uppbyggs huvudsakligen av olika typer av sediment. Dock förekommer också vulkaniska bergarter, vilka normalt utgörs av lavar, tufter och agglomerat. I mindre omfattning uppträder också intrusiva bergarter. Relativt omfattande prospektering har genomförts inom delar av fjällkedjan och utefter fjällranden. Som helhet är dock området litet undersökt. Flera betydande malmer är kända från såväl fjällranden (icke stratabundna bly-zinkmalmer) som fjällkedjan (vulkanogena stratiforma basmetallmalmer).

C. Skåne, Öland och Gotland

Berggrunden inom dessa områden utgörs av relativt unga (paleozoiska och yngre) sediment (skiffrar, kalkstenar, sandstenar osv.). Prospektering har endast skett i obetydlig omfattning. Inga nämnvärda mineraliseringar är kända.

Geologiska förutsättningar för utvinning av koppar, zink, bly, guld och silver i Sverige

av chefsgeolog *Ivan Isaksson*, Boliden Mineral AB

1 Inledning

Gruvdrift har gamla anor i Sverige. I Bergslagen producerade ett stort antal gruvor koppar, järn och guld redan under medeltiden. En del av dem, såsom Falun och Dannemora, är fortfarande i drift och tillhör sålunda de äldsta gruvorna i världen.

Utöver dessa gamla gruvor har fyndigheter i flera nya gruvdistrikt exploaterats under 1900-talet. Några av de viktigaste förekommer i norra Sverige, t.ex. järnmalmerna i Kiruna, sulfidmalmerna i Skelleftefältet, blymalmen i Laisvall och Aitik's kopparmalm. De malmdistrikt, som i dag producerar och den närmaste framtiden kommer att producera koppar, zink, bly, silver och guld, är Kiruna/Gällivare malmfält och Laisvall i Norrbotten, Skelleftefältet i Västerbotten samt Bergslagen inkl. Enåsen i Mellansverige.

2 Bergslagen

Malmprovinsen Bergslagen sträcker sig från Nyköping i söder i en 5–10 mil bred båge via Zinkgruvan, Filipstad och Falun till Gävle.

Den geologiska utvecklingen i området kan sammanfattas enligt följande:

Vulkaniska bergarter och sediment avsattes i ett grundhav för ca 1,9 miljarder år sedan. I slutfasen av vulkanismen avsattes sulfid- och järnmalmer längs trågbildningar på havsbotten. Dessa formationer täcktes av yngre vulkaniter och sediment, och senare intruderade gabbro och granit, s.k. urgranit. Berggrunden inkl. malmer utsattes sedan för nedsänkning, upphettning, sammanveckning och omkristallisation, varefter yngre graniter trängde upp. Slutligen för omkring tusen miljoner år sedan utsattes berggrunden för sprickbildning, och brantstående smala diabasgångar i nordnordväst-ostsydostlig till ost-västlig riktning bildades.

Bergslagens malmprovins, som omfattar fyndigheter av järn, mangan, zink, bly, silver, koppar, svavel och wolfram, har varit föremål för gruvdrift sedan medeltiden.

Malmbrytningen började i Västmanland (Bergslagen) och till för 100 år sedan svarade Bergslagsregionen för praktiskt taget all mineralproduktion i landet. Med nutida mått mätt var produktionen dock av ringa storlek. I dag svarar denna region för en mindre del av den svenska gruvindustrin. Under de senaste 100 åren har antalet sulfidmalmsgruvor minskat, medan produktionen totalt har ökat. 1873 var 16 gruvor i drift som producerade 90 kt malm, 1960 fanns 11 gruvor som producerade 933 kt malm och 1987 5 gruvor med en produktion av ca 1 700 kt malm, motsvarande ca 9 % av den totala sulfidmalmsproduktionen i landet.

Zink, silver och bly är huvudsakliga produkter från de gruvor som finns kvar. Till detta kommer mellan 250 och 300 kg guld/år som biprodukt. Enåsengruvan var fram till 1988, då Björkdal togs i produktion, den enda primära guldproducenten i landet. Den innehåller ca 3 gram/ton guld och 0,2 % koppar. Årligen produceras ca 360 kg guld, 700 kg silver och 550 ton Cu. Fyndigheten ligger i Bergslagens norra randområden strax S om Ånge. Närområdet till Enåsen domineras av högmetamorfa bergarter i tidig Proterozoisk ålder och byggs upp av olika sedimentära och vulkaniska sekvenser, som omges av gnejsgraniter.

I anslutning till Falu-malmen, en sulfidmalmsgruva som varit i drift i ca 1000 år, har en kvartsförande förskiffringszon med ca 3 gram/ton guld påträffats. Mineraliseringen innehåller också Se och höga Bi-halter, som kan innebära en produkt, som blir svår att raffinera.

Mindre kvartsgångar med guld, som under 1800-talet och i början av 1900-talet varit föremål för viss brytning, är t.ex. Ädelfors i Småland.

