

Bilageförteckning B

Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhets- utredningen – gruppen transporter

Vägverket **Bilaga B 1**

Klimat- och sårbarhetsutredningen – Påverkan på järnvägssystemet

Banverket **Bilaga B 2**

Underlag för Klimat- och sårbarhetsutredningen (M 2005:03) om sjöfartssektorn

Sjöfartsverket **Bilaga B 3**

Redovisning av sårbarhetsanalys inom flygsektorn

Luftfartsverket och Luftfartsstyrelsen **Bilaga B 4**

Elektronisk kommunikation – Tele- och datakommunikationssystem

Möjlig påverkan av förändrade klimat- och väderbetingelser i ett längre perspektiv

Post- och telestyrelsen **Bilaga B 5**

Rapport för Klimat- och sårbarhetsutredningen från Teracom AB – Radio- och TV-distribution

Teracom AB **Bilaga B 6**

Konsekvenser för Svenska Kraftnäts anläggningar p.g.a. klimatförändringar

Svenska Kraftnät **Bilaga B 7**

Klimat- och sårbarhetsutredningen, elförsörjning i Sverige Svensk Energi.....	Bilaga B 8
Klimatet och dammsäkerheten i Sverige Arbetsgruppen om dammsäkerhet	Bilaga B 9
Höga flöden i Umeälven i ett framtida förändrat klimat – rapport till Elforsk och Klimat- och sårbarhetsutredningen SMHI.....	Bilaga B 10
Analys av värme- och kylbehov för bygg- och fastighetssektorn i Sverige IVL Svenska Miljöinstitutet	Bilaga B 11
Fjärrvärme Svensk Fjärrvärme AB.....	Bilaga B 12
Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat – Sårbarheter för klimatförändringar och extremväder, samt behov av anpassning och anpassningskostnader Arbetsgruppen för dricksvatten	Bilaga B 13
Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat Arbetsgruppen för översvämning, ras, skred och kusterosion	Bilaga B 14
Inventering av kommunernas hantering av översvämning, ras och skred Inom den kommunala planeringsprocessen Inregia AB	Bilaga B 15

**Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avlopps-
system – Problembeskrivning, kostnader och åtgärdsförslag**
Arbetsgruppen för va-system **Bilaga B 16**

Byggnader i förändrat klimat
**Bebyggelsens sårbarhet för klimatförändringar och
extrema väder exkluderat översämningar, ras och skred
samt dagvatten**
Boverket **Bilaga B 17**

Svenskt skogsbruk möter klimatförändringar
Skogsstyrelsen **Bilaga B 18**

**Effekter av ett förändrat klimat på skogen och
implikationer för skogsbruket**
Institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap, Sveriges
lantbruksuniversitet, Alnarp, Arbetsrapport 34 **Bilaga B 19**

**Klimatförändringarnas inverkan på drivning och
logistik i skogsbruket**
Skogforsk **Bilaga B 20**

Vegetationsbrand 2020, 2050 och 2080
Räddningsverket med stöd av SMHI och SLU **Bilaga B 21**

Omvärldsanalyser och skogsnäringens utveckling.
**Skogsnäringens utveckling – strukturuomvandling,
rationalisering, internationell konkurrens, efter-
frågan på olika skogsprodukter inklusive bio-
bränslen (2020 med utblick mot 2050 och 2080)**
Skogsindustrierna **Bilaga B 22**

**Modellering av vegetationsförskjutningar i Sverige
under framtida klimatscenarier**
Lunds universitet, Centrum för geobiosfärvetenskap,
Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys **Bilaga B 23**

Bedömningar av klimatförändringars effekter på växtproduktion inom jordbruket i Sverige Sveriges Lantbruksuniversitet	Bilaga B 24
Klimatförändringarnas påverkan på markavvattning och bevattning Jordbruksverket.....	Bilaga B 25
Klimat effekter på svenskt fiske Fiskeriverket.....	Bilaga B 26
Rennäringen Klimat- och sårbarhetsutredningen	Bilaga B 27
Naturbaserad turism och klimatförändring ETOUR	Bilaga B 28
Öland – Turism, algblomning och klimatförändring En fallstudie av 3 klimatscenariers ekonomiska effekter på turismen till Öland på 2020-talet Resurs AB.....	Bilaga B 29
Biologisk mångfald och klimatförändringar Vad vet vi? Vad behöver vi veta? Vad kan vi göra? Centrum för Biologisk Mångfald	Bilaga B 30
Klimatförändringar och resiliens – Underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen Environmental Change Institute, Oxford University Centre for the Environment Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi, Kungliga Vetenskapsakademien centrum för tvärvetenskaplig miljöforskning (CTHM), Stockholms universitet Institutionen för Systemekologi, Stockholms universitet Stockholm Resilience Centre, Stockholms universitet	Bilaga B 31

Klimatförändringars påverkan på ytvattenkvalitetenSveriges Lantbruksuniversitet..... **Bilaga B 32****Klimat effekter på Östersjön – resultat från ett seminarium**Naturvårdsverket och Klimat- och sårbarhetsutredningen **Bilaga B 33****Hälsoeffekter av en klimatförändring i Sverige
En nationell utvärdering av hälsokonsekvenser hos människa och djur. Risker, anpassningsbehov och kostnader**Arbetsgruppen för hälsa..... **Bilaga B 34****Anpassningsåtgärder i andra länder**Klimat- och sårbarhetsutredningen..... **Bilaga B 35**

Analys av värme- och kylbehov för bygg- och fastighetssektorn i Sverige

IVL Svenska Miljöinstitutet
Jenny Gode, Anna Jarnehammar

Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen,
2007-06-13

Innehåll

Sammanfattning	5
Inledning.....	5
Systembeskrivning	6
Konsekvensanalys	7
Påverkansfaktorer	7
Förändrad efterfrågan på energi för uppvärmning.....	8
Förändrad efterfrågan på energi för komfortkyla.....	9
Kostnader.....	10
Åtgärder	11
Inledning	11
Avgränsningar	12
Metod.....	13
Definitioner och samband	14
Graddagar	14
Samband graddagar – energianvändning.....	14
Systembeskrivning	15
Fastighetsbestånd.....	15
Fritidshus.....	15
Småhus inklusive permanentbebodda fritidshus.....	16
Flerbostadshus	18
Lokaler	19
Industri	21

Konsekvensanalys	22
Teknisk utveckling	22
Framtida bostadsbestånd	25
Klimatets möjliga påverkan på värme- och kylbehov	26
Temperatur, graddagar	27
Solinstrålning	29
Övriga klimatfaktorer	29
Värmebehov i tre framtidsperspektiv	30
Framtida uppvärmningsbehov i befintligt fastighetsbestånd	30
Framtida uppvärmningsbehov med hänsyn tagen till teknikutveckling i fastighetsbeståndet	31
Energimixar	33
Kylbehov idag och i tre framtidsperspektiv	36
Komfortkyla idag och möjlig utveckling i framtiden	37
Grov ekonomisk uppskattning	43
Dagens energipriser och scenarier för framtida energipriser	43
Uppskattade kostnader för förändrat värme- och kylbehov	43
Behov av åtgärder	45
Referenslista	46
Bilaga 1. Temperaturzoner	48
Bilaga 2. HDD för olika klimatzoner	49

Sammanfattning

Inledning

Framtida efterfrågan på värme och komfortkyla i bostäder och lokaler har undersökts. Fritidshus som inte är permanentbebodda har uteslutits från studien dels på grund av bristande statistik och dels för att de står för en mycket liten andel av energianvändningen i förhållande till andra fastigheter. Industrilokaler har endast berörts översiktligt, bl.a. eftersom industrins energianvändning för lokaluppvärmning ingår i den totala energistatistiken för industrin och att det därmed är svårt att särskilja uppvärmningens andel av den totala energianvändningen. En tidigare studie visar även på mycket begränsat energibehov för uppvärmning i jämförelse med andra lokaler. Dessutom är det mycket svårt att bedöma industrins framtida utveckling.

Den framtida energianvändningen för värme och komfortkyla är beroende både av klimatrelaterade och icke klimatrelaterade faktorer och klimatets påverkan i förhållande till en del av de icke klimatrelaterade parametrarna kan ibland vara av mindre betydelse, t.ex. för komfortkyla i lokaler. Vid en bedömning av framtida energianvändning för värme och komfortkyla är det således av stor vikt att bedöma tänkbar utveckling i relation till både de klimatrelaterade och de icke klimatrelaterade faktorerna.

Exempel på icke klimatrelaterade faktorer som påverkar efterfrågan på energi för värme och komfortkyla är fastighetens beskaffenhet (isolering, fönstertyp, fönsterplacering och fönsterytor, ventilation, uppvärmningssystem, kylsystem, solavskärmning m.m.), vad den används till, hur många personer som vistas i fastigheten, användning av värmealstrande apparater, realisation av energieffektiviseringspotentialer etc. I lokaler där det vistas mycket människor per ytenhet och där det ofta finns många värmealstrande apparater är det huvudsakligen de inre lasterna som påverkar behovet av värme och komfortkyla. Solinstrålning kan dock spela en betydande roll för kylbehovet, särskilt under vissa årstider, medan utomhustemperaturen vanligtvis har mindre betydelse. Utomhustemperaturen har däremot större betydelse för värmebehovet i lokaler. I bostäder spelar de klimatrelaterade faktorerna relativt sett större roll för behovet av värme. Tillgången till kyla är ytterst begränsad i bostäder, men det bedöms att klimatet även här har en större betydelse än de icke klimatrelaterade faktorerna.

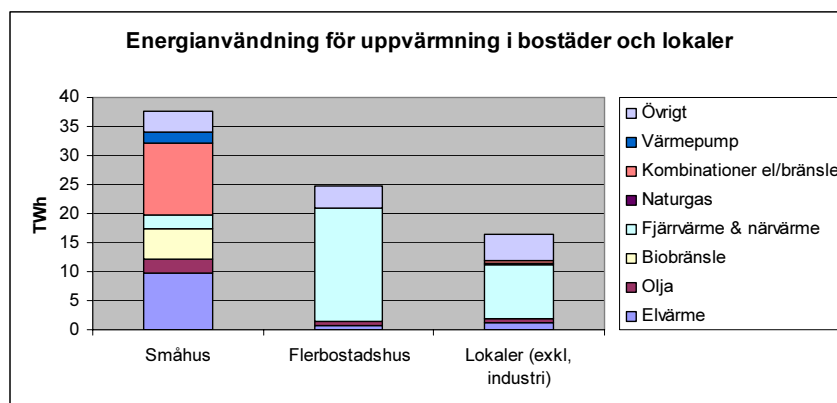
Systembeskrivning

I Tabell 1 sammanfattas yta och energianvändning för uppvärmning (2005) i det befintliga svenska fastighetsbeståndet. Energinvändningen för uppvärmning för småhus, flerbostadshus och lokaler (exkl. industrilokaler) presenteras i Figur 1. I figuren syns tydligt att energimixen för uppvärmning skiljer sig åt mellan de olika fastighetstyperna där el eller kombinationer el/bränsle dominerar för småhus medan fjärrvärme utgör vanligaste uppvärmningssätt för flerbostadshus och lokaler.

Tabell 1 Fastighetsbeståndet i Sverige (2005) med uppgifter om yta och energianvändning för uppvärmning

Fastighetstyp	Yta, miljoner m ²	Energianvändning för uppvärmning, TWh	Anmärkning
Fritidshus, icke permanentbebodda	40	3,2	Mycket grov uppskattning av ytan, total energianvändning
Småhus inkl. permanentbebodda fritidshus	260	37,5	
Flerbostadshus	165	24,8	
Lokaler exkl. industrilokaler	144	16,4	
Industrilokaler	88	?	Yta avser uppvärmd yta

Figur 1 Energinvändning för uppvärmning i bostäder och lokaler.
Källa: SCB (2005)



När det gäller användningen av energi för komfortkyla är statistiken betydligt sämre och omfattningen av komfortkyla är inte helt känd. Det är dock känt att ca 700 GWh fjärrkyla årligen produceras i Sverige och att fjärrkyla idag i princip uteslutande används i lokaler. I den s.k. STIL-utredningen, som utförts av Energimyndigheten i syfte att förbättra energistatistiken för lokaler, har 123 lokaler inventerats. Av dessa hade 91 tillgång till någon form av komfortkyla, varav eldrivna kylmaskiner fortfarande dominerade (66 %) följt av fjärrkyla (34 %). Övrig komfortkyla utgjorde en mycket liten andel om mindre än 1 %. Tillgången till komfortkyla i bostäder är ännu mycket begränsad och förekommer framförallt genom att luft/luftvärmepumpar drivs ”baklänges” för att ge kylning. Det kan uppskattas att det finns ca 100–000 luft/luftvärmepumpar installerade i svenska fastigheter, men i vilken utsträckning dessa används för kylning är inte känt.

Konsekvensanalys

Påverkansfaktorer

Tänkbar teknisk utveckling av fastighetsbeståndet har bedömts med antaganden avseende befolkningstillväxt, energiprestanda i nya fastigheter samt olika scenarier för energieffektivisering i befintliga fastigheter. Klimatets påverkan på energianvändningen för uppvärmning i befintligt fastighetsbestånd samt på ett framtida effektiviserat bestånd har beaktats. För klimatet är det huvudsakligen temperatur och solinstrålning som påverkar behovet av värme och kyla, men även molnighet och vind kan ha en betydelse. Trenderna för dessa klimatvariabler enligt klimatscenarier framtagna vid Rosby Centre, SMHI (2007) kan sammanfattas enligt följande:

- Temperatur – ökad temperatur alla årstider
 - HDD – minskat antal värmegraddagar alla årstider
- Solinstrålning, soltimmar
 - sommartid: minskning i norr, ökning i söder
 - vintertid: ökning i norr, minskning i söder
- Molnighet – i princip oförändrad
- Vind – svårbedömt

Förändrad efterfrågan på energi för uppvärmning

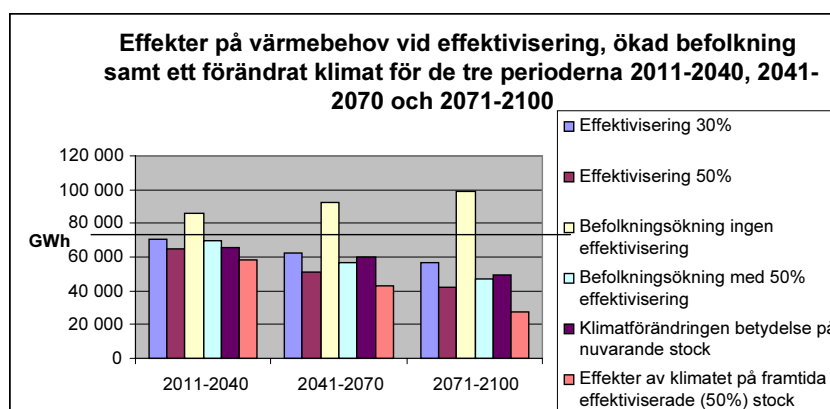
I beräkningarna av klimatets påverkan på energibehovet för uppvärmning har endast hänsyn tagits till förändrat antal graddagar jämfört med referensperioden (1961–1990).

Totalt har följande scenarier beräknats:

- Effektivisering av dagens bestånd i två nivåer. 1) med 30 % minskat energibehov vid ny- och ombyggnad 2) med 50 % minskat energibehov vid ny- och ombyggnad.
- Effekter på energianvändningen med ett ökat bostads- och lokalbestånd som följer SCB:s prognos utan effektivisering.
- Effekter på energianvändningen av en ökad befolkningsstillväxt samt effektivisering av beståndet på nivån 50 % energieffektivisering
- Effekter på energianvändningen genom ett förändrat klimat med nuvarande bostadsstock som utgångspunkt.
- Effekter på energianvändningen av ett förändrat klimat på ett framtida effektiviserat bostadsbestånd där ett ökat bostads- och lokalbestånd antagits följa befolkningsutvecklingen.

Resultaten visas i Figur 2 nedan.

Figur 2 Effekter på värmebehovet för energieffektivisering av befintlig samt framtida bostadsstock med hänsyn tagen till befolkningsökning och klimatförändring. Nuläget motsvaras av linjen som ligger på 78748 GWh.



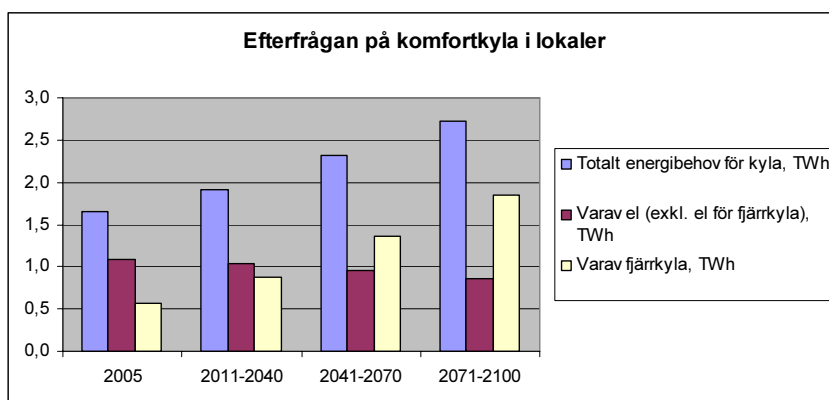
Av figuren framgår att klimatet bedöms ha en motsvarande inverkan på energibehovet för uppvärmning av den nuvarande bostadsstocken som det kraftigaste energieffektiviseringsscenarioet av den framtida bostadsstocken utan klimatförändringar. Klimatets påverkan på energibehovet för uppvärmning får därmed anses vara relativt stor. I scenariot där endast klimatets inverkan på uppvärmningsbehovet tagits i beaktande uppgår det minskade energibehovet för uppvärmning till -16–17 %, -22–24 % samt -30–37 % för de olika tidsperspektiven kort, medellång och lång sikt. Det bör dock påpekas att dessa siffror bygger på det mest extrema klimatscenariot, som legat till grund för analyserna.

Även energibehovets sammansättning i det långsiktiga perspektivet har studerats. Generellt sett kan konstateras att behovet av fjärrvärme minskar särskilt i lokaler och bostäder där andelen fjärrvärme redan idag är stor. Enda potentialen till att behålla samma fjärrvärmeproduktion som idag är antingen att säkerställa att även småhus kan konvertera till fjärrvärme eller att en kraftig utbyggnad av fjärrvärmen kommer till stånd. En annan möjlighet att utnyttja värmeunderlaget är att en större andel av fjärrvärmeproduktionen sker i kraftvärmeanläggningar eller andra kombinat.

Förändrad efterfrågan på energi för komfortkyla

En grov uppskattning av framtida efterfrågan på komfortkyla i lokaler har gjorts och presenteras i Figur 3. Av den totala efterfrågan har en grov bedömning gjorts att 10 % av efterfrågan på komfortkyla på något sätt kan kopplas till klimatet. Det är dock mycket svårt att uppskatta klimatets påverkan eftersom de inre lasterna även framgent bedöms utgöra största orsaken till kylbehovet.

Figur 3 Grov uppskattning av framtida efterfrågan på komfortkyla för lokaler



Ett resonemang har vidare förts kring tänkbar utveckling av komfortkyla för bostäder. Bedömningen är att luft/luftvärmepumpar kommer att dominera. Om ca 2/3 av de småhus som idag värms med direktverkande el inklusive luft/luftvärmepump skulle installera luft/luftvärmepump (ca 1/3 har redan gjort denna investering) och använda dessa för kylning sommartid skulle energianvändningen för denna kylning kunna uppgå till ca 0,2 TWh per år. Bedömning om när i tiden detta skulle kunna inträffa har inte gjorts. Om trenden med stora glasade ytor i bostäder kommer att fortsätta, är det högst troligt att efterfrågan på komfortkyla blir betydligt högre.

Kostnader

En mycket grov ekonomisk uppskattning visar att kostnaderna för energi för uppvärmning och komfortkyla jämfört med idag kan variera från en minskning om 25–30 miljarder till en ökning på 35–40 miljarder kronor per år (dagens valuta, exklusive skatter m.m.), vid de förutsättningar och scenarier som använts i denna studie. Dessa kostnader avser det långa tidsperspektivet (2071–2100).

Åtgärder

Exempel på åtgärder som bör vidtas för att minska konsekvenserna av ett förändrat klimat på energianvändningen och för att tillvarata de positiva effekter som också kan uppstå sammanfattas nedan:

- Det finns en stor energieffektiviseringspotential både för befintliga och nya fastigheter. Det bör prioriteras att skapa incitament för att denna potential ska realiseras
- Trenden med stora fönsterytor bör stoppas för att förhindra en kraftigt ökat efterfrågan på komfortkyla för bostäder och ev. ökat värmebehov på grund av värmeförluster. Åtminstone bör det krävas installation av effektiva solavskärmningar om fönstren placeras mot söder.
- Incitament bör även skapas för att se till att det minskade uppvärmningsbehov som kan uppstå på grund av klimatförändringar realiseras i verkligheten.
- Med realisering av energieffektiviseringspotentialer och därpå ett minskat värmebehov till följd av klimatförändringar, kommer underlaget för fjärrvärme att minska och därmed även underlaget för kraftvärmeproduktion. För att motverka detta krävs kraftfull konvertering till fjärrvärme i småhusbeståndet samt utbyggnad av fjärrvärme i nya områden. Utbyggnad av kraftvärme i de nät som idag endast har hetvatten skulle vara ytterligare en möjlighet att bättre utnyttja det framtida värmeunderlaget. En ytterligare möjlighet är utbyggnad av energikombinat med t.ex. biodrivmedel, el och värme.

Inledning

Syftet med denna studie har varit att analysera hur det framtida värme- och kylbehovet inom bygg- och fastighetssektorn i Sverige kan komma att påverkas av ett förändrat klimat på kort, medellång och lång sikt, samt att visa på hur värme- och kylbehovet kan komma att tillgodoses. Utöver detta har syftet varit att ge en övergripande uppskattning av de eventuella kostnader som det förändrade värme- och kylbehovet kan föra med sig i de olika tidsperspektiven.

Den framtida energianvändningen för värme och komfortkyla är beroende både av klimatrelaterade och icke klimatrelaterade

faktorer och klimatets påverkan i förhållande till en del av de icke klimatrelaterade parametrarna kan ibland vara av mindre betydelse, t.ex. för komfortkyla i lokaler. Det är således av stor betydelse att båda dessa faktorer tas i beaktande vid bedömningar av framtida energianvändning för värme och komfortkyla. I studien har detta gjorts med hjälp av olika scenarier.

Studien bygger på en rad antaganden, varav en del får anses som mycket grova. Dessutom påverkar vissa faktorer starkt varandra. Det gäller t.ex. energipriser och efterfrågan på energi för t.ex. värme och kyla. Vi har nu lagt på scenarier för energipriser i efterhand, vilket alltså ger en överskattning av efterfrågan på energi vid höga energipriser och en underskattning vid låga energipriser. Mot denna bakgrund är det viktigt att samtliga resultat som presenteras i studien ses som exempel på olika tänkbara utvecklingar och inte som någon prognos för framtiden.

Avgränsningar

I studien har vi bl.a. utgått från följande:

- För att bedöma tänkbar utveckling har vi fått göra en mängd olika antaganden och ibland målat upp olika scenarier. Bedömningarna är således förknippade med en rad osäkerheter och det är viktigt att resultaten ses som exempel på tänkbara utvecklingar och inte som sanna prognoser för framtiden.
- Vi har gjort antaganden om hur det framtida fastighetsbeståndet kan komma att se ut, hur efterfrågan på värme och kyla kan komma att utvecklas samt hur värme- och kylbehovet kan komma att tillgodoses, vilket för värme illustrerats i form av några olika scenarier.
- För efterfrågan på komfortkyla har endast en översiktlig analys gjorts.
- Kostnaderna har bedömts genom att titta på olika scenarier för framtida energipriser. Vi vill även betona att de ekonomiska uppskattningarna är behäftade med mycket stora osäkerheter.
- För de klimatrelaterade påverkansfaktorerna har vi utgått från klimatscenarier framtagna vid Rossby Centre, SMHI på uppdrag av Klimat- och sårbarhetsutredningen respektive Elforsk.
- De tidsperspektiv som avses är kort sikt (2011–2040), medellång sikt (2041–2070) samt lång sikt (2071–2100).

- I vissa fall har interpolation gjorts mellan nuläget och en bedömd situation på lång sikt, för att få en uppfattning om utvecklingen i de korta respektive medellånga tidsperspektiven.
- Normal befolkningstillväxt har antagits och därmed har inte några extraordinära händelser vägts in såsom t.ex. klimatflyktingar.
- Icke permanentbebodda fritidshus respektive industrilokaler har endast behandlats översiktligt. Motivet för ej permanentbebodda fritidshus är dels bristande statistik och dels att de står för en mycket liten andel av energianvändningen. För industrilokaler är motiveringen att industrins energianvändning för lokaluppvärmning ingår i den totala energistatistiken för industrin och att det därmed är svårt att särskilja uppvärmningens andel av den totala energianvändningen. En tidigare studie visar även på mycket begränsat energibehöv för uppvärmning i jämförelse med andra lokaler och det är dessutom mycket svårt att bedöma industrins framtida utveckling.
- Olika indelningar i klimatzoner förekommer i energi- och fastighetsstatistiken samt i det underlag över HDD och CDD som levererats av Rossby Centre, SMHI (2007), se kartor i bilaga 1. Vi har valt att dela in Sverige i zoner enligt NUTS¹. För att kunna göra analyserna i denna studie har översättning mellan klimatzonerna varit nödvändig. Vid översättningen mellan klimatzonerna har hänsyn tagits till områdenas olika storlek.
- Flera analyser baseras endast på klimatdata framtagna med utsläppsscenario A2. En känslighetsanalys mellan A2 och B2 visar att energianvändningen i det korta perspektivet blir försumbart högre med B2-scenariet, medan den i det långa tidsperspektivet blir ca 12 % högre.

Metod

Den metodik som använts för analyserna är:

- Egna bedömningar och intern expertis inom IVL
- Klimatscenarier framtagna vid Rossby Centre, SMHI
- Litteraturstudier och analys av statistik
- Kontakter med andra externa experter

¹ NUTS = Nomenclature des Unités Territoriales Statistique.

- Antaganden, grova uppskattningar samt presentation i olika scenarier

Definitioner och samband

Graddagar

Graddagar används på lite olika sätt i litteraturen. Ofta anges definitionen som att det är skillnaden mellan innetemperaturen 17°C och aktuell utomhustemperatur om denna understiger 11°C. I vissa bedömningar tas hänsyn till årstiden och därmed påverkansfaktorer såsom solinstrålning. De definitioner som använts vid framtagandet av klimatscenarierna vid Rossby Centre, SMHI är följande:

- HDD17: Antal dagar som dygnsmedeltemperaturen (utomhus) understiger 17°C multiplicerat med antalet grader som understigandet uppgår till.
- CDD20: Antal dagar som dygnsmedeltemperaturen (utomhus) överstiger 20°C multiplicerat med antalet grader som överstigandet uppgår till.

Samband graddagar – energianvändning

För att undersöka sambandet mellan graddagar och energibehov för uppvärmning har tre olika analyser gjorts:

1. Jämförelse effektbehov för Stockholms fjärrvärmenät med uppmätta temperaturdata
Vid analys av effektbehovet för Stockholms fjärrvärmenät mot uppmätta temperaturdata fås ett mycket tydligt linjärt samband mellan graddagar och fjärrvärmeeffekt. Skärningspunkten med y-axeln får antas motsvara det ungefär konstanta behov av fjärrvärme för tappvarmvatten som föreligger året runt. Om kurvan parallellförflyttas till origo kan antas att samband erhålls mellan graddagar och just uppvärmningsbehovet.
2. Jämförelse av ett fiktivt fjärrvärmenät med HDD-data från Rossby Centre, SMHI (2007)
Jämförelsen visar på samband, men inte lika tydligt som föregående jämförelse. Bedömningen är fortfarande att förenkling

kan göras om att det råder ett linjärt förhållande mellan uppvärmningsbehov och graddagar.

3. Jämförelse av elanvändning i bostäder med HDD-data från Rossby Centre, SMHI (2007)
Statistik över elanvändningen i bostäder (STEM, 2002b) har jämförts mot HDD-data som tagits fram av Rossby Centre, SMHI (2007). Statistiken omfattar alltså även el för varmvatten och hushållsel.

En undersökning av andra bedömningar har också gjorts, bl.a.:

- Axelsson, 2007 anger att det inte finns exakt linjärt samband, men anger att det ger uppfattning. Vid uppskattning antar han ändå linjärt samband.
- Boverket/WSP, 2007; Har gjort grov uppskattning att en minskning av HDD om 10 % innebär en minskning av värmebehovet med 6 %. Står inget om hur de gjort denna bedömning eller vad de baserar den på.

Systembeskrivning

Fastighetsbestånd

Fritidshus

Det finns 690 000 fritidshus som ej är permanentbebodda i Sverige (SCB 2001). Den totala elanvändningen uppgick till 2,6 TWh utan normalårskorrigerig, vedförbrukningen uppgick till 0,6 TWh. De flesta husen ligger inom temperaturzon 3 (40-%). Den vanligaste husstorleken är 56–99 kvm och hälften av husen är vinterbonade. Den vanligaste uppvärmningsformen är direktverkande el därefter följer öppen spis, vedspis samt flyttbara elektriska element och kaminer. Inga fritidshus har kyla installerad. Andelen hus med isolering är 53 % och 23 % är delvis vinterbonade, för övriga är teknikläget okänt. De nya byggreglerna (BBR 2006) ställer krav på att bostäder med direktverkande el ska den specifika energianvändningen endast vara 75 kWh per kvm golvarea (A_{temp}) och år i klimatzon söder och för klimatzon norr 95 kWh per kvm golvarea (A_{temp}).

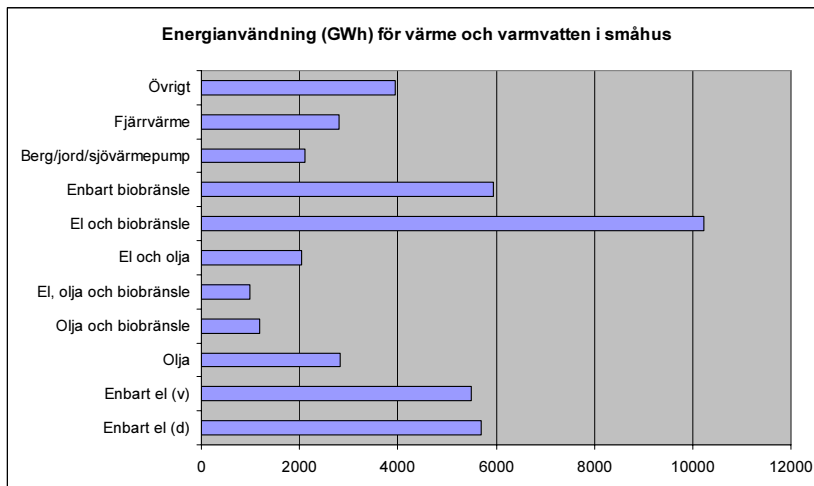
Jämfört med den tidigare småhusundersökningen (SCB 1976) visar det sig att andelen hus i klimatzon 3 och 4 har minskat. Detta tyder på att fritidshusbyggnationen främst har ökat i fjälltrakterna och därmed har andelen vinterbonade hus ökat. Husen har också ökat i storlek där flertalet idag har en storlek på 56 kvm eller större samt att hela 92 % har el installerat.

Den totala energianvändningen är relativt liten för ej permanentbebodda fritidshus jämfört med småhus, 3,2 GWh jämfört med ca 42 GWh för bara uppvärmningen av småhus, vilket gör att effekterna av ett förändrat klimat antas bli begränsat för ej permanenta fritidshus. Ej permanenta fritidshus ingår därför inte i vidare analyser i denna studie.

Småhus inklusive permanentbebodda fritidshus

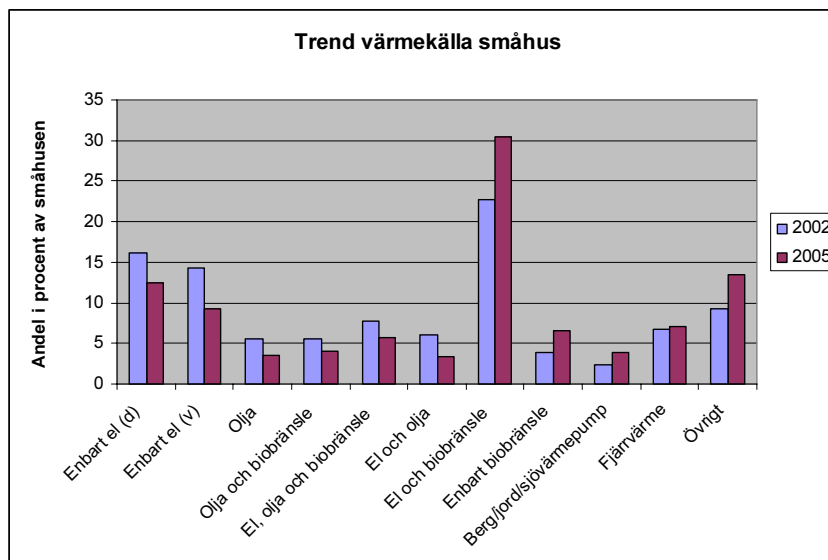
Småhus inklusive permanentbebodda fritidshus är den enskilt största kategorin vad gäller andel uppvärmd yta och ligger på totalt 260 miljoner kvm (SCB 2006). I Figur 4 nedan ges de olika energislagen som används för varmvattenberedning samt värme totalt för 2005. För de fortsatta beräkningarna har siffrorna justerats dels med avseende på varmvatten (ca 20 % av totalen enligt Ruud 2003) och dels med avseende för normalår (en faktor 92,2 för 2005 enligt SCB). Vanligaste uppvärmningsformen är fortfarande el med en andel på 40 %. El används både som enda uppvärmningskälla men också i kombination med biobränslen. Andelen värmepumpar har ökat de senare åren. Det gäller alla typer av värmepumpar såsom berg/jord/sjövärmepumpar samt luftvärmepumpar som numera klassas som direktverkande el i energistatistiken. Oljeanvändningen fortsätter att minska.

Värdena ligger till grund för att beräkna vilka effekter ett ändrat klimat har på uppvärmningsbehovet i småhus. Beräkningarna görs specifikt per NUTS (Nomenclature des Unités Territoriales Statistique), se tabell nedan. Som Tabell 2 visar så är andelen hus ganska väl spridda över landet vilket gör att småhus även har en betydande inverkan i de mer nordliga delarna av Sverige. Trenden de senaste åren visar att el i kombination med biobränsle, enbart biobränsle, fjärrvärme samt övrigt ökar, se Figur 5 nedan. Kategorin övrigt består främst av olika kombinationer av el samt olika värmepumpar.

Figur 4 Mix av olika energislag som används för uppvärmning av småhus**Tabell 2** Indelningen av energistatistiken i de olika regionerna samt geografisk spridning av småhusen i landet

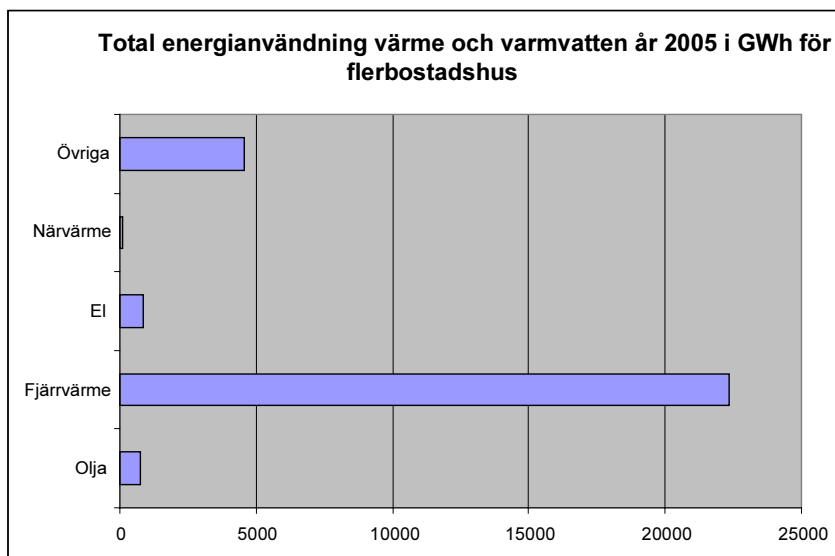
NUTS-kod	Region	Andel av småhusen i %
SE01	Stockholm	13%
SE02	Östra Mellansverige	17%
SE09	Småland med öarna	11%
SE04	Sydsverige	15%
SE0A	Västsverige	21%
SE06	Norra mellansverige	11%
SE07	Mellersta Norrland	5%
SE08	Övre Norrland	7%

Figur 5 Typ av uppvärmning för småhus för de två åren 2002 och 2005. Trenden visar att enbart elanvändningen minskar men el i kombination med biobränsle ökar



Flerbostadshus

Uppvärmd flerbostadsyta i Sverige idag är 165 miljoner kvm. I diagrammet nedan ges de olika energislagen som används för värme och varmvattenberedning. På liknande sätt har värdena sedan korrigerats med avseende på varmvatten och normalår som för småhus. Dominerade uppvärmningsform för flerbostadshus är fjärrvärme med 77 % av den totala uppvärmda arean. Olja används bara i mycket liten utsträckning. Trenden visar att fjärrvärme fortsätter att öka medan olja fasas ut helt. Liksom tidigare för småhus ökar kategorin övrigt som innebär olika typer av värmepumpar i kombination med tex. fjärrvärme. Geografiskt finns flerbostadshusen koncentrerade till storstadsregionerna, se tabellen nedan.