Fyndigheter med möjligheter till ny produktion är t.ex. Dammsjön, Gränsgruvan, Lovisa, Vindfall och Sala zink/blymineraliseringar.

3 Skelleftefältet

Skelleftefältets malmprovins är ett några mil brett och ca 15 mil långt bälte, som sträcker sig i ungefär ost-västlig riktning från Boliden i öster via Malå/Kristineberg till Adak i väster.

Vulkaniska och sedimentära bergarter avsattes i marin miljö för ca 2 miljarder år sedan. De komplexa sulfidmalmen avsettes i slutfasen av den vulkaniska utvecklingen genom utströmningar av malmlosningar på den dåtida havsbotten på stort djup. Fyndigheterna avsettes i lokala fördjupningar, bassänger, som bildats inom längsträckta trågbildningar längs havsbottenarna. Liknande malmbildningar sker i dag i djuphavsbäcken utanför USAs västkust. De massiva sulfidmalmen i Skelleftefältet är rika på koppar, zink, järn, svavel och ädelmetallerna guld och silver.

Den geologiska utvecklingen är likartad och likåldrig med Bergslagens. I dag återfinns malmen i starkt deformerade skikt och som brant stående

linser i veckad och förskiffrad omgivning.

De fyndigheter som bryts i dag är dels zink/silverrika, Långdal, Rävleden och Hornträsk, dels zink/kopparrika, Kristineberg och Renström. Skelleftefältets malmer är generellt rika på ädelmetaller jämfört med liknande malmfält ute i världen.

Ett antal fyndigheter i olika utvecklingsstadier från nyfynd till gruva finns. Några exempel är

Kankberg	utbyggnad till produktion 1989/90
Kedträsk	utbyggnad till produktion 1990
Ö. Åkulla	planerad produktion 1997
Svansele	gruvundersökning, beslut 1990
Petiknäs	gruvundersökning
Småget	gruvundersökning
Åkerberg	produktion jan. 1990
Tallberg/Älgträsk	uppbörning, malmberäkning

De två sistnämnda fyndigheterna samt Björkdalsmalmen utgör en ymalmtyp i Skelleftefältet, som kommit fram genom prospektering under 1980-talet. Det höga guldpriset medför att fyndigheter med några gram per ton guld som enda värdemetall för närvarande kan brytas med lönsamhet i dagbrott.

Fyndigheterna består av guldmineraliseringar med någon till några procent sulfider eller inga sulfider alls. Malmbildningsprocess och ålder är tills vidare dåligt kända. Med stor sannolikhet är dock dessa mineraliseringar något yngre än sulfidmalmen.

Den första fyndigheten av denna typ, Björkdal, togs i drift hösten 1988. En andra fyndighet, Åkerberg, planeras komma i drift vid årsskiftet 1989/90. Båda dessa fyndigheter ligger mellan Skellefteå och Boliden, öster om det egentliga komplexmalmsbältet. Guldhalten är ca 3 gram/ton och mineraliseringarna är knutna till kvartsgångar. Känt tonnage ligger mellan 1 och 3 miljoner ton. Mindre kvartsgångar med guld, som under början av 1900-talet varit föremål för gruvförsök, är t.ex. Krångfors S om Boliden.

En något annorlunda mineraliseringstyp finns i Tallberg/Älgträskfyndigheterna. Mineraliseringarna består av FeS_2 -impregnationer med 5–10 % S och ibland något kopparkis eller zinkblände. Samtliga uppslag är täckta av myr och morän och därför svårprospekterade. Ett flertal zoner är kända i borrhål med guldhalt från några till 10-tals gram/ton. Pågående borrhåringar och utvärderingar kommer att visa om brytvärda delar finns.

4 Norrbotten

I Norrbotten upptäcktes i mitten av 1600-talet silverförande blymalm i Nasafjäll, järnmalm i Masugnsbyn och kopparmalm i Svappavaara. I slutet av samma århundrade upptäcktes de stora järnmalmerna Luossavaara, Kirunaavaara och Malmberget. De flesta övriga järnmalmsfyndigheterna i nordligaste Sverige upptäcktes under slutet av 1800-talet och början av

1900-talet. Under 1900-talet bedrevs sedermera även sulfidmalmsprospektering.

Ett antal fyndigheter har påträffats i de s.k. "Kirunagrönstenarna" (grönstenar och sediment), som i norra Norrbotten har utbredning från Kalixälven söder om Kiruna till Karesuando i norr, dvs. ungefär 150 km. Mäktigheten av denna formation i Kirunaområdet uppskattas till minst 3–4 km. Grönstensgruppens bergarter är 2,1–2,5 miljarder år gamla, dvs. äldre än vulkanit/sedimentserierna i Skelleftefältet och Bergslagen. De vilar, NE om Kiruna, på den äldsta kända berggrunden i landet, 2,7–2,8 miljarder år gamla gnejser och graniter.