Tabell 3 Geografisk spridning av flerbostadshusen i Sverige

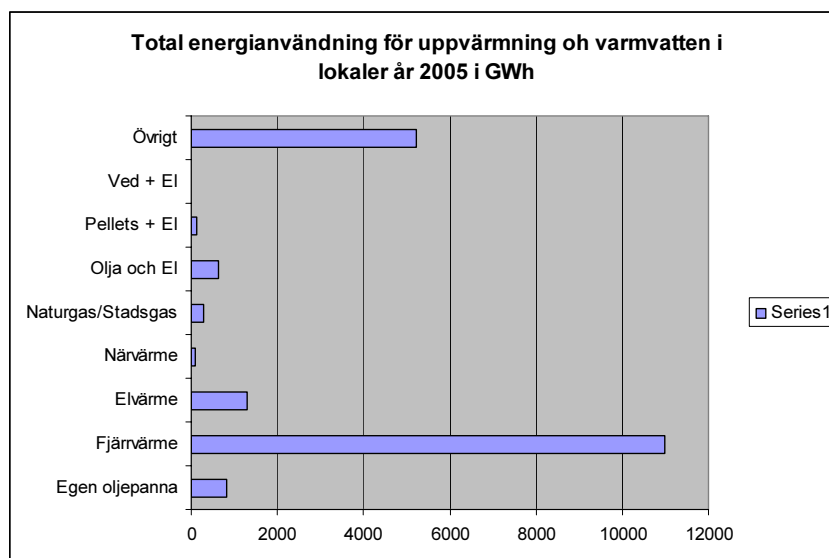
NUTS-kod	Region	Miljoner m ²
SE01	Stockholm	50,3
SE02	Östra Mellansverige	32,1
SE09	Småland med öarna	11,8
SE04	Sydsverige	23,5
SE0A	Västsverige	32,1
SE06	Norra mellansverige	13,1
SE07	Mellersta Norrland	6,4
SE08	Övre Norrland	8,5

Lokaler

Den totala lokalarean i Sverige är 144 miljoner kvm för år 2005 (SCB 2006). Uppvärmningsformen idag är främst fjärrvärme samt övrigt, se diagram nedan. Övrigt innebär tex. värmepumpar av olika slag i kombination med tex. fjärrvärme, se diagrammet nedan. Energisiffrorna ligger till grund för att uppskatta det framtida värmebehovet i lokaler vid ett ändrat klimat. Energianvändningen har fördelats i de olika regionerna enligt NUTS samt korrigerats med avseende på varmvattenberedning samt normalårskorrigerings,

samma värden har använts som för bostäder. Lokalerna fördelas geografiskt mellan de olika länen i landet med 24 % i Stockholms län, 16 % i Västra Götaland och 11 i Skåne samt resterande 49 % utspritt i övriga län. Lokaler som innefattas är främst vård, skolor och kontor. Trenden för den framtida energimixen kommer att vara ganska lik dagens mix med fjärrvärme som dominant energislag. Kylbehovet har också redovisats av SCB i statistiken men det är än så länge mycket begränsad information om kyla i lokaler därför har uppgifter huvudsakligen baserats på STIL-utredningen (Energimyndigheten 2006a). För elanvändning för komfortkyla i de lokaler som ingick i STIL-utredningen, se tabell nedan. Som framgår av tabellen uppgick kylbehovet till 10,6 kWh/m²·år i snitt för samtliga lokaler. Elanvändningen för komfortkyla i de lokaler som hade elbaserad komfortkyla uppgick till 15 kWh/m²·år. Denna siffra används senare i rapporten som ett mycket grovt mått på energibehovet för elbaserad komfortkyla i lokaler, se vidare i avsnittet om komfortkyla.

Figur 6 Energimix för uppvärmning av lokaler.



Figur 7 Specifik elanvändning i lokaler per användningsområde, medelvärden samt fördelning. Källa STIL-utredningen (Energimyndigheten 2006a)

Fördelning av elanvändning	[kWh/m ²]	Andel
Belysning	23,0	21,2 %
Datahall/server ³	10,7	9,9 %
PC-enheter	15,4	14,2 %
Övriga apparater	8,0	7,4 %
<i>Skrivare</i>	1,1	1,1 %
<i>Kopieringsmaskiner</i>	1,6	1,5 %
<i>Tryckluft</i>	0,4	0,4 %
<i>Kök/Pentry</i>	2,4	2,2 %
<i>Storkök</i>	0,7	0,6 %
<i>Tvättutrusning</i>	0,2	0,2 %
<i>Motorvärmare</i>	1,5	1,4 %
Summa Verksamhetsel	57,0	52,7 %
Fläktar	17,9	16,5 %
Elvärme och värmepumpar ⁴	6,5	6,0 %
Övrig fastighetsel	9,5	8,8 %
<i>Pumpar</i>	5,5	5,1 %
<i>El-kondensorkylare</i>	0,8	0,7 %
<i>Hiss</i>	0,7	0,6 %
<i>Cirkulationsfläktar</i>	2,6	2,4 %
Kylmaskiner ⁵	10,6	9,8 %
Summa Fastighets el	44,5	41,1 %
Diverse	6,8	6,2 %
Summa	108,2	100,0 %

Industri

Ungefär 150 000 industrifastigheter finns idag varav drygt 100 000 inte är bebyggda. De senare är gatumark och tomtmark. Total uppvärmd yta för industrilokaler är 88 miljoner m². Tyvärr följs inte statistiken upp för industrilokaler på liknande sätt som för andra lokaltyper eftersom lokaluppvärmning ingår i den totala energistatistiken för industrin. Tidigare undersökningar från 1995 visar på en total energianvändning för lokaler på 12,1 GWh för värme och varmvatten. För industrin är det framförallt verksamhetens energianvändning som är i fokus därför väljer vi att inte ta med konsekvenserna för industrilokaler av ett ändrat klimat.

Konsekvensanalys

Teknisk utveckling

Regelverket för energieffektivitet i nybyggnation har nu för första gången sedan 1980-talet skärpts (BBR 2006). Den specifika energi-användningen får enligt byggreglerna vara, för södra Sverige 110 kWh/m²·år, och för norra Sverige 130 kWh/m²·år. Det finns också ett särskilt krav för hus med direktverkande elvärme som huvudsaklig uppvärmningskälla där värdena för söder ligger på 75 kWh/m²·år samt för norr på 95 kWh/m²·år. I framtiden kan flera olika grader av energieffektivisering av bostadsstocken antas. Det finns exempel på småhus och flerbostadshus med mycket låga energibehov, s.k. "passivhus". Forum för energieffektiv bebyggelse har tagit fram förslag till standarder för energikrav för passivhus på nivån 50 kWh/m²·år för värme och varmvatten (FEBY 2007). För ett av de framtida scenarierna antas att bebyggelsen når en mer moderat energieffektivisering som motsvarar byggreglernas ambition samt en mer pro-aktiv energieffektiviseringspotential som motsvarar passivhusteknikens värmebehov.

När det gäller flerbostadshus kommer de senare årets regel-skärpning att innebära en del förändringar. Tidigare har det varit mer regel än undantag att inte installera system för värmeåtervinning av frånluften när bostäderna ansluts till fjärrvärme. De nya byggreglerna kommer förmodligen att innebära att nybyggda hus utan återvinning kommer att tillhöra undantagen. För energitill-förseln innebär detta att andelen el kan öka även om elen i absoluta tal håller sig relativt konstant.

Även klimatskärmen kan komma att förbättras avsevärt, även för befintliga bostäder som renoveras, med ett minskat värmebehov som följd. När det gäller den befintliga bebyggelsen står miljon-programmen från 60–70 talet för hela 37 % av den totala byggnadsstocken. Ett flertal ombyggnadsprojekt senare år tex. Gårdsten och Brogården visar på stor potential till effektivisering av befintliga byggnader. För Gårdsten har fjärrvärmeanvändningen minskat från 270 till 145 kWh/m²·år (Gårdstensbostäder 2007) och för Brogården där ombyggnad nu pågår räknar man med en besparing från 115 kWh/m²·år ner till 27 kWh/m²·år för uppvärmning (Alingsåshem 2007). Dessa fall utgör bästa möjliga teknik för framtida renovering. För de riktigt gamla byggnaderna kan dessa stora besparingspotentialer bli svåra att uppnå eftersom kulturhistoriska

hänsyn måste tas i större utsträckning, äldre bebyggelse utgörs av ca 39 % (byggår -1960), resterande 24 % utgör bebyggelse från 1980 och framåt. I tabellen nedan ses de antaganden som har gjorts för den framtida bebyggelsen vad gäller energieffektivisering.

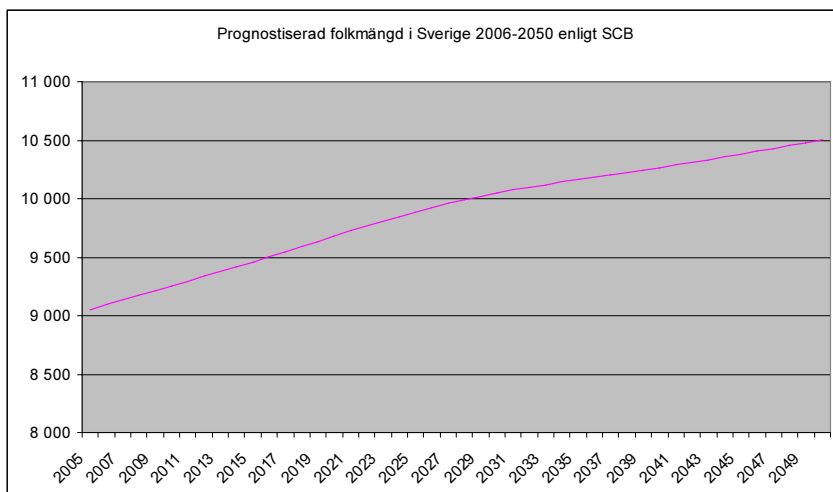
Tabell 4 Tabellen visar vilka antaganden som har gjorts för energieffektivisering av dagens bostads och lokalbestånd för de olika scenarier som sedan har beräknats. Värdena ska ses som mycket grova antaganden och innebär att omställningen måste gå snabbare än med den skärpning som görs i regelverket.

	Värmebehov jämfört med dagens nivå (1,0)	
	30 %	50 %
Småhus		
2011–2040	0,91	0,85
2041–2070	0,82	0,7
2071–2100	0,73	0,55
Antaget att 1 % per år av bostadsbeståndet kan effektiviseras till 50 % av dagens energianvändning		
<i>Underlag för antagandet:</i>		
0,5 % av beståndet byggs nytt per år	SCB 2006	
1,0 % av beståndet byggs om	Antaget värde	
Energibehov passivhus (50 % förbättring är egentligen större)	FEBY 2007	
Energibehov dagens krav BBR (30 % förbättring)	BBR 2006	
	Värmebehov jämfört med dagens nivå (1,0)	
	30 %	50 %
Flerbostadshus		
2011–2040	0,865	0,775
2041–2070	0,73	0,55
2071–2100	0,7	0,5
Antaget 1,5 % av beståndet energieffektiviseras med en halverad energianvändning som följd		
<i>Underlag för antagandet:</i>		
Ombyggnad 1,24	SBC 2006	
Nybyggnad 0,6784	SBC 2006	
Ombyggnad Gärdsten energibehovet 53 % av utgångsläget	Gårdstensbostäder 2006	
Energibehov passivhus 50 %	FEBY 2007	
Ombyggnad Alingsås 23 % energibehov av utgångsläget	Alingsåshem 2007	
Energibehov dagens krav BBR (30 % förbättring)	BBR 2006	
	Värmebehov jämfört med dagens nivå (1,0)	
	30 %	50 %
Energieffektivisering lokaler		
2011–2040	0,91	0,85
2041–2070	0,82	0,7
2071–2100	0,73	0,55
Antar 1 % av beståndet energieffektiviseras per år med en potential på 30 % för de ombyggda lokalerna		

Framtida bostadsbestånd

SCB (SCB 2006) har gjort en framtida prognos för befolkningsökningen fram till 2050, se figur 1 nedan. SCB:s siffror sträcker sig fram till 2050 därefter har en extrapolering gjorts för den sista tidsperioden som denna studie ska studera, befolkningsutvecklingen antas vara linjär med den senare delen av kurvans lutning. I ett förenklat antagande om att det framtida antalet småhus och flerbostadshus antas följa befolkningsutvecklingen antas att bostadsyta per person är konstant i Sverige framöver, det kan anses konservativt med tanke på att ytan per capita hela tiden har ökat sedan början av 1900-talet fram till nu. Enligt statistik från SCB (SCB 2006) så ökar andelen bostäder (flerbostadshus och villor) i alla de regioner som vi har valt att dela in Sverige i, se diagram nedan, därför antas en jämnt fördelad bostadsökning för alla regioner.

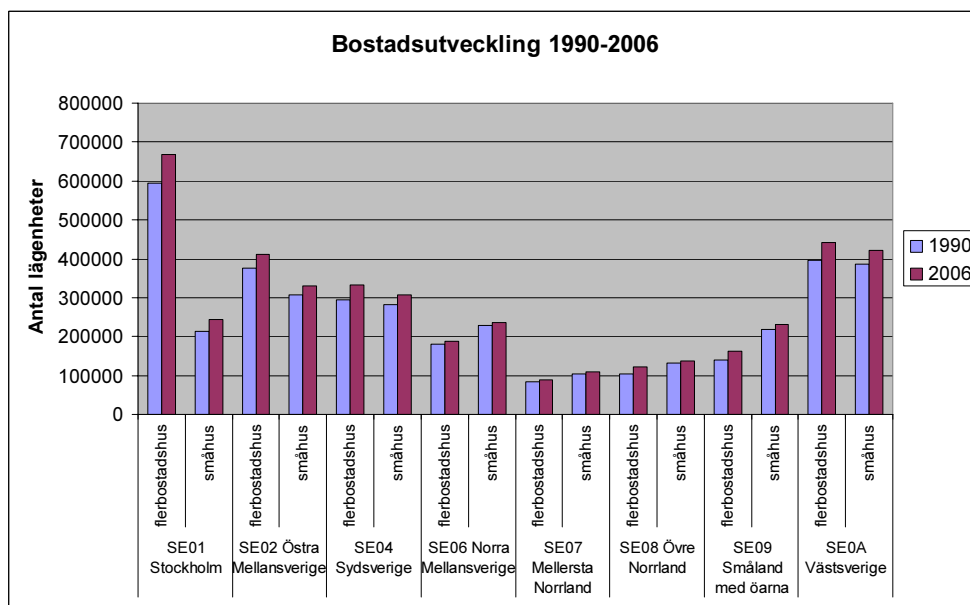
Figur 8 Prognostiserad befolkningsmängd i Sverige från 2006–2050 enligt SCB (SCB 2006) Sveriges framtida befolkning 2006–2050 Demografiska rapporter 2006:2



Tabell 5 Antagen befolkningsökning från basåret 2005

År	Befolkning tusental	Ökning %
2005	9 048	
2025	9 888	109 %
2055	10626	117 %
2085	11374	126 %

Figur 9 Bostadsutvecklingen i Sverige de senaste 15 åren enligt statistik från SCB (SCB 2007)



Klimatets möjliga påverkan på värme- och kylbehov

Klimatet påverkar behovet av uppvärmning och kylning bl.a. genom förändring av temperatur (graddagar), solinstrålning, molnighet och vind. Nedan anges kortfattat trenderna under detta sekel för dessa klimatparametrar enligt klimatscenarier från Rossby Centre, SMHI (2007). För vissa parametrar görs en mer detaljerad beskrivning i de efterföljande styckena. Generella trender för klimatparametrar som påverkar energibehovet för värme och kyla kan sammanfattas enligt följande:

- Temperatur – ökad temperatur alla årstider
 - HDD – minskat antal värmegraddagar alla årstider
 - CDD – ökat antal kylgraddagar (dock liten förändring)
- Solinstrålning, soltimmar
 - sommartid: minskning i norr, ökning i söder
 - vintertid: ökning i norr, minskning i söder
- Molnighet – i princip oförändrad
- Vind – svårbedömt

Temperatur, graddagar

Temperaturen ökar generellt i hela landet enligt klimatscenerierna (Rossby Centre, SMHI, 2007). Med ökad temperatur följer även minskat antal värmegraddagar och ökat antal kylgraddagar enligt den definition som SMHI använt i sina klimatscenerier². Vid beräkning av HDD för de olika NUTS-zonerna har omräkning gjorts, enligt beskrivning i metodavsnittet. Originaldata över HDD har hämtats från (Persson et al, 2007) och redovisas i Bilaga 2. De oräknade siffrorna för HDD presenteras i Tabell 6. Resonemanget kring framtida energibehov för kyla har inte direkt baserats på CDD och därmed redovisas inte omräkningen av dessa värden i Bilaga 2 eller Tabell 6.

² Med HDD avses antal dagar som utomhustemperaturen understiger 17°C multiplicerat med antal grader som understigandet uppgår till. Med CDD avses antal dagar som utomhustemperaturen överstiger 20°C multiplicerat med antal grader som överstigandet uppgår till.

Tabell 6 Data i Bilaga 2 har översatts till NUTS-zoner. Vid omräkningen har hänsyn tagits till klimatzonernas olika storlek.

NUTS-zon	Tids-perspektiv	HDD median, A2	Förändring, % jfrt 1961–1990, A2	HDD median, B2	Förändring, % jfrt 1961–1990, B2
SE01	1961–1990	4 115		4 115	
	2011–2040	3 405	-17 %	3 433	-17 %
	2041–2070	3 097	-25 %	3 187	-23 %
	2071–2100	2 627	-36 %	2 933	-29 %
SE02	1961–1990	4 115		4 115	
	2011–2040	3 423	-17 %	3 454	-16 %
	2041–2070	3 117	-24 %	3 209	-22 %
	2071–2100	2 650	-36 %	2 954	-28 %
SE04	1961–1990	3 620		3 620	
	2011–2040	2 922	-19 %	2 985	-18 %
	2041–2070	2 645	-27 %	2 723	-25 %
	2071–2100	2 204	-39 %	2 494	-31 %
SE0A	1961–1990	3 817		3 817	
	2011–2040	3 135	-18 %	3 199	-16 %
	2041–2070	2 850	-25 %	2 941	-23 %
	2071–2100	2 399	-37 %	2 696	-29 %
SE06	1961–1990	4 663		4 663	
	2011–2040	3 976	-15 %	3 992	-14 %
	2041–2070	3 655	-22 %	3 741	-20 %
	2071–2100	3 135	-33 %	3 473	-26 %
SE07	1961–1990	5 320		5 320	
	2011–2040	4 681	-12 %	4 671	-12 %
	2041–2070	4 345	-18 %	4 403	-17 %
	2071–2100	3 791	-29 %	4 151	-22 %
SE08	1961–1990	5 760		5 760	
	2011–2040	5 090	-12 %	5 059	-12 %
	2041–2070	4 730	-18 %	4 777	-17 %
	2071–2100	4 164	-28 %	4 505	-22 %
SE09	1961–1990	3 809		3 809	
	2011–2040	3 057	-20 %	3 105	-18 %
	2041–2070	2 766	-27 %	2 843	-25 %
	2071–2100	2 290	-40 %	2 592	-32 %

Solinstrålning

Kartor över framtida antal soltimmar har levererats av Rossby Centre, SMHI (2007). Kartorna antyder för norra Sverige en minskning av antalet soltimmar sommartid, men ökning vintertid och för södra Sverige ökning sommartid och minskning vintertid, se Tabell 7. Det innebär för norra Sverige att behovet av kylning sommartid kan vara något lägre än uppskattat från andra parametrar medan det kan vara ännu högre i södra Sverige. När det gäller behov av uppvärmning vintertid kan solinstrålningen ytterligare förstärka det minskade uppvärmningsbehovet i norra Sverige, men möjligen motverka i södra Sverige.

Tabell 7 Förändrad solinstrålning jämfört med referensperioden

	2011–2040	2041–2070	2071–2100
Vinter			
Södra Sverige	Minskning	Minskning	Minskning
Mellersta Sverige	Liten minskning	Liten minskning	Liten minskning
Norra Sverige	Liten ökning	Liten ökning	Liten ökning
Vår			
Södra Sverige	Minskning	Liten minskning	Liten minskning
Mellersta Sverige	Oförändrat	Liten minskning	Minskning
Norra Sverige	Minskning	Minskning	Minskning
Sommar			
Södra Sverige	Liten ökning	Liten ökning	Ökning
Mellersta Sverige	Oförändrat/liten minskning	Oförändrat/liten minskning	Oförändrat/liten minskning
Norra Sverige	Minskning	Minskning	Minskning
Höst			
Södra Sverige	Minskning	Minskning	Minskning
Mellersta Sverige	Minskning	Minskning	Minskning
Norra Sverige	Minskning	Minskning	Minskning

Övriga klimatfaktorer

När det gäller övriga klimatfaktorer som kan påverka behovet av värme och kyla kan konstateras att kartor över framtida molnighet inte visar på stora förändringar jämfört med idag och att framtida vindar är svårbedömt, men att flera globala klimatmodeller visar på

ökning för Östersjöregionen än minskning. Kraftigare vindar ökar värmebehovet vintertid, men minskar kylbehovet sommartid. De båda faktorerna bedöms dock som osäkra eller inte ge så stort utslag att de bör påverka behovet av värme och kyla i nämnvärd utsträckning.

Värmebehov i tre framtidsperspektiv

Framtida uppvärmningsbehov i befintligt fastighetsbestånd

För att uppskatta hur ett förändrat klimat kan påverka värmebehovet i det befintliga fastighetsbeståndet har en jämförelse gjorts endast med hänsyn tagen till uppvärmningsbehovet i befintligt fastighetsbestånd samt förändrat antal graddagar. Resultaten visas i Tabell 8. Det kan konstateras att behovet av energi för uppvärmning kan komma att minska kraftigt särskilt på lång sikt.

Tabell 8 Uppskattat uppvärmningsbehov i befintligt fastighetsbestånd vid ett förändrat klimat. Samtliga siffror över energianvändning har normalårskorrigerats (dagens normalår) samt inkluderar endast energi för uppvärmning (hushållsel och tappvarmvatten har exkluderats). På grund av avrundning kan delsummorna avvika något från summorna av angivna värden. Värdena anges i spann, vilket motsvarar resultaten när beräkningarna gjorts utifrån A2-respektive B2-scenariet (Rossby Centre, SMHI, 2007).

Energibehov för uppvärmning per fastighetstyp, TWh					
	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler	TOTALT	Minskning, %
Nulägesbehov	38	25	16	79	
2011–2040	31	21	14	66	-16–17 %
2041–2070	28–29	19	12–13	60–61	-22–24 %
2071–2100	24–26	16–17	10–12	49–55	-30–37 %

Det förekommer också lokala skillnader, vilket visas i Tabell 9³. Det kan konstateras att förändringarna är större i södra Sverige än i norra. Eftersom befolkningen är betydligt tätare i södra Sverige och därmed det största energibehovet för uppvärmning finns i de södra

³ I Tabell 9 redovisas endast resultat för A2-scenariot. Skillnaderna jämfört med B2-scenariot är mycket små särskilt i det kortare tidsperspektivet. I det långa tidsperspektivet är energibehovet i storleksordningen 12 % högre för B2-scenariot jämfört med A2.

delarna (dock ej per capita), blir också det minskade energibehovet för uppvärmning tydligt lägre för landet som helhet.

Tabell 9 Uppskattat uppvärmningsbehov i befintligt fastighetsbestånd i olika delar av landet vid ett förändrat klimat. Samtliga siffror över energianvändning har normalårskorrigerats (dagens normalår) samt inkluderar endast energi för uppvärmning (hushållsel och tappvarmvatten har exkluderats). Förklaring av zonernas förkortningar framgår av bilaga 1. På grund av avrundning kan delsummorna avvika något från summorna av angivna värden. I tabellen redovisas endast siffror för A2-scenariot. I det korta perspektivet är skillnaderna mellan A2 och B2 mycket små. I långa perspektivet är energianvändningen ca 12% högre för B2 än A2.

Energibehov för uppvärmning i olika delar av landet, TWH									
	Sthlm	Ö Mellansv	Småland + öarna	Sydsv	Västsv	N Mellansv	M Norrländ	Övre Norrländ	TOTALT
	SE01	SE02	SE09	SE04	SE0A	SE06	SE07	SE08	
Nulägesbehov	16	14	7	11	14	8	4	6	79
2011–2040	13	11	6	9	12	7	3	5	65
% jfrt nuläge	-17%	-17%	-20%	-19%	-18%	-15%	-11%	-12%	-17%
2041–2070	12	10	5	8	11	6	3	5	60
% jfrt nuläge	-25%	-24%	-27%	-27%	-25%	-22%	-18%	-18%	-24%
2071–2100	10	9	4	5	9	5	3	4	49
% jfrt nuläge	-36%	-36%	-40%	-51%	-37%	-33%	-29%	-28%	-37%

Framtida uppvärmningsbehov med hänsyn tagen till teknikutveckling i fastighetsbeståndet

I detta framtidsscenario har hänsyn tagits till energieffektivisering av bebyggelsen, ökad befolkningstillväxt samt inverkan av klimatförändringarna för de olika fallen. Potentialen för energieffektivisering har tidigare angetts i avsnittet teknisk utveckling. Energieffektiviseringen som har antagits innebär en pro-aktiv hållning där varje tillfälle till effektivisering tas, dvs. både vid nybyggnad samt vid ombyggnad. Särskilt viktigt för antagandet är att ombyggnaden av de s.k. miljonprogrammet utnyttjas för energieffektivisering. Följande scenarier har beräknats:

- Effektivisering av dagens bestånd i två nivåer. 1) med 30 % minskat energibehov vid ny- och ombyggnad 2) med 50 % minskat energibehov vid ny- och ombyggnad.

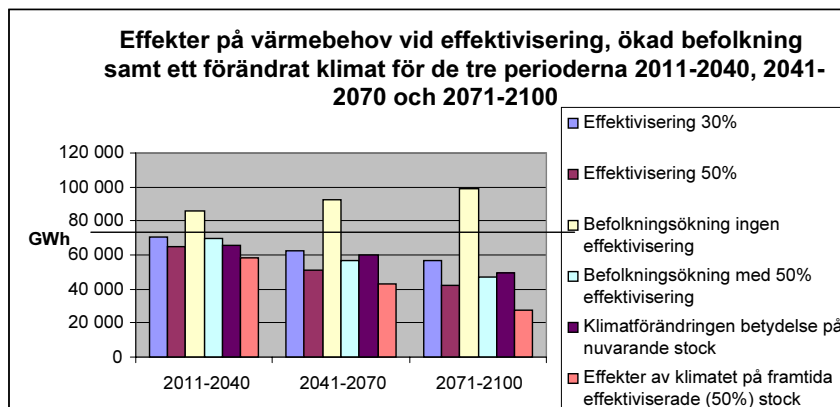
- Effekter på energianvändningen med ett ökat bostads- och lokalbestånd som följer SCB:s prognos utan effektivisering.
- Effekter på energianvändningen av en ökad befolkningsstillväxt samt effektivisering av beståndet på nivån 50 % energieffektivisering
- Effekter på energianvändningen genom ett förändrat klimatet med nuvarande bostadsstock som utgångspunkt.
- Effekter på energianvändningen av ett förändrat klimatet på ett framtida effektiviserat bostadsbestånd där ett ökat bostads- och lokalbestånd antagits följa befolkningsutvecklingen.

Resultatet visar att både en effektivisering och ett förändrat klimat ger en minskning av energibehovet med upp till 2/3, se Tabell 10 nedan. I Figur 10 nedan ses de olika scenariernas inverkan än mer tydligt. Det kan också konstateras att med en befolkningsutveckling utan effektivisering skulle innebära en betydande ökning av bygg- och fastighetssektorns energianvändning.

Tabell 10 Resultaten av de olika scenarierna för den framtida bostads- och lokalbeståndets utveckling avseende energieffektivisering, befolkningsutveckling och ett förändrat klimat

Total förändring	Effektivisering 30 %	Effektivisering 50 %	Befolkningsökning ingen effektivisering	Befolkningsökning med 50 % effektivisering	Klimatförändringens betydelse på nuvarande stock
Nuläge	78 748	78 748	78 748	78 748	78 748
2011–2040	70 545	65 076	86 059	69 820	65 472
2041–2070	62 342	51 405	92 482	56 634	59 681
2071–2100	56 742	42 072	98 992	46 897	49 372

Figur 10 Effekter på värmebehovet för energieffektivisering av befintlig samt framtida bostadsstock med hänsyn tagen till befolkningsökning och klimatförändring. Nuläget motsvaras av linjen som ligger på 78748 GWh.



Energimixar

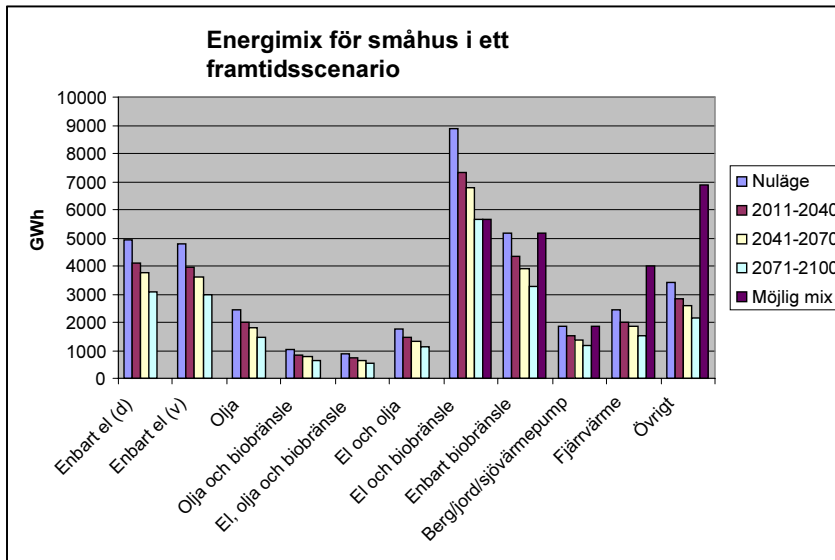
Utgångsläget för de antaganden som har gjorts rörande framtida energimixar är mycket grova. Följande resonemang ligger till grund för antagandena:

- Klimatförändringarna innebär ett klart minskat behov av energi för uppvärmning sett till nuvarande bostadsstock.
- Energieffektivisering i beståndet innebär också ett klart minskat energibehov för uppvärmning.
- Klimatförändringar samt energieffektiviseringarna sammantaget medför att underlaget för framförallt fjärrvärme minskar även om man ersätter all resterande olja samt direktverkande el med fjärrvärme.
- För att även i framtiden ha en stor andel fjärrvärme måste incitament och möjligheter skapas även för småhussidan att konvertera till fjärrvärme. Det kan dock vara svårt på grund av infrastrukturen för fjärrvärme samt att småhusen är spridda över hela landet.
- Om energieffektivisering inte kommer till stånd innebär det en kraftig ökning av bygg- och fastighetssektorns energianvändning för uppvärmning trots ett varmare klimat.

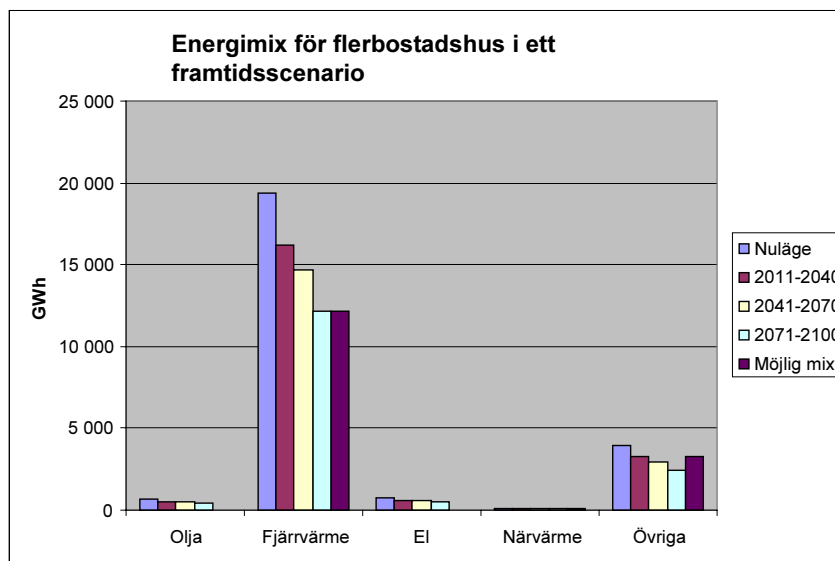
- Energieffektiviseringen kommer till viss del att innebära en liten ökad andel el för olika typer av värmepumpar, luftbehandlingsaggregat mm (Gårdsten, Alingsåhem, Norra Älvstanden).
- På kort sikt kan man anta att el för direkt uppvärmning i småhus kommer att minska med fördel för värmepumpar som också innebär en elanvändning men dock på en lägre nivå. Det innebär att elanvändningen minskar totalt sett (SCB 2006).
- Småhus kommer med stor sannolikhet att i framtiden ha ett luftbehandlingssystem installerat som innebär mekanisk frånluft. Skälen för detta är ökade krav på luftkvalitet för de boende för en förbättring av inomhusmiljön (Linda Hägerhed Engman 2006). Detta medger att återvinning av frånluften kan ske vilket skapar en stor energibesparingspotential.

I Figur 11, 12 och 13 kan de olika mixarna studeras för småhus, flerbostadshus och lokaler. För småhus har det antagits att fjärrvärmepotentialen kan ökas medan el och olja minskas. Mixen visar sammansättningen för den sista tidsperioden 2071–2100. Generellt sett kan konstateras att fjärrvärmeunderlaget minskar eftersom det framförallt är i lokaler och bostäder som fjärrvärmeunderlaget finns och där är andelen redan idag stor. Enda potentialen till att behålla samma fjärrvärmeproduktion som idag är antingen att säkerställa att även småhus konverterar till fjärrvärme eller att en kraftig utbyggnad av fjärrvärmen kommer till stånd. En annan möjlighet att utnyttja värmeunderlaget är att en större andel av fjärrvärmeproduktionen sker i kraftvärmeanläggningar eller andra kombinat.

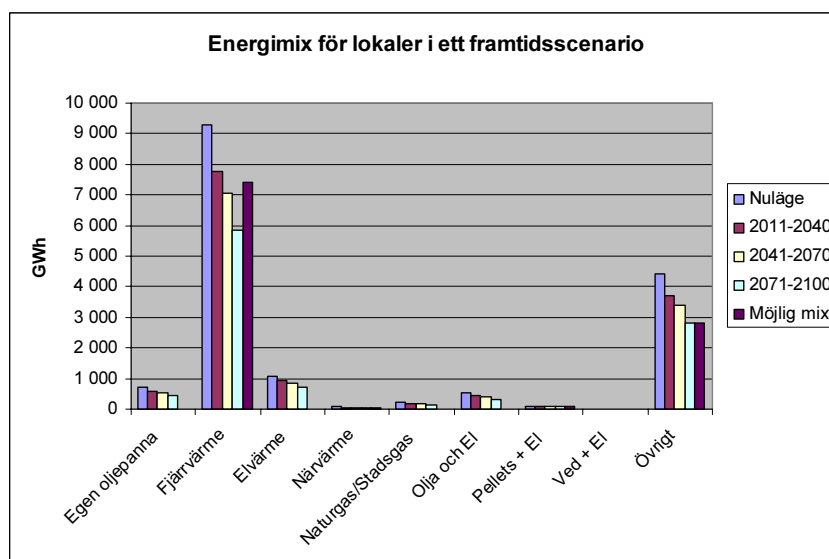
Figur 11 I figuren visas hur energiunderlaget minskar till följd av ett förändrat klimat. För småhus skulle det kunna finnas en potential för att öka andelen fjärrvärme.