I grönstensgruppens bergarter är kopparfyndigheter kända från norra delarna av Sverige, Norge och Finland. I Sverige kan nämnas Viscaria, Pahtohavare och östra Äjäjärvi, av vilka endast den förstnämnda gått i produktion. Viscaria upptäcktes 1973, ca 5 km väster om Kiruna, och består av flera parallella linser. Den brytvärda s.k. A-horisonten håller 17 miljoner ton med 2,5 % koppar. Den är i drift sedan 1983 med ca 1,2 miljoner ton malm per år.

Drygt 5 km söder om Viscaria i ungefär samma stratigrafiska läge har en kopparmineralisering (Pahtohavare) med delvis intressanta guldhalter påträffats. Pågående undersökningar kommer att visa om brytvärda delar förekommer.

I sura vulkaniter, som täcker betydande områden söder om Kiruna och som bl.a. innehåller järnmalmerna Kirunavaara och Malmberget, har även fynd av sulfidmalmer gjorts. Flera mineraliseringar med låga kopparhalter, 0,2–0,5 %, har påträffats söder om Malmberget. Aitik är den största kända och den enda i produktion. Trots att Aitikmalmen håller endast 0,2 gram/ton guld i genomsnitt, produceras årligen ca 1 500 kg på grund av den stora brytningsvolymen (>12 Mt/år). Aitik är därmed den största guldproducenten i dag i Sverige.

Andra fyndigheter som borrats varierar från några hundra tusen ton med 2 % koppar (Nautanen) till ett par till ca 10 miljoner ton med 0,3–0,5 % koppar (Kiskamavaara, Sjiska, Tjärrojäkka).

5 Fjällranden

Fjällranden etablerades som malmprovins när Laisvallfyndigheten upptäcktes och togs i drift omkring 1940. Sedan dess har ett stort antal uppslag av liknande karaktär undersökts från de nordligaste delarna av Sverige till Dalarna och Sydnorge i söder, men endast ett av dessa uppslag, Vassbo, har lett till gruvdrift. Fjällrandens malmer avsattes i kvartsitiska sandstenar, vilka utgör fjällkedjans bottenbildningar och har en ålder på drygt 500 miljoner år.

Brytvärda fyndigheter har påvisats endast i de ostörda, odeformerade delarna av sandstenarna, dvs. sådana som fortfarande ligger kvar i ursprungligt horisontellt läge. Sandstenarna är täckta av yngre fjällbergarter,

vilka glidit in över dessa i samband med fjällkedjans bildning och stora överskjutningar från väster.

Blyglans är det dominerande malmmineralet i dessa fyndigheter, men zinkblände kan också ingå till väsentlig del. Därutöver finns låga eller obetydliga silverhalter. Malmaterialet antas ha avsatts ur malmlösningar, som passerat genom sandsedimenten innan dessa konsoliderades. Fyndigheter av närbesläktad typ finns i USA, Mississippi, Missouri. Fyndigheter av potentiellt intresse för framtiden finns i Laisvalls närområde.

6 Exempel på metoder/metodik som varit av betydelse för nya fyndigheter under 1980-talet

Ett antal fyndigheter har under de sista åren påträffats i Skelleftefältet. Detta kan anses anmärkningsvärt, då det sker i en region som varit föremål för malmletning under mycket lång tid. Orsaken är att söka i ny kunskap i kombination med ny teknik, som har gett nya resultat. Sedan den sista stora prospekteringsinsatsen på 1960-talet har mycket ny kunskap erhållits om jordskorpan och kontinenternas uppbyggnad och utveckling samt om hur vulkanogena sulfidmalmer bildats och bildas i dag (i djuphaven). Denna kunskap har lett till att geologi och geologiskt modellbyggande blivit den viktigaste grundstenen i allt malmletningsarbete. Den geologiska insatsen avgränsar nya malmpotentiella områden, där prospektering sedan kan sättas in.

Malmletning innebär att kombinera en geologisk idé med ett antal metoder/hjälpmedel till ett effektivt arbetssätt för att upptäcka nya fyndigheter. Kombinationen av metoder varierar beroende på egenskaperna (geologiska, geometriska, strukturella, kemiska, fysikaliska) för den malmtyp man söker.

Några viktiga hjälpmedel för att lokalisera de fyndigheter som påträffats under de senaste åren är morängeokemi, magnetometri, inducerad polarisation (IP) för guldfyndigheter, en ny elektromagnetisk metod för mätning i borrhål (BHEM) och på marken (EM3) samt en ny geokemisk metod, Geogas, för sulfidmalmsletning. Geogas kan också användas vid guldetning genom att spåra till guld associerade element som t.ex. arsenik. Det gäller att kombinera dessa delvis nya metoder med varandra eller med redan känd teknik till en både tekniskt och kostnadsmässigt optimal tillämpning i malmletningen.

Terra Mining har t.ex. i sin guldprospektering tillämpat en systematisk målinriktad provtagning av morän och borrhax, som resulterat i ett antal uppslag, varav ett, Björkdal, har utvecklats till en gruva som startade andra halvåret 1988. Provtagningen börjar med ett glest mönster, varefter anomala punkter följs upp med ett tätare mönster. Eventuella anomalier av intresse följs sedan upp med provtagning ända ner till berggrundsytan och även från berggrundsytan genom analys av borrhax.

Boliden använder i sin guldprospektering kombinationer av blockletning, geologisk och strukturell kartering, moränprovtagning, magnet- och IP-mätning för att hitta främst dolda mineraliseringar (under myr och morän) i utkanterna av Skelleftefältets komplexmalmsbälte. Åkerbergsmalmen, som tas i drift vid årsskiftet 1989/90, är första resultatet av detta program som inleddes 1983.

En vidareutveckling av IP-systemet i kombination med noggrann magnet-mätning och morängeokemi har gett ett effektivt instrument att upptäcka malmpotentiella strukturer i berggrunden under myr- och moräntäckta områden. Ett flertal uppslag har lokaliserats, vilka för närvarande borras.

Bolidens djupprospektering, som inleddes 1982, innebär borrhning av djupa diamanthåll (sammanlagt ca 100 000 m har hittills utförts). För att utnyttja borrhålen bättre utvecklades ett nytt instrument för mätning i borrhål. Metoden bygger på att man åstadkommer ett elektromagnetiskt fält ner i berggrunden med hjälp av en strömförande kabelslinga på marken. Finns det en ledare (sulfidmineralisering) i berget induceras ett sekundärfält som avviker från det utsända fältet. Genom att skicka ner en mätsond i borrhålet och mäta upp både utsänt (primärt) och inducerat (sekundärt) fält i tre mot varandra vinkelräta riktningar, kan man sedan räkna fram riktning och avstånd till ledaren samt lutning på närmaste kant. På detta sätt kan ett område inom ca 100 m från borrhålet avkännas. Mätningen är snabb och därmed billig att använda.

En mätning av ett 500 m djupt borrhål tar ca 1,5 timme. Metoden har medfört att borrhålen kan sättas glesare än tidigare och nästkommande borrhål kan bestämmas till läge, riktning och längd. Boliden har sedan 1982, då metoden introducerades på allvar, sparat in många och dyrbara borrhål med detta nya BHEM-system, som i dag inte har någon motsvarighet på marknaden.

En applikation av BHEM-systemet för mätning på marken utvecklades och introducerades 1985. Den s.k. EM3-metoden förpassade genast tidigare EM-system till byrålådan, på grund av sin enkelhet, snabbhet och djupkänningsförmåga (200–250 m). En man klarar ensam mätningen. Genom att mätningen är snabb och mer djupkännande har detta medfört att ett flertal nya helt okända ledare påträffats i Skelleftefältet.

Kombinationen geologisk kartering och modellbyggnad med EM3, BHEM och ibland Geogas har resulterat i ett antal nya fynd av sulfidmalm i Skelleftefältet, t.ex. Mörkliden S om Kristinebergsgruvan på 900 m djup, Svansle N om Udden på 200–800 m djup, Petiknäs och Småget-fyndigheterna NW om Renström på 200–600 m djup, samt Stenbrånet från 50–150 m djup. Petiknäs och Småget är för närvarande föremål för gruvundersökning och en ramp är på väg mot fyndigheterna för att göra fortsatt uppborrhning och provbrytning.

Geogasmetoden är en helt ny teknik inom prospektering, som utnyttjar ett allmänt förekommande gasbubbelflöde genom grundvattnet upp genom berggrunden. Gasbubblorna rycker med sig atomer eller atomaggregat från en fyndighet eller mineralisering, som ligger i deras väg. På detta sätt kan Cu, Zn, Pb, As, S, Cl, Ni etc. transporteras upp till markytan.

Genom att gräva ned kollektorer (trattar) med ett membran, som kan fånga upp dessa uppströmmande element, och sedan plocka in och analysera membranen med en speciellt känslig teknik, kan man få reda på vilken typ av mineralisering som finns i berget, dvs. om det är en mineralisering med t.ex. Cu eller Zn eller Pb eller As eller någon kombination av dessa. Metoden har provats över kända fyndigheter och visat sig ha en djupkänning om minst 350 m upp till kanske 1000 m. Geogas kan också indikera guldmineraliseringar, som är associerade med As. Ett exempel är guldfyndigheten Sukhaybarat i Saudi Arabien, som gav en tydlig geogasanomali för As. Fyndigheten, som för närvarande är under utbyggnad till drift, innehåller 6 Mt med 3 gram/ ton guld. Geogas är speciellt användbart i ett område med många geofysiska anomalier. Med geogas kan då selekteras ut vilka anomalier som är intressanta att testa vidare, och metoden är speciellt användbar om anomalierna beror på mineraliseringar som ligger djupare, under 50 m och mer.

Geogas är mer precis än morängeokemi, eftersom en anomali då ligger rakt över källan. En morängeokemisk anomali ligger i isrörelseriktningen mer eller mindre långt från källan (>200 m—>1000 m beroende på moränens tjocklek).