Figur 12 Energimix för flerbostadshus i ett framtidsscenario



Figur 13 Energimix för lokaler i ett framtidsscenario



Kylbehov idag och i tre framtidsperspektiv

Efterfrågan på komfortkyla påverkas av en mängd olika faktorer, både klimatrelaterade och icke klimatrelaterade. Viktiga icke klimatrelaterade faktorer är närvaro av värmealstrande apparater, människor, lokalens yta, byggnadens beskaffenhet (ventilation, fönsterplacering, tillgång till solavskärmning m.m.), tillgång till kyla etc. Det är idag huvudsakligen de inre lasterna i byggnaderna som styr efterfrågan på kyla, medan klimatet spelar en mindre roll (Hill, 2007). Klimatrelaterade faktorer är t.ex. temperatur, solinstrålning/molnighet och vind. Solinstrålningen i kombination med byggnadens fönsterplacering spelar i dessa sammanhang en stor roll, som kan vara av större betydelse än utomhustemperaturen, särskilt under vissa årstider.

Komfortkyla idag och möjlig utveckling i framtiden

Lokaler

Idag förekommer kylning i en stor del av de svenska lokalerna, men den exakta omfattningen är okänd. Orsaken till de senare årens kraftiga utveckling av komfortkyla är till stor del trenden med fler personer och apparater per ytenhet.

Enligt Energimyndighetens STIL-utredning (Energimyndigheten, 2006a) hade 91 av 123 inventerade lokaler tillgång till kyla, där vätskekylaggregat utgör majoriteten (66 %), följt av fjärrkyla (34 %) och en mycket liten andel stadsvattenkylda lokaler (<1 %). Totalt uppgår fjärrkyleanvändningen i Sverige till ca 700 GWh. Svensk Fjärrvärme anger dock att undersökningar visat att efterfrågan på fjärrkyla är betydligt högre än så – runt 2–5 000 GWh (Svensk Fjärrvärme, 2007).

För de lokaler som hade tillgång till kyla i STIL-utredningen utgjorde elanvändningen för kylning 12 % av den totala elanvändningen (eller 15 kWh/m²·år av totalt 124,5 kWh/m²·år). Medräknat de lokaler som inte hade kyla uppgick siffran till 10,6 kWh/m²·år. Den totala energianvändningen för kyla (ej enbart eldriven komfortkyla) medräknat alla lokaler oavsett om de hade tillgång till kyla eller inte uppgick till ca 7 kWh/m²·år. För de lokaler som hade tillgång till kyla uppgick energianvändning för kyla till ca 17 kWh/m²·år. Vi använder denna siffra vid bedömning av framtida energibehov för kylning.

De allra flesta nya lokaler som byggs idag förses med någon form av kylning. Idag dominerar eldrivna kylmaskiner i det befintliga svenska lokalbeståndet (Energimyndigheten, 2006). Utbyggnaden av fjärrkyla i storstäderna går dock snabbt och det är troligt att utvecklingen kommer att gå mot ökad andel fjärrkyla. På lång sikt bedöms att i princip alla lokaler i södra och mellersta Sverige kommer att vara försedda med någon form av komfortkyla. Vi gör uppskattningen att fjärrkyla kommer att dominera i storstadsregionerna, medan eldrivna kylmaskiner och andra kylsystem (t.ex. stadsvattenkylning) kommer att dominera på landsbygden.

Bostäder

Det är idag endast få bostäder som har tillgång till komfortkyla. Den kylning som ändå existerar är huvudsakligen att luft/luftvärmepumpar körs som kylmaskiner under sommartid. För befintliga bostäder är det mest troligt att luft/luftvärmepumpar installeras i bostäder med direktverkande elvärme. För nya bostäder är troligen andra uppvärmningssätt som kommer att dominera. Den kraftiga expansionen av värmepumpar generellt har ökat medvetenheten om möjligheterna till kylning sommartid som föreligger med luft/luftvärmepumpar. Flera varma somrar i följd kan säkert bidra till att fler ser denna möjlighet och kanske väljer luft/luftvärmepump om valet står mellan olika uppvärmningssystem.

Andra värmepumpar som använder vatten som värmemedium kräver mer omfattande investeringar för att de ska kunna användas för kylning. Det är inte möjligt att skicka ut kallvatten i de vanliga element som används för uppvärmning eftersom det uppstår kondens på elementen som kan innebära skador på bl.a. trägolv. Det kan också finnas viss risk för korrosion i elementen. För att använda dessa värmepumpar för kylning krävs installation av kylbafflar eller fläktar samt ventilationsledningar för att genom luften sprida kylan från värmepumpen. Då många bostäder idag endast har någon form av självdrag kan detta innebära stora investeringar, men det kan vara ett alternativ i nya bostäder. Det kan dessutom vara gynnsamt vid bergvärme eftersom kylningen sommertid innebär att temperaturen på det vatten från vilket värmen tas på vintern ökar, med ökad verkningsgrad som följd.

Det är endast få bostäder som har tillgång till fjärrkyla idag. För befintliga bostäder är det inte troligt att fjärrkyla kommer att installeras i så stor utsträckning. Det kräver relativt stora ingrepp, av samma skäl som beskrivs ovan för värmepumpar med vattenburen värme. För nya bostäder kan dock fjärrkyla bli aktuellt redan på kort sikt. Bedömningen är ändå att fjärrkyla i bostäder generellt kommer att utgöra en mycket liten andel i relation till fjärrkyla i lokaler.

Grov uppskattning om komfortkyla i lokaler i framtiden

Vi har gjort en grov uppskattning över tillgången till komfortkyla i lokaler i framtiden. Det är mycket svårt att bedöma hur utvecklingen av komfortkyla kan komma att se ut och lika svårt att

uppskatta hur stor andel av den ökade efterfrågan på komfortkyla som kan knytas till förändrat klimat. Detta beror bl.a. på att komfortkyla är under stark utveckling till största delen beroende av andra faktorer än klimatet. Eftersom komfortkyla ännu inte finns att tillgå i full utsträckning går det inte bara att titta på klimat-scenarier och utifrån dessa göra bedömningar om framtida efterfrågan. Vi tror däremot att medvetenheten om klimatförändringar bidrar till ökad efterfrågan och gör det mycket grova antagandet att 10 % av den ökade efterfrågan på komfortkyla kan på ett eller annat sätt antas bero på förändrat klimat.

Uppskattningen för lokaler är vidare baserad på följande antaganden på lång sikt:

- På lång sikt förekommer komfortkyla i alla lokaler i södra och mellersta Sverige, men endast i 50 % av lokalerna i norra Sverige
 - o Fjärrkyla dominerar för lokaler i storstadsområden (antas 100 % i storstäder)
 - o Eldrivna kylmaskiner dominerar för lokaler på landsbygden (antas 100 % på landsbygden)
- Endast 10 % av efterfrågan antas bero på klimatet
- Ytan uppskattas utifrån bedömningar om befolkningsökning, och det antas att ytorna fördelar sig över landet såsom idag
- Linjär interpolation används för kort och medellång sikt

Resultatet av ovanstående mycket grova beräkning presenteras i Tabell 11.

Tabell 11 Grov uppskattning av framtida efterfrågan på komfortkyla baserat på de antaganden som beskrivs i texten ovan

	2005	2011–2040	2041–2070	2071–2100
LOKALER				
Total yta, m ²	144	157	169	181
Yta med kyla, m ² (uppskattning)	106	122	146	170
Varav eldriven kyla, m ²	72	69	63	58
Varav fjärrkyla, m ²	34	53	83	112
Elbehov för eldriven kyla, snitt, kWh/m ² -år	15	15	15	15
Energibehov för fjärrkyla, snitt, kWh/m ² -år	17	17	17	17
Elbehov för att driva fjärrkyla, kWh/m ² -år	4,8	4,8	4,8	4,8
Totalt energibehov för kyla, TWh	1,6	1,9	2,3	2,7
Varav el (exkl. el för fjärrkyla), TWh	1,1	1,0	0,9	0,9
Varav fjärrkyla, TWh	0,6	0,9	1,4	1,9
Varav el för fjärrkyla, TWh	0,2	0,3	0,4	0,5
Energibehov för kyla kopplat till klimat (10 %), TWh	0,2	0,2	0,2	0,3
Energibehov för kyla kopplat till annat än klimat (10 %), TWh	1,5	1,7	2,1	2,4

Ett resonemang kring komfortkyla i bostäder i framtiden

För att göra en uppskattning om hur kyla för bostäder kan komma att utvecklas antas att komfortkyla för bostäder även på lång sikt i huvudsak kommer att finnas i form av luft/luftvärmepumpar. För nya lägenheter kan det tänkas att fjärrkyla dras in. Vi bedömer dock att denna andel kommer att vara försumbar i jämförelse med fjärrkyleanvändningen i lokaler och beräkningar görs därför inte alls för fjärrkyla i flerbostadshus.

När det gäller luft/luftvärmepumpar bedöms att dessa endast kommer att finnas i bostäder som idag har direktverkande el (eller givetvis i bostäder som redan investerat i luft/luftvärmepump). Idag finns ca 298 000 småhus (yta 27 miljoner m²) och ca 2 300 lägenheter (yta 5,7 miljoner m²) med direktverkande el. Som framgår av siffrorna är elvärme relativt ovanligt i lägenheter och eftersom uppvärmningsbehovet per ytenhet dessutom är lägre bedöms

inte investeringar i värmepumpar för lägenheter vara särskilt troligt. Av detta skäl tittar vi endast på komfortkyla med luft/luftvärmepumpar i småhus. Vi baserar vidare beräkningarna på att luft/luftvärmepumpar endast kommer att användas för kylning i södra och mellersta Sverige.

Enligt SCB:s statistik fanns ungefär 235 000 luftvärmepumpar i småhus år 2005 (SCB, 2006a). Denna siffra inkluderar både luft/luftvärmepumpar och luft/vattenvärmepumpar och det går inte att urskilja hur stor andel som utgörs av luft/luftvärmepumpar. Att döma av statistik från SVEP har dock försäljningen av luft/vattenvärmepumpar under ett flertal år varit större än för luft/luftvärmepumpar (dock ej 2005). En mycket grov uppskattning är att av de installerade luftvärmepumparna var 100 000 luft/luftvärmepumpar år 2005. Detta skulle innebära att luft/luftvärmepumpar har installerats i ca en tredjedel av husen med direktverkande el eller uppskattningsvis ca 9 miljoner m². Om vi antar att ytterligare en tredjedel skulle göra denna investering skulle ca 18 miljoner m² småhus ha luft/luftvärmepump. Om samtliga dessa skulle köras på kylning och vi antar att elanvändningen för kylning är ca 30% lägre för småhus än för lokaler⁴, dvs ca 10 kWh/m²·år, så skulle energianvändningen för kylning i bostäder uppgå till knappt 0,2 TWh per år. Det bör återigen påpekas att detta är en mycket grov bedömning.

Det bör även betonas att om de senaste årens trend med stora glasade ytor särskilt i söder- och västerläge fortsätter, kan efterfrågan på komfortkyla öka mycket kraftigt även i bostäder och det är inte omöjligt att privatpersoner investerar i luft/luftvärmepumpar eller luftkonditioneringsanläggningar för att komma tillrätta med inomhustemperaturen under de ljusa och varma månaderna. Installation av fjärrkyla i nya sådana bostäder kan, som nämnts ovan, också blir en realitet.

En jämförelse med andra länder

En jämförelse har gjorts mellan kylgraddagar i Sverige i de tre framtidsperspektiven och kylgraddagar i nuläget i europeiska regioner. Motivet är att visa regioner som idag har ett klimat som Sverige kan tänkas få i framtiden. Om en jämförelse gjordes med dessa regioners kylanvändningen i dagsläget skulle en indikation fås

⁴ Lokaler använder kylning under betydligt större del av året än bostäder.

om framtida kylbehov i Sverige i framtiden. Vi har inte gjort den senare analysen utan enbart tagit fram jämförelsen av regionerna genom att visuellt studera kartor över kylgraddagar (CDD) enligt klimatscenarier framtagna vid Rossby Centre, SMHI (2007). Resultaten presenteras i Tabell 12. Jämförelsen vintertid är inte så intressant eftersom det i princip inte förekommer något kylbehov vintertid i Sverige⁵ (åtminstone inte klimatrelaterat).

Tabell 12 Jämförelse av Sverige i framtidsklimat med andra regioner i Europa i dagsläget

	2011–2040	2041–2070	2071–2100
Sommar			
Södra Sverige	Norra Tyskland	Tyskland/Frankrike	Frankrike/Spanien
Mellersta Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige
Norra Sverige	Oförändrat	Mellersta Sverige	Mellersta Sverige
Höst			
Södra Sverige	Norra Tyskland	Frankrike	Frankrike/Spanien
Mellersta Sverige	Oförändrat/ Södra Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige
Norra Sverige	Mellersta Sverige	Mellersta Sverige	Södra Sverige
Vinter			
Södra Sverige	Tyskland/Frankrike	Tyskland/Frankrike	Frankrike/Spanien
Mellersta Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige
Norra Sverige	Mellersta Sverige	Mellersta Sverige	Södra/mellersta Sverige
Vår			
Södra Sverige	Tyskland	Södra Tyskland/Norra Frankrike	Frankrike/Spanien
Mellersta Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige	Södra Tyskland/Norra Frankrike
Norra Sverige	Mellersta Sverige	Mellersta Sverige	Södra/mellersta Sverige
År, uppskattning			
Södra Sverige	Norra Tyskland	Tyskland/Frankrike	Frankrike/Spanien
Mellersta Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige	Södra Sverige
Norra Sverige	Mellersta Sverige	Mellersta Sverige	Södra/mellersta Sverige

⁵ Vissa lokaler med mycket apparater eller processer som alstrar värme kan även ha kylbehov vintertid.

Grov ekonomisk uppskattning

Dagens energipriser och scenarier för framtida energipriser

Dagens energipriser har hämtats från Energimyndighetens energiindikatorer (STEM, 2006b) och med hjälp av uppgifter i Svensk Energi (2005). Siffror angående priser på fjärrkyla baseras på uppgifter från bl.a. Svensk Fjärrvärme (2007) och ett antal leverantörer av fjärrkyla. Priserna sammanfattas i Tabell 13. När det gäller uppskattning av framtida energipriser kan konstateras att det är mycket svårt att göra prognoser på så lång sikt som upp till nästan ett sekel fram i tiden. Vi har därför valt att göra fyra antaganden om framtida energipriser, dvs. fördubblat, tredubblat, halverat och oförändrat energipris till år 2071–2100 jämfört med dagens nivå. För de kortare tidsperspektiven har priserna tagits fram med hjälp av linjär interpolation.

Tabell 13 Ungefärliga energipriser i dagsläget (2005–2006) i öre/kWh exklusive skatter, elcertifikat, moms m.m. Siffrorna är baserade på uppgifter från Energimyndigheten (2006b), Svensk Energi (2005), Svensk Fjärrvärme (2007) samt några leverantörer av fjärrkyla.

	Nuläge (år)	Anmärkning
Elvärme	60	
Olja	40	
Pellets	45	
Fjärrvärme	45	Källa: Svensk Energi, 2005
Naturgas	40	Avser mellanting mellan hushållskund och industrikund
Kombinationer	48	Antas medel elvärme/biobränsle/olja
Värmepump	60	
Övrigt	46	Antas medel av ovanstående ex vp, komb
Fjärrkyla	50	

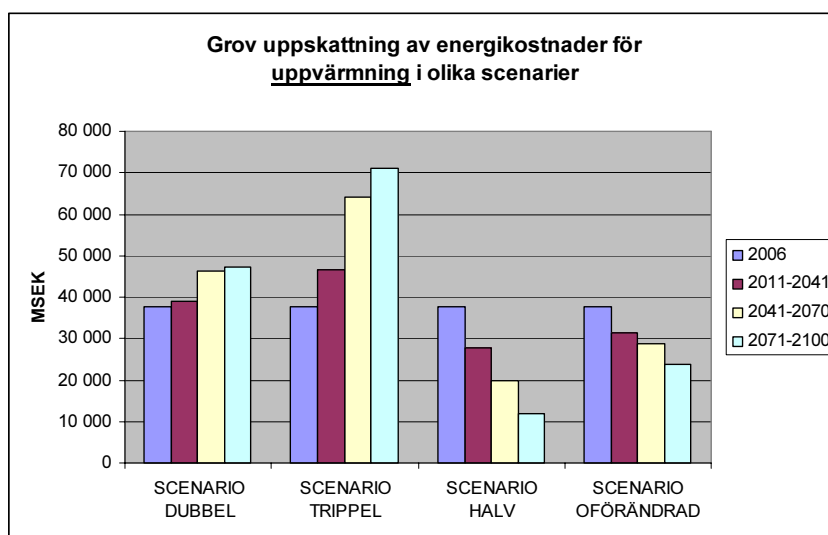
Uppskattade kostnader för förändrat värme- och kylbehov

Den grova uppskattningen har gjorts endast för scenariot befintlig bebyggelse med klimatförändringar och utifrån energikostnader beräknade enligt beskrivning ovan. Resultaten presenteras i Figur 14 och Figur 15. Av figurerna framgår att energipriserna har

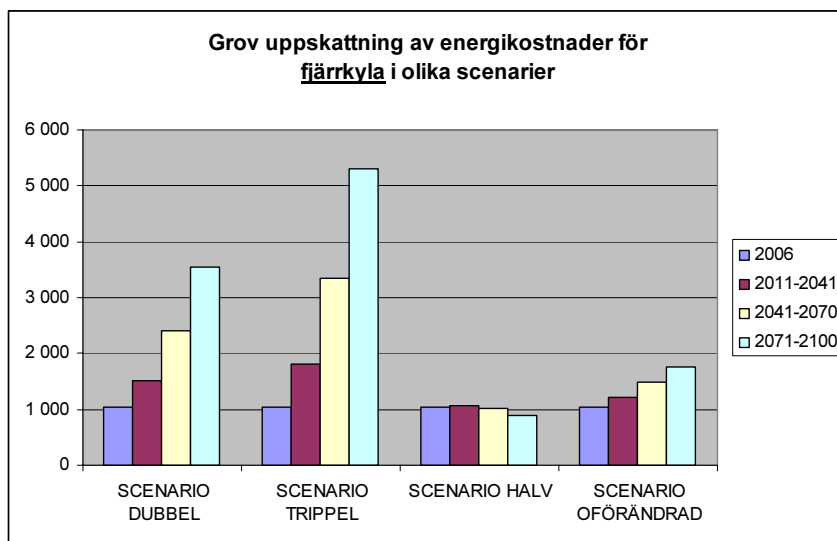
mycket stor inverkan på de framtida kostnaderna för uppvärmning. Det är även viktigt att påpeka att energipriserna i sig har en kraftig inverkan på efterfrågan på energi för värme och kyla och implementeringen av energieffektiviseringspotentialer. Med högre energipriser ökar incitamenten för energieffektivisering och efterfrågan på energi för värme och kyla kommer att minska. I den ekonomiska bedömningen som gjorts i denna studie har vi dock inte tagit hänsyn till detta.

Enligt de antaganden som gjorts i denna studie skulle energikostnaderna i det långa perspektivet (2071–2100) jämfört med idag variera från en minskning på 25–30 miljarder SEK till en ökning på 35–40 miljarder. Siffrorna är beräknade utifrån dagens valuta och exklusive skatter etc.

Figur 14 Grov uppskattning av framtida energikostnader för uppvärmning med hänsyn tagen till befintlig bebyggelse (småhus, flerbostadshus och lokaler), klimatförändringar samt olika scenarier för framtida energipriser



Figur 15 Grov uppskattning av framtida energikostnader för komfortkyla i lokaler vid olika scenarier för framtida energipriser.



Behov av åtgärder

Exempel på åtgärder som bör vidtas för att minska konsekvenserna av ett förändrat klimat på energianvändningen och för att tillvarata de positiva effekter som också kan uppstå sammanfattas nedan:

- Det finns en stor energieffektiviseringspotential både för befintliga och nya fastigheter. Det bör prioriteras att skapa incitament för att denna potential ska realiseras
- Trenden med stora fönsterytor bör stoppas för att förhindra en kraftigt ökat efterfrågan på komfortkyla för bostäder och ökat värmebehov vintertid på grund av värmeförluster. Åtminstone bör det krävas installation av effektiva solavskärmningar om fönstren placeras mot söder eller väster.
- Incitament bör även skapas för att se till att det minskade uppvärmningsbehov som kan uppstå på grund av klimatförändringar realiseras i verkligheten.
- Med realisering av energieffektiviseringspotentialer och därpå ett minskat värmebehov till följd av klimatförändringar, kommer underlaget för fjärrvärme att minska och därmed även

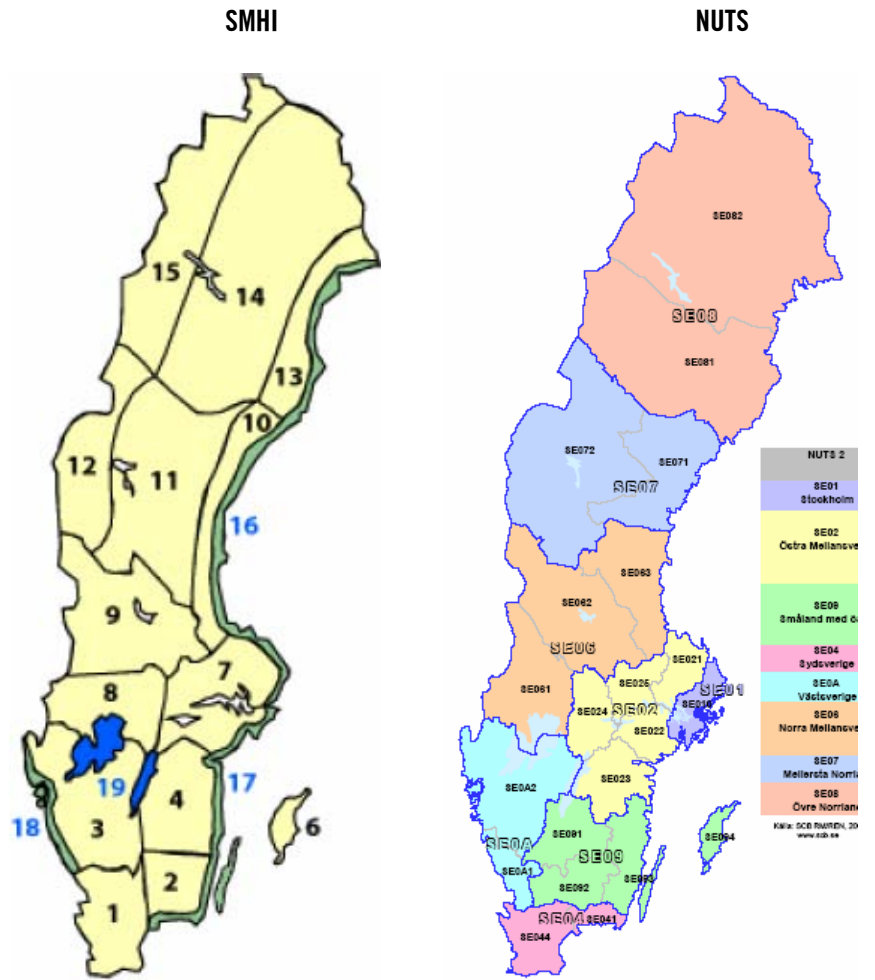
underlaget för kraftvärmeproduktion. För att motverka detta krävs kraftfull konvertering till fjärrvärme i småhusbeståndet samt utbyggnad av fjärrvärme i nya områden. Utbyggnad av kraftvärme i de nät som idag endast har hetvatten skulle vara ytterligare en möjlighet att bättre utnyttja det framtida värmeunderlaget. En ytterligare möjlighet är utbyggnad av energikombinat med t.ex. biodrivmedel, el och värme.

Referenslista

- Hill A, Fortum Värme, personlig kommunikation, 2007-06-08
- Alingsåshem 2007. Alingsåshem bygger för en hållbar framtid. www.alingsashem.se 2007-06-12
- Axelsson, J. "Konsekvenser för energianvändning i byggnader – Möjlig utveckling till 2025", preliminär underlagsrapport till Elforsks klimatkonsekvensprojekt, maj 2007
- Boverket, WSP. "Byggnader exkl. ras, skred och översvämning", utkast till underlagsrapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen, Boverket/WSP, 2007-02-12
- Boverkets Byggregler 2006. Regelsamling för byggande. BFS 1993:57 med ändringar till och med 2006:12.
- Energimyndigheten 2006a. "Förbättrad energistatistik för lokaler – "Stegvis STIL", Rapport för år 1, Inventering av kontor och förvaltningsbyggnader", februari 2006
- Energimyndigheten 2006b. "Energiindikatorer 2006 – uppföljning av Sveriges energipolitiska mål, Tema: Olje användning", Energi-myndigheten rapport nr ET 2006:31, september 2006
- FEBY 2007. Definitioner av energieffektiva bostäder – Passivhus. FEBY kriteriedokument 2007.
- Gårdstensbostäder 2007. Solar buildings in Gårdsten. En broschyr. www.gardsten.se 2007-06-12
- Hägerhed Engman Linda 2006. Indoor environmental factors and its association with asthma and allergy among Swedish pre-school children. Report TVBH-1015 Lund 2006, Building Physics LTH

- Persson, G., Strandberg, G., Barring, L. och Kjellström, E., 2007. "Beräknade temperaturförhållanden för tre platser i Sverige – perioderna 1961–1990 och 2011–2040", SMHI Meteorologi Nr 124. 25 s.
- Rosby Centre, SMHI, klimatscenarier för Elforsk respektive Klimat- och sårbarhetsutredningen, www.smhi.se, 2007
- Svein Ruud, Reglerstrategier och beteendets inverkan på energi-användningen i bostäder. Rapport EFFEKTIV 2003:08.
- SCB 2006a. "Energistatistik för småhus 2005", Sveriges officiella statistik, statistiskt meddelande EN 16 SM 0601, september 2006
- SCB 2006b. "Energistatistik för flerbostadshus 2005", Sveriges officiella statistik, statistiskt meddelande EN 16 SM 0602, september 2006
- SCB 2006b. "Energistatistik för lokaler 2005", Sveriges officiella statistik, statistiskt meddelande EN 16 SM 0603, oktober 2006
- SCB 2006. Sveriges framtida befolkning 2006–2050, Sveriges officiella statistik, demografiska rapporter 2006:2, maj 2006
- SCB 2007. byggnadsstatistisk årsbokk 2007. Sveriges officiella statistik, ISBN 1654-0921 (online), februari 2007.
- Svensk Energi. "Hur värmer vi svenska småhus idag och i framtiden?", december 2005
- Svensk Fjärrvärme, www.svenskfjarrvarme.se, 2007-06-07

Bilaga 1. Temperaturzoner



Bilaga 2. HDD för olika klimatzoner

Sammanställning av HDD för olika klimatzoner. Siffror och klimatzoner enligt Rossby Centre, SMHI (2007).

SMHI-zon	Tidsperspektiv	HDD median, A2	HDD median, B2
1	1961–1990	3 510	3 510
	2011–2040	2 816	2 886
	2041–2070	2 545	2 620
	2071–2100	2 109	2 398
2	1961–1990	3 775	3 775
	2011–2040	3 082	3 135
	2041–2070	2 796	2 878
	2071–2100	2 352	2 642
3	1961–1990	3 845	3 845
	2011–2040	3 166	3 230
	2041–2070	2 883	2 972
	2071–2100	2 429	2 728
4	1961–1990	3 931	3 931
	2011–2040	3 243	3 283
	2041–2070	2 945	3 032
	2071–2100	2 489	2 784
6	1961–1990	3 810	3 810
	2011–2040	3 027	3 075
	2041–2070	2 729	2 796
	2071–2100	2 217	2 533
7	1961–1990	4 098	4 098
	2011–2040	3 410	3 437
	2041–2070	3 104	3 197
	2071–2100	2 644	2 944
8	1961–1990	4 201	4 201
	2011–2040	3 513	3 553
	2041–2070	3 209	3 306
	2071–2100	2 732	3 044
9	1961–1990	4 910	4 910
	2011–2040	4 241	4 257
	2041–2070	3 916	3 998
	2071–2100	3 371	3 727
10	1961–1990	4 796	4 796
	2011–2040	4 125	4 111
	2041–2070	3 784	3 865
	2071–2100	3 251	3 595

SMHI-zon	Tidsperspektiv	HDD median, A2	HDD median, B2
11	1961–1990	5 248	5 248
	2011–2040	4 612	4 598
	2041–2070	4 275	4 337
	2071–2100	3 717	4 082
12	1961–1990	5 612	5 612
	2011–2040	4 993	4 988
	2041–2070	4 660	4 704
	2071–2100	4 102	4 464
13	1961–1990	5 263	5 263
	2011–2040	4 582	4 541
	2041–2070	4 209	4 277
	2071–2100	3 660	3 994
14	1961–1990	5 893	5 893
	2011–2040	5 230	5 191
	2041–2070	4 868	4 910
	2071–2100	4 296	4 637
15	1961–1990	6 544	6 544
	2011–2040	5 886	5 848
	2041–2070	5 516	5 538
	2071–2100	4 907	5 269
16	1691–1990	4 813	4 813
	2011–2040	4 044	4 037
	2041–2070	3 693	3 785
	2071–2100	3 151	3 504
17	1961–1990	3 808	3 808
	2011–2040	3 072	3 120
	2041–2070	2 784	2 865
	2071–2100	2 325	2 620
18	1961–1990	3 665	3 665
	2011–2040	2 966	3 031
	2041–2070	2 670	2 770
	2071–2100	2 231	2 522
19	1961–1990	3 867	3 867
	2011–2040	3 052	3 110
	2041–2070	2 775	2 877
	2071–2100	2 317	2 603

Fjärrvärme

Svensk Fjärrvärme AB
Ture Nordenswan

Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen,
2007-06-20

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Klimat- och sårbarhetsutredningen	6
1.1 Fjärrvärmesystemet.....	6
1.2 Ledningslängd	6
1.3 Förnyelse av näten	6
1.4 Kulverttyper	7
1.4.1 Betongkulvert	7
1.4.2 Ventilammare.....	10
1.4.3 Fjärrvärmerör.....	11
1.4.4 Skarvar	12
1.4.5 Tunnlar	13
1.4.6 Inomhusledning.....	13
1.4.7 Sjöledning.....	14
1.4.8 Luftledning.....	14
1.5 Drift- och underhåll.....	14
1.6 Klimatförändringar	15
1.7 Produktionsanläggningar.....	16
1.8 Framtida Läggningsanvisningar	16
1.9 Värme- och kylbehov.....	17
1.10 Kostnader	17

Sammanfattning

Denna rapport beskriver hur fjärrvärmen kan påverkas av pågående klimatförändringar och har vuxit fram under hösten 2006 och våren 2007.

Till grund för klimatförändringsscenarierna ligger modeller framtagna av SMHI och andra nationella och internationella institut.

- En förutsättning för att komma igång med förnyelsearbetet är att Klimat- och sårbarhetsutredningens slutsatser presenteras på ett bra sätt. Vi ser att det finns många parametrar i utredningen och att en helhetssyn kan vara svår att skapa av den enskilde värmeleverantören.
- Fjärrvärmen är beroende av att övrig infrastruktur också fungerar. En god beredningsplanering är av särskild vikt för de äldsta delarna av fjärrvärmesystemen och förebyggande underhåll är billigare än avhjälpande.
- De lokala förhållandena varierar i stor grad så att varje fjärrvärmesystem särskilt måste anpassas till utredningens slutsatser. Den allt mer frekventa IT-användningen öppnar för lättillgänglig information och kunskapsutbyte.
- Fokus bör läggas på de äldsta systemen som samtidigt har de största dimensionerna och ligger strategiskt närmast produktionsanläggningarna. Konsekvensen av haverier blir här ojämförbart störst. När det gäller sådana betongkulvertar är kunskaps- och erfarenhetsutbyte centrala frågor då det samtidigt pågår ett generationsskifte inom fjärrvärmekåren.
- Nya nät byggs med stöd av Svensk Fjärrvärmes Läggningsanvisningar. Dessa uppdateras kontinuerligt varvid fokus kan läggas på klimatförändringarna.

Denna rapport är framtagen av Ture Nordenswan, Svensk Fjärrvärme

1 Klimat- och sårbarhetsutredningen

1.1 Fjärrvärmesystemet

Fjärrvärme är en miljövänlig uppvärmningsform och bidrar genom energihushållning till minskade koldioxidutsläpp. Fjärrvärmen minimerar användning av jordens primärenergireserver och tillvaratar resurser som annars skulle gå förlorade. Samma sak gäller naturligtvis fjärrkyla.

Fjärrvärmen har byggts upp i Sverige sedan slutet av 1940-talet. Detta skedde till en början i kommunal regi och som kraftvärme, som nyttjar bränslet maximalt genom samproduktion av el och värme.

Fjärrvärmen är i dag landets till volymen största uppvärmningsform på 50 TWh. En del av fjärrvärmeföretagen har under senare år övergått i bolagsform med privata och internationella ägare.

Ett varmare klimat innebär minskad försäljning och produktion av fjärrvärme. Samtidigt kan dock fjärrvärmens miljöfördelar leda till ökade leveranser.

1.2 Ledningslängd

Ledningsnätets längd i Sverige är cirka 16 000 km parvisa rör. Utbyggnadstakten ligger på cirka 500 km per år. Byggekostnaden enligt Kulvertkostnads katalog 2007 är cirka 5 000 kronor per kulvertmeter i genomsnitt, vilket ger ett beräknat återanskaffningsvärde på 80 miljarder kronor.

Ledningsnätet är ofta konstruerat i ringar, vilket gör att många kunder kan få värme alternativa vägar. Detta underlättar drift och underhåll och ökar samtidigt leverans kvalitén och säkerheten.

1.3 Förnyelse av näten

Förnyelsen, dvs. ersättning av gammalt med nytt, är för närvarande enligt uppgifter 50 km per år, vilket motsvarar 0,3 % av totala ledningslängden. Om vi däremot antar att förnyelsen enbart gäller gammal betongkulvert, är siffran i stället nästan 3 %. Detta skulle

innebära att de gamla betong- och ACE-kulvertarna kan vara förnyade inom 35 år, dvs. i slutet av de första perioden 2011–2040. De äldsta delarna skulle då ha uppnått en respektabel ålder av 100 år.

Normalt sätts en fjärrvärmelednings ekonomiska livslängd till 30 år. En välbyggd ledning anses kunna ha en betydligt längre teknisk livslängd om den ligger torrt. Fjärrvärmevattnet är normalt behandlat och syrefritt så att korrosion ej förekommer inuti rören. Eventuell korrosion beror i stället normalt på inträngande vatten och fukt utifrån.

Det är sannolikt att den första generationen moderna fjärrvärmerör, s.k. ”plaströrskulvert” som byggdes på 1970-talet faller för åldersstrecket i allt snabbare takt, främst beroende på dåliga skarvar.

Därför kan en högre förnyelsetakt vara väl motiverad. Förnyelsen skall naturligtvis ställas mot drift- och underhållskostnader, samt ökade möjligheter till sektionering samt alternativa matningar.

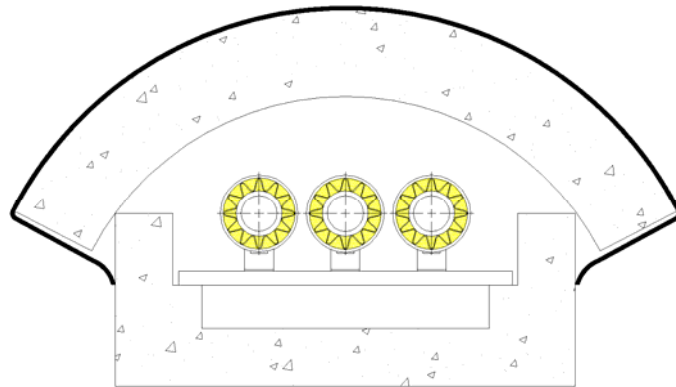
1.4 Kulverttyper

1.4.1 Betongkulvert

De första fjärrvärmeledningarna byggdes genom att medierör av stål placerades i betongkulvertar. Man följde samma principer som för ledningsbygge inomhus.