Geogas har hittills använts för att indikera polymetalliska massiva sulfidfyndigheter, nickelförande ultramafiter och låghaltiga impregnationer med guld.

Geologiska förutsättningar för utvinning av industriella mineral och bergarter i Sverige

av direktör *Naz Ahmed Shaikh*, Sveriges geologiska undersökning

Som industriella mineral och bergarter betecknas sådana mineral och bergarter, som utvinns i annat syfte än för utnyttjandet av deras metallhalt eller bränslevärde. Med denna definition kommer industriella mineral och bergarter att omfatta en mångfald objekt alltifrån granit, en i Sverige mycket vanlig bergart med lågt pris per ton, till industridiamanter med ett pris av omkring 100 milj. kr. per ton.

Industriella mineral och bergarter används inom nästan all modern industriell verksamhet i form av olika slag av tillsatser, fyllnadsmedel m.m., t.ex. vid oljeborrning, järnframställning och tillverkning av konsumtionsvaror. Industriella mineral och bergarter utgör huvuddelen av våra byggnadsmaterial och är utgångsmaterial för den kemiska industrin och konstgödselindustrin. De är av stor betydelse inom pappersindustrin och för metallurgiska ändamål som flussmedel, i eldfast material och som råvaror i tillverkningsprocesser. Utan dem skulle dessa verksamheter i dag inte kunna bedrivas.

Ett av de viktigaste gemensamma dragen hos industrimineralen är att vart och ett av dem har en mångsidig användning. Den största åtgången har industriella mineral och bergarter i sådana produkter, där återvinning är svår eller omöjlig; t.ex. konstgödsel, färg, födoämnen, drycker och papper. Industriella mineral och bergarter visar en mycket stor variation i geologiskt uppträdande, i brytnings- och anrikningsteknologi och i kravet på renhet och prissättning.

Industriell verksamhet förutsätter en kontinuerlig och pålitlig produktion av råmaterial, av vilka industriella mineral och bergarter utgör en mycket viktig del. De varierande användningsområdena och möjligheterna att kunna byta ut olika industriella mineral mot andra leder till ständigt skiftande efterfrågan. Detta innebär bl.a. att en långsiktig råvaruförsörjning är nödvändig. Man bör också eftersträva att ersätta importråvaror med råvaror från inhemska fyndigheter.

Endast i undantagsfall kan ett mineral utnyttjas utan någon form av förädling. Mineralberedningen intar således en nyckelställning mellan bryt-

ning och användning av mineraliska råvaror. När det gäller industrimineral är utveckling av anrikningsteknik av särskild betydelse, beroende på att kraven från industrin är mycket specifika och skiftande. Ett och samma industrimineral kan användas av olika industrier, ibland enbart för den speciella fysikaliska egenskapen och ibland på grund av en lämplig kemisk sammansättning. I en del fall tillämpas en mycket sofistikerad anrikningsteknologi just för framställning av industrimineralprodukter, t.ex. kaolin avsedd för pappersindustrin.

En ringa del av den svenska industrins behov av industriella mineral och bergarter tillgodoses genom inhemsk produktion. Sålunda producerades i Sverige år 1985 industriella mineral och bergarter till ett värde av omkring 900 milj. kr. (apatit, diabas, dolomit, flussspat, fältspat, kalk, kalksten, kaolin, krita, kvarts, kvartsit, kvartsand, kyanit, eldfast lera, marmor, monument- och byggnadssten, talk, täljsten, olivin och svavelkis). Exporten uppgick samtidigt till ca 375 milj. kr. (apatit, dolomit, fältspat, kalksten inkl. kalk, krita, kvartsit, kvartsand, marmor, monumentsten, skiffer och talk). Samma år importerades följande mineral och bergarter: apatit (inkl. fosforit), asbest, baryt, bauxit, bentonit, borater, diatomit, dolomit, flussspat, fältspat, gips, glimmer, grafit, kaolin, krita, kvarts, kvartsand, magnetit (inkl. magnetit/kromitprodukter), olivin, salt, svavel, talk, titandioxid till ett sammanlagt värde av 1,9 miljarder kronor. Om man inkluderar vissa andra mineral, halvfabrikat och bearbetade varor med industriella mineral som huvudsaklig beståndsdel är importöverskottet i storleksordningen ca 2,5 miljarder kronor.

Kännedom om de geologiska förhållandena är en nödvändig förutsättning för att man skall kunna spåra och utnyttja mineralförekomster. Varje mineraltyp förekommer i bestämda geologiska miljöer. De geologiska förutsättningarna i Sverige är gynnsamma för ökad produktion av ett flertal industriella mineral och bergarter och ger därför anledning till en försiktig optimism. Vårt land har med stor sannolikhet betydande tillgångar av industriella mineral och bergarter som, om de utnyttjades, skulle kunna bidra till en önskvärd expansion och diversifiering av mineralindustrin.

Av Sveriges totalyta på 450 000 km² upptas omkring 350 000 km² av äldre bergarter tillhörande urberget, medan återstående 100 000 km² utgörs av yngre sedimentbergarter. Länder med liknande geologisk uppbyggnad, t.ex. Finland och Kanada, är stora producenter av en rad industriella mineral och bergarter. Det är endast ett fåtal av närmare 100 industriella mineral och bergarter, som man inte har anledning att räkna med att de kan finnas i exploaterbara koncentrationer inom landet. Hit hör anhydrit, borater (colemanit), gips, kali- och natriumsalter, perlit (vulkaniskt glas med pärlformig krympningsstruktur) och svavel.



Statens offentliga utredningar 1989

Kronologisk förteckning

1. Rapport av den särskilde utredaren för granskning av hotbilden mot och säkerhetsskyddet kring statsminister Olof Palme. C.
 2. Beskattning av fåmansföretag. Fi.
 3. Integriteten vid statistikproduktion. C.
 4. Fasta Öresundsförbindelser. K.
 5. Samordnad länsförvaltning. Del 1: Förslag. C.
 6. Samordnad länsförvaltning. Del 2: Bilagor. C.
 7. Vidgad etableringsfrihet för nya medier. U.
 8. UD:s presstjänst. UD.
 9. Särskild inkomstskatt för utländska artister m.fl. Fi.
 10. Två nya treåriga linjer. U.
 11. Hushållssparandet - Huvudrapport från Spardelegationens sparundersökning. Fi.
 12. Den regionala problembilden. A.
 13. Mångfald mot enfald. Del 1. A.
 14. Mångfald mot enfald. Del 2. Lagstiftning och rättsfrågor. A.
 15. Storstads trafik 2 - Bakgrundsmaterial. K.
 16. Kostnadsutveckling och konkurrens i banksektorn. Fi.
 17. Risker och skydd för befolkningen. Fö.
 18. SÄPO - Säkerhetspolisens arbetsmetoder. C.
 19. Regionalpolitikens förutsättningar. A.
 20. Tullregisterlag m.m. Fi.
 21. Sätt värde på miljön - miljöavgifter på svavel och klor. ME.
 22. Censurlagen - en modernisering av biografförordningen. U.
 23. Parkeringsköp. Bo.
 24. Statligt finansiellt stöd? I.
 25. Rapporter till finansieringsutredningen. I.
 26. Kustbevakningens roll i den framtida sjöövervakningen. Fi.
 27. Forskning vid de mindre och medelstora högskolorna. U.
 28. Utbildningar för framtidens tandvård. U.
 29. Samarbete kring klinisk utbildning och forskning inför 90-talet. U.
 30. Professorstillsättning. En översyn av proceduren vid tillsättning av professorstjänster. U.
 31. Statens mät- och provstyrelse. I.
 32. Miljöprojekt Göteborg - för ett renare Hisingen. ME.
 33. Reformerad inkomstbeskattning
 - Skattereformens huvudlinjer. Del 1.
 - Inkomst av kapital. Del 2.
 - Inkomst av tjänst, lagtext och kommentarer. Del 3.
 - Bilagor, expertrapporter. Del 4. Fi.
 34. Reformerad företagsbeskattning
 - Motiv och lagförslag. Del 1.
 - Expertrapporter. Del 2. Fi.
 35. Reformerad mervärdeskatt m.m.
 - Motiv. Del 1.
 - Lagtext och bilagor. Del 2. Fi.
 36. Inflationskorrigerad inkomstbeskattning. Fi.
 37. Utländska förvärv av Svenska företag - en studie av utvecklingen. I.
 38. Det nya skatteförslaget - sammanfattning av skatteutredningarnas betänkanden. Fi.
 39. Hjälpmedelsverksamhetens utveckling - kartläggning och bedömning. S.
 40. Datorisering av tullrutinerna - slutrapport. Fi.
 41. Samerätt och sameting. Ju.
 42. Det civila försvaret. Del 1.
 - Det civila försvaret. Del 2. Författningstext. Fö.
 43. Storstads trafik 3 - Bilavgifter. K.
 44. Översyn av vapenlagstiftningen. Ju.
 45. Standardiseringens roll i EFTA/EG - samarbetet. I.
 46. Arméns utveckling och försvarets planeringssystem. Fö.
 47. Hjälpmedelsverksamhetens utveckling - Bilagor. S.
 48. Energiforskning för framtiden. ME.
 49. Energiforskning för framtiden. Bilagor. ME.
 50. Stiftelser för samverkan. U.
 51. Den gravida kvinnan och fostret - två individer. Om fosterdiagnostik. Om sena aborter. Ju.
 52. Det statliga energiforskningsprogrammet - aktörer inom energisektorn. ME.
 53. Arbetstid och välfärd.
 - Arbetstid och välfärd. Bilagedel A.
 - Arbetstid och välfärd. Bilagedel B. A.
 54. Rätt till gymnasieutbildning för svårt rörelsehindrade ungdomar. S.
 55. Fungerande regioner i samspel. A.
 56. Fiskprisregleringen och fiskeriadминистраtionen. JO.
 57. DO och Nämnden mot etnisk diskriminering - de tre första åren.
 58. Undantagandepensionärernas ekonomi. S.
 59. Nominering av redovisningskonsulter. C.
 60. Huvudbetänkande från alternativmedicinkommittén. S.
 61. Hälsohem. S.
 62. Alternativa terapier i Sverige. S.
 63. Värdering av alternativmedicinska teknologier. S.
 64. Kommunalbot. C.
 65. Staten i geografin. A.
-