Fjärrvärmerören kan normalt vara av storleken upp till 1 000 mm i diameter vid utmatningen från produktionsanläggningarna. De största ledningarna kan ligga i tunnlar tillsammans med andra ledningar. Systemet består naturligtvis av både fram- och returledning. De första rören var värmeisolerade med ospecificerat material, senare har mineralull, skålar av polyuretan mm använts. Vissa konstruktioner har dessutom emellanåt fyllts med cellbetong, något som utmärker delar av typen ACE-kulvert. Sådana och typen hålrörskulvert har visat sig vara klart misslyckade konstruktioner. Nedan visas en ritning av en värmekulvert projekterad 1922 för en ledning i Karlstad.

Sektion av värmekulvert



Sektion av en värmekulvert bestående av en fram- och returledning samt reservledning

Det finns många konstruktioner och varianter av betongkulvertar, både rektangulära och cirkulära, ja varje stad hade sin egen konstruktion. I konstruktionen ingår detaljer av stål som armeringsjärn. Vidare återfinns i konstruktionen rörstöd, upphängningsanordningar, fixpunkter och kompensatorer. Hela konstruktionen är normalt försedd med in- och utvändig dränering, ventilation m.m.

Nedanstående tabell, som visar de olika nätlängderna fördelade på och kulverttyper och byggår är hämtad ur Svensk Fjärrvärmes Kulvertskadestatistik 2003:

Tabell 1 Tabell över kulvertlängder ur Svensk Fjärrvärmes Kulvertskade-statistik 2003

Nättyp	Summa	2003	2002	2001	2000	1999	1998
Nättyp							
ACE-kulvert	1 002,2	0	0	0	0	0	0
Betongkulvert	752,9	0	0,1	0,3	0	0	0,2
Fasta fjärrvärmerör	7 655,8	38,5	246,3	355,9	323,8	372,2	379,7
Flexibla fjärrvärmerör	1 440,9	12,5	73,9	83,7	56,3	64,7	58,2
Hålrörskonstruktion	102	0	0	0	0	0	0
Ingen angiven ledningstyp	2,4	0	0	2	0,4	0	0
Kammare eller brunn	0,2	0	0	0	0	0	0
Stålrörskulvert	194,2	0	0	0	0	10	7,5
Övriga ledningstyper	1 020,5	2,2	10,6	1,9	1,7	3	16
Total [km]T	12 171,9	53,3	330,9	443,8	382,3	450	461,6

Tabell 2 Ledningslängden i svenska fjärrvärmenät fördelade enligt typ och byggår

97	96	95	94	93	92-88	87-83	82-78	<78
1,4	0	0	0	0	1,3	0,1	43,2	956,3
3	0,5	0,2	0,2	0,3	13,5	30,1	56,3	648,1
261	243,5	225,7	220,1	150,4	1 323,9	1 312,0	1 556,9	646,3
30,2	17,5	16,3	19,9	21,4	200,7	173,8	326,9	285,1
0	0	0,1	0	0	0,9	1,8	22,3	76,8
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0,2	0
14,7	8,2	3,5	2,6	0,8	8,7	10,2	25,2	102,9
15,4	8,8	12,5	13,3	8,7	74,3	114,9	183,4	553,7
325,8	278,5	258,3	256,1	181,7	1 623,4	1 643,0	2 214,3	3 269,2

Tyvär är ledningslängderna ej korrekt införda för år 2003.

Städer med kraftvärmeverksamhet och gamla betongkulvertar är Borås, Göteborg, Helsingborg, Karlstad, Linköping, Lund, Malmö, Norrköping, Skellefteå, Stockholm Sundsvall, Uppsala, Västerås, Växjö, Örebro m.fl.

Betongkonstruktionen har även visat sig ha andra brister, armeringen rostar och betongen vittrar sönder, bl.a. beroende på betonggjutning med tillsatser av kloridhaltiga salter. Ej heller fogarna

i betongelementen är längre täta, de släpper igenom vatten så att isoleringen blir blöt och bildar ett våtvarmt omslag, vilket resulterar i att medierören punktvis kan rosta sönder och börjar läcka.

De första gamla kulvertarna är i huvudsak fortfarande i drift. Det finns samtidigt många exempel på välbyggda kulvertar som i stort sett är i nyskick.

1.4.2 Ventilkammare

Särskilda nedstigningsbara ventilkammare byggdes vid förgrening av näten. I dessa placerades primärt sektioneringsventiler och kringutrustning samt vidare armatur för luftning och tappning av fjärrvärmevatten. Antalet kammare uppgår till flere tusen stycken totalt i landet. Ett bekymmer med dessa är på samma sätt som för kulvertarna inläckage av dag- och grundvatten så att kammarna måste tömmas genom pumpning.

Nedan ses en illustration av en ledning med avstängningsventil monterad i en kammare. Ventilen kan manövreras från marken. I dag kan ventilerna förses med fjärrmanövrerade motorförsedda don och styras från en driftcentral.

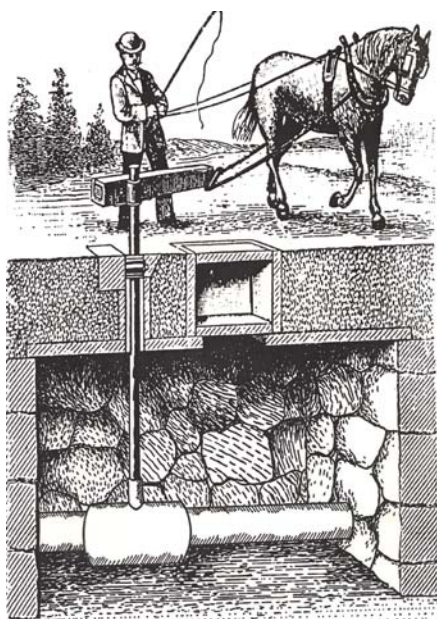
Illustration

Illustration av en nedstigningsbar ventilkammare av äldre typ

Kamrarna ligger djupare ner i markan än själva kulvertarna och normalt har arbetsmiljövänligt utförande eftersträvat som ger ståhöjd och alternativa nedstigningar. Här kan inträngande vatten naturligtvis vara ett problem.

Kamrarna är vidare normalt försedda med belysning, larmanordningar, ventilation och dränering. Kammarlocken är naturligtvis ett bekymmer, särskilt eftersom de ofta ligger i starkt trafikerade gator. De kan vara otäta och släppa in vatten samtidigt som den varma, fuktiga luften i kamrarna kondenserar mot locken.

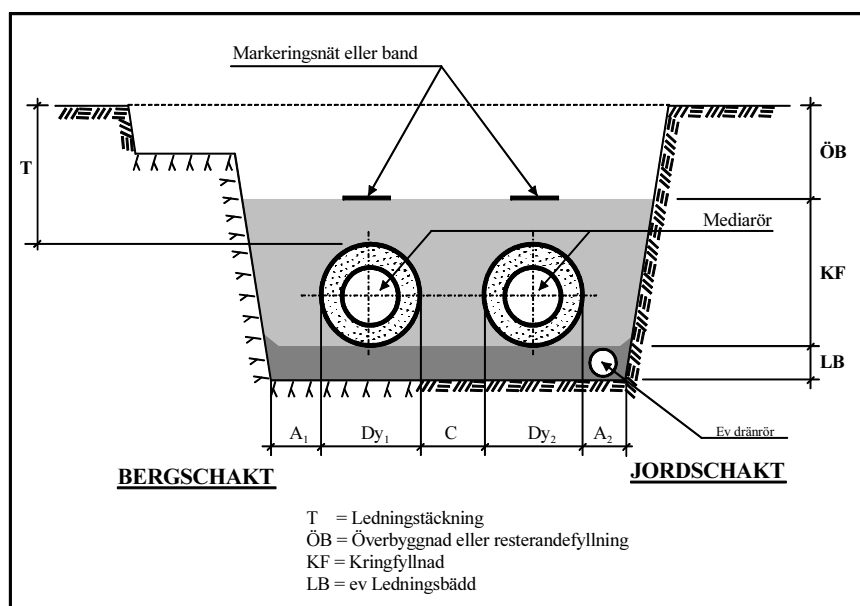
1.4.3 Fjärrvärmerör

Stålrör isolerade med PUR-isolering och med ett mantelrör av plast fick namnet "plaströrskulvert" analogt med betongkulvert och ersatte successivt den äldre typen betongkulvert på 1970-talet. I

dag har detta koncept blivit standard och kallas kort och gott fjärrvärmerör, enligt europastandard EN 253.

Rören är friktionsfixerade i marken så att de i princip ligger stilla oberoende av förekommande temperaturvariationer. Spänningsnivån i stålroren varierar och de rörelser som förekommer i marken är små. Största rörelsen förekommer ändarna av längre raka kulvertsträckor som ofta avslutas med s.k. expansionsböjar.

Nedan visas en sektion med moderna standardiserade fjärrvärmerör tagna ur Svensk Fjärrvärmes gällande Läggningsanvisningar.



1.4.4 Skarvar

Även moderna standardiserade fjärrvärmerör har sin akilleshäla. Varje skarv utgör sålunda en potentiell felkälla. Fjärrvärmerören levereras normalt i 12 meters längder som skall fogas ihop. Ibland skall dessa kapas till lämplig längd för montage av böjar, avgreningar och markförlagda ventiler. Först sker sammansvetsning av medierör, sedan monteras larmtrådar, mantelskarv monteras varefter slutligen utrymmet mellan medierör och mantel fylls med PUR-skum.

Nedan en tabell ur Svensk Fjärrvärmes Kulvertskadestatistik över inrapporterade skarvskador under år 2003. Som den tidigare tabellen visar så har rapporteringen år 2003 varit bristfällig, men typen av skavskador är dock representativ även om antalet kan antas ha varit det dubbla.

Tabell 3 Tabell över skarvskador

Skarvskador för olika skarvtyper och fabrikat										
Antal skadade skarvar										
Fabrikat	Summa	Krymp-slang	Krymp-band	Krymp-matta	Svets	PEH-muff	PEX-muff	Stål-muff	Svep	Annat
Alstom	285	2	0	22	7	8	0	245	0	0
Lögstör	28	1	0	0	25	2	0	0	0	0
Nitto	61	14	2	8	0	34	3	0	0	0
Raychem	123	29	52	28	0	14	0	0	0	0
SwJoint	24	2	0	0	22	0	0	0	0	0
Övriga	131	9	45	2	2	23	0	14	0	36
Total	652	57	99	60	56	81	3	259	0	37
		9%	15%	9%	9%	12%	0%	40%	0%	6%

Tabell som visar antal och typ av skarvskador under 2003

1.4.5 Tunnlrar

De större städerna kan ha särskilda tunnlar för fjärrvärme, ofta tillsammans med andra ledningar som exempelvis VA, el och IT. Det finns en real översvämningsrisk med tunnlar.

1.4.6 Inomhusledning

Fjärrvärmeledningar ligger vidare normalt förutom i gatu- och parkmark också inomhus i stadskvarterens källarutrymmen och försörjer på dettas sätt fastigheterna med fjärrvärme i ett ringmatningssystem.

1.4.7 Sjöledning

Fjärrvärmerör läggs ibland i vattendrag som sjöar och älvar. Detta utförande kräver speciell kvalitetskontroll och det finns en rad olika detaljlösningar. Dessa har visat sig hålla måttet, och inga fel har hittills inrapporterats. Som alla moderna fjärrvärmerör har dessa inbyggda larmsystem så att eventuell inträngande fukt eller medierörsläckage obönhörligt avslöjas.

En ledning DN 800 i 1 000 mm stålrör läggs för närvarande i Riddarfjärden och en mindre ledning DN 150 borrar under kanalen invid Djurgårdsbron som bl.a. skall förse Nordiska museet med fjärrvärme. Vid sådana typer av ledningsdragnings ägnas naturligtvis största möjliga omsorg särskilt vid fjärrvärmerörens akilleshäl, skarvarna.

1.4.8 Luftledning

Ibland ligger ledningarna synligt utefter väggar eller är upphängda under broar m.m.

1.5 Drift- och underhåll

Drift- och underhåll av ledningsnätet är naturligtvis avgörande för leverans kvalitet och livslängd. Det gäller att upptäcka brister i systemet på ett tidigt stadium och åtgärda dessa så att skadorna inte växer eller sprids med följdskador som följd. Det finns olika nätövervakningsmetoder och många företag har tagit fram nätkartor i GIS-system som visar svaga ledningsavsnitt. En del av underhållet består av pumpning av vatten i ventilkammare.

Skador beror normalt på felaktig konstruktion, bristfällig kvalitet i material eller utförande eller i någon kombination med svåra markförhållanden och trafik.

Vi har haft ett tjugotal stora plötsliga läckor i landet under de senaste 20 åren. Läckor som är så stora att själva produktionen hotas genom lågt systemtryck och brist på matarvatten. Erfarenheter från dessa finns delvis samlade. En icke oväsentlig del vid sådana händelser är information till allmänheten.

Drift- och underhåll är starkt beroende av tillgång till el, trafikerbar gata samt kommunikationssystem.

1.6 Klimatförändringar

Ledningar som ligger torrt och i väl-dränerad mark som t.ex. en sandås vet vi har betydligt längre livslängd än ledningar i lermark, som t.ex. gammal sjöbotten kan utgöra. Eventuella brister i utförandet avslöjas efterhand.

Om grundvattennivån stiger och mängden regn samtidigt ökar och dräneringen fungerar bristfälligt, bör högre krav ställas vid val av komponenter och montagearbete.

En markförskjutning är naturligtvis en direkt katastrof.

Den naturliga fixeringen av moderna fjärrvärmerör i marken kan försvinna vid hög grundvattennivå eller blöt eller illa dränerad mark med stora förskjutningar och mekaniska påfrestningar som följd. Värmeutvidgning av stålrören i gamla betongkulvertar tas däremot upp av kompensatorer varför dessa kulverttyper inte drabbas på samma sätt. Å andra sidan är dessa känsligare för fukt, rörelser och sättningar i marken.

Ett bekymmer kan uppkomma vid värmebortfall vid haverier t.ex. pga. översvämning i produktionsanläggningarna. En total nedkylning av näten resulterar i en kontraktion av ledningarna när de kallnar. Risken finns då att svaga komponenter inte klarar sådana dragspänningar och förskjutningar med i värsta fall rörbrott som konsekvens.

Eventuellt bortfall av den el som används i distributionspumparna måste särskilt beaktas. I utsatta lägen kan fjärrvärmeledningarna snabbt frysa vid produktionsbortfall eller haverier vintertid.

Fjärrvärmekulvertar är lagda i alla typer av mark och de geologiska förhållandena varierar naturligtvis både från norr till söder men också lokalt. Nederbörden varierar också i olika delar av landet. Närmiljön kring kulvertarna är naturligtvis avgörande.

Genomföringar i byggnadernas grundmurar är en känslig del och fastigheternas allmänna läge och status bör bedömas.

Fjärrvärmeledningar i tunnlar kräver särskild uppmärksamhet för att förhindra att dessa blir vattenfyllda vid högvattentillfällen. Ett sådant känt ställe är Slussen i Stockholm. Även dropp och fukt kan skada upphängningar, rörstöd m.m. i tunnlarna.

1.7 Produktionsanläggningar

Allt som kan påverka produktionsanläggningar genom klimatförändringar är inte helt klart utan facit. Förutom dränkning av pannor och utrustning samt strömbortfall kan naturligtvis bränslelager bli dränkta, vilket kan göra bränslet oanvändbart.

Tillgång till bränsle kräver att transporterna fungerar. Detta gäller vägar, vattenvägar, lastning och lossning. Det måste naturligtvis finnas tillgång på bränsle, reservbränsle osv. och här inverkar också vägarnas funktion i skog och mark.

Utan fungerande transport av värme till kunderna kan varken el eller värmeproduktion ske på avsett sätt. Ett varmare klimat innebär ett minskat värmebehov samtidigt som behovet av kyla ökar.

Fjärrvärme på känsliga områden med rasrisk och översvämningar kan innebära att hela kundgrupper försvinner. Förutom hårdvara behövs naturligtvis tillgång på kunniga medarbetare och färdiga rutiner för olika scenarier och samarbete med t.ex. Räddningsverk m.fl.

1.8 Framtida Läggningsanvisningar

Kvaliteten vid nybyggnation avgörs vid ritbordet. Konstruktörens erfarenhet och skicklighet samt kännedom om markförhållanden och komponenter kan inte nog framhållas. På samma sätt är naturligtvis upphandling av entreprenör och uppföljning under byggtiden avgörande.

Svensk Fjärrvärme har tagit fram tekniska bestämmelser för att säkra fjärrvärmeutbyggnaden. Hela kedjan kan i dag kvalitetssäkras genom certifierade produkter och system.

Ökat fokus på klimatförändringar redan i nästa utgåva av Läggningsanvisningarna inklusive byggråd, skulle sannolikt göra att vi kan bygga framtidens fjärrvärme- och fjärrkylesystem som klarar nya förutsättningar vid klimatförändringar. Fjärrvärmens dimensioneringstemperatur är 120°C och 16 bar. Ett läckage vid maximal last kan då få allvarliga konsekvenser. Fjärrkylesystemet är pga. de låga temperaturerna mindre känsligt för klimatförändringar och konsekvenserna av utläckande vatten förhållandevis små.

Med en successiv anpassning kan systemförändringarna göras i takt med klimatförändringarna.

Inom aktuella tidsperspektiv 2020, 2050 och 2080 ska de svaga punkterna i dagens kulvertsystem kunna vara ersatta av produkter som håller rätt konstruktion och kvalitet. År 2020 kan hälften av de äldsta delarna vara förnyade och 2050 sannolikt alla betongkulvertar borta.

Samtidigt kan de fjärrvärmesystem som byggs i dag vara fortfarande vara i drift år 2080 om man bygger med rätt kvalitet.

1.9 Värme- och kylbehov

Behovet av värme minskar med stigande temperaturer samtidigt som behovet av kyla ökar. Här finns naturligtvis en koppling till levnadsstandard och ekonomi.

Fjärrvärmens andel av värmemarknaden i Sverige är 50 %. Här finns en ökningspotential inte minst av miljöskäl och energieffektivisering. Näten kompletteras och byggs ut med cirka 400 km per. Även fjärrkyläten byggs ut.

1.10 Kostnader

Med ökade mängder regn och vatten sätts de äldsta kulvertarna på prov. En konsekvens är att förnyelsetakten för dessa kulverttyper ökar. Även problem med fasta och flexibla fjärrvärmerör byggda fram till 1978 ökar på grund av åldrande skarvar. Dessa har en sammanlagd längd av 1 031 km. Konstruktionen hålrörskulvert omfattande ledningslängden 77 km kan anses redan vara ersatt.

Den totala längden av ovan nämnda kulverttyper är 2 700 km. Om vi antar att 10 % av dessa ligger i extra utsatta lägen pga. klimatförändringarna utgör längden sårbar kulvert 270 km. Denna siffra kan ställas i relation till aktuell förnyelsetakt på 50 km per år enligt ovan.

Om de sålunda uppskattade sårbara kulvertlängderna förnyas blir kostnaden 5 000 kronor/meter gånger 270 km vilket är 1,35 miljarder kronor. Fördelas förnyelsen på 10 år blir kostnaden 135 miljoner per år extra förnyelse beroende på klimatförändringar under det första tidsperspektivet fram till år 2020.

Insatserna för drift och underhåll ökar samtidigt som behoven av ventilbyten m.m. Dessa kostnader blir dock försumbara jämfört med kostnaderna ovan.

Dricksvattenförsörjning i förändrat klimat

Sårbarheter för klimatförändringar och extremväder, samt behov av anpassning och anpassningskostnader



Förhållanden i tillrinningsområden för vattentäkter formar vattnets kvalitet. En förändrad avrinning från skogsmark innebär ett ökat humusläckage till många vattensystem. Ett annat svårt problem är ökande risker för föroreningar, kemiska och inte minst mikrobiella. Detta är några av de problemställningar som måste hanteras i ett förändrat klimat. Men, hanterar vi problemställningarna på ett bra sätt kommer Sverige även i fortsättningen att vara en gynnad nation avseende vattenförsörjning.

Arbetsgruppen för dricksvatten
Samordningsansvarig Mats Bergmark, Mitt Sverige Vatten,

Underlagsrapport utarbetad för Klimat- och sårbarhetsutredningen,
2007-04-02

Innehåll

1	Inledning.....	7
1.1	Sammanfattning	8
2	Beskrivning av vattenförsörjningens olika delar – påverkan av klimatförändringar och extremväder.....	11
2.1	Vattenförekomster/Tillrinningsområde	12
2.1.1	Tillrinningsområde för vattentäkt	12
2.1.2	Föroreningsrisker i tillrinningsområdet till vattentäkt	13
2.1.3	Mikrobiologiska risker	15
	Legionella spp.....	17
	Salmonella typhi	17
	Andra typer av Salmonella.....	17
	Shigella spp.....	17
	Vibrio cholerae	17
	Yersinia enterocolitica	17
	Protozoer	17
	Acanthamoeba spp.	17
2.2	Ytvatten och ytvattentäkter	18
2.2.1	Ytvatten och vattenkvalitet	19
2.2.2	Ytvattenkvalitet - klimatpåverkan	20
2.2.3	Svenska ytvattentäkter	21
2.2.4	Vattenintag.....	23

2.3	Grundvatten och grundvattentäkter	24
2.3.1	Grundvatten	24
2.3.2	Grundvattenbildning	24
2.3.3	Grundvattenkvalitet.....	26
2.3.4	Mikrobiologiska barriärer i grundvatten	27
2.3.5	Brunnar och brunnsområden	31
2.4	Enskilda vattentäkter	32
2.4.1	Beskrivning av enskild vattenförsörjning	32
2.4.2	Mikrobiologiska risker.....	33
2.5	Vattenverk	34
2.5.1	Ytvattenverk.....	34
2.5.2	Grundvattenverk.....	37
2.5.3	Styr- regler och elförsörjning.....	37
2.6	Distribution av vatten	38
2.6.1	Ledningsnät	38
2.6.2	Tryckstegringsstationer.....	39
2.6.3	Reservoarer.....	39
3	Skydd av vattentäkt/dricksvattenförekomster.....	40
3.1	Skydd av dricksvattenförekomster.....	41
3.2	Vattenskyddsområde.....	42
3.3	Fysisk planering.....	43
3.4	Tillsyn, tillståndsprövning, föreskrifter enligt miljöbalken	44
3.5	Förvaltningsplaner och åtgärdsprogram enligt vattenförvaltningsförordningen	44
3.6	Planer och program	45
4	Krisberedskap inom vattenförsörjning	46
4.1	Laboratorieberedskap.....	49
5	Pågående klimatförändring (2011–2100)	49

6	Konsekvenser och kostnader för klimatförändringar (2011–2100)	58
6.1	Konsekvenser och kostnader på grund av nederbördsförändringar	61
6.2	Konsekvenser och kostnader på grund av temperaturförändringar	81
6.3	Konsekvenser och kostnader för storm och snöstorm	85
6.4	Konsekvenser och kostnader för förändringar i havsnivå	85
6.5	Konsekvenser och kostnader för enskild vattenförsörjning.....	86
7	Behov av information, föreskrifter, myndighetsåtgärder och forskning.....	88

1 Inledning

Denna utredning har framtagits på uppdrag av regeringens Klimat- och sårbarhetsutredning. Arbetet har bedrivits av en arbetsgrupp, bestående av Mats Bergmark, (utvecklingschef och hydrogeolog, MittSverige Vatten), Per Ericsson (dricksvattenexpert, Norrvatten), Clas Magnusson (avdelningsdirektör, Naturvårdsverket) Gullvy Hedenberg (dricksvattenexpert, Svenskt Vatten), Christina Nordensten (byrådirektör, Livsmedelsverket), Bo Thunholm (hydrogeolog, SGU) samt Olof Bergstedt (utredare, Göteborg Vatten). Mats Bergmark har varit samordningsansvarig för arbetet.

I utredningen har forskare från Chalmers deltagit, med bland annat underlagsrapporter kring olika kostnader för vattenförsörjning. Sveriges Geotekniska Institut (SGI) har i en underlagsrapport studerat ökade föroreningsrisker i samband med klimatförändringar och Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) har i en underlagsrapport studerat konsekvenser för grundvatten. SMHI har bidragit med ett stort material i form av regionala klimatscenarier.

Arbetet har bedrivits i nära samarbete med arbetsgruppen inom Klimat- och sårbarhets-utredningen som studerat hälsokonsekvenser, med representanter från bland annat Smitt-skyddsinstitutet (SMI), Socialstyrelsen, Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) och Centrum för tvärvetenskaplig miljöforskning vid Stockholms universitet (CTM) samt den arbetsgrupp som studerat konsekvenser för ytvattenkvaliteten, med representanter från bland annat Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) och Vattenmyndigheten Norra Östersjön.

Under hösten 2006 skickades en enkät till alla svenska kommuner med frågor om vatten-försörjning och olika sårbarheter för klimatförändringar. Svar har inkommit från 126 kommuner och 226 vattentäkter som tillsammans försörjer 5,5 miljoner invånare. Främst är det huvudvattentäkter, vattenverk och ledningsnät som bedömts. Därutöver har ett antal olika händelser studerats inom vattenförsörjning med anknytning till väderhändelser eller med konsekvenser som kan förväntas öka på grund av klimatförändringarna, främst är det händelser inom Sveriges gränser men även några händelser utomlands.

Den nationella vattenkatastrofgruppen VAKA med en rad dricksvattenexperter, Chalmers dricksvattenforskare samt

SAMVA-gruppen (Samverkansgruppen för vattenkvalitet och vattenförsörjning med representanter från ett stort antal myndigheter och några verksamhets-utövare inom vattenförsörjning) har läst och gett kommentarer till den framtagna rapporten.

1.1 Sammanfattning

Allmän vattenförsörjning är en förutsättning för att vi ska kunna leva och fungera i moderna samhällen. För ca 150 år sedan började dagens VA-system att utvecklas på grund av ideliga vattenburna sjukdomsutbrott i svenska städer. Under en period dog fler människor i städerna än på landsbygden på grund av dessa vattenburna sjukdomar, huvudsakligen orsakade av bakterier. Först byggdes vattenförsörjningen och avloppsvattenledningar och så småningom byggdes även avloppsreningsverk.

Sverige har varit gynnat ur vattenförsörjningssynpunkt, det har varit relativt lätt att finna bra vattentäkter med tillräcklig kapacitet. Hälften av Sveriges kommunala vattenförsörjning kommer från sjöar och rinnande vattendrag. Den andra hälften kommer från grundvatten, där ofta infiltration av ytvatten utgör en viktig del i nybildningen av grundvatten. En god kvalitet på råvattnet från dessa vattentäkter har gjort att reningstekniken i Sverige är relativt enkel. Ca 8 miljoner av Sveriges invånare försörjs från en allmän vattentäkt och ca 1,2 miljoner har en enskild/privat vattenförsörjning, där grundvatten utgör den dominerande delen.

I de scenarier som finns för klimatförändringar kommer Sverige även fortsättningsvis att vara gynnat ur vattenförsörjningssynpunkt, vattentillgångarna kommer att öka på många håll, förutom i de sydöstra delarna där tillgångarna minskar med viss risk för vattenbrist. Men för att kunna tillgodogöra oss den fördel ett modernt samhälle har av en fungerande vatten-försörjning måste vi hantera några hotbilder. Det gäller såväl dagens hotbilder, som kan förstärkas i ett förändrat klimat, som nya hotbilder eller nya förutsättningar.

Svenska vattenverk är konstruerade för att klara smittämnen i form av bakterier. I ytvatten-verk är kemisk fällning och filtrering som avskiljningsbarriär samt klor som desinfektion vanligast. I grundvattenverk används ofta klor (ibland UV-ljus) som desinfektion eller som desinfektion i beredskap. Under senare år har den mikrobiologiska hotbilden börjat förändras både genom ökande

kunskaper och faktiska förändringar. Riskerna för vattenburen smitta genom parasitära protozoer och virus bedöms som större och kommer sannolikt att öka ännu mer på grund av successiva klimatförändringar och kraftig nederbörd. De klordoser som tillämpas i Sverige är i stort sett verkningslösa på parasiter och har måttlig effekt på virus. Avskiljningen via kemisk fällning/filtrering är då den enda barriären i många ytvattenverk och den är inte fullständig. För grundvatten är avskiljningen av virus i marken starkt beroende av olika klimat- och grundvattenförhållanden, som snabbt kan förändras vid extremväder.

En annan del av dagens hotbild är risken att kemiska föroreningar av olika slag kan hamna i en vattentäkt. Vid exempelvis extrem nederbörd, skyfall eller översvämningar finns stor risk att föroreningar på olika sätt mobiliseras och sprids. Det finns skäl att tro att dessa hotbilder ökar på grund av klimatförändringar. I enkätsvaren från svenska kommuner bedömer ansvariga för vattenförsörjning att risken ökar för en allvarlig förorening i samband med översvämningar och/eller skyfall, från många olika föroreningskällor, för 86 % av vattentäkterna. Skydd av vattentäkter/dricksvattenförekomster blir således ännu viktigare i samband med klimatförändringarna.

Vår relativt enkla beredning (behandling) av råvatten (yt- eller grundvatten) till dricksvatten räcker i många fall sannolikt inte till i ett förändrat klimat. Förutom de mikrobiologiska riskerna kommer många svenska vatten successivt att få en ändrad kemi/biologi, till exempel finns tydliga trender att humushalterna och algblomningarna ökar redan idag i många svenska ytvattentäkter. Även distributionen av dricksvatten i ett ledningsnät kan på olika sätt få större påkänningar i ett klimat med större variationer.

Denna rapport handlar främst om vilka hotbilder och andra förutsättningar som förändras när klimatet förändras. I rapporten beskrivs hur vattenförsörjning går till idag, dess känslighet mot klimatförändringarna, bedömningar av skadekostnader samt några förslag till anpassnings-åtgärder med kostnadsuppskattningar. Delar av åtgärdskostnaderna kan vara nödvändiga även utan klimatförändringar, men behoven förstärks på grund av klimatförändringarna.

Den samlade kostnaden för att successivt anpassa svensk vattenförsörjning för ökande risker och nya förutsättningar under perioden 2011–2100 uppgår till minst 5,5 miljarder för kommunal vattenförsörjning och ca 2 miljarder för enskild vattenförsörjning, i

dagens penningvärde. Därtill kommer ökande driftskostnader och kostnader för att vidta lokala åtgärder för att minska föroreningsrisker i skyddsområden för vattentäkter/vattenförekomster. Skadekostnader för vattenförsörjningen och samhället i övrigt uppgår sannolikt till mångmiljardbelopp om åtgärder inte vidtas eller om de görs för sent. Sverige har idag internationellt sett låga kostnader för dricksvattenförsörjning. Det betyder att kostsamma åtgärder kan kräva en märkbar ökning av vattenavgifterna för kommunal vattenförsörjning, men den reella kostnaden per brukare (en ökning med någon/några kr per m³) kommer ändå att vara låg i ett internationellt perspektiv. I tabellen nedan framtagen av den engelska regleringsmyndigheten (OFWAT 2006) jämförs kostnader för vattenförsörjning.

Land	Driftkostnad (£/m ³)	Förnyelse/förbättring (£/m ³)	Kapitalkostn. (£/m ³)	Totalt (£/m ³)
England och Wales	0,32	0,23	0,16	0,70
Scotland	0,32	0,33	0,20	0,86
Skandinavien (Sth, Gbg, Malmö, Hel)	0,17	0,15	0,08	0,41
Nederländerna	0,49	0,18	0,18	0,84
Australien	0,30	0,13	0,12	0,55
USA	0,32	0,08	0,22	0,62

Det finns också ett behov av att komplettera kunskaper om vattenförsörjning på det lokala planet hos kommuner och ett forskningsbehov på det nationella planet. Till exempel går det inte att importera reningsteknik rakt av från varmare länder i Europa eller i världen i våra internationellt sett humusrika och även med ett varmare klimat relativt kalla vatten. Till ägare av privata/enskilda vattentäkter finns ett stort utbildnings- och informationsbehov.

Sannolikt innebär också ett förändrat klimat ett antal överraskningar. Vi måste även ha en beredskap att hantera sådana. Hanterar vi dessa samt hotbilder och förändringar som belyses i rapporten på ett klokt sätt, så kommer Sverige även i framtiden att vara en gynnad nation när det gäller dricksvatten.

Några viktiga punkter för vattenförsörjning i samband med klimatförändringar

Några viktiga punkter för vattenförsörjning i samband med klimatförändringar	
1.	Det är viktigt att analysera lokala sårbarheter för varje vattenförsörjningssystem
2.	Skydda vattentäkter mot ökande risker för både kemiska och mikrobiologiska föroreningar
3.	Där behov finns, öka den mikrobiologiska säkerheten vid beredning av dricksvatten i vattenverken
4.	Vidta åtgärder för att klara de förändringar som uppstår i råvattnets kemiska/biologiska kvalitet och temperatur.
5.	I främst sydöstra Sverige måste åtgärder göras för att hantera en minskad vattentillgång
6.	Distributionssystemet kan utsättas för större påfrestningar. Inom vissa områden ökar till exempel ras- och skredrisker på vattenledningsnätet.
7.	En ökad beredskap att hantera störningar på grund av extremväder eller andra effekter av klimatförändringar som kan påverka både vattentäkter, vattenverk eller distributionsanläggningar.
8.	Uppföljande studier och forskning om klimatförändringarnas påverkan på svensk vattenförsörjning
9.	Utbildnings- och informationsinsatser om klimatförändringarnas betydelse för vattenförsörjning

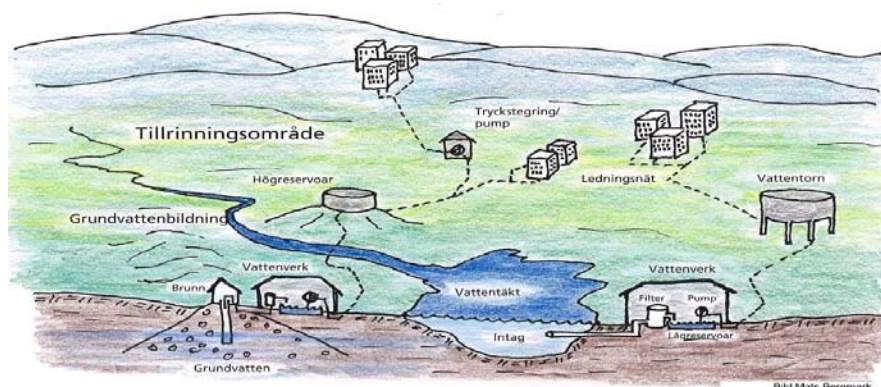
2 Beskrivning av vattenförsörjningens olika delar – påverkan av klimatförändringar och extremväder

När klimatet förändras, ändras förutsättningarna för vattenförsörjning. Vattenförsörjning består av en ”kedja” av funktioner från tillrinningsområdet, vattentäkten, vattenverket samt ett distributionssystem med ledningsnät, tryckstegringsstationer och vattenreservoarer, se figur 1.

Enskild (privat) vattenförsörjning fungerar på ett liknande sätt, men med ett mindre ledningsnät, ofta utan vattenbehandling och vanligtvis med en trycktank/hydrofor som reservoar/tryckutjämnare.

Hur mycket en lokal vattenförsörjning påverkas av klimatförändringar är beroende av många och samverkande faktorer. Påverkan kan bli liten, men kan också innebära att en vattentäkt

eller ett distributionssystem i värsta fall blir obrukbart för ett samhälle. Mest påtagligt kommer vattenförsörjningen sannolikt att drabbas av olika extremväderssituationer, men även förändring av medelnederbörden och medeltemperaturen påverkar.



2.1 Vattenförekomster/Tillrinningsområde

Vissa vattenförekomster i naturen används som råvattentäkt till dricksvattenberedning. En förutsättning är att vattenförekomsten har tillräckligt med vatten (yt- eller grundvatten) av bra kvalitet. I Sverige finns drygt 2000 kommunala vattentäkter och drygt 450 000 enskilda vattentäkter.