Statens offentliga utredningar 1989

Kronologisk förteckning

- 66. Begreppet krigsmateriel. UD.
- 67. Levnadsvillkor i storstadsregioner. SB.
- 68. Storstadens partier och valdeltagande 1948-1988. SB.
- 69. Storstadsregioner i förändring. SB.
- 70. Storstädernas arbetsmarknad. SB.
- 71. Ny bostadsfinansiering. Bo.
- 72. Värdepappersmarknaden i framtiden. Fi.
- 73. TV - politiken. U.
- 74. Forskningsetisk prövning. Organisation, information och utbildning. U.
- 75. Etisk granskning av medicinsk forskning. De forskningsetiska kommittéernas verksamhet. U.
- 76. Att förebygga ALLERGI / överkänslighet. S.
- 77. Expertbilaga. Beskrivningar av ALLERGI / överkänslighet. S.
- 78. Statistikbilaga. Omfattning av ALLERGI / överkänslighet. S.
- 79. Storstadstrafik 4 - Ytterligare bakgrundsmaterial. K.
- 80. Förenklad handläggning hos HSAN m.m. S.
- 81. Ny generalklausul mot skatteflykt. Fi.
- 82. Nedsättning av energiskatter. ME.
- 83. Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. Energi och trafik. ME.
- 84. Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. Energi och trafik. Bilagedel. ME.
- 85. Civil personal i försvaret. Uppgifter och kompetens i freds- och krigsorganisationen. Fö.
- 86. Samhällets åtgärder mot allvarliga olyckor. Fö.
- 87. Skördeskadeskydd för trädgårdsnäringen. JO.
- 88. Skadeförsäkringslag. Ju.
- 89. Översyn av lagen om pliktexemplar. U.
- 90. Utvärdering av försöksverksamheten med treårig yrkesinriktad utbildning i gymnasieskolan. Första året. U.
- 91. Statligt förhandlingsarbete. Fi.
- 92. Prospekteringspolitik. I.
- 93. Prospekteringspolitik. Rapportdel. I.

Statens offentliga utredningar 1989

Systematisk förteckning

Statsrådsberedningen

- Levnadsvillkor i storadsregioner. [67]
- Storstadens partier och valdeltagande 1948-1988. [68]
- Storadsregioner i förändring. [69]
- Storstädernas arbetsmarknad. [70]

Justitiedepartementet

- Samerätt och sameting. [41]
- Översyn av vapenlagstiftningen. [44]
- Den gravida kvinnan och fostret - två individer. Om fosterdiagnostik. Om sena aborter. [51]
- Skadeförsäkringslag. [88]

Utrikesdepartementet

- UD:s presstjänst. [8]
- Begreppet krigsmateriel. [66]

Försvarsdepartementet

- Risker och skydd för befolkningen. [17]
- Det civila försvaret. Del 1. [42]
- Det civila försvaret. Del 2. Förfatningstext. [42]
- Arméns utveckling och försvarets planeringssystem. [46]
- Civil personal i försvaret. Uppgifter och kompetens i freds- och krigsorganisationen. [85]
- Samhällets åtgärder mot allvarliga olyckor. [86]

Socialdepartementet

- Hjälpmedelverksamhetens utveckling - kartläggning och bedömning. [39]
- Hjälpmedelverksamhetens utveckling - Bilagor. [47]
- Rätt till gymnasieutbildning för svårt rörelsehindrade ungdomar. [54]
- Undantagandepensionärernas ekonomi. [58]
- Huvudbetänkande från alternativmedicinkommittén. [60]
- Hälsohem. [61]
- Alternativa terapier i Sverige. [62]
- Värdering av alternativmedicinska teknologier. [63]
- Att förebygga ALLERGI / överkänslighet. [76]
- Expertbilaga. Beskrivningar av ALLERGI / överkänslighet. [77]
- Statistikbilaga. Omfattning av ALLERGI / överkänslighet. [78]
- Förenklad handläggning hos HSAN m.m. [80]

Kommunikationsdepartementet

- Fasta Öresundsförbindelser. [4]
- Storstadstrafik 2 - Bakgrundsmaterial. [15]
- Storstadstrafik 3 - Bilavgifter. [43]
- Storstadstrafik 4 - Ytterligare bakgrundsmaterial. [79]