2.1.1 Tillrinningsområde för vattentäkt

Alla vattentäkter har ett tillrinningsområde, vilket är det område i naturen där vatten flödar mot vattentäkten som yt- eller grundvatten. Påfyllnad (nybildning) av vatten kommer från nederbörd, vilket gäller både för yt- och grundvatten. Generellt sett ökar nederbörden successivt i samband med klimatförändringar, främst under vinterhalvåret och därmed ökar tillgången på vatten. Undantaget är sydöstra Sverige där vattenbalansen påverkas negativt av klimatförändringarna. Men, även i övriga delar av mellersta och södra Sverige kan perioder med torra sommartid göra att mindre vattentäkter tidvis drabbas av vattenbrist. Vid sådana situationer brukar vattenförbrukningen öka på grund av bevattningsbehov. I

samband med klimatförändringar kan vattenkvaliteten påverkas negativt i tillrinningsområden och därmed även i vattentäkter.

2.1.2 Föroreningsrisker i tillrinningsområdet till vattentäkt

Vid översvämningar och/eller skyfall är risken påtaglig att förorenat översvämningvatten kan hamna i tillrinningsområdet för vattentäkter. Föroreningar kan komma från trafikerade vägar, förorenade markområden, översvämmade cisterner, avloppssystem, betesmark, mm. Föroreningarna kan ge akuta problem av mikrobiologisk karaktär, men med begränsad varaktighet. De kan också vara av karaktären ”miljögifter” som kan ge mer eller mindre permanenta skador på en vattentäkt. Speciellt grundvattentäkter med långsamma flöden och med fastläggning av föroreningar i marken kan skadas för mycket lång tid.

I den enkät som skickades ut till svenska kommuner under hösten 2006 har bland annat ansvariga för vattenförsörjning bedömt föroreningsrisker i tillrinningsområdet för kommunens huvudvattentäkter på en skala 1–5, där 1 motsvarar en liten risk och 5 en mycket stor risk. För 86 % av vattentäkterna bedömer kommunen att det finns en påtaglig risk (3) eller stor förhöjning av risken (4 och 5) för förorening vid översvämning och/eller skyfall, från en eller flera föroreningskällor. I tabellen nedan har svaren sammanställts efter typ av föroreningsrisk.

Enkät svar från 226 svenska vattentäkter (ca 10 % av antalet allmänna vattentäkter) som försörjer 5,5 miljoner människor (knappt 70 % av det kommunala försörjningsbehovet). Framst rör det sig om tätorters huvudtäkter.		
Föroreningskälla	Antal vattentäkter med påtaglig riskökning vid översvämning/skyfall	Antal vattentäkter med stor riskökning vid översvämning/skyfall
Kommunal avloppsrening	20	12
Avfallsupplag	7	3
Dagvatten från stadsmiljö	13	9
Dagvatten från industrimark	14	11
Annan förorening från industrimark	14	8
Förorening från förorenad mark	17	7
Petroleum hantering/förvaring	29	7
Djurhållning	42	23
Förorening från väg	46	18
Jordbruksmark	54	41

En underlagsrapport från SGI, *Ökad risk för förorenings spridning vid klimatförändringar*, pekar på att riskerna för förorenings spridning ökar i samband med översvämningar och/eller skyfall. SGI har speciellt studerat riskerna i samband med översvämningar av förorenad mark, deponier, industrier och industrimark, förorenade sediment i sjöar och vattendrag, avloppsreningsverk, dagvattnet, bensinstationer, mm. En av de faktorer som förväntas leda till en ökad förorenings spridning är erosion samt ras och skred. Det faktum att humusämnen ökar i vattnet samt att sedimenttransporten ökar vid översvämning möjliggör också en ökad partikelbunden spridning av olika föroreningar. Kombinationen först torka och sedan översvämning/skyfall förvärrar spridningsprocesserna av föroreningar.

Möjligheten att skydda vattenförekomster beskrivs under punkten 3.2 Vattenskyddsområde.

2.1.3 Mikrobiologiska risker

Världshälsoorganisationen (WHO) gav 2004 ut sitt nya ramverk med riktlinjer för dricksvatten där man konstaterar att erfarenheten visar att mikrobiologiska risker även fortsättningsvis är det primära i både utvecklingsländer och utvecklade länder. Man understryker behovet av råvattenskydd för den mikrobiologiska säkerheten. Man beskriver hälsoeffekter på kort och lång sikt för ett stort antal organiska ämnen och anger riktvärden baserade på omfattande riskanalyser.

WHO framhåller att generellt är de största mikrobiologiska riskerna förknippade med intag av vatten som förorenats med avföring från människor eller djur (inklusive fåglar). Under vissa omständigheter finns andra typer av mikrobiologiska risker från t ex toxinbildande cyanobakterier, *Legionella* och maskar. Avföringen kan innehålla sjukdomsframkallande bakterier, virus, protozoer och inälvsmaskar. För utvecklade länder pekar man särskilt ut risken med parasitära protozoer eftersom de har lång överlevnad i miljön, hög tålighet mot desinfektion samt dessutom låg infektionsdos. Mikrobiologiska föroreningar till svenska vattentäkter kan till exempel komma från bräddning av avloppsvatten vid skyfall, dagvatten, avsköljning av betesmark vid häftig nederbörd, osv.

För att förhindra vattenburen smitta orsakad av smittämnen som kommer från råvattnet används mikrobiologiska barriärer för att avskilja och inaktivera smittämnen. När huvuddelen av de svenska vattenverken konstruerades ansågs att det var bakterier som utgjorde huvudrisken. Det bästa exemplet på ett "nytt" smittämne och nya kunskaper är protozon *Cryptosporidium*. Först 1976 upptäckte man att den kan infektera människor och vattenburen smitta bekräftades för första gången 1984. Det mest kända vattenburna sjukdomsutbrottet med *Cryptosporidium* som smittämne inträffade i Milwaukee 1993 med 400 000 sjuka och många dödsfall. I händelsekedjan som ledde fram till katastrofen ingår häftiga regn över strandnära betesmark.

Det finns ett mycket stort antal mikroorganismer som kan orsaka sjukdom hos människor. Sårbarheten hos vattenförsörjningssystem beror både på mikroorganismernas egenskaper, och systemens utformning. Tabellen nedan är WHO:s sammanställning av de för internationell vattenförsörjning mest betydelsefulla smittämnen och deras egenskaper. Den komprimerade sammanställningen är förstås inte fullständig och egenskaperna är genera-

liserade. T ex saknas de smittämnen som enligt WHO är potentiella hot för människor med kraftigt nedsatt immunförsvar som *Aeromonas*. För *E-coli*, *Yersinia* och *Campylobacter* finns t ex uppgifter om förökning i vatten under speciella omständigheter. För *Salmonella typhi/paratyphi* finns uppgifter om högre infektionsförmåga. Djur som smittkälla är av mindre betydelse för smittämnen som *Salmonella* och *Campylobacter* på grund av åtgärder som görs i svensk djurhållning. Den sista kolumnen i tabellen är en kompletterande bedömning för svenska förhållanden.

Tabellen är en översättning av "Table 7.1 Waterborne pathogens and their significance in water supplies", sida 122 (WHO 2004) kompletterad med bedömning för Sverige.

	Hälsobetydelse	"Överlevnad" i råvattentäkt vid 20°C	Klor-tålighet	Infektionsförmåga	Djur viktig smittkälla	Betydelse Sverige
Bakterier						
Burkholderia pseudomallei	Låg	Kan föröka sig	Låg	Låg	Nej	
Campylobacter jejuni, C. coli	Hög	Vecka-månad	Låg	Måttlig	Ja	Stor
Eschericia coli, patogena inkl. toxin	Hög	Vecka-månad	Låg	Låg	Ja	Stor
E. coli	Hög	Vecka-månad	Låg	Hög	Ja	
Enterohaemorrhagic						
Legionella spp.	Hög	Förökar sig	Låg	Måttlig	Nej	Stor
Mycobakterier, icke turberkolosa	Låg	Förökar sig	Hög	Låg	Nej	
Pseudomonas aeruginosa	Måttlig	Kan föröka sig	Måttlig	Låg	Nej	
Salmonella typhi	Hög	Vecka-månad	Låg	Låg	Nej	
Andra typer av Salmonella	Hög	Kan föröka sig	Låg	Låg	Ja	
Shigella spp.	Hög	< vecka	Låg	Måttlig	Nej	
Vibrio cholerae	Hög	< vecka	Låg	Låg	Nej	
Yersinia enterocolitica	Hög	> månad	Låg	Låg	Ja	
Virus						
Adenovirus	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Nej	? UV-tålig
Enterovirus	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Nej	
Hepatit A	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Nej	
Hepatit E	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Kanske	
Norovirus och Sapovirus	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Kanske	Stor
Rotavirus	Hög	> månad	Måttlig	Hög	Nej	
Protozoer						
Acanthamoeba spp.	Hög	> månad	Hög	Hög	Nej	
Cryptosporidium	Hög	> månad	Hög	Hög	Ja	Mycket stor
Cyclospora cayentanensis	Hög	> månad	Hög	Hög	Nej	
Etamoeba histolytica	Hög	Vecka-månad	Hög	Hög	Nej	
Giardia intestinalis	Hög	Vecka-månad	Hög	Hög	Ja	Mycket stor
Naegleria fowleri	Hög	Kan föröka sig i varmt vatten	Hög	Hög	Nej	Vid ökad temperatur?
Toxoplasma gondii	Hög	> månad	Hög	Hög	Ja	
Inälvsmaskar						
Dracunalus medinensis	Hög	Vecka-månad	Måttlig	Hög	Nej	
Schistosoma spp.	Hög	< vecka	Måttlig	Hög	Ja	

Typiska vattenburna smittämnen är enligt WHO de som kommer med avföring och behåller sin infektionsförmåga en tid i vatten, men som normalt inte förökar sig utanför kroppen. Generellt kan man säga att dessa har en kortare "överlevnad" vid högre temperatur. Ett varmare klimat ger därför inte ökade risker för vattenburen smitta från dessa, utan den ökade risken är kopplad till regn, översvämningar och skador i samband med extremt väder.

Bakterier som *Campylobacter* och *E. coli* reduceras normalt effektivt i ytvattenberedning och riskerna är därför i huvudsak allvarliga störningar i beredningen, ytvattenpåverkade grundvatten utan desinfektion och förorening under distribution. Det bör uppmärksammas att sjöfågel ofta är bärare av *Campylobacter* och även kan föra med sig andra smittämnen. Många virus (t ex norovirus, vinterkräksjuka) behåller sin infektionsförmåga länge i vatten, har låga infektionsdoser och är relativt tåliga mot klor. Konventionell ytvattenberedning är därför sårbar för hög virusbelastning och störningar i beredningen. Parasitära protozoer som *Cryptosporidium* och *Giardia* som behåller sin infektionsförmåga länge i vatten, har låga infektionsdoser och har hög tålighet mot klor, där är konventionell beredning mycket sårbar.

Med en förväntad ökad temperatur är smittämnen som kan föröka sig i dricksvatten av speciellt intresse. *Legionella* vars smittväg är genom inandning av aerosoler via till exempel varmvatten vid dusch är betydelsefull redan idag. Med ökad temperatur skulle tillväxt i distributionssystem med bristfälligt renat dricksvatten kunna öka riskerna. *Aeromonas* som är allmänt förekommande i låga halter kan tillväxa i distributionssystem och med ökande temperatur skulle riskerna kunna öka. Alla risker är inte möjliga att förutse och ett ökat inflöde av turister eller flyktingar till Sverige skulle kunna förändra hotbilden ytterligare.

2.2 Ytvatten och ytvattentäkter

Normalt är grundvatten att föredra när det gäller produktion av dricksvatten, eftersom grundvattnet normalt har en jämnare och bättre vattenkvalitet än ytvatten. Tillgången på grundvatten är dock begränsad i stora delar av Sverige och ca 50 % av Sveriges vattenförsörjning baseras direkt på sjöar och rinnande vattendrag. Många av Sveriges större tätorter baserar sin vattenförsörjning på ytvattentäkter.

2.2.1 Ytvatten och vattenkvalitet

Ytvattnet ingår i vattnets kretslopp mellan hav, atmosfär och land och består av en blandning av vatten med olika karaktär och sammansättning. En del av det regnvatten som faller avdunstar direkt från våta ytor eller markavrinner från hårdgjorda ytor. Resten tränger ned i marken och tas delvis upp av växtligheten och avdunstar på nytt. Överskottet fortsätter nedåt och bildar grundvatten. Efter att ha passerat genom jordens porsystem och ibland bergets spricksystem tränger vattnet i dagen igen i lågpunkter i terrängen så kallade utströmnings-områden och vidare via bäckar, åar och sjöar ut i havet där vattnets kretslopp börjar på nytt. Sjöar och andra vattendrag kan också beroende på grundvattenytans läge återinfiltrera (inducera) ytvatten till grundvatten. Under kretsloppet kommer vattnet att transportera och lösa en mängd ämnen som det kommer i kontakt med både naturliga och från olika mänskliga aktiviteter.

Ett ytvattendrags vattensammansättning varierar både under året och från år till år beroende på en komplex samverkan mellan olika faktorer, såsom typ och art av jordarter inom tillrinningsområdet, markanvändning i form av andel jord- resp. skogsmark m.m., eventuell tillförsel av föroreningar via dag- och avloppsvattenutsläpp, lakvatten från tippar m.m. Drivande faktor för ämnestransporter är framförallt nederbördens storlek, intensitet och variationer under året. Stor nederbörd under höst, vinter och vår ökar t.ex. ämnestransporterna vilket medför försämrad vattenkvalitet i form av ökad grumlighet, färg (humus), halt närsalter m.m. Motsatsen gäller under torra perioder.

I vattendragen sker sedan en viss självrening av tillförda ämnen genom fastläggning i bottensediment, nedbrytningsprocesser, upptag i organismer m.m. Organiska ämnen kan också nybildas genom bl.a. alg tillväxt. Generellt ökar inverkan av dessa processer vid lång uppehållstid för vattnet i vattendraget och minskar vid kort. Vid höga flödes hastigheter i ytvattendrag, i samband med extrema regn, kan till exempel ackumulerade föroreningar i bottensediment erodera fram och frigöras igen.

2.2.2 Ytvattenkvalitet - klimatpåverkan

Vattenkvaliteten i ytvatten och därmed i inkommande råvatten till vattenverken varierar starkt, både under året och från år till år. Klimatfaktorer spelar här en stor roll, bl.a. kort- och långvariga variationer i främst nederbörd och temperatur.

Nederbördsökning – successivt försämrad vattenkvalitet

Enligt de klimatscenarier som tagits fram för perioden 2010–2100 beräknas nederbörden att successivt öka under höst, vinter och vår. Under denna tidsperiod är vattenupptaget i växter och avdunstning till luft som lägst, vilket medför ökad tillrinning och med denna kopplad ökad ämnestransport till vattendragen. Vattenkvaliteten kommer då att gradvis att försämrans speciellt när det gäller färg (ökande humushalter), grumlighet, närsalthalter m.m. Denna trend är tydlig i södra och mellersta Skandinavien redan idag.

Temperatur

Ett varmare klimat med högre ytvattentemperaturer sommartid kan gynna tillväxten av blågrönalger i många vattendrag. Några arter kan producera toxiner, som kan bli ett växande hälsoproblem. I en rapport (EEA CC and water adaptation issues report) finns uppgifter om att sådana problem redan kan skönjas inom EU.

Ett varmare klimat leder också till ökad risk för syrebrist i bottenvattnet i sjöar sommartid i och med att vattendragen blir temperaturskiktade under längre tid än i nuvarande klimat. Syrebrist kan i sin tur orsaka utlösning av metallerna järn och mangan till vattnet liksom fosfor från bottensedimenten.

Även i enkätsvaren från kommunerna syns dessa trender. Av svar omfattande 33 ytvattentäkter som tillsammans försörjer 3,5 miljoner människor har 20 av dessa redan idag tydliga trender av kvalitetsförändringar i form av ökande färg (humus) och grumlighet, ökande temperaturer eller ökande algstörningar. I några täkter upplevs också andra kemiska förändringar och en takt har en ökande trend av totalantalet av bakterier. Ökande humushalter medför allt större reningstekniska problem vid vattenverken.

Extremväder

Det sätt som nederbörden faller på har stor betydelse för ämnes-transporterna. Kraftigt regn kopplat till översvämning ökar risken för att mikrobiella och kemiska föroreningar kan mobiliseras och transporteras ut i täkten. Exempel på kemiska föroreningar är t.ex. olja/bensin, lösningsmedel m.m. från industrimark, villatankar m.m., medan de största mikrobiella riskerna är kopplade till bräddning av avloppsvatten, gödselhantering samt vatten från betesmark. Reningstekniken vid svenska ytvattenverk är till skillnad mot de på kontinenten inte anpassade för att kunna rena starkt kemiskt eller mikrobiellt förorenat råvatten.

2.2.3 Svenska ytvattentäkter

Utmärkande för ytvatten i Skandinavien är att de ofta innehåller relativt höga halter av humusämnen. Humusämnen, som helt dominerar det organiska innehållet i naturvatten, utgörs främst av olika nedbrytningsprodukter från växtriket. Färsk högmolekylär humus (humus-syror), som är färgad, är relativt lätt att rena bort med konventionell fällningsteknik medan mer nedbruten och ofärgad humus (fulvosyror) till stora delar passerar igenom reningsprocesserna vid vattenverken och över till dricksvattnet. De senare stör efterföljande reningssteg (desinfektions- och eventuella aktivt kolfiltersteg) samt ökar risken för tillväxt av mikroorganismer i distributionsnätet.

Nedbrytningshastigheten för humus styrs av faktorer som är klimatberoende bl.a. temperatur, solljus, mikrobiella förhållanden samt vattnets uppehållstid i vattendraget. Problemen kommer att vara både ökande halter för vattentäkter med kort omsättningstid, men även problem för de vattenverk som tar vatten från täkter med lång omsättningstid för vattnet, d.v.s. där humusen delvis hunnit brytas ned i mindre och mer svårrenade former.

I Mälaren är t.ex. humushalterna höga i inloppen till sjön men avtar sedan successivt mot sjöns utlopp där Storstockholm tar sitt råvatten. Medeluppehållstiden för vattnet är ca 2 år. Under denna tid minskar humushalterna totalt medan andelen svårfälld humus ökar. Sedan 1990-talet finns en trend mot stigande humushalter i sjön, vilket utgör ett allt större reningstekniskt problem för de stora vattenverken i Stockholm.

En del ytvattentäkter är recipienter för både avlopps- och dagvatten. Avloppsvatten innehåller trots rening oönskade ämnen och sjukdomsframkallande mikroorganismer. Dagvatten är också påverkat av föroreningar från olika mänskliga aktiviteter t.ex. polyaromatiska föreningar, olje- och bensinrester, tungmetaller mm från vägtrafik och så vidare. Även halterna av bakterier och andra oönskade mikroorganismer kan vara höga i dagvatten (hundlortar, fågelavföring, etc.).

Sveriges glesa befolkning gör dock att utsläppsmängderna är relativt begränsade i förhållande till recipientens vattenvolym. Föroreningar späds därför normalt ut kraftigt från utsläppspunkt till råvattenintag, vilket i kombination med en viss självrening i vattendraget, medför att föroreningsnivåerna generellt är låga i svenska ytvattentäkter. Klimatförändringen kan dock ändra på detta förhållande. Vid t.ex. skyfall i kombination med översvämning av omgivande mark, händelser som väntas inträffa allt frekventare i framtiden, kan föroreningar från land mobiliseras och transporteras ut till tälkten. Ur mikrobiologisk synpunkt är nödvårdning och bräddning av orenat avloppsvatten samt djurhållning och gödsel de största hoten. Ur kemisk synpunkt kan det vara till exempel olja och bensin. Även relativt låga halter av föroreningar kan orsaka mycket allvarliga störningar i dricksvattenproduktionen. Lukttröskeln för dieselolja är t.ex. ca 5 mikrogram/l, en liter diesel i 300 000 liter vatten gör att dricksvattnet blir otjänligt av luktskäl.

Många ytvattentäkter är påverkade av närsalter, som härrör från läckage från jordbruksmark, enskilda avloppsanläggningar m.m. Höga närsalthalter, främst fosfor, gynnar uppkomsten av tidvis kraftiga algbloomningar i vattendragen, vilket i sin tur kan orsaka besvärande störningar på inkommande råvattenkvalitet. Algerna kan t.ex. bilda starkt lukt- och smakstörande ämnen, lätt nedbrytbara organiska ämnen, algtoxiner m.m. vilka samtliga är svåra att avskilja med konventionell reningsteknik.

Transporten av närsalter från mark till vatten är beroende av nederbördsförhållanden och temperatur. Mer nederbörd ökar tillförseln och tvärtom under torrare perioder. Klimatscenerierna tyder på ökad nederbörd höst, vinter och vår i Sverige, vilket i kombination med ökad frekvens av tillfällen med kraftig nederbörd sannolikt ökar tillförseln av närsalter och därmed eutrofieringsgraden i många vattentäkter.

Ett varmare klimat kan som tidigare nämnts medföra problem med syrebrist i bottenvattnet i sjöar, vilket kan orsaka problem

med utlösning av de störande metallerna järn, mangan och fosfor. Fosforutlösning kan i sin tur medföra ökande problem med algblomningar.

Hög råvattentemperatur sommartid kan också öka risken för mikrobiell tillväxt i distributions-näten. En ökning med ca 10°C fördubblar t.ex. tillväxthastigheten för bakterier. Risk finns för då lukt- och smakstörningar, grumling m.m. på vattnet samt ökad mikrobiell korrosion på vissa ledningsmaterial. Riktvärdet för temperatur 12°C och gränsvärdet för tjänligt med anmärkning är 20°C enligt gällande Svenska dricksvattenföreskrifter. Hög vattentemperatur medför också att klor och andra desinfektionsmedel, som tillsats till utgående dricksvatten, snabbt klingar av ute i distributionsnätet, vilket ytterligare ökar risken för bakterietillväxt.

2.2.4 Vattenintag

I djupare sjöar sker en skiktning av vattenmassan sommartid beroende på täthetsskillnader i vattnet. Varmt och lättare ytvatten skiktas in sig ovanpå ett kallare och tyngre bottenvatten, vilket förhindrar att vattenmassorna blandas med varandra. En mycket långsam blandning sker dock beroende på vindinducerade strömmar, varvid språngskiktet sakta sjunker samtidigt som bottenvattnet långsamt värms upp. Djupa råvattenintag i sjöar, under temperatursprång-skiktet, är normalt att föredra då ett visst skydd mot ytliga föroreningsutsläpp erhålls. Ett kallt vatten är också ur estetisk synpunkt att föredra och det minskar också risken för mikrobiella problem i distributionsnätet.

Lång skiktningstid av vattenmassorna medför dock ökad risk för syrebrist i bottenvattnet, speciellt i näringsrika sjöar och med denna en kopplad risk för utlösning av svårrenade järn och mangankomplex. En del ytvattentäkter är dock förhållandevis grunda, vilket gör att språngskiktet når ned till intagsnivån redan under sensommaren, varvid det kan uppstå problem med hög råvattentemperatur. Skyddet mot ytliga föroreningsutsläpp såsom dagvatten, bensin/olja från båttrafik med mera minskar också.

2.3 Grundvatten och grundvattentäkter

2.3.1 Grundvatten

För allmän vattenförsörjning står grundvatten för ca 50 % av försörjningen. I ca 25 % av grundvattentäkterna förstärks grundvattenbildningen genom konstgjord infiltration av ytvatten. För enskild vattenförsörjning är grundvatten den helt dominerande källan. Ca 1,2 miljoner av landets befolkning har enskild vattenförsörjning och ytterligare lika många som har enskild vattenförsörjning vid sitt fritidsboende.

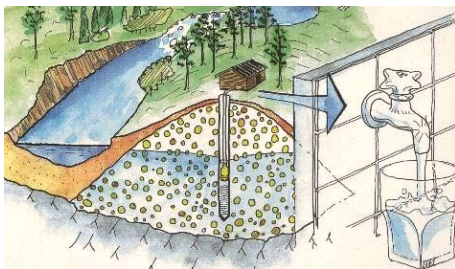
Grundvatten finns i markens porer (hålrum) i jordlagren eller i bergets sprickor. För att göra ett stort uttag av grundvatten i ett brunnsområde krävs större formationer med grovkorniga jordlager eller berg med större krosszoner för att få tillräcklig tillrinning av grundvatten. De flesta stora grundvattentäkter är förlagda i isälvsavlagringar (grusåsar och deltan), medan de mindre vattentäkterna kan vara förlagda i mindre skikt med grovkornigare jordarter eller vara borrhålor i berg med små sprickzoner. Precis som ovanpå marken rinner grundvatten från högre belägna områden mot lägre. När ett uttag av grundvatten görs i en brunn sänks också grundvattennivån kring brunnen. På så sätt förstärks ett grundvattenflöde mot brunnen. Grundvattnets flödes hastighet kan variera mycket påtagligt beroende av markens genomsläpplighet eller bergets sprickförekomster. Därför är det av stor vikt att känna till markens eller bergets egenskaper i tillrinningsområdet för att förstå dess utformning och utbredning. Detta är en viktig kunskap för att kunna skydda en vattentäkt mot föroreningar. Klimatförändringar kan påverka uppehållstiden i marken och därmed många av de processer som bland annat ger reduktion av mikrobiologiska smittämnen.

2.3.2 Grundvattenbildning

Hur grundvattnet nybildas är också viktigt för att förstå hur ett tillrinningsområde fungerar. Nybildning kan ske på två sätt. Det ena sättet är regn som faller på marken och som infiltrerar direkt till grundvattnet och det andra sättet är ytvatten som infiltrerar från sjöar och vattendrag. Grundvattenbildningen måste vara minst lika stor som uttaget av grundvatten, annars sinar vattentäkten. I

vissa fall kan grundvattnet ersättas av äldre grundvatten med en annan kvalitet, till exempel med högre salthalt.

För de flesta större grundvattentäkter i Sverige står ytvatten från sjöar och vattendrag för en betydande del av grundvattenbildningen. Detta kan ske naturligt (inducerad infiltration, se figur 2) som ofta förstärks genom att grundvatten-ytan sänks vid uttaget, men i många vattentäkter förstärks också grundvatten-bildningen med infiltration av ytvatten i bassänger (konstgjord infiltration).



Figur 2 Grundvattentäkt med inducerad (naturlig) infiltration från ytvatten

Många av de mindre vattentäkterna, men även några större, har sin grundvatten-bildning i huvudsak från infiltration av nederbörd. För de större vattentäkter som har sin grundvattenbildning baserad på nederbörd krävs stora arealer för att få tillräcklig grundvatten-bildning. Ett exempel på ett sådant större grundvattenmagasin är Kristianstadsslättens grundvattenmagasin, Sveriges till ytan största grundvattenmagasin.

I enkäten till svenska kommuner erhöles svar från 31 grundvattentäkter vars grundvatten-bildning främst baseras på konstgjord infiltration, ca 1 miljon människor försörjs från dessa vattentäkter. Från 62 grundvattentäkter som helt eller delvis baserar sin grundvattenbildning på inducerad infiltration och som försörjer ca 0,5 miljoner människor. De 87 vattentäkter som enligt enkäten baserar sin grundvattenbildning på nederbörd som infiltrerar direkt i marken försörjer ytterligare ca 0,5 miljoner människor.

SGU konstaterar i en rapport ”*Kan grundvattenmålet klaras vid ändrade klimatförhållanden, SGU-rapport 2007:9*” att sammantaget över året ökar grundvattenbildningen och grundvattennivåerna höjs med undantag för sydöstra Götaland där nivåerna beräknas sjunka. Ett annat undantag är mindre grundvattenförekomster som är känsliga för torrperioder, främst då enskild vattenförsörjning och

mindre kommunala täkter. Sommartid i södra och mellersta Sverige beräknas tillgången i dessa grundvattenmagasin tidvis minska. För 19 % av grundvattentäkterna i enkätundersökningen bedöms att det finns risk för att allvarlig vattenbrist kan uppstå vid långvarig torka, för 10 % anges denna risk som okänd. Täkter som bygger sin grundvattenbildning på infiltration av ytvatten är dock i allmänhet mindre känsliga än vattentäkter som är beroende av direktinfiltrerad nederbörd.

2.3.3 Grundvattenkvalitet

Grundvatten utgör ofta en god råvara i dricksvattenproduktion, ibland så bra att det kan användas utan föregående beredning (rening i vattenverk). Vattnet har normalt sett en god mikrobiologisk kvalitet beroende på vilket sätt grundvattenbildning sker och på uppehållstiden i marken. Naturligtvis påverkar också föroreningskällor.

Efter infiltration förändras vattnets kvalitet i marken eller i berget. Hur lång uppehållstiden är från infiltration till att vattnet tas upp i ett brunnsområde är avgörande för vattnets kvalitet. Generellt sett ökar grundvattnets ålder (uppehållstiden) med djupet i jord och berg. För djupborrade brunnar med små uttag kan vattnets ålder uppgå till många år. För större vattentäkter med större uttag är ofta uppehållstiden betydligt mindre.

De processer som sker i den luftade markzonen (omättad zon) vid infiltration, innan vattnet når ned till grundvattenytan i marken, är av stor betydelse för vattnets kvalitet. Se även avsnittet 2.3.4. Vid inducerad infiltration saknas denna luftade markzon, marken är i dessa fall helt vattenmättad vid infiltrationen. Därför behövs där längre uppehållstider i grundvattenfasen för en god mikrobiologisk vattenkvalitet.

Några viktiga kemiska, fysikaliska och biologiska processer som sker i marken eller i berget efter infiltration är att turbiditeten (grumligheten) minskar, den totala salthalten ökar med uppehållstiden, främst jonslagen kalcium och vätekarbonat. Halten organisk substans minskar genom nedbrytningsprocesser som leder till att syrehalten minskar. Vid syrebrist går järn och mangan i lösning och svavelväte kan bildas. Andra ämnen som kan lösas till grundvattnet är exempelvis fluor, radon, arsenik mm, beroende på innehåll i den geologiska formationen. Mikroorganismer reduceras olika snabbt i

marken beroende på flöden och hydrogeologiska förutsättningar, se avsnitt 2.3.4. Ovan nämnda processer i marken kan variera högst påtagligt på grund av väder och klimat, som påverkar det infiltrerande vattnets ursprungs kvalitet, grundvattenbildningens storlek, grundvattennivåer och flöden samt uppehållstider i grundvattnet. Stora förändringar kan till exempel uppstå i samband med översvämningar eller höga flöden i ytvatten.

I enkätsvaren finns 11 grundvattentäkter där trender till kvalitetsförsämringar har skett som kan kopplas till successiva förändringar i klimatet. Dessa kvalitetsförsämringar har bestått i ökande färgtal, högre järn- och manganhalter samt att infiltrationsdamarna måste rensas allt oftare. För 11 täkter har också tillfälliga kvalitetsförsämringar skett vid höga flöden.

Av stor vikt är också att minska risker för föroreningar som kan försämra grundvattnets kvalitet. Föroreningsutsläpp kan om de är stora slå ut en grundvattentäkt. Ofta blir tärkten skadad för lång tid på grund av att omsättningen är långsammare än i ytvatten och att fastläggning av föroreningar sker i marken. Små och frekventa föroreningsutsläpp kan med tiden ackumuleras i ett grundvattenmagasin och successivt vålla allt större problem, vilket också SGU påpekar i sin rapport.

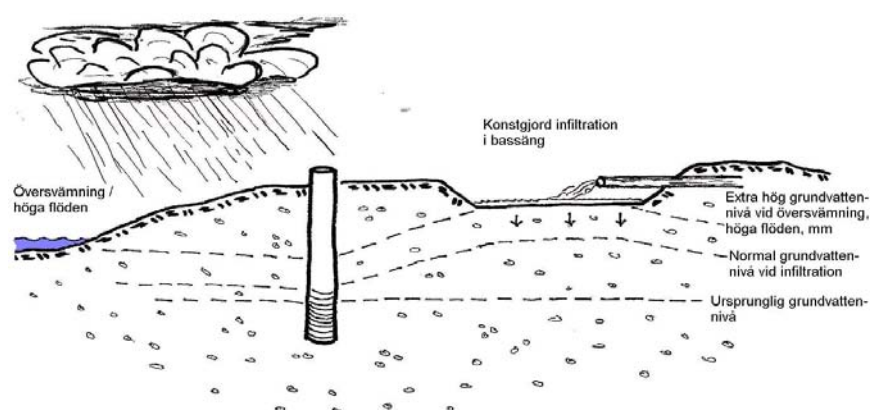
2.3.4 Mikrobiologiska barriärer i grundvatten

I Livsmedelsverkets dricksvattenföreskrifter ställs krav på att beredningen av dricksvatten ska ha tillräckliga mikrobiologiska säkerhetsbarriärer. Vägledningen till föreskrifterna påpekar till exempel att det är viktigt ”att det finns en omättad zon, helst 1 m, ovanför grundvattenytan”, vid konstgjord infiltration. Om den efterföljande uppehållstiden i grundvattenfasen är längre än 14 dagar räknas vattnet som grundvatten med betydligt mindre krav på mikrobiologiska barriärer i vattenverket. För inducerad infiltration saknas vägledning i svenska föreskrifter.

I de normala mikrobiologiska analyserna för svenskt dricksvatten analyseras regelbundet indikatorbakterier (t.ex. *E. coli* som indikerar färsk avföringspåverkan). Dessa är dock betydligt känsligare än smittämnen som parasitära protozoer och känsligare än många virus. Närvaron av *E. coli* är därför en mycket stark indikator på smittrisk medan frånvaro av *E. coli* säger mycket lite om

smittrisken. Virus analyseras idag normalt inte och analyserna av parasiter är sporadiska

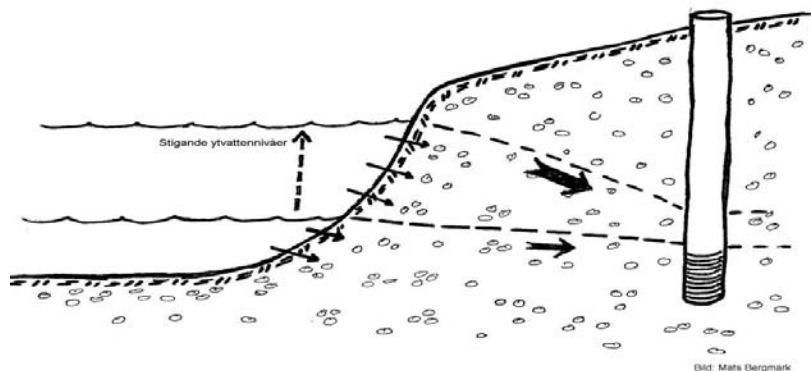
I en litteraturstudie (Engblom *et al* 2006) om mikrobiologisk barriäreffekt vid konstgjord grundvattenbildning konstateras att bland de många faktorer som påverkar barriäreffekten så har omättad zon en stor betydelse för avskiljning av smittämnen, inte minst virus. För de infiltrationsanläggningar som idag har ett fåtal meter omättad zon skulle en ökning av grundvattennivån kunna innebära en ökad risk för virusmitta. Grundvattennivån under en infiltrationsbassäng är förhöjd på grund av infiltrationen och för många anläggningar mäts inte den verkliga omättade zonen. En ytterligare höjning av grundvattennivån i samband med höga flöden i omgivningen kan öka riskerna, se figur 3.



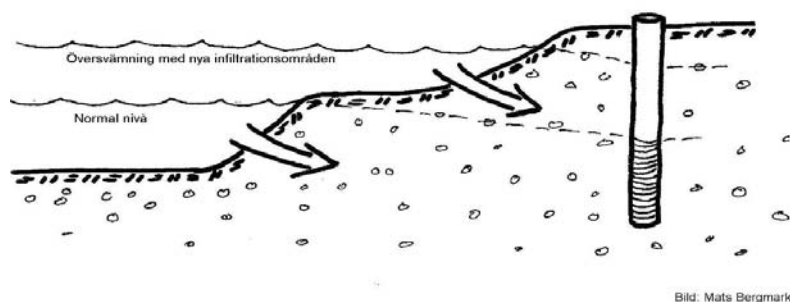
Figur 3. Minskad eller eliminerad omättad zon vid konstgjord infiltration i samband med höga grundvattennivåer (t.ex. vid höga flöden/översvämningar i omgivningen).

För inducerad infiltration, utan omättad zon, så tillämpar Nederländerna och Tyskland 40–60 dagars uppehållstid i grundvatten som regel för tillräcklig virusreduktion, även om det finns undersökningar som i viss mån tyder på att uppehållstiden kan behöva förlängas ytterligare (Shijven, 2001). Många stora grundvattentäkter i Sverige baserar sin grundvattenbildning på inducerad infiltration. Vid höga nivåer i ytvatten eller vid översvämningar

ökar infiltrationen och ofta förkortas uppehållstiderna betydligt och därmed ökar riskerna för virusmitta, se figur 4 och 5.



Figur 4. Minskad uppehållstid i grundvattenfasen vid inducerad infiltration vid kraftigt stigande ytvattennivåer.



Figur 5. Minskad uppehållstid i grundvattenfasen på grund av att nya infiltrationsytor skapas i samband med översvämning.

Enkätsvaren för svenska vattentäkter visar att uppehållstiden bedöms till mindre än 40 dygn i 23 grundvattentäkter med konstgjord/inducerad infiltration. Sårbarheten för påverkan av smitt-

ämnen vid översvämningar och skyfall kan vara stor för dessa, speciellt om luftad markzon saknas eller är någon enstaka meter. För 18 vattentäkter bedöms uppehållstiden ligga mellan 40–100 dygn. Där kan risken öka om uppehållstiden minskar vid höga flöden. För ytterligare 39 grundvattentäkter angav verksamhetsutövaren att uppehållstiden är okänd.

Låg vattentemperatur, högt humus innehåll och jonsvaga vatten är faktorer som kan påverka virusreduktionen. Successiva klimatförändringar kan därmed både öka och minska riskerna ur dessa aspekter. Högre vattentemperaturer minskar riskerna, medan högre humus innehåll och jonsvagare vatten ökar riskerna. Därtill ska en påtaglig risk för ökad tillförsel av virus och parasiter till exempel genom nödavlledning av avloppsvatten eller ökad bräddning, ökad mängd dagvatten eller genom avsköljning av betesmark i samband med skyfall och/eller översvämning läggas till, förutom de förändringarna som kan uppstå i både omättad zon och uppehållstid i grundvattenfasen innan vattnet upptas i brunnar.

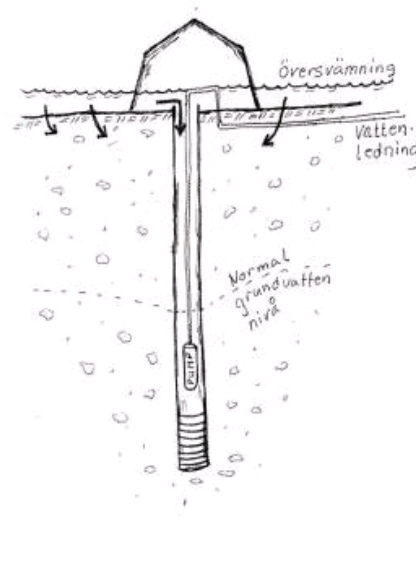
Klimatkonsekvenser som högre humus innehåll och jonsvagare vatten minskar virusreduktion. Dessa effekter uppvägs bara delvis av den förbättrade reduktion som periodvis varmare vatten ger. Den mikrobiologiska barriärverkan kan därför försämrats samtidigt som risken för avföringspåverkan ökar. Vattentäkter med korta uppehållstider kan redan idag ha små säkerhetsmarginaler mot vattenburen smitta och är därför särskilt sårbara. I nedanstående tabell redovisas uppehållstider i grundvattenfasen för de vattentäkter som ingick i enkätundersökningen och som har konstgjord infiltration och inducerad infiltration som bas i grundvattenbildningen. Dessa vattentäkter försörjer 1,5 miljoner invånare i Sverige.

Uppehållstid i grundvattenfasen Enkät svar från Svenska vattentäkter	Antal vattentäkter med konstgjord infiltration (har luftad markzon)	Antal vattentäkter med inducerad infiltration (har ingen luftad markzon)	Mikrobiologisk känslighet vid översvämningar, höga flöden och/eller skyfall, speciellt för virus.
Mindre än 15 dygn	9	3	Kan vara mycket stor, speciellt om den luftade markzonen minskar eller saknas.
15-20 dygn	4	2	Kan vara mycket stor, speciellt om den luftade markzonen minskar eller saknas.
20-40 dygn	5	0	Kan vara stor, speciellt om den luftade markzonen minskar eller saknas.
40-60 dygn	4	4	Finns, speciellt om den luftade markzonen minskar och om uppehållstiden minskar.
60-100 dygn	3	7	Finns om den luftade markzonen minskar och om uppehållstiden minskar.
Mer än 100 dygn	2	11	Mindre, men finns om uppehållstiden minskar påtagligt.
Okänd uppehållstid	4	35	Okänd

2.3.5 Brunnar och brunnsområden

Brunnskonstruktioner skiljer sig åt men kan grovt delas in i grävda brunnar och rörbrunnar i jordlagerakvifärer samt borrhade brunnar i berg. Grävda brunnar kan t ex bestå av nedgrävda betongringar till grundvattnet och når främst det yttligare grundvattnet i marken. Rörbrunnar drivs eller borrhade ofta till djupare lager i marken. De består av ett foderrör från markytan ned till brunnsilen där grundvattnet släpps in. Borrhade brunnar består av ett foderrör genom marklagren och ett borrhade hål i berggrunden. I de flesta fall monteras en dränkbar pump i grundvattnet i brunnen. Över brunnen placeras ofta en brunnsöverbyggnad som kan ha olika

utförning. Hur brunnen och brunnsover-byggnaden är utförd och placerad är många gånger avgörande för i vilken omfattning brunnen tål extrem nederbörd eller snösmältning utan att påverkas av inläckande ytvatten. Figur 6 visar ett översvämmat brunnsområde för Alvestas vattenförsörjning sommaren 2004. Vattenförsörjningen belades med kokningspåbud i fyra veckor.



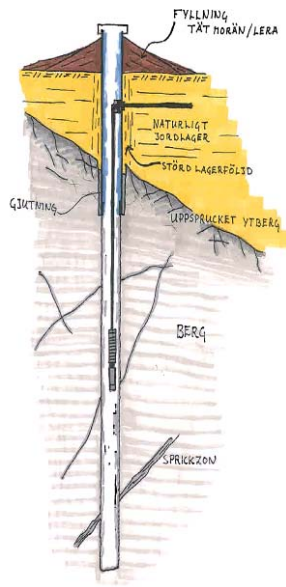
Figur 6 Översvämmat brunnsområde i Småland 2004

2.4 Enskilda vattentäkter

2.4.1 Beskrivning av enskild vattenförsörjning

Den vanligaste formen av enskild vattenförsörjning är bergbörade brunnar, se figur 7. De flesta tar ett vattenprov när brunnen anläggs och därefter tas ofta inga nya prover för att följa upp vattenkvaliteten och dess variationer. Antalet parametrar som analyseras är också ofta begränsad till ett minimum och kunskapen om vattenkemi och biologi är vanligtvis liten hos den ansvarige enskilde brunnägaren.

Brunnens omgivning är avgörande för hur den klarar av extremväder och ett förändrat klimat. Som bilden visar är det viktigt att marken lutar från brunnen, så att inte ytvatten kan tränga in. Därutöver gäller samma risker som beskrivits ovan vad gäller föroreningar och förändrade flödesförhållanden i grundvattnet, i samband med extremväder och förändrat klimat. Enskilda brunnar har i allmänhet grundvattenbildning från nederbörd och är om de ligger högre i terrängen känsliga för torrperioder. Grävda brunnar och grunda bergborrade brunnar tar sitt vatten från det ytliga grundvattnet och påverkas lättare av både föroreningar och vattenbrist vid torka. Enskild vattenförsörjning slutar ofta att fungera vid elavbrott och magasinvolymerna i tryckkärl/hydroforer är små.



Figur 7 Bergborrade brunn

2.4.2 Mikrobiologiska risker

Enskilda grundvattentäkter kan ofta ha en avsiktlig eller oavsiktlig avloppsinfiltration i närområdet, vilket innebär en förhöjd risk för mikrobiologisk förorening speciellt i samband med väder som skapar höga grundvattennivåer. Enskild vattenförsörjning i samband med jordbruk och boskapsskötsel kan också förorenas från gödselhantering.

2.5 Vattenverk

Vattenverkens placering är ibland av naturliga skäl nära vatten, i vissa fall på mer eller mindre översvämningskänslig mark. I samband med översvämningarna i Småland 2004 förekom att både vattenverk och grundvattentäkter översvämmades.

2.5.1 Ytvattenverk

Allt ytvatten måste genomgå någon form av rening för att bli ett fullgott dricksvatten. Partiklar inklusive sjukdomsalstrande mikroorganismer, humusämnen, lukt- och smakstörande ämnen från alger m.m. måste avskiljas eller i fallet mikroorganismer alternativt avdödas. Dricksvattnet måste också vara fritt från hälsofarliga kemiska ämnen. Efter rening krävs normalt också en justering av pH, hårdhet eller alkalinitet i syfte att minska korrosionsegenskaper, risken för utfällning av kalk m.m.

De flesta ytvattenverk i Sverige tillämpar en relativt enkel behandling/reningsteknik, som är anpassad för hygieniskt bra råvatten. Processen utgörs i regel av följande steg:

- a) Grovsilning alt. mikrosilning av inkommande råvatten för avskiljning av grövre partikulärt material (fisk, zooplankton m.m.).
- b) Vid behov höjning av vattnets alkalinitet med hjälp av kalk/kolsyra.
- c) Kemisk fällning med ett järn- eller aluminiumsalt.
- d) Avskiljning av bildad flock genom sedimentering + filtrering.
- e) Reduktion av eventuella lukt- och smakstörande ämnen genom antingen adsorption på aktivt kol eller mikrobiologisk reduktion i s.k. långsamfilter.
- f) pH-justering för att minska vattnets korrosiva egenskaper.
- g) Desinfektion med klor, klordioxid eller UV-ljus.

Kemisk fällning

Hjärtat i dricksvattenberedningen är den s.k. kemiska fällningen av råvattnet, vilket i princip är samma typ av process som sker naturligt i marken vid grundvattenbildning. Principen är att överföra små ej filtrerbara partiklar liksom lösta humusämnen till större

aggregat, som sedan kan avskiljas från vattnet genom sedimentering och/eller filtrering. Behandlingen ger ingen fullständig avskiljning av oönskade ämnen eller mikroorganismer. Ca 99 % av partiklarna avskiljs, inklusive mikroorganismer. Av råvattnets humushalt kan ca 50 till nära 100 % tas bort beroende på dess kemiska sammansättning. Kvar att avlägsna är ofta olika små och lösta lukt- och smakstörande ämnen från alger, såsom geosmin, 2-metylisoborneol m.m. Dessa ger upphov till kraftig lukt på vatten i låga halter. Luktpåverkan kan ske redan vid enstaka nanogram/l. Ämnena avskiljs antingen genom adsorption på aktivt kol eller genom nedbrytning på mikrobiell väg i t ex långsamfilter. Slutligen återstår en justering av exempelvis pH-värde liksom desinfektion med klor, klordioxid eller UV-ljus. Desinfektion kan också reducera algluk, särskilt om starka oxiderande ämnen som klordioxid och ozon används. En del mikroorganismer, bl.a. vissa sjukdomsframkallande protozoer är klortåliga och påverkas endast i mindre grad av de klordoser och klorhalter som maximalt är tillåtna i dricksvatten i Sverige. UV-ljus är effektivt mot protozoer men har sämre effekt på vissa virusformer. Desinfektionsstegen kan också störas av kvarvarande humusämnen eftersom de lätt reagerar med desinfektionsmedlet.

Aktivt kol

Aktivt kol har förmåga att binda till sig olika störande ämnen i vatten bland annat lukt- och smakstörande föreningar, miljö- och hälsofarliga ämnen m.m. I de flesta fall leds vattnet genom filter fyllda med granulerat aktivt kol. Adsorptionsförmågan avtar dock successivt i takt med att kolet "mättas" på ämnen som fastnar på kolytan och filtret måste slutligen tas ur drift och kolet reaktiveras. Hur snabbt denna mättnings sker beror på halten av den aktuella föreningen liksom på halten av andra organiska ämnen som konkurrerar om platserna på kolytan.

Desinfektion

I Sverige används i regel klor som desinfektionsmedel men även klordioxid och UV-ljus förekommer. För att klor skall få god desinfektionseffekt krävs att det föreligger i s.k. fri form d.v.s. inte

bundet till andra ämnen och att kontaktid x koncentration är tillräckligt hög. För att uppnå detta måste halterna av organiska ämnen (humus) vara mycket låga i dricksvattnet, vilket också normalt är fallet på kontinenten. I Sverige är halterna humus i utgående dricksvatten ofta relativt höga, vilket medför att klor snabbt reagerar med dessa ämnen, varvid en del klor förbrukas direkt medan resten binds upp till bl.a. olika organiska och oorganiska kloraminer. Kloraminer och då speciellt organiska kloraminer har en mycket låg desinfektionseffekt. För att erhålla ett fritt kloröverskott krävs att man tillämpar s.k. brytpunktsklorering, d.v.s. tillsätter så höga klordoser att humusen bryts ned fullständigt. Så höga klordoser är inte tillåtet att tillsätta enligt Livsmedelsverkets föreskrifter. En del sjukdomsframkallande organismer som till exempel *Giardia* och *Cryptosporidium* liksom vissa virus kräver mycket högre halter av fritt klor för att avdödas (betydligt högre än de halter än som tillåts). Den enda barriären mot klortåliga organismer är därför, i avsaknad av ozon eller UV-ljus, fällningssteget. Fällningssteget ger dock som tidigare påpekats ingen fullständig reduktion av mikroorganismer. Många svenska ytvattenverk är därför känsliga för mikrobiell kontaminering av täkterna.

Övervakning – laboratorieanalyser

Nuvarande övervakning av vattnets mikrobiella kvalitet bygger på odling av s.k. indikatorbakterier bl.a. *E. coli* som förekommer rikligt i avföring från varmlodiga djur. Går det att påvisa dessa bakterier i vattnet är risken stor att det också kan förekomma sjukdomsframkallande mikroorganismer. De kemiska ”avloppsvattenindikatorerna” (fosfat, svavelväte, halt org. ämnen m.m.) är inte tillräckligt känsliga för att kunna utesluta allvarlig mikrobiell kontaminering.

Den mikrobiella övervakningen har dock en del brister. De bygger på stickprovtagning och risk finns att man missar tillfällen då vattnet varit kontaminerat. De föreskrivna standardmetoderna för odling i laboratorier är tidskrävande. Analystiderna är ett eller flera dygn och till det kommer både transporttider och svarstider. Indikatorbakterierna som analyseras är klorkänsliga i motsats till många sjukdomsframkallande mikroorganismer. Vattnet kan därför orsaka vattenburna sjukdomsutbrott trots negativa provsvar. Risk

finns därför att en mikrobiell kontaminering upptäcks för sent, d.v.s. när konsumenterna redan insjuknat. Det finns numera snabbare analysmetoder och automatiserade tillämpningar av dessa för råvatten som ger både en mer kontinuerlig provtagning, snabbare analyser och direkt tillgängliga analysvar. Klimatförändringen ökar risken för att täkterna kan kontamineras, vilket i kombination med brister i det mikrobiella övervakningssystemet ökar risken för vattenburna sjukdomsutbrott i landet.

2.5.2 Grundvattenverk

Grundvattenverk har i allmänhet enklare och färre reningssteg än ytvattenverk. De vanligaste behandlingsstegen är avskiljning av järn- och mangan, fluorid och radon. Det är också vanligt med alkalisering eller avhärdning. Det finns vattenverk där ingen behandling alls görs. Många verk har regelbunden desinfektion, men i vissa fall behövs inte desinfektion under normala förhållanden. En beredskap för desinfektion bör dock finnas, men kan saknas eller vara dåligt förberedd på mindre grundvattenverk.

24 % av grundvattenverken i enkätundersökningen har UV-ljus som regelbunden desinfektion och 26 % har regelbunden klordesinfektion. 14 % av vattenverken har både UV och klordesinfektion. Vid 36 % av vattenverken sker ingen regelbunden desinfektion. 64 % av dessa har klordesinfektion som beredskap och 21 % har UV-desinfektion som beredskap och 15 % av dessa vattenverk har ingen förberedd desinfektion i beredskap.

2.5.3 Styr- regler och elförsörjning

Vattenförsörjning är beroende av el för pumpar och behandlingsutrustning i vattenverken. Pumpar finns i ytvattenintag, grundvattenbrunnar, vattenverk och i tryckstegringsstationer på ledningsnätet. Många har avancerade styr- och regler- och övervakningssystem som både reglerar behandling och distribution, samt övervakar och ger larm vid fel. Störningar i elförsörjning, IT och tele gör att delar eller hela försörjningen måste köras manuellt och med reservkraft, vilket ofta är resurskrävande då anläggningarna ofta är spridda geografiskt, se även avsnitt 3.6 Krisbered-

skap. I enkäten påpekar många att störningar i styr-, regler- och övervakningssystem är vanliga vid åskväder.

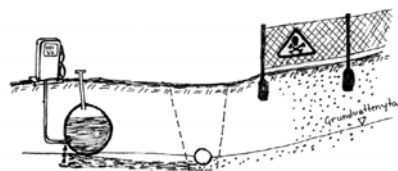
2.6 Distribution av vatten

2.6.1 Ledningsnät

Även om vattentäkten/vattenverket fungerar och levererar ett godkänt dricksvatten kan vattenförsörjningen för ett samhälle bli utslagen på grund av störningar i distributionsnätet. Sveriges VA-ledningsnät räcker drygt 4 varv runt ekvatorn och ca hälften av dessa ledningar är för distribution av dricksvatten. Dricksvattenledningar finns i många dimensioner, från små servisledningar till enskilda fastigheter till stora huvudvattenledningar. I de större städerna kan en huvudvattenledning vara mer än 1 meter i diameter. På många platser är huvudvattenledningar dubblerade (en ledning i reserv), men inte överallt.

I samband med skyfall som orsakar ras och skred kan delar av distributionsnätet skadas. I ett samhälle utanför Sundsvall försvann 100 meter av en dricksvattenledning i samband med höga flöden, 2001. Dessa hundra meter av vattenledningen återfanns aldrig efter raset. Vid skyfall kan också överbelastade dag- och avloppsvattenledningar orsaka ras och skred samt skador på dricksvattenledningar som ofta ligger i samma ledningsgrav.

I snitt läcker idag ledningsnäten ut ca 15–20 % av dricksvattnet i olika otätheter, med stora variationer. Blir ett ledningsnät trycklöst, till exempel vid strömavbrott eller skred, kan olika föroreningar från omgivande mark istället läcka in i dessa otätheter, se figur 8. Ofta finns också avloppsledningar i samma rörgrav. Inte minst därför är det viktigt att behålla vattentrycket i ledningarna.



Figur 8 Föroreningar i ledningsgraven

På ca hälften av ledningsnäten i enkäten för utredningen finns ingen möjlighet eller begränsad möjlighet till alternativ leverans via andra ledningar om en huvudvattenledning blir ur funktion, till exempel vid ett ras eller skred. På ca 30 % av huvudledningsnäten har kommunerna angett att det finns sträckor med risk för att ras och skred i samband med höga flöden och/eller skyfall. I många fall är riskerna dock okända. Ca hälften av ledningsnäten har någon del som ligger i mark som kan översvämmas.

2.6.2 Tryckstegringsstationer

Landskapet och topografin varierar högst påtagligt mellan olika svenska städer, det medför att behovet av olika tryckzoner i ett distributionsnät varierar kraftigt. På många platser behövs tryckstegringsstationer för att hålla trycket i ett högt beläget område eller för att transportera vatten vidare till en lokal högreservoar. Det finns städer med nästan ingen tryckstegringsstation där allt vatten håller rätt tryck via ett vattentorn/en högreservoar, till städer som har mer än 50 tryckstegringsstationer och många lokala reservoarer på olika höjdpunkter för att få rätt tryck i distributionsnätets olika delar. På sådana orter räcker det till exempel inte med enbart reservkraft vid vattenverket för att kunna upprätthålla vattenförsörjningen vid strömbortfall.

2.6.3 Reservoarer

Reservoarer fungerar som lagringsplats av dricksvatten för att utjämna dygnsvariationer i förbrukning samt tryckhållare av ett ledningsnät. Från en lågreservoar pumpas vattnet ut på nätet och från en högreservoar rinner vattnet med självfall. Vattenvolymer i högreservoarer utgör en reserv vid till exempel strömavbrott, vattentrycket kan upprätthållas tills reservoaren är tom.

Vattenomsättningen i en reservoar är viktig, en dålig omsättning gör reservoarer extra känsliga för mikrobiologisk tillväxt om störningar i dricksvattenkvaliteten uppstår.

I de flesta reservoarer finns en bräddavloppsledning som skyddar reservoaren från att bli överfull. Var denna bräddavloppsledning mynnar kan ha betydelse. Mynnar den till exempel i en dag- eller avloppsvattenledning som vid höga flöden är överbelastad kan

problem uppstå. Det har förekommit att avloppsvatten har tryckts bakvägen in i en dricksvattenreservoar. Det har också förekommit att ytligt grundvatten trängt in i markförlagda reservoarer och att takvatten trängt in till dricksvattnet vid skyfall.

När en reservoar töms på vatten fylls den med luft och vise versa. Därför finns luftventiler på en reservoar, ibland med partikelfilter. Det har förekommit att slagregn på reservoartak har bildat aerosoler av mikroorganismer från bland annat avföring från fåglar som följt med luft in i reservoarer. Ett tilltagande problem under varma och fuktiga sommarkvarnar är också mögeltillväxt i partikelfilter och överbyggnader på reservoarer, som via luften i värsta fall kan hamna i vattnet där ytterligare tillväxt kan ske.

3 Skydd av vattentäkt/dricks- vattenförekomster

Hur kan dricksvattenförekomster skyddas mot konsekvenserna av extrema väderleksför-hållanden och mot konsekvenser av olika olyckor eller mer eller mindre kontinuerliga diffusa föroreningsutsläpp? En jämn och god råvattenkvalitet är en förutsättning för en säker dricksvattenproduktion. En väl skyddad vattentäkt blir allt viktigare ju mer riskerna för extremväder ökar. Sannolikt är skydd av vattentäkter/dricksvattenförekomster det enskilt viktigaste arbetet för att långsiktigt klara Sveriges vattenförsörjning från för stora negativa effekter av bland annat klimatförändringar.

Som dricksvattenförekomst avses både yt- och grundvatten som används eller som kan komma att användas som vattentäkt för dricksvattenproduktion. Även om också mindre vattentäkter behöver skyddas avses här främst vattenförekomster där produktionen är > 10 m³ per dag eller som försörjer mer än 50 personer.

Skydd av dricksvattenförekomster kan ske på olika sätt och genom flera olika åtgärder. Vanligtvis behöver dessa åtgärder kombineras för att få ett bra långsiktigt skydd med syfte att kunna upprätthålla och säkerställa en god råvattenkvalitet eller för att förbättra råvatten-kvaliteten. Befintliga skyddsformer kan, om de används rätt, minska konsekvenserna av klimatförändringar och extrema väderleksförhållanden. Konsekvenserna av vissa klimat effekter såsom t.ex. temperaturförändringar, som medför förändrade ekosystem kan inte åtgärdas med befintliga skyddsformer.

3.1 Skydd av dricksvattenförekomster

I samband med arbetet med skydd för hela kedjan i dricksvattenförsörjningen finns möjlighet att verka för att stabila, robusta och hållbara system utarbetas. För dricksvattenförekomster kan det innebära att åtgärder vidtas för att minska negativa effekter av kontinuerliga långsamma förändringar, men också för mer akuta effekter vid exempelvis extremväder eller olyckor. Klimatförändringar är dock inte en aspekt som har beaktats i någon högre grad idag när det gäller skyddet av dricksvattenförekomster.

Skyddet av dricksvattenförekomsterna bör i första hand inriktas mot förebyggande åtgärder, genom att undvika att råvattenkvaliteten och kvantiteten försämras under normala förhållanden och vid extremväderlek och klimatförändring. Men skyddet bör också inriktas mot åtgärder som är av betydelse till exempel i samband med akuta olyckor. Viss påverkan på vattenförekomsten kan ge upphov till irreversibla skador som medför att vattenförekomsten inte kan användas. Annan påverkan är mera långsam till exempel övergödningen av sjöar och vattendrag eller påverkan från vägtrafik och vägsaltning.

De vattenförekomster som används eller som kan användas för dricksvattenförsörjning representerar ofta mycket stora ekonomiska värden och kan skyddas direkt eller indirekt på olika sätt. Dessa åtgärder behöver oftast kombineras och kan också komma till användning för att förebygga konsekvenser av klimatförändringar och extrema vädersituationer.

Indirekt kan det ske genom det allmänna miljöarbetet som bedrivs på lokal och regional nivå av myndigheter, organisationer, branscher och företag och som avser vatten och miljön i stort. Hänsynsreglerna enligt miljöbalken är gällande vid sådana tillfällen. Exempel på sådana åtgärder kan vara avledning och omhändertagande av dagvatten så att det inte släpps ut orenat till ett vattendrag (som är en dricksvattenförekomst), försiktighet vid hantering av kemikalier, beaktande av vattenförorening vid detaljplaneläggning, företagens egenkontroll.

Direkt kan en vattenförekomst skyddas genom att vattenskyddsområde med föreskrifter inrättas. Dessutom kan kommunala föreskrifter meddelas för skydd av ytvattentäkter och enskilda grundvattentäkter. Förutom inrättande av vattenskyddsområden behöver viktiga dricksvattenförekomster också skyddas på annat

sätt t.ex. via den kommunala och regionala fysiska planeringen och genom tillsyns- och tillståndsförfarande.

Flera av riksdagens nationella miljömål främst ”Levande sjöar och vattendrag”, ”Grundvatten av god kvalitet” och ”God bebyggd miljö” är viktiga för att skydda vattenförekomster som är eller som kan användas som vattentäkt. Av regeringens miljömålsproposition (2000/01:130) framgår att inrättande av vattenskyddsområden skall ses som en av flera skyddsåtgärder för att garantera en säker och uthållig vattenförsörjning.

3.2 Vattenskyddsområde

Vattenskyddsområden inrättas för att skydda dricksvattenförekomster och har som syfte att förebygga, motverka och begränsa föroreningar som både på lång och kort sikt kan påverka råvattenkvaliteten negativt. Ett vattenskyddsområde ger inte något 100 % -igt skydd, men är ändå det viktigaste instrumentet för skydd av vattentäkter. Värdet av ett vattenskyddsområde ligger också bland annat i att de förs in och beaktas i högre grad i kommunernas översiktsplaner och i andra lokala och regionala planinstrument. I vår enkätundersökning hade 70 % av vattentäkterna skyddsområden, 35 % av dessa var dock fastställda för mer än 25 år sedan. Det kan då misstänkas att de inte uppfyller dagens syn på vattenskydd. Det är vanligare att skyddsområden saknas för mindre vattentäkter.

Vattenskyddsområdena kan och bör revideras om det visar sig att förhållandena är sådana att skyddet behöver förstärkas eller anpassas till exempelvis ändrade yttre faktorer. Ur ett klimatförändringsperspektiv är inte ett vattenskyddsområde ett effektivt skydd om det inte omfattar viktiga delar av tillrinningsområdet och beaktar föroreningsrisker vid exempelvis skyfall och/eller översvämningar. Utarbetande och fastställande av vattenskyddsområde med tillhörande föreskrifter ger ett viktigt skydd för vattenförekomsten om de är utformade så att de ger både ett legalt och reellt skydd. Pågående verksamheter inom vattenskyddsområdet kan ibland hanteras på ett annat sätt än nytillkommande verksamheter. Det kan vara så att ytterligare verksamheter som kan förorena vattenförekomsten förbjuds.

3.3 Fysisk planering

Den fysiska planeringen är av avgörande betydelse när det gäller klimatförändringars och extrema väderleksförhållanden påverkan på dricksvattenförekomster. Genom den lokala och regionala fysiska planeringen läggs grunden för en säker dricksvattenförsörjning. Genom miljöbalken och via plan- och bygglagen (PBL) har kommunerna via översiktsplaner, detalj-planer och områdesbestämmelser möjligheter att styra markanvändningen som bebyggelse och andra exploateringsåtgärder, exempelvis vägar, grustäckor, mm. Markanvändning och verksamheter som kan vara riskfyllda från vattenskyddssynpunkt kan genom fysisk planering styras undan så att viktiga dricksvattentillgångar och potentiella sådana kan värnas. I översiktsplaner kan anges bland annat mål och riktlinjer för fortsatt planering och översiktliga ställningsstaganden om hur områden bör beaktas med hänsyn till vattentillgången. Områden som är värdefulla för vattenförsörjningen redovisas i översiktsplanen.

På detaljplanenivån kan markanvändningen bestämmas mera utförligt. Inom skyddsområden för befintliga vattentäkter kan det vara betydelsefullt, särskilt om detaljplaneringen medger viss bebyggelse inom den närmsta zonen. Det gäller bland annat att undvika att riskerna för förorening av vattnet ökar genom tendenser att ”knappa” på skyddet när riskfyllda exploateringsintressen gör sig gällande. Det är väsentligt att konsekvenserna av vattenskyddet tas fullt ut och ges utrymme för ett helhetsgrepp i den fysiska planeringen. Ibland krävs svåra politiska och ekonomiska beslut för att framhäva vattenskyddet. Vid en avvägning mellan ett områdes nyttjande för vattenförsörjning och annat nyttjande skall det ändamål prioriteras som på lämpligaste sätt främjar en långsiktig hushållning med mark och vatten (jfr 4 kap.10 § MB). Eftersom allmän vattenförsörjning utgör en grundläggande förutsättning för människors möjlighet att leva och verka i ett område på sikt bör skyddet av vattenförekomster ges hög prioritet framför andra intressen.

Genom den fysiska planeringen finns exempelvis möjligheter att undvika ny exploatering i sjönära eller låglänta områden som är utsatta för risker av skred eller översvämningar. Skred och översvämningar kan leda till att föroreningar kommer ut i vattenförekomsten från olika verksamheter vid en sådan exploatering. Genom klimatförändringar kan sådana konflikter öka i framtiden.

Därför kan det vara av betydelse att reglera markanvändningen så att konflikter inte uppstår och negativa konsekvenser av extrema väderförhållanden och klimatförändringar undviks. Här finns det mycket kvar att göra och det finns stora intressekonflikter och kortsiktiga intressen som står i strid mot skyddet av dricksvattenförekomster.

Av 3 kap 8 § MB framgår att mark- och vattenområden som är särskilt lämpliga för anläggningar för vattenförsörjning skall så långt möjligt skyddas och att områden som är av riksintresse för vattenförsörjningen skall skyddas. Sådana områden kan vara områden för vattenledningar, vattenverk, infiltrationsdammar osv. Några sådana områden finns idag inte angivna för vattenförsörjningen.

3.4 Tillsyn, tillståndsprövning, föreskrifter enligt miljöbalken

Tillståndsprövning och tillsyn över miljöfarlig verksamhet inom tillrinningsområdet, uppföljning av den fysiska planeringen och skyddet av dricksvattenförekomster är viktiga komplement till övriga skyddsformer. Krav vid sådana tillfällen kan ställas på befintliga verksamheter och nyttillkommande verksamheter. Genom sådana åtgärder kan konsekvenserna av extrema väderförhållanden mildras.

Naturvårdsverket har utfärdat föreskrifter som anger särskilda krav som gäller för miljöfarlig verksamhet inom vattenskyddsområde, t.ex. hantering av brandfarliga vätskor och kemiska bekämpningsmedel inom vattenskyddsområde.

3.5 Förvaltningsplaner och åtgärdsprogram enligt vattenförvaltningsförordningen

Via bland annat förordningen (2004:660) om förvaltningen av kvaliteten på vattenmiljön har Sverige genomfört EG:s ramdirektiv (2000/60/EG) för vatten. Varje vattenmyndighet ska ta fram en förvaltningsplan och ett åtgärdsprogram för sitt vattendistrikt. Förvaltningsplanerna är vattenmyndigheternas strategiska plan för hantering av vattenfrågor inom vattendistriktet. Förvaltningsplanen har tre syften: den ska kommuniceras med allmänheten så

att allmänheten har möjlighet att påverka innehållet, den ska rapporteras till EU kommissionen och den ska redovisa hur vattenfrågorna kommer att hanteras under kommande åren. Den kan därför vara av stor betydelse för dricksvattenförsörjningen. I förvaltningsplanen ska finnas ett register som bland annat ska innehålla och beskriva samtliga dricksvattenförekomster över en viss storlek som används eller som avses användas för dricksvattenförsörjning. Det ska också framgå de miljökvalitetsnormer som ska gälla för vattenförekomsterna och de åtgärder som behövs för att dessa vattenförekomster ska bibehålla och/eller uppnå en viss miljö kvalitet. Dessutom ska åtgärdsprogram tas fram av vattenmyndigheterna. De angivna åtgärderna blir bindande för myndigheterna att följa. Sådana åtgärder kan till exempel vara att inrätta ett vattenskyddsområde eller för att på annat sätt skydda dricksvatten. Att förebygga konsekvenser av extrema väderleksförhållanden kan ingå i de åtgärder som behövs för att inte försämra kvaliteten på råvattnet.

Ett särskilt direktiv håller f.n. på tas att fram om klimatpåverkans effekter. Det finns en stark koppling mellan detta direktiv och det direktiv som vattenförvaltningsförordningen grundar sig på. Fastän de underliggande orsakerna av mänsklig påverkan på klimatet ligger utanför vattenförvaltningens ansvarsområde kan förvaltningsplanerna ändå användas som ett instrument att minska effekterna av klimatpåverkan. Men på grund av klimatförändringar, t.ex. torka som kan leda till syrebrist förhöjd temperatur och minskade flöden, kan det bli svårare att uppnå god ekologisk status inom vissa områden inom utsatt tid medan det inom vissa områden inte går att uppnå alls.

3.6 Planer och program

Det finns olika planer av olika tyngd där vattenförsörjningsfrågor kan hanteras. Regeringen framför i miljömålspropositionen (2000/01:130) att inrättande av vattenskyddsområden skall ses som en av flera skyddsåtgärder för att garantera en säker och uthållig vattenförsörjning. Därför skall förutom vattenskyddsområden också vattenförsörjningsplaner utarbetas. Detta bör ske inom ramen för andra kommunala planeringsåtgärder såsom fysisk planering, miljövårds- och verksamhetsplanering. Upprättande av vattenförsörjningsplaner omfattar även tillsyn av områden som idag

har skyddsbestämmelser enligt miljöbalken. Ansvariga för genomförandet av vattenförsörjningsplanerna är i första hand kommuner och länsstyrelser. Arbetet med att ta fram sådana vattenförsörjningsplaner har inte fått någon stor genomslagskraft i Sverige men kan vara av betydelse för att förebygga konsekvenser av extrema väderleksförhållanden. Andra exempel på planer med olika innehåll och betydelse för skydd av dricksvattenförsörjningen kan vara miljövårdsplaner, räddningsplaner osv.

4 Krisberedskap inom vattenförsörjning

För en god hantering av kriser av större format krävs bland annat:

- Riskinsikt och kunskaper om hur olika scenarios kan eskalera.
- Att förebyggande åtgärder är vidtagna och robusta anläggningar
- Tillgång på reservmaterial, kemikalier och nödutrustning.
- Informationsberedskap
- Tillgång till olika specialistkompetenser.
- ”Ständig bevakning” som fångar tidiga varningssignaler.

I samband med olika väderhändelser visar dock erfarenheten att till exempel praktiker i fält har svårt att förstå väderinformation och kommunicera med prognosmakare. Samtidigt som prognosmakaren inte alltid vet vilken information som är viktig för det enskilda fallet. Kommunikationen mellan olika aktörer i samhället eller mellan kommuner inom till exempel ett avrinningsområde har också ibland visat sig vara delvis bristfällig, t ex vid extrema flöden.

Ett stöd som har ökat krishanteringsförmågan inom dricksvattenförsörjning har varit statsbidragen till reservverk för vattenförsörjning. Denna utrednings enkätsvar visar att vid 80 % av vattentäkterna finns reservkraft, vid 90 % av vattenverken finns reservkraft och vid 60 % av tryckstegringsstationerna finns reservkraft. Även andra kartläggningar visar att reservkraft för svensk vattenförsörjning har ökat och är idag i stort tillfredsställande.

Livsmedelsverkets starthjälpsprojekt har ökat insikten om behovet av krisberedskap hos många kommuner, dock främst hos tjänstemännen. Totalt har mer än 230 kommuner fått en utbild-

ningsdag med en genomgång av sin krisberedskap och med förslag på fortsatt arbete. Livsmedelsverket har också nyligen gett ut handböckerna "Beredningsplanering för dricksvatten" och "Krishantering för dricksvatten" (ISBN 91 7714 173 3 och 91 7714 1741).

Från starthjälpsbesöken kan konstateras att krisberedningsplaner finns till viss del, men när det gäller om det finns en eller flera aktuella krisplaner speciellt för dricksvattenområdet så är det sämre sörjt för detta. Från Starthjälpsprojektets verksamhet under 2004 och 2005 har andelen kommuner med en krisplan för dricksvattenkriser dock ökat till ca 40 %.

När det gäller övningar har många kommuner övat. Men om man frågar specifikt är det inte en så stor andel som övat hela sin dricksvattenpersonal. Under 2005 var det bara 2 % av Sveriges kommuner som övat hela personalstyrkan. Detta måste ses som en stor sårbarhet då den personal som rent praktiskt hanterar en kris är de som har kunskap om vad som är möjligt att genomföra i en kris.

Inrättandet av VAKA under 2005, den nationella vattenkatastrofgruppen med Livsmedelsverket som huvudman, är sannolikt det initiativ som enskilt mest höjt kompetensförsörjningen vid kriser inom vattenförsörjningen i Sverige under de senaste åren. VAKA är ett viktigt stöd för kommuner som behöver coaching, kompetensförstärkning och en länk till olika resurser när en svår situation inom dricksvattenförsörjningen har uppstått. Inom VAKA finns expert-kompetens inom hela vattenförsörjningskedjan, laboratoriekompetens, krisledningskompetens samt erfarenhet att hantera krissituationer och räddningstjänst. VAKA tar aldrig över krisledarskapet utan fungerar som ett krisstöd åt drabbad kommun. VAKA kan nås dygnet runt via ett larmnummer hos SOS-Alarm och har redan utnyttjats vid flera allvarliga incidenter.

VA-organisationer är idag ofta hårt trimmade med minimal personalstyrka och deras möjligheter att möta kriser är ofta begränsad. Det är svårt att prioritera kompetensutveckling och säkerhetsarbetet i en ansträngd vardag. Bland annat därför finns fortfarande mycket att göra för att öka krishanteringsförmågan generellt sett. Det finns ett behov av att medvetandegöra beslutsfattare på lokal/regional nivå. De ska kunna bedöma konsekvenserna för konsumenterna och samhället vid allvarliga händelser

inom vattenförsörjning, så att tillräckliga förebyggande åtgärder vidtas och krishanteringsförmågan ökar.

Som framgår av tidigare textavsnitt är dricksvattenförsörjningens olika delar sårbara för olika extrema väderhändelser. Riskerna för akuta händelser som till exempel större leveransavbrott i distributionen, otjänligt dricksvatten eller i värsta fall sjukdomsutbrott på grund av förorenat vatten ökar med klimatförändringarna. Det är alla händelser som kan få helt olika förlopp beroende av vilken beredskap som finns. Om föroreningar når ett vattenverk kan de tvingas släppas igenom ut på ledningsnätet. Därför att ett tomt ledningsnät får andra stora konsekvenser för samhället, bl.a. omöjliggörs toalettspolning. Samhället måste då försörjas med dricksvatten från tankar och efter att vattentäkten sanerats eller att en ny täkt tagits i bruk kan ett stort saneringsbehov av ett långt ledningsnät bli aktuellt. Erfarenheterna från Livsmedelsverkets starthjälpsprojekt är att det ofta inte finns någon uppskattning om huruvida tankar och kärl räcker till för nödvattenförsörjning. I många fall konstateras att volymerna bara räcker till små händelser.

Endast vid 36 % av vattentäkterna i enkätsvaren finns en reservvattentäkt i en annan vattentillgång, många av dessa reservvattentäkter täcker dessutom inte hela vattenbehovet. Flera reservvattentäkter kan inte heller kopplas med kort varsel, eftersom det tar en viss tid att driftsätta dem.

I enkäten anger 40 % av kommunerna att de har beredskap för kloreringsinsatser på ledningsnätet vid behov, exempelvis vid mikrobiologisk tillväxt på nätet eller om smitta har kommit in i ledningsnätet. I 30 % av fallen kan en klorering bara delvis utföras och i 30 % av fallen finns ingen beredskap alls.

Vattenverken är beroende av IT och tele, då larm, fjärrstyrning och/eller fjärrövervakning finns vid så gott som samtliga anläggningar i Sverige. Många anger i enkäten att störningar i styr- och övervakningssystem exempelvis är vanliga vid åskväder och strömavbrott. Då måste vattenförsörjningen köras manuellt, vilket ofta är mycket personalkrävande. För längre tids avbrott saknar många personella resurser. Vad gäller reparationsberedskapen bedömer dock de flesta kommunerna att den är god, både för vattenverken och för ledningsnäten.

4.1 Laboratorieberedskap

Svåra händelser som drabbar dricksvattenförsörjningen är ofta beroende av tillgång till snabba och säkra analyser, ofta utöver rutinanalyser, dvs. analyser som kan verifiera att dricksvattnet inte innehåller farliga kemiska föroreningar eller mer ovanliga mikrobiologiska agens. Antalet laboratorier som är ackrediterade för dricksvattenanalyser har minskat och domineras nu av några få stora laboratorier i landet. Långa transporter försvårar hanteringen av kriser och även tillförlitligheten i analyserna. Det betyder också laboratoriernas kunskaper om lokala förhållanden har minskat och därmed möjligheter att bistå med kompetensstöd. De kommersiella laboratorier saknar reserv-elförsörjning.

5 Pågående klimatförändring (2011–2100)

I följande avsnitt finns en kortfattad beskrivning av hur klimatet förändras utifrån några viktiga aspekter för vattenförsörjning. Som grund för beskrivningen har resultat från SMHI:s regionala klimatmodeller använts. I dessa regionala modeller har två globala modeller används som drivare, den engelska HadAM3H (H) och den tyska Echam4/OPYC3 (E). Två olika utsläppsscenarioer av växthusgaser har använts från IPCC (*FN's klimatpanel/ Nakićenović, N. & Swart, R. (ed.), 2000: Special report on emissions scenarios. A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. 612 pp*) A2 som är ett medelhögt scenario och B2 som är ett medellågt. Samtliga kartor i detta avsnitt är från SMHI och deras regionala klimatmodell RCA3 och den hydrologiska modellen HBV-Sverige. För varje karta anges vilken global modell och vilket utsläppsscenario som använts.

Tillrinning och tillgång av vatten ökar i norra och västra Sverige, samt minskar i sydost

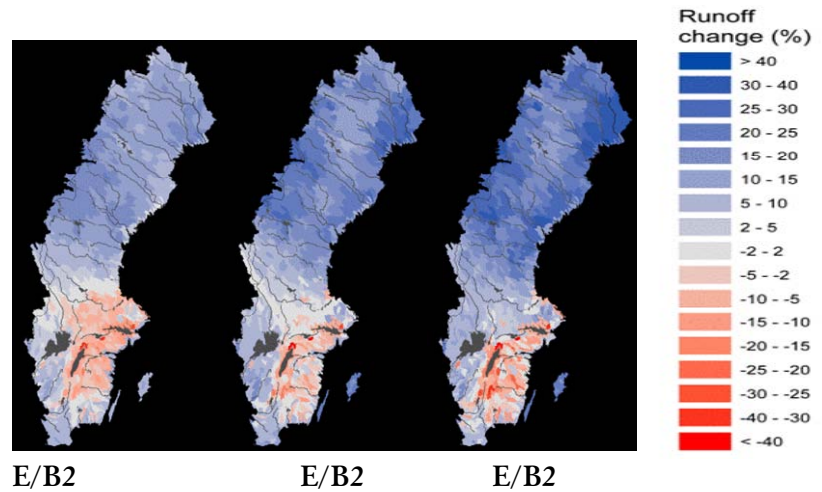
Med den tyska globala klimatmodellen Echam som drivare och utsläppsscenario B2 (IPCC) ger SMHI's regionala klimatscenarioer körda i SMHI's hydrologiska modell (HBV-modellen) nedan

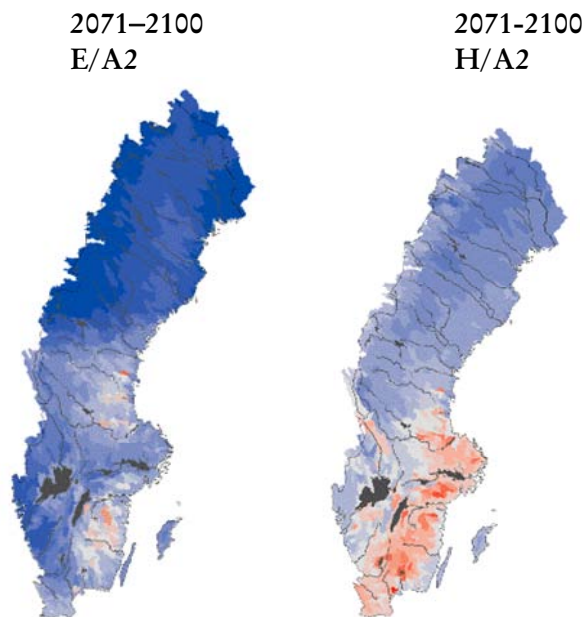
scenarier (de tre första kartorna) för avrinningen (kan överlagsmässigt motsvara tillrinning och tillgång av vatten i vattentäkter) i tre olika tidsperioder. Kartorna visar förändring i procent över året. Liknade mönster framträder för perioden 2071–2100, men med olika styrka om den engelska globala klimatmodellen (HadAM) eller den tyska modellen (Echam) används. Nedan två kartor till höger är vid det högre utsläppsscenarioet A2 (IPCC).

2011–2040

2041–2070

2071–2100





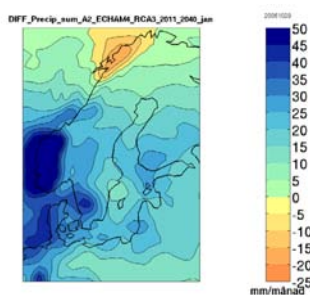
Figur 9. Förändrad avrinning över helåret jämfört med 1961-90 (HBV-Sverige med information från RCA3/Rosby Centre SMHI med HadAM3H (H) eller Echam4/OPYC3 (E) som drivare).

Stora delar av Sverige får en större tillgång på vatten, framför allt norra Sverige (upp till en ökning på mer än 40 %). I de sydöstra delarna av Sverige minskar dock tillgång på vatten (med upp till en 20 % minskning).

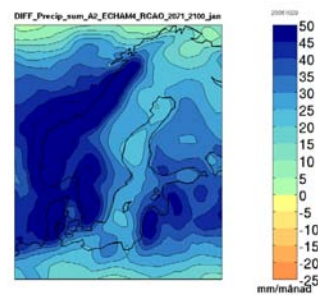
Ökad vinternederbörd

Förändringen i vinternederbörd är påtaglig. Kartorna visar tillskottet i medelnederbörd. Redan i perioden 2011–2040 är ökningen av vinternederbörden påtaglig, kartorna visar januari och februari månad (2011–2040 och 2070–2100) med det högre utsläppsscenario A2 (IPCC) och med den global tyska modellen (Echam). Liknade mönster finns för övriga vintermånader, med vissa variationer. Med utsläppsscenario B2 är skillnaderna små jämfört med A2 i perioden 2011–2040, men påtagliga i perioden 2070–2100.

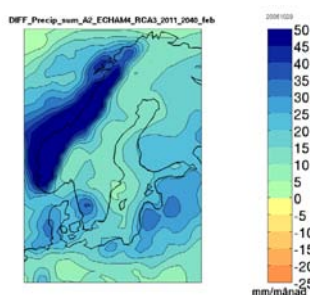
Januari 2011–2040 E/A2



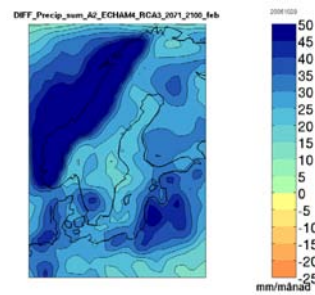
Januari 2071–2100 E/A2



Februari 2011–2040 E/A2



Februari 2071–2100 E/A2



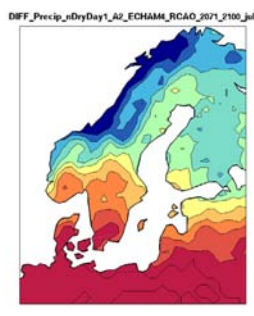
Figur 10. Förändring av nederbörd (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

Risken för periodvis torka under sommaren/sensommaren

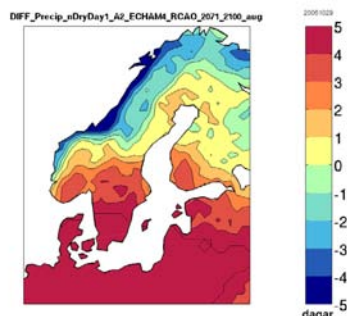
Risken för periodvis torka under juli till september är påtaglig, främst från ett stråk i höjd med Mälardalen och söder ut, men även i viss mån upp längs Norrlandskusten. Det ser helt enkelt ut som en del av torkan över Europa delvis når upp över Sverige under dessa månader. Nedan visas kartor med förändringen i antalet torra dagar (2071–2100) med den global tyska modellen (Echam) och utsläppsscenario A2 (IPCC), men samma mönster framträder också om man studerar nederbördskartor/temperaturkartor eller kartor med andra utsläppsscenarioer/ globala modeller för antalet

torra dagar i dessa månader. Risken för torka ökar även under perioden 2011–2040, men de förstärks successivt fram till perioden 2071–2100.

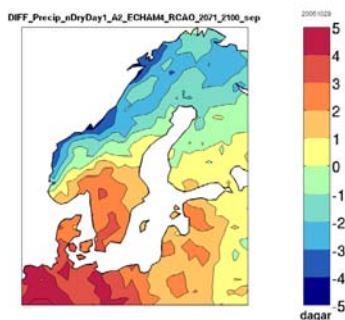
Ökning av antalet torra dagar i juli,
2071–2100, E/A2



Ökning av antalet torra dagar i aug,
2071–2100, E/A2

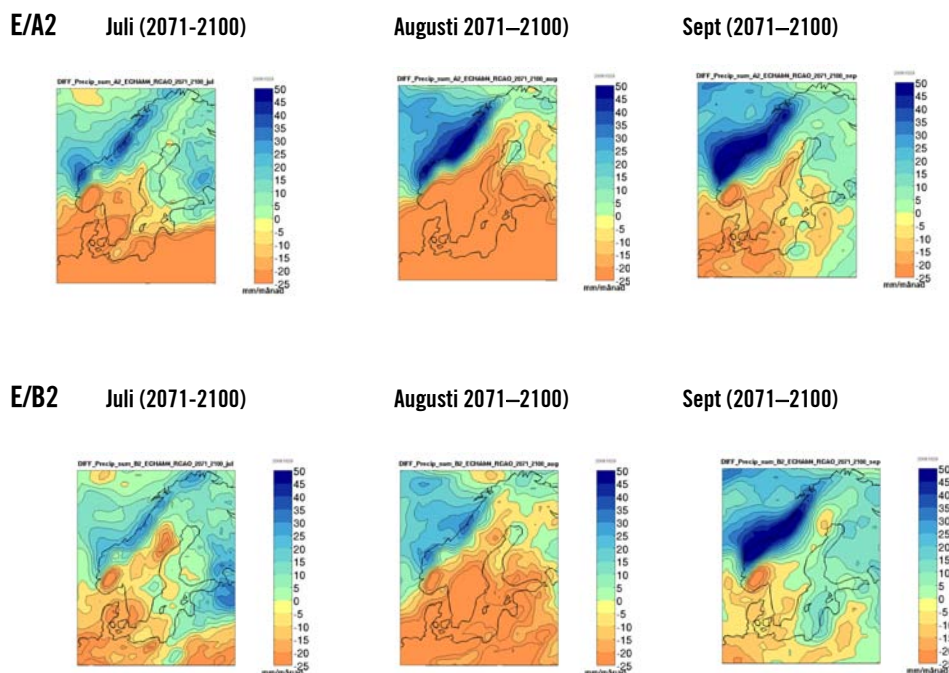


Ökning av antalet torra dagar i sept,
2071–2100, E/A2



Figur 11. Ökning av antalet torra dagar (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

Nedanstående kartor visar förändringen i medelnederbörd i juli, augusti och september med den globala tyska modellen (Echam) och skillnader mellan utsläppsnivåerna A2 och B2 (2071–2100). Även här syns att det under dessa månader tenderar till att bli torrare i ett stråk i höjd med Mälardalen och söder ut, men även upp längs Norrlandskusten.



Figur 12. Förändring av nederbörd (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

Ökad risk för kraftiga regnskurar/skyfall i hela Sverige

Enligt statistik från SMHI har intensiteten i de kraftiga regnskurarna redan ökat under de senaste åren och vi kan räkna med att frekvensen och intensiteten ökar ytterligare när somrarna blir ännu varmare och medeltemperaturen stiger ytterligare.

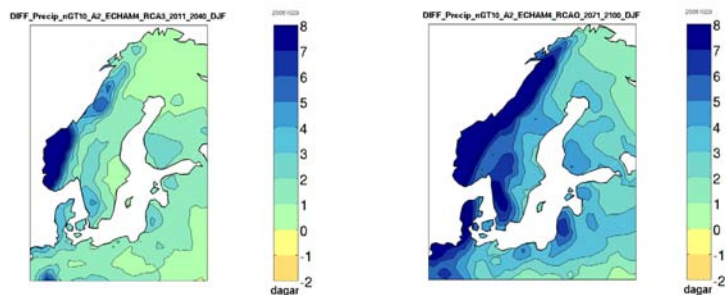
Ökad risk för kraftiga regn i hela Sverige

För mer allmänt intensiva och ihållande regn (eller snöfall) ökar också frekvensen över hela landet, främst under höst, vinter och vår. Under juni, juli och augusti uppstår en minskning av dessa regn främst i södra och mellersta Sverige. Skillnaden mellan modellerna HadAM och Echam som drivare i SMHI's regionala modell är att den senare visar på en betydligt större ökning i västra Sverige.

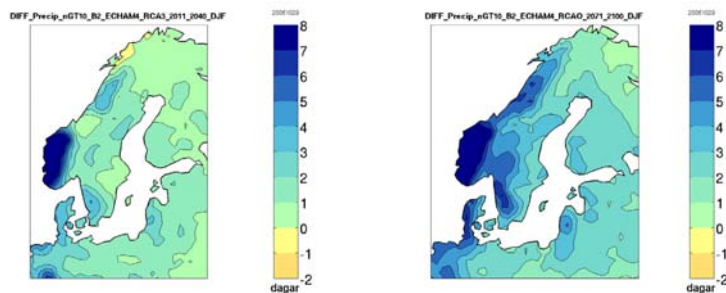
Utsläpps-
scenariot Ökning av antalet dagar med kraftig
nederbörd i dec, jan, feb, 2011–2040/
Echam

Ökning av antalet dagar med kraftig
nederbörd i dec, jan och feb, 2071–2100/
Echam

A2



B2

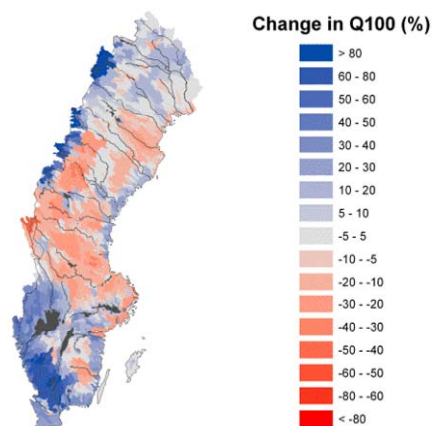


Figur 13. Ökning av antalet dagar med nederbörd över 10 mm över en hel gridruta, 50x50 km (kraftig nederbörd) (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

Risk för stora översvämningar (100-årsflöden)

Det är framför allt i västra Sverige som översvämningens-riskerna ökar. I stora delar av Norrlands inland och delar av Svealand sker en minskning på grund av att tidigare 100-års flöden varit genererade av stor snösmältning tillsammans med kraftiga vårregn. Risker för denna typ av händelse minskar successivt vartefter snö-täcket minskar. I delar av fjällkedjan och delvis längs Norrlands-kusten ökar riskerna trots denna effekt, på grund av stora nederbörds-mängder. I det lägre utsläppsscenario B2 ökar dock inte risken vid någon del av Norrlandskusten. Det bör observeras

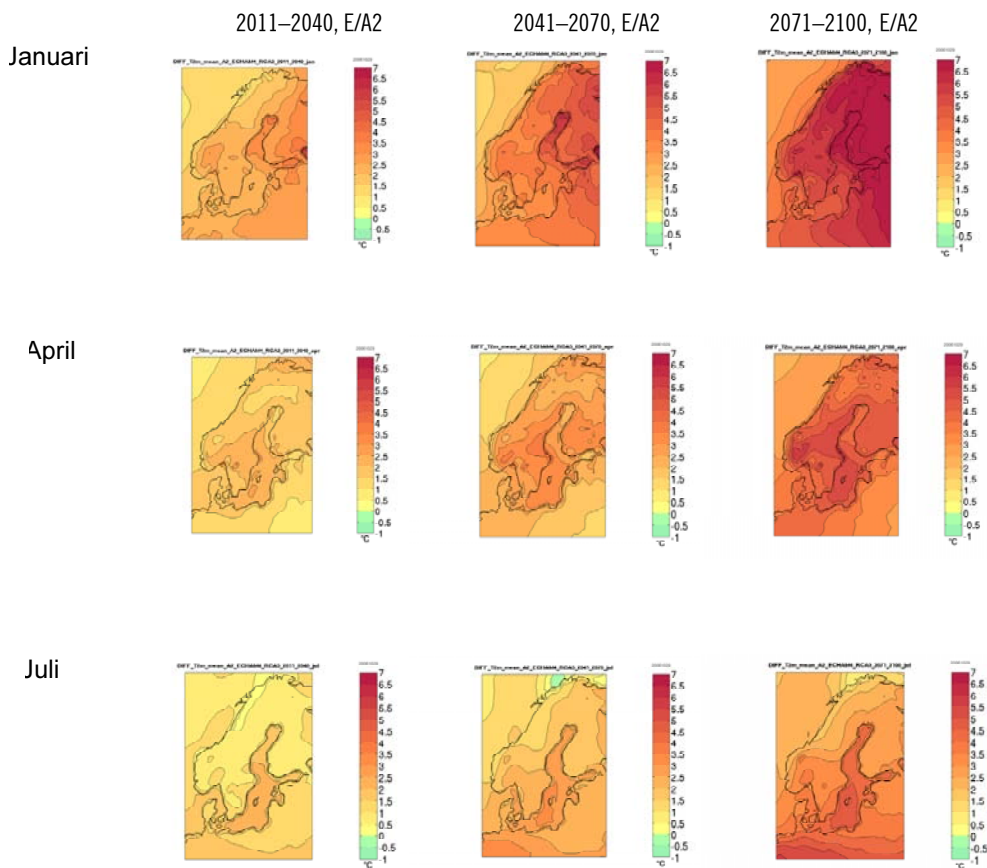
att kartorna visar lokala flöden, varför bilden kan vara något annorlunda i till exempel vissa norrlandsälvar med källflöden i fjällkedjan. Det bör också observeras att kartan visar perioden 2071–2100, varför risken för stor snösmältning och samtidigt kraftiga vårregn finns i många decennier före kartans tidpunkt.



Figur 14. Förändring i 100-årsflöden, 2070–2100 jämfört med 1961-90 (HBV-Sverige med information från RCA3(A2), Rosaby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare.

Temperaturförändringar

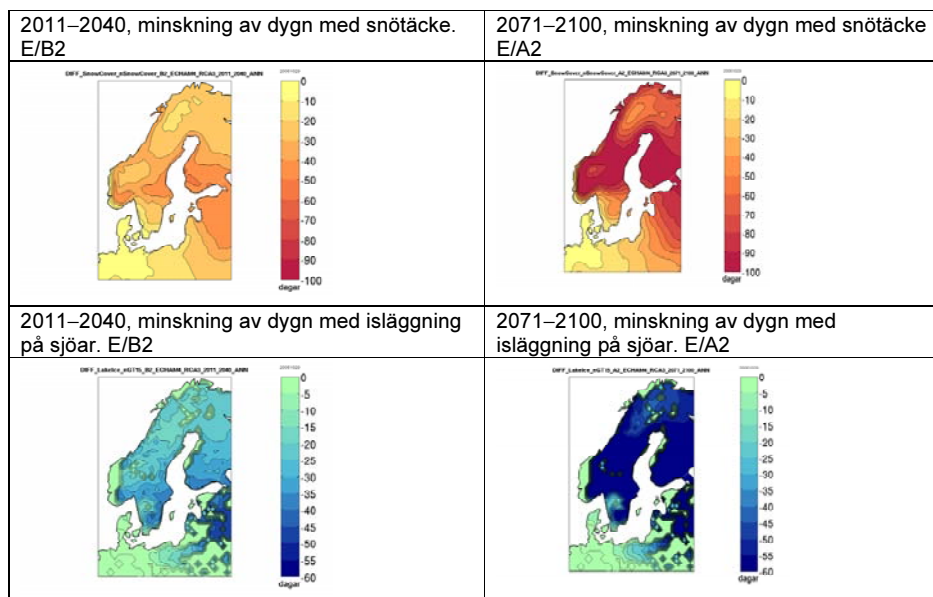
Hela Sverige kommer successivt att bli varmare. Alla klimatmodeller har samma utveckling och skillnaden mellan olika utsläppsscenarioer är störst i perioden 2071–2100. För perioden 2011–2040 är skillnaden mellan de olika utsläppsscenarioerna marginella. De skillnader som finns mellan olika säsonger och olika delar av Sverige är i grova drag som följer. Vintertid och på hösten är temperaturökningen störst i norra Sverige och på våren i mellersta Sverige och under sommaren i södra Sverige. På de följande kartorna har månaderna januari, april, juli och oktober valts ut. De är från SMHI's regionala modell med den Tyska globala modellen (Echam) som bas och utsläppscenariot A2. Kartorna är från de olika tidsperioderna 2011–2040, 2041–2070 och 2071–2100.



Figur 15. Förändring av medeltemperatur (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

Isläggingsperioderna och snötäcket minskar

De följande kartorna visar exempel på beräkningar av minskningen i antalet dygn med snötäcke och isläggning på sjöar. Exemplet visar perioden 2011–2040 med det lägre utsläppsscenarioet B2 (IPCC) och perioden 2071–2100 med det högre utsläppsscenarioet A2 (IPCC). Kartorna är med den tyska modellen Echam som bas.



Figur 16. Förändring av dygn med isläggning och dygn med snötäcke (RCA3/Rosby Centre SMHI med Echam4/OPYC3 (E) som drivare) jämfört med medel 1961–90.

6 Konsekvenser och kostnader för klimatförändringar (2011–2100)

I följande avsnitt sammanfattas och kostnadsuppskattas troliga effekter eller förhöjda risker för vattenförsörjning på grund av klimatförändringar. Då klimatförändringarna förstärks successivt förstärks också effekterna och riskerna successivt. Det betyder att de är påtagliga redan under perioden 2011–2040, men att de är större för perioden 2041–2070 och 2071–2100. Flera effekter och risker finns också redan idag, dels på grund av de klimatförändringar vi upplevt hittills men också för att vattenförsörjningen redan idag är sårbar ur flera aspekter, se tidigare textavsnitt. Till exempel finns idag risker för föroreningar i vattentäckers tillrinningsområden, men dessa risker förstärks av kommande klimatförändringar. Effekter och risker beskrivs i följande avsnitt under rubrikerna nederbördsförändringar, temperaturförändringar,

storm/snöstorm samt högre havsnivå. Några av effekterna är kombinationseffekter, det innebär att de kan finnas beskrivna under flera rubriker.

Den samlade kostnaden för att successivt anpassa svensk vattenförsörjning för ökande risker men också för nya förutsättningar på grund av klimatförändringar under perioden 2011–2100 uppgår i mycket grova drag till minst 5,5 miljarder för kommunal vattenförsörjning och omkring 2 miljarder för enskild vattenförsörjning, se sammanställningen i nedanstående tabell. Sammanställningen av kostnader i tabellen ska endast ses som grova riktvärden och samma sak gäller för fördelning mellan olika tidsperioder. I de följande avsnitten beskrivs närmare hur dessa kostnader har tagits fram. De åtgärder som nämns kommer att kräva vissa forsknings-, utrednings- och utvecklingsinsatser för att säkerställa ett bra resultat.

Sammanställning av uppskattade storleksordningar av kostnader för ökat investeringsbehov.

Till dessa kostnader kommer ökande driftkostnader för exempelvis olika behandlingsutrustning i vattenverk.


Åtgärd	2011-2040	2041-2070	2071-2100
Åtgärder för vattenbrist vid vattentäkter (minskad tillrinning)	500 miljoner	800 miljoner	700 miljoner
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av naturligt förekommande ämnen från grundvatten	50 miljoner	75 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av humusämnen från ytvatten.	400 miljoner	300 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning i vattenverk av alger från ytvatten.	50 miljoner	50 miljoner	?
Ökat behov av avskiljning/inaktivering av mikroorganismer i vattenverk. Åtgärderna motverkar de ökande riskerna för vattenburna sjukdoms-utbrott. Ytterligare förändringar av de mikrobiologiska riskerna längre fram är svåra att bedöma, men sannolikt ger lägre kostnader.	1300 miljoner	?	?
Behov av kylning av vatten i vattenverk (beror delvis av konsumenters acceptans av varmare dricksvatten och anpassning av riktlinjer).	---	?	?
Kostnader för framtagande av skyddsområden för vattentäkter.	250 miljoner	---	---
Kostnader för åtgärder som minskar de ökande föroreningsriskerna inom skyddsområden för vattentäkter (lokala förhållanden måste studeras).	?	?	?
Ökat behov av avskiljning av kemiska föroreningar i vattenverk (kostnaden är beroende av ämne och halt, vid inträffad förorening).	?	?	?
Ökat behov av redundans vid distribution av vatten samt andra förebyggande åtgärder och krisberedskap.	600 miljoner	?	?
Konsekvenser av stigande havsnivå (Göteborgs vattentäkt)	400 miljoner		
Kostnader för åtgärder inom enskild vattenförsörjning	750 miljoner	750 miljoner	500 miljoner
Summa investeringskostnader i miljarder kr (i dagens värde)	Minst 4,25	Minst 1,9	Minst 1,2

Exempel på skadekostnader

Kostnader för vattenburna sjukdomar	Samhällskostnaden för ett mikrobiellt vattenburet sjukdomsutbrott är från några miljoner till flera 100-tals miljoner kr per tillfälle, beroende av utbrottets omfattning och ortens storlek.
Kostnader för att ersätta en vattentäkt som förorenats så allvarligt att det inte går att sanera	Kostnaderna för att ersätta mindre vattentäkter är från några 10-tals miljoner kronor till mer än en miljard för större vattentäkter.
Kostnader vid ras och skred på viktiga huvudvattenledningar och utebliven vattenleverans i flera dygn.	En samhällskostnad på 10 – 50 miljoner per tillfälle (om reserv-ledningar saknas). Dessutom finns en ökad risk för inläckage av förorenat och smittat vatten i ett trycklöst ledningsnät.

6.1 Konsekvenser och kostnader på grund av nederbördsförändringar

I nedanstående tabeller (1–5) beskrivs och sammanfattas troliga effekter och risker av nederbördsförändringar. Några möjliga och troliga behov av åtgärder med olika alternativ anges. I text beskrivs möjliga skadekostnader och kostnader för riskdämpande eller andra kostnader för att avhjälpa olika problemställningar. På kartan i respektive tabell finns markeringar för vilka områden i Sverige som påverkas av den climateffekt som tabellen beskriver.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder - konsekvens	Åtgärdsbehov	Några åtgärdsalternativ
Tabell 1	Både yt- och grundvattentäkter		
 <p>Minskad tillgång på vatten</p>	Minskad kapacitet i vattentäkter i sydöstra Sverige	Behov av kapacitetsförstärkande åtgärder vid de vattentäkter som får vattenbrist.	Vattenbesparande åtgärder Anlägga en ny vattentäkt Överföringsledning från en annan vattentäkt.
	Grundvattentäkter		
	Lägre omsättning av grundvatten ger ökad vittring av naturligt förekommande ämnen från mark/berggrund till grundvattnet. I kustnära områden finns också en ökad risk för saltvatteninträngning.	Ökat behov av avskiljning av icke önskvärda ämnen i dricksvattenberedningen	Installera olika typer av reningsutrustning beroende av ämne Ta fram en ny vattentäkt

Minskad kapacitet i vattentäkter i sydöstra Sverige (tabell 1)

Vattenbesparande åtgärder kan bestå av att byta de delar av ledningsnätet (ledning, ventiler, mm) som läcker (vattensvinn). Tillfälligt kan också restriktioner för vattenanvändning meddelas, exempelvis bevattningsförbud. Sannolikt kommer dock detta inte att räcka till.

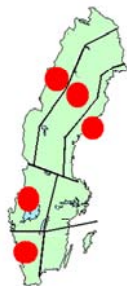
I enkätundersökningen för östra Götaland har svar lämnats för 19 grundvattentäkter, för 8 har angetts att det kan uppstå vattenbrist vid torrperioder. Svar har också lämnats för 17 ytvattentäkter och där har risk för vattenbrist angetts för 2 stycken. Tillsammans försörjer dessa yt- och grundvattentäkter ca 60 % av länets invånare. I framtidens klimat ökar risken för vattenbrist och det gäller sannolikt för fler vattentäkter än som anges som täkter med risk idag. Samtidigt som det successivt kan gå från tidvis vattenbrist till mer allmän vattenbrist för många vattentäkter.

Att anlägga en ny vattentäkt med ett nytt vattenverk för ett mindre samhälle kostar i storleksordningen 10–40 miljoner och för en medelstor stad 200–400 miljoner. Därtill kommer kostnader för framdragningsledning av vattenledningar. Detta förutsätter också att en ny vattentillgång går att finna inom rimligt avstånd. Att bygga en överföringsledning från en annan vattentäkt kostar i storleksordningen 1–3 miljoner kronor per km för ett mindre samhälle och 4–6 miljoner per km för en medelstor stad. Antag att 20 grundvattentäkter för mindre samhällen och 2 ytvattentäkter för medelstora samhällen successivt måste ersättas och att dessa ersätts med

överföringsledningar från andra vattentäkter. Om avståndet i medeltal är 30 km skulle kostnaden för att anlägga dessa ledningar bli omkring 1,5 miljarder.

Förändrad vattenkemi i vissa grundvattentäkter på grund av minskad grundvattenbildning (tabell 1)

Ökade behandlingskostnader på grund av vittring av i marken/berggrunden naturliga ämnen som inte är önskvärda i dricksvatten berör främst små bergborrade vattentäkter. Kostnaden kan uppskattas till ca 0,5 miljon per vattenverk som berörs (behandlingsutrustning, rör-gallerier, styr- och regler samt provtagnings- och konsultkostnader). Antag att 50 grund-vattenverk (sannolikt en låg siffra) behöver komplettera sin behandling, kostnaden skulle då bli i storleksordningen 25 miljoner. Därtill kan en årlig driftskostnad om 100 000 kr läggas till, det vill säga 5 miljoner för 50 vattenverk.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder - konsekvens	Åtgärdsbehov	Några åtgärdsalternativ
<p>Tabell 2</p>  <p>Ökad total tillrinning av vatten</p>	<p>Ytvattentäkter</p> <p>Ökad tillförsel av humusämnen samt ökad risk för tillförsel av partiklar (mikrobiologisk risk), närsalter (se kap. 6.2 om algblomning i tabell 6 och 7), föroreningar från dagvatten, vägar, etc.</p> <p>Förändrade fysikaliska, kemiska och biologiska förhållanden.</p> <p>Risker för skred i vissa områden</p>	<p>Förbättrat råvattenskydd</p> <p>Vid behov införa kompletterande reningsteknik</p> <p>Vid behov införa kompletterande desinfektionsteknik</p> <p>Utökad analysbehov Behov av konsument information</p> <p>Beredskap att hantera avbrott vid ras och skred (se även tabell 4)</p>	<p>Inrätta/revidera skyddsområde med föreskrifter. Genomföra olika typer av skyddsåtgärder för att förhindra förorening</p> <p>Ökad dos fällningskemikalie Tillsats av pulverkol Ökad klordos UV+klor Membranfiltrering Oxidation (Ozon) Kolfilter</p> <p>Provtagnings- och analysberedskap. Informationsberedskap</p> <p>Nödvattenförsörjning via tankar</p> <p>Reservvattentäkt</p>
	<p>Grundvattentäkter</p> <p>Allmänt sett högre grundvattennivåer och ökad tillgång på vatten i vattentäkter.</p> <p>Risk för minskad omättad zon vid konstjord infiltration. (mikrobiologisk risk).</p> <p>Risk för kortare uppehållstider i grundvattenfasen (förändrad grundvattenkemi/biologi, mikrobiologisk risk).</p> <p>Större risk för påverkan av förorenat markvatten.</p>	<p>Förbättrat råvattenskydd</p> <p>Ökat reningsbehov och desinfektionsteknisk beredskap.</p> <p>Utökad analysbehov Behov av konsument information</p>	<p>Inrätta/revidera skyddsområde med föreskrifter. Genomföra olika typer av skyddsåtgärder för att förhindra förorening</p> <p>Beredskap eller kontinuerligt använda både klor och UV-desinfektion. Ev. mer avancerad reningsteknik</p> <p>Provtagnings- och analysberedskap. Informationsberedskap</p>
	<p>Ledningsnät</p> <p>Ökad risk för vattenkvalitetsvariationer från vattenverket ökar risken för kemiska och mikrobiella störningar på ledningsnätet.</p>	<p>Ökat mekaniskt rengöringsbehov</p> <p>Eventuellt ökat desinfektionsbehov av vatten i ledningsnätet .</p> <p>Informationsberedskap</p> <p>Utökad analysbehov</p>	<p>Ökad frekvens luft-/vattenspolning av nät</p> <p>Beredskap att vid behov utöka desinfektion på ledningsnätet</p> <p>Ev behov av nödvattenförsörjning</p> <p>Provtagnings- och analysberedskap</p>

Ökande kostnader för behandling av ökande humushalter i ytvatten (tabell 2 och 6)

Om en ökning av humusämnen i råvattnet inte möts med åtgärder kan dricksvattenkvaliteten påverkas genom missfärgat dricksvatten, ökade halter av biprodukter från desinfektion och tillväxt av mikroorganismer i distributionssystemet. Vid snabba förändringar i råvattenkvaliteten finns också en risk för instabilitet i beredningsprocesserna som kan leda till otillräcklig reduktion av

smittämnen. Åtgärder som kan vara aktuella för att möta ökade humushalter kan vara:

- 1) råvattenskydd
- 2) kraftigt ökad kemikaliedosering
- 3) membranfilter
- 4) oxidationsteknik
- 5) byte av vattentäkt

För råvattenskyddet bör åtgärder inom skogsbruket vara mest aktuella, till exempel skydds-zoner mot diken och vattendrag vid avverkningar.

Humusämnen som går att fälla ut och avskilja innebär att dosen av fällningskemikalie behöver ökas. Normalt sänks pH-värdet för optimering med avseende på organiskt material, men om det samtidigt finns en risk för avföringspåverkan bör man ur risk-synpunkt istället höja fällnings-pH, optimera partikelavskiljningen och dosera tillräckligt med fällningskemikalie för färgreduktion. Empiriska data i samband med översvämningarna av Mölndalsån (dec. 2006) pekar på att doseringar av aluminiumsulfat behövs ökas med ca 50 % när färgtalet fördubblas. För vattentäkter med snabb omsättning blir de ökade doseringarna tillfälliga och därmed kemikaliekostnaderna marginella. Däremot kan investeringar behöva göras för att en stabil drift ska kunna uppnås med högre doseringar både av fällningskemikalier och av kemikalier för pH-justering. För vattenverk som ännu inte utsatts för denna typ av störningar är investeringsbehoven okända. En mycket grov uppskattning är att det i Sverige kan handla om investeringsbehov på ca 200 Mkr. En ökning av humushalten från ett färgtal på 20 till 40 mg Pt/l kan innebära att kemikaliekostnaden ökar med 3–6 öre per kubikmeter.

För mer svårfällda humusämnen kan nanofiltrering vara ett alternativ. Dessa relativt täta membran kan avskilja humus utan att den först fällts ut. I Norge används i stor utsträckning lågbelastade nanofilter för humusreduktion i mindre vattenverk med råvatten från fjällsjöar vars vatten tidigare distribuerats utan beredning. Motsvarande tillämpning vid 20 svenska vattenverk med en produktion på 1 000 kubikmeter per dygn bedöms ge en investeringskostnad på 400 Mkr. Kostnaden för investering och drift bedöms för dessa verk öka med 1,50 kr per kubikmeter. Pilot-försök i Göteborg visade att nanofilter kan sätta igen ohjälpligt

redan efter några månaders drift om de inte skyddas med t ex biologisk förbehandling.

Ett annat alternativ är att oxidera humusämnen och toxiner med t ex ozon. Investerings-kostnaden för 10 svenska vattenverk med en produktion på 20 000 kubikmeter per dygn bedöms till 120 Mkr. Kostnaden för investering och drift bedöms för dessa verk öka med 20 öre per kubikmeter. För att undvika att den mer lättillgängliga näring som bildas leder till mikrobiologisk tillväxt i distributionssystemet behövs ofta ett efterföljande biologiskt steg.

Vid 20 av 33 ytvattentäkter i enkätsvaren upplevs redan idag tydliga trender av kvalitets-förändringar i form av ökande humushalter, ökande temperaturer eller ökande algstörningar. I Sverige finns ytterligare drygt 160 ytvattentäkter, varför kostnader för kompletteringar vid 30 vattenverk kan anses vara ett minimum.

Kostnader för ökad risk av mikrobiologiska föroreningar (tabell 2, 4 och 5)

Se under tabell 4

Ökande kostnader för ökad risk av kemiska föroreningar (tabell 2, 3, 4 och 5)

Att ersätta en vattentäkt som förorenats så allvarligt att den måste ersättas kostar stora belopp. Att ersätta Uppsalas eller Göteborgs vattentäkter har kostnadsberäknats till 1 miljard kronor eller mer. Vattentäkten som försörjer 12 000 invånare i Njurunda söder om Sundsvall har beräknats kosta 300 000–400 000 kronor att ersätta. Denna beräkning gjordes av konsultföretaget VBB Viak 1996 i samband med en studie av olika alternativ för ny E4-sträckning genom området. Mindre vattentäkter kan kosta ett antal 10-tals miljoner att ersätta, om en ny lämplig vattentillgång överhuvudtaget går att finna.

Ett viktigt arbete med att minska riskerna för förorening av vattentäkter är att inrätta ett skyddsområde med föreskrifter, se kapitel 3 "Skydd av vattentäkt/dricksvattenförekomst". Kostnaden för att upprätta eller revidera ett skyddsområde varierar, bland annat beroende av hur omfattande hydrologiska och/eller hydrogeologiska studier som behövs som underlag för avgränsning av

skyddsområdet. I grova drag kan sägas att för en mindre vattentäkt kostar arbetet några hundra tusen och för en större vattentäkt en halv miljon eller mer.

Ca 40 % av Sveriges kommunala vattentäkter saknar idag skyddsområde och många av dem som har skyddsområde har gamla avgränsningar och omoderna föreskrifter som inte uppfyller skyddsbehovet och ytterst få skyddsområden tar hänsyn till klimatförändringar. 67 (av 226) av vattentäkterna i vår enkätundersökning har skyddsområden fastställda före 1980, då synen på skydd var lägre än idag, och 66 av vattentäkterna saknade helt skyddsområde. Antag att minst hälften av alla kommunala vattentäkter (ca 1000 st) har behov av nytt eller reviderat skyddsområde och att snittkostnaden är 250 000 kr för framtagande av beslutsunderlag. Den totala kostnaden blir då minst 250 miljoner för framtagande av beslutsunderlag för nya skyddsområden. Därtill kommer kostnader för åtgärder som minskar föroreningsrisker inom det framtagna skyddsområdet. Erfarenhetsmässigt bedöms dessa kostnader vara av betydande storlek, men omöjliga uppskatta. Dessa kostnader fördelas mellan olika aktörer som kan förorena dricksvattnet inom skyddsområdet.

Med tanke på att det används 10 000-tals kemiska ämnen med olika egenskaper i samhället är det omöjligt att ens grovt bedöma eventuella berednings- (vattenrenings-) kompletteringar för att avlägsna olika föroreningar som sprids till vattentäkter. Råvattenskydd är därför den primära åtgärden. Möjliga beredningsåtgärder vid vissa akuta föroreningar kan vara:

- 1) pulverkol
- 2) kolfilter
- 3) oxidationsteknik
- 4) byte av vattentäkt
- 5) nanofilter/omvänd osmos

Kol kan reducera t ex opolära kolväten från petroleumprodukter. Organiska föroreningar som bekämpningsmedel och läkemedelsrester skulle kunna oxideras med ozon. Om man har en ozonanläggning är steget dessutom inte långt till att kunna tillämpa avancerad oxidationsteknik. Teknik för att skapa hydroxidradikaler i en reaktor med hjälp av UV och aktiverad titandioxid som katalysator är också under utveckling.

Ökade kostnader för beredskap inom vattenförsörjning (tabell 2, 4 och 5)

Det finns kommuner som satsat på beredskap inom vattenförsörjning och till och med byggt upp egna beredskapsförråd. Ofta är det kommuner som redan har råkat ut för olika händelser som förstärker sin beredskap. I t ex Sundsvall, som under 2000-talet två år i rad fått 100-års flöden/nederbörd, byggs under 2007 ett beredskapsförråd som bland annat inrymmer mobila elverk, länsar, saneringsutrustning för föroreningar i tillrinningsområden, vattentankar för nöddistribution samt annan utrustning. Kostnaden för förrådet är ca 6 miljoner och har bland annat motiverats av ökande risker i ett förändrat klimat. Även olika resurslistor mellan kommuner har på olika håll börjat byggas upp, men fortfarande fattas resurser på många håll att t ex försörja en större tätort med vatten från vattentankar.

Beredskap handlar också om kompetensförsörjning, dels att snabbt förstå och kunna minimera riskerna för följdskador vid olika händelser, men också för att förebygga att krissituationer uppstår. Det finns ett behov av att öka kompetensen i svensk VA-försörjning. Kunskaper om vattenburen smitta och desinfektion är sådana exempel. Flera kommuner har t ex bara desinfektion i beredskap (för vissa grundvattentäkter) och där gäller det att i tid förstå när den ska driftsättas. Att få ett svar om otjänligt vatten från laboratoriet två dygn efter att provet tagits kan innebära att en vattenburen smitta redan är spridd på distributionsnätet. Även beredskap att hantera information till både allmänhet och media är viktig under en kris. Det är ofta avgörande för hur stort efterarbetet blir för att återvinna allmänhetens förtroende.

Det finns ett behov av att på olika sätt säkerställa tillgång av olika material och av kompetens, och att öka förmågan att hantera krissituationer, se kapitel 4. Uppskattningsvis kan antas att kostnader för beredskapsförstärkande åtgärder i snitt för cirka en miljon per kommun kan vara motiverat, i form av material/utrustning, förberedelser för inkoppling av utrustning, utbildning och framtagande av krisberedskapsplaner, mm. Delar av detta behov kan relateras till en ökad risk för extremväder. Antag att det sammanlagt i Sverige gäller för en tredjedel av behovet, det innebär då en kostnad på knappt 100 miljoner.

Ökade kostnader för provtagnings- och laboratorieberedskap (tabell 2, 4 och 5)

Sannolikt kommer klimatförändringarna och olika situationer med "extremväder" att öka behovet av både uppföljande och akuta analyser av både dricksvatten och råvatten. Kommuner som upplevt höga flöden under de senaste åren bekräftar att en extra analyskostnad för ibland flera hundra tusen har uppstått. I sådana situationer krävs också ofta övertid av laboratoriepersonalen, vilket har fördyrat analyskostnaderna.

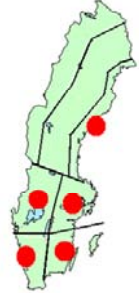
Antalet laboratorier som utför dricksvattenanalyser har under de senaste åren minskat rejält samtidigt som priserna har pressats nedåt. Det betyder också att avstånden till laboratorierna har ökat för många kommuner, samtidigt som laboratoriernas kunskaper om lokala förhållanden och därmed möjligheter att bistå med kompetensstöd ur dessa aspekter minskat. Den normala vattenprovtagningen har då anpassats efter olika möjligheter att skicka vattenprover. När krissituationer uppstår fungerar det inte alltid. Några kommuner som haft krissituationer under de senaste åren har avdelat egen personal som kört vattenprover i skytteltrafik, ibland sammantalet flera hundra mil.

En mycket försiktig uppskattning av ett ökat behov av analyser för att följa upp förändringar i vattenkvalitet på grund av successiva klimatförändringar är i snitt 5000 kr per vattentäkt och år. Sammanlagt för ca 2000 vattentäkter ökar då analysbehovet med 10 miljoner kronor per år. Vädersituationer med kraftig nederbörd kan snabbt ge ett ökat behov av ytterligare analyser, det kan röra sig om analyser för upp emot miljoner kronor per år.

Ökande kostnader för kvalitetsstörningar på vattenledningsnätet (tabell 2, 4 och 6)

Att spola (rengöra) ett huvudledningsnät i en medelstor tätort kostar några hundra tusen kronor per tillfälle. Frekvensen spolning varierar avsevärt från ingen spolning alls till regelbunden spolning med några års intervall i svenska kommuner, beroende av ledningsnätets utformning och vattnets kvalitet. Ett rimligt antagande utifrån erfarenheter av drift av olika ledningsnät är att i minst 100 tätorter bör spolningsinsatserna utökas med en gång vart femte år, på grund av mer variabel vattenkvalitet i samband med

klimatförändringar. Denna kostnad skulle då bli 6 miljoner kronor per år, om varje spolningstillfälle kostar 300 000 kr.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder – konsekvens	Åtgärdsbehov	Några åtgärdsalternativ
Tabell 3	Främst mindre grundvattentäkter		
 <p>Ökad risk för perioder med torka (Främst i juli-september)</p>	Tillfälligt minskad kapacitet (vattenbrist) i små och/eller grunda vattentäkter i mindre grundvattenmagasin i hela Sverige, utom Norrlands inland och fjällkedjan. Framför allt ökar risken söder om Mälardalen.	Behov av kapacitetsförstärkande åtgärder vid de vattentäkter som återkommande får problem med vattenbrist sommartid.	Vattenbesparande åtgärder Anlägga en ny vattentäkt Överföringsledning från en annan vattentäkt.
	Ytvattentäkter		
	Se kapitel 4.2 temperaturförändringar/punkt nr 2, varmare somrar samt värmebölja		
	Både yt- och grundvattentäkter		
	En ökad risk för skogsbränder och andra bränder där släckvatten mm kan påverka vattenmiljön och därmed råvattnets kvalitet	Ökad reningsteknisk beredskap vid vattenverken Informationsberedskap Utökad analysbehov	Aktivt kol (PAC, GAC) Ozon eller annan avancerad oxidationsteknik Provtagnings- och analysberedskap


Risk för periodvisa och återkommande vattenbrist sommartid (tabell 3)

Risken för att under sensommaren periodvis drabbas av sinande vattentäkter, utanför de sydöstra delarna av Sverige, gäller främst grunda brunnar i små grundvattenmagasin. Detta rör främst enskilda brunnar (se kapitel 6.5) samt mindre kommunala vattenförsörjningsanläggningar. Sannolikt kan åtgärderna för kommunal vattenförsörjning i huvudsak handla om olika vattenbesparande åtgärder, se avsnitt ovan. Endast ett fåtal mindre allmänna vattentäkter bedöms behöva ersättas. Om det rör sig om ca 20 små allmänna vattentäkter i Sverige som måste ersättas, utanför de sydöstra delarna, kan kostnaden uppskattas till en halv miljard kronor. Antag att 10 vattentäkter ersätts med överföringsledningar från andra vattentäkter (10 stycken x 20 km x 2 miljoner kr/km = 400 miljoner (se även beräkning under tabell 1)) och 10 vattentäkter ersätts med en helt nya vattentäkt i en tillgång med större

kapacitet (10 miljoner per täkt). Den sammanlagda kostnaden skulle då bli omkring en halv miljard kronor.

Risk för förorening på grund av ökad brandrisk (tabell 3)

Vid torka kan risken att för att få föroreningar från släckvatten vid större skogsbränder eller andra bränder i viss mån öka. För eventuella kostnader, se ”Ökande kostnader för en ökad risk av spridning av kemiska föroreningar” under tabell 4.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder – konsekvens	Åtgärdsbehov	Några åtgärdsalternativ
Tabell 4	Ytvattentäkter samt ytliga grundvattentäkter eller grundvattentäkter med korta uppehållstider efter infiltration av ytvatten.		
 <p>Ökad risk för intensiva regn eller skyfall. (lokala översvämningar)</p>	Ökad risk för mikrobiologiska föroreningar i vattentäkter (även klortålga parasitära protozoer och virus)	Förbättrat råvattenskydd Optimerad fällningsteknik i ytvattenverk Ev. kompletteringar i dricksvattenberedning	Se tabell 2 Ökad kemikalie dosering Tillsats av pulverkol Kolfilter Membran Ozon + biologiskt
	Ökad risk för vattenburen smitta.	Effektivare desinfektionsteknik	UV+ klor Ökad klordos Ozon
	Ökande humushalter	Alternativt använda annat råvatten Informationsberedskap (ev. kokningspåbud)	Använda en reservvattentäkt Distribuera nödvatten i tankar
		Utökat analysbehov	Provtagnings- och analysberedskap
	Både yt- och grundvattentäkter		
	Ökad risk för olika typer av utsläpp som av hälsoskäl eller estetiska skäl kan påverka dricksvattnets användbarhet	Förbättrat råvattenskydd Vid behov förbättrad reningsteknik	Se tabell 2 Aktivt kolfilter (PAC alt. GAC) Ozon Avancerad oxidationsteknik
	Risk för otjänligt vatten.	Alternativt använda annat råvatten Informationsberedskap	Använda reservvattentäkt Distribuera nödvatten i tankar Anlägga en ny vattentäkt
		Utökat analysbehov	Provtagnings- och analysberedskap
	Ledningsnät/vattenverk		
	Risk för ras och skred på ledningsnät, med utebliven leverans av vatten till samhället (risk för inträngande förorenat vatten i systemet).	Där behov finns minska sårbarheten i huvudledningsnätet. Beredskap att hantera stora leveransavbrott Informationsberedskap	Dubbla viktiga vattenledningar Reparationsberedskap Beredskap att anlägga nödvattenledningar Beredskap att distribuera nödvatten i tankar

Kostnader för behandling av ökande humushalter i ytvattentäkter

Se text under tabell 2.

Kostnader för ökad risk av mikrobiologiska föroreningar (tabell 2, 4 och 5)

Avföringspåverkan som överstiger dricksvattenberedningarnas reduktionsförmåga leder till att de vattenburna sjukdomsutbrotten ökar. Statistiken över registrerade dricksvattenorsakade sjukdomsfall anger 63 000 fall i Sverige under 25 år och ändå anses det finnas ett betydande mörkertal. Chalmers har i en underlagsrapport sammanställt tillförlitliga uppgifter om kostnader för ett antal svenska och utländska utbrott. Kostnaden per insjuknad varierar mellan 161 kr och 28 000 kr. Det stora spannet beror inte bara på hur allvarliga respektive utbrott var utan i hög grad också på vilka kostnader som inkluderats. Kostnadsberäkningarna för EHEC-utbrottet i Walkerton (28 000 kr/insjuknad) och Giardiautbrottet i Bergen (8 000 kr/insjuknad) framstår som de mest fullständiga. Om man räknar med kostnad på 10 000 kr/insjuknad och en femfaldig ökning av de vattenburna infektionerna i Sverige får man en kostnad på mer än 100 Mkr per år. Mörkertalet innebär att kostnaden för att inte genomföra riskreducerande åtgärder skulle kunna var betydligt högre. Utöver dessa kostnader finns mänskligt lidande i samband med dödsfall och sjukdom som i vissa fall blir kronisk samt avsevärda kostnader för att återställa förtroendet för dricksvattnet. I vår enkätundersökning anges att föroreningsrisken från kommunal avloppsrening eller djurhållning ökar betydligt vid kraftig nederbörd vid 43 % av vattentäkterna. Även dagvatten kan innehålla betydande mängder mikroorganismer och vid 21 % täkterna anges dagvatten som en föroreningsrisk. Vid 42 % av täkterna anges att jordbruksmark är en föroreningsrisk.

Hur stora åtgärder som är nödvändiga för att reducera riskerna för vattenburen smitta till en acceptabel nivå beror bland annat på hur stora säkerhetsmarginalerna i dagens system är. Chalmers har i en underlagsrapport tagit fram kostnader för vissa beredningskompletteringar. Tänkbar grad av åtgärd med stigande kostnader skulle kunna vara:

- 1) råvattenskydd och reservvattentäkter
- 2) kraftigt höjd desinfektionsdos
- 3) komplettera desinfektionen (t ex UV, ozon)
- 4) membranfilter (ultrafilter/nanofilter)
- 5) ny vattentäkt

Kostnaderna för ett fungerande råvattenskydd med avseende på smittämnen ska förorenaren stå för (PPP Polluter Pay Principle som framhålls bland annat i ramdirektivet för vatten). Smittorisken från ofullständigt renat avloppsvatten kan till begränsade kostnader reduceras med UV-desinfektion av avloppsvattnet. Kostnader för jordbruket för att säkra gödselhanteringen och för att undvika betesdrift med infekterade djur vid vattentäkter ligger också utanför denna beräkning.

Även med dagens klimat skulle de flesta vattenverk behöva reservvattentäkter så att man åtminstone under en begränsad period klarar de föroreningssituationer som kan uppkomma.

En kraftigt höjd desinfektionsdos med klor ger i detta sammanhang marginella kostnader. En dubblering av kloranvändningen i Göteborg skulle till exempel kosta mindre än ett öre per kubikmeter dricksvatten. Denna dosering skulle dock överskrida den idag tillåtna och ge negativa effekter på miljön och potentiellt också hälsorisker, samtidigt som den skulle vara i stort sett verkningslös mot parasitära protozoer.

I många fall skulle en komplettering med ozon eller UV-desinfektion troligtvis ge en tillräcklig riskreduktion. Ozon har en god barriärverkan mot bakterier, virus och de flesta protozoer. UV har god barriärverkan mot bakterier, protozoer och de flesta virus. Investeringskostnaden för att förse halva Sveriges dricksvattenproduktion med UV-desinfektion bedöms till ca 300 Mkr. Kapitalkostnad och drift bedöms till ca 5–8 öre/m³. Vid inaktivering genom desinfektion blir de inaktiverade mikroorganismerna och organiskt material mer lättillgängligt som näring och kan ge upphov till mikrobiologisk tillväxt. Det finns också spekulationer om att vissa mikroorganismer skulle kunna reparera de genetiska skador som UV-behandlingen ger. Ozonering är en något dyrare metod, men har andra fördelar, kostnadsbedömningen ges i avsnittet om humusreduktion.

För vattenverk som riskerar en kraftig avföringspåverkan kan det var aktuellt att komplettera med membran som avskiljer istället för att inaktivera. Den vanligaste ytvattenberedningen inkluderar kemisk fällning och där bör det gå att uppnå en god avskiljning av virus med ultrafiltermembran även om de har viss andel porer som är större än de minsta virusen. Investeringskostnaden för att komplettera 20 % av Sveriges dricksvattenproduktion med ultrafilter bedöms till 1000 Mkr. Kapitalkostnad och drift bedöms till 50 öre per kubikmeter för större vattenverk.

För vattenverk utan kemisk fällning behövs tätare membran, nanofilter, för att avskilja virus. Både investerings och driftskostnader för nanofilter blir betydligt högre än för ultrafilter. Detta alternativ kan dock vara aktuellt när man behöver förbättra avskiljningen av andra föroreningar som humus och den kraftfulla mikrobiologiska barriärverkan kan då ses som en positiv bieffekt. Se därför kostnader under avsnittet om humusreduktion. Nya vattentäkter kan beroende på lokala förhållanden kosta mycket stora belopp, se avsnitt om spridning av kemiska föroreningar.

Kostnader för en ökad risk av spridning av kemiska föroreningar

Se text under tabell 2.

Kostnader för en ökad risk för ras och skred på vattenledningsnätet (tabell 2, 4 och 5)

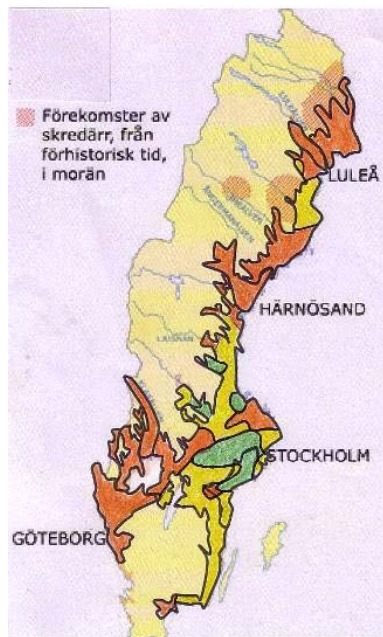
Den 27 augusti 2001 regnade det 140 mm på ett dygn i Sundsvall. Under de två efterföljande veckorna kom ytterligare ca 160 mm. Under dessa regn uppstod extra kostnader på vattenledningsnätet och för distribution av vatten för ca 10 miljoner kronor i Sundsvall. Kostnaderna bestod i akuta åtgärder för att upprätthålla vattendistributionen på raserade ledningar samt skadekostnader för att laga ledningar vid ras och skred. På grund av att många huvudvattenledningar var dubblerade uppstod dock inga långvariga avbrott i leveransen. Kommunen anger dock att man ur många aspekter hade tur, situationen hade mycket lätt kunnat förvärras. Bland annat var en mindre damm mycket nära att brista och hade det inträffat hade vattenmassorna gett stora skador på huvudledningsnätet och en vattenreservoar, sannolikt med skadekostnader för ytterligare 20 miljoner, därtill hade den normala vattendistributionen i Sundsvall säkerligen upphört under några dygn.

Örnsköldsviks kommun drabbades 1999 av ett större leveransavbrott i sin vattenförsörjning. Orsaken var i detta fall inte orsakat av väder, en huvudledning borrades sönder av misstag och tryckförändringar i ledningsnätet skapade sedan flera följdläckor på övriga ledningsnätet. Den aktuella huvudledningen var inte dubbelrad. Men konsekvenserna av den vattenbrist som uppstod i Örnsköldsviks samhälle är av samma art som kan uppstå när viktiga

vattenledningar rasar på grund av skred vid kraftfull nederbörd. Sjukhuset fick transportera vissa patientgrupper till andra sjukhus, skolor, mm fick stänga på grund av att toaletterna inte gick att använda, badhuset fick stänga, vissa industrier och andra näringar drabbades, osv. Samhällskostnader i samband med denna händelse som pågick i totalt i nästan en vecka har aldrig sammanställts, men uppgår förstås till mångmiljonbelopp.

I samband med att ett ledningsnät blir trycklöst så finns också risk att förorenat vatten på utsidan av rören kan tränga in i otätheter. Exempelvis finns ofta avloppsledningar i samma rörgrav, vilket i värsta fall kan ge upphov till ett vattenburet sjukdomsutbrott. I Örnsköldsvik klarade man sig dock från sådana följd-händelser, bland annat därför att man gick ut med rekommendationer att koka dricksvattnet när det påkopplades igen.

Sammanfattningsvis kan antas att ett skyfall över en tätort kombinerat med intensiv nederbörd kan orsaka skador på vattenledningsnätet samt innebära övriga samhällskostnader på grund av utebliven vattenleverans för flera 10-tals miljoner kronor per tillfälle. Utifrån en underlagsrapport från SGI kan uppskattas att ca 50 kommuner i Sverige kommer att få en ökad ras- och skredrisk på grund av klimatförändringar, se figur (röda områden får en ökad risk, gul oförändrad och gröna områden en minskad risk). Vad den årliga kostnaden i framtiden blir är omöjlig att svara på, men risken ökar i klimatscenarierna. Antag att ett kraftigt skyfall tillsammans med intensivt regn inträffar vid en tätort vart femte år, med kostnader för 10–50 miljoner per tillfälle.




Figur 17 Förändrade ras och skredrisker i samband med klimatförändringar (underlags-rapport från SGI). Rött – ökad skredrisk, gult – oförändrad risk, grönt – minskad risk.

För att motverka denna risk är utbyggnad av dubblerade huvudvattenledningar en möjlig åtgärd. På ca hälften av ledningsnäten i enkäten finns ingen möjlighet eller begränsad möjlighet till alternativ leverans via andra ledningar om en huvudvattenledning blir ur funktion. För ca 30 % av huvudledningsnäten har kommunerna angett att det finns sträckor med en påtaglig risk för att ras och skred, men samtidigt anger många kommuner att riskerna är okända. Antag att hälften av kommunerna (ca 25) med ökande skredrisk bör nyanlägga 2 km huvudvattenledning för att dubblera/säkra upp leveransen i huvudledningsnätet och att kostnaden är 5 miljoner kronor per km. Den samlade kostnaden blir då 250 miljoner kronor.

Kostnader för en ökad risk för störningar i styr-, regler och övervakningssystem i samband med åska (tabell 4)

I vår enkät påpekas i många svar att störningar i styr-, regler- och övervakningssystem är vanliga i samband med åska. Systemen är ofta spridda över ett stort antal geografiskt spridda platser såsom vattentäkt, vattenverk, tryckstegringar, reservoarer samt övervakning av tryck och flöde i ledningsnätet. En viktig funktion är exempelvis larm vid driftstörningar. Ett kraftigt åskväder kan ge skador på denna typ av utrustning för flera hundra tusen per tillfälle. Många påpekar att uppkopplingar via telenätet är känsligare för åska, varför många investerar i radiokommunikation istället. Investeringskostnaden för övergång till radiokommunikation ligger mellan 15–50 000 kr per enhet, beroende av typ och mängd av information som ska överföras. För ett litet vattenförsörjningssystem men en vattentäkt, ett vattenverk, 2 reservoarer, 4 tryckstegringar kan det exempelvis kosta omkring 200 000 kr att byta från telekommunikation till radiokommunikation. För ett större system kan kostnaden ligga mellan 0,5 till 1 miljon kronor.

Angående åskfrekvens finns idag inga framtida scenarier i SMHI's underlag, även om det går att misstänka att frekvensen kan öka i det framtida klimatet. Antag att behovet för åksäkrare kommunikation ökar för 50 medelstora anläggningar, då blir det en sammantagen investeringskostnad om ca 30 miljoner.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder - konsekvens	Åtgärdsbehov	Några åtgärdsalternativ
Tabell 5	Både yt- och grundvattentäkter		
 <p>Ökad risk för nederbörd som medför större mark-översvämningar</p>	Ökad risk för översvämning av lågt belägna anläggningsdelar.	Analysera risker för översvämning vid vattentäkter och viktiga anläggningsdelar (översvämningsskartering plus analys av påverkan av klimatförändringar)	Permanent skydd, som invallningar Beredskap för att bygga invallningar Flytta anläggningsdelar till högre belägna markområden Flytta/höja känsliga anläggningsdelar inom befintlig plats/byggnad
	Risk för strömbortfall vid översvämmade ställverk eller andra el-anläggningar.		
	Ökad risk för föroreningsutsläpp av olika typer av miljö- och hälsofarliga kemiska ämnen i tillrinningsområdet för vattentäkt. Risk för ojämnt vatten	Se tabell 4	
	Ytvattentäkter		
	Ökade mikrobiologiska risker	Se tabell 4	
	Grundvattentäkter		
Risk för korta uppehållstider i grundvattenfasen och/eller reducerad omättad zon vid infiltration (mikrobiologisk risk)	Se tabell 4		
Ökad risk för mikrobiologiska föroreningar i vattentäkter. Ökad risk för vattenburen smitta.			
Ledningsnät			
Ökad risk för ras och skred samt inträngande förorenat vatten vid trycklöst system.	Se tabell 4		

Kostnader för en ökad risk för stora marköversvämningar (tabell 5)

Den 9 juli 2004 översvämmades Alvestas grundvattentäkt. Stora delar av brunnsområdet var översvämmat. Vattentäkten försörjer ca 8000 konsumenter. Mikrobiologiskt förorenat vatten pumpades ut på kommunens vattenledningsnät. Inget vattenburet sjukdomsutbrott kartlades men konsumenterna fick koka vattnet i upp till 4 veckor innan det blev tjänligt som dricks-vatten. Arbete med att hålla undan vattenmassorna, bygga vallar, få bort vattnet, analyskostnader, transporter av prover till laboratoriet, desinfektionsutrustning för rengöring av vatten-ledningsnätet kostade 700 000 kr. Reparation av vattenverkets el-anläggning kostade

600 000 kr. Inga vattentankar med rent dricksvatten ställdes ut i samhället och kommunen fick därmed inga kostnader för detta. Övriga samhällskostnader för att inte ha ett tjänligt vatten i kranarna har inte sammanställts från händelsen, den totala samhällskostnaden är därför sannolikt större.

För 30 % av ytvattentäkterna i enkätundersökningen anges att råvattenpumpstationen eller tillhörande el-anläggningar kan översvämmas vid höga flöden. För 10 % av grundvatten-täkterna anges att det finns stor risk och vid ytterligare 9 % bedöms att en påtaglig risk finns för översvämning av brunnSORÅDET vid höga flöden. Antag att ca 20 % av Sveriges totala antal vattentäkter (drygt 2000 stycken) och då främst i Sveriges västra delar behöver vidta åtgärder för att säkerställa att vitala anläggningsdelar inte kan översvämmas. Åtgärderna kan variera mellan att säkra el-anläggningar, skydda brunnsområden med invallningar, etc. En snittkostnad är svår att uppskatta, men det är inte orimligt att det kan röra sig om en halv miljon per vattentäkt. Kostnaden skulle då sammanlagt bli 200 miljoner.

Kostnader för en ökad risk av mikrobiologiska föroreningar vid översvämning

Se text under tabell 4.

Kostnader för en ökad risk av spridning av kemiska föroreningar

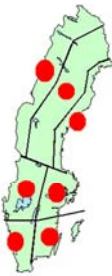
Se text under tabell 4.

Kostnader för en ökad risk för ras och skred på vattenledningsnätet

Se text under tabell 4.

6.2 Konsekvenser och kostnader på grund av temperaturförändringar

I nedan tabell (6 och 7) beskrivs och sammanfattas de troliga effekterna/riskerna av förväntade temperaturförändringarna. I text beskrivs också möjliga skadekostnader och kostnader för riskdämpande eller andra kostnader för att avhjälpa olika problemställningar. Kartan i respektive tabellen redovisar vilka områden och regioner i Sverige som påverkas av den klimateffekt som tabellen beskriver.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder – konsekvens	Åtgärdsbehov	Åtgärdsalternativ	
Tabell 6	Både yt- och grundvattentäcker			
 <p>Varmare somrar samt ökad risk för värmeböljor</p>	Nya vattenburna och sjukdomsframkallande virus, protozoer och parasiter kan uppträda i våra vattensystem.	Se tabell 2 (mikrobiologiska föroreningar)		
	Förändringar i jord- och skogsbruk på grund av förändrat klimat, t ex odlingssäsonger som förlängs och nya grödor som odlas, ev ändringar i gödnings teknik och i användning av bekämpnings-medel. Nya möjligheter att odla mer i norr, utan brist på bevattningsvatten.	Dessa frågeställningar har inte vidare bedömts i dagsläget.		
	Ytvattentäcker			
	Längre skiktbildningsperiod (temperaturskiktningar i vattenmassan). Det ökar risken för ett syrefattigt bottenvatten, vilket kan öka halter av järn och/eller mangan samt risk för utläckage av fosfor från bottensediment.			
	Ökad risk för algblomning, främst i mellersta och södra Sverige och lokalt i norra Sverige.	Ökat renings beredningsbehov.		Se text om algblomning
	Ökad risk för höga vattentemperaturer.	Kylbehov vid för höga temperaturer		Byta vattentäkt Kyla dricksvatten
	Eventuellt