Finansdepartementet

- Beskattning av fåmansföretag. [2]
- Särskild inkomstskatt för utländska artister m.fl. [9]
- Hushållsparandet - Huvudrapport från Spardelegationens sparundersökning. [11]
- Kostnadsutveckling och konkurrens i banksektorn. [16]
- Tullregisterlag m.m. [20]
- Kustbevakningens roll i den framtida sjöövervakningen. [26]
- Reformerad inkomstbeskattning
 - Skattereformens huvudlinjer. Del 1. [33]
 - Inkomst av kapital. Del 2. [33]
 - Inkomst av tjänst, lagtext och kommentarer. Del 3. [33]
 - Bilagor, expertrapporter. Del 4. [33]
- Reformerad företagsbeskattning
 - Motiv och lagförslag. Del 1. [34]
 - Expertrapporter. Del 2. [34]
- Reformerad mervärdesskatt m.m.
 - Motiv. Del 1. [35]
 - Lagtext och bilagor. Del 2. [35]
- Inflationskorrigerad inkomstbeskattning. [36]
- Det nya skatteförslaget - sammanfattning av skatteutredningarnas betänkanden. [38]
- Datorisering av tullrutinerna - slutrapport. [40]
- Värdepappersmarknaden i framtiden. [72]
- Ny generalklausul mot skatteflykt. [81]
- Statligt förhandlingsarbete. [91]

Utbildningsdepartementet

- Vidgad etableringsfrihet för nya medier. [7]
- Två nya treåriga linjer. [10]
- Censurlagen - en modernisering av biografförordningen. [22]
- Forskning vid de mindre och medelstora högskolorna. [27]
- Utbildningar för framtidens tandvård. [28]
- Samarbete kring klinisk utbildning och forskning inför 90-talet. [29]

Statens offentliga utredningar 1989

Systematisk förteckning

Professorstillsättning. En översyn av proceduren vid tillsättning av professorstjänst. [30]
Stiftelser för samverkan. [50]
TV - politiken. [73]
Forskningsetisk prövning. Organisation, information och utbildning. [74]
Etisk granskning av medicinsk forskning.
De forskningsetiska kommittéernas verksamhet. [75]
Översyn av lagen om pliktexemplar. [89]
Utvärdering av försöksverksamheten med treårig yrkesinriktad utbildning i gymnasieskolan. Första året. [90]

Jordbruksdepartementet

Fiskprisregleringen och fiskeriadministrationen. [56]
Skördeskadeskydd för trädgårdsnäringen. [87]

Arbetsmarknadsdepartementet

Den regionala problembilden. [12]
Mångfald mot enfald. Del 1. [13]
Mångfald mot enfald. Del 2.
Lagstiftning och rättsfrågor. [14]
Regionalpolitikens förutsättningar. [19]
Arbetstid och välfärd.
Arbetstid och välfärd. Bilagedel A.
Arbetstid och välfärd. Bilagedel B. [53]
Fungerande regioner i samspel. [55]
DO och Nämnden mot etnisk diskriminering
— de tre första åren. [57]
Staten i geografin. [65]

Industridepartementet

Statligt finansiellt stöd. [24]
Rapporter till finansieringsutredningen. [25]
Statens mät- och provstyrelse. [31]
Utländska förvärv av svenska företag - en studie av utvecklingen. [37]
Standardiseringens roll i EFTA/EG - samarbetet. [45]
Prospekteringspolitik. [92]
Prospekteringspolitik. Rapportdel. [93]

Civildepartementet

Rapport av den särskilde utredaren för granskning av hotbilden mot och säkerhetsskyddet kring statsminister Olof Palme. [1]
Integriteten vid statistikproduktion. [3]

Samordnad länsförvaltning. Del 1: Förslag. [5]
Samordnad länsförvaltning. Del 2: Bilagor. [6]
SÄPO - Säkerhetspolisens arbetsmetoder. [18]
Nominering av redovisningskonsulter. [59]
Kommunalbot. [64]

Bostadsdepartementet

Parkeringsköp. [23]
Ny bostadsfinansiering. [71]

Miljö- och energidepartementet

Sätt värde på miljön - miljöavgifter på svavel och klor. [21]
Miljöprojekt Göteborg - för ett renare Hisingen. [32]
Energiforskning för framtiden. [48]
Energiforskning för framtiden. Bilagor. [49]
Det statliga energiforskningsprogrammet - aktörer inom energisektorn. [52]
Nedsättning av energiskatter. [82]
Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. Energi och trafik. [83]
Ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken. Energi och trafik. Bilagedel. [84]





ALLMÄNNA FÖRLAGET

BESTÄLLNINGAR: ALLMÄNNA FÖRLAGET, KUNDJÄNST, 106 47 STOCKHOLM,
TEL: 08-739 96 30, FAX: 08-739 95 48.
INFORMATIONSBOKHANDELN, MALMTORGSGATAN 5 (VID BRUNKEBERGSTORG), STOCKHOLM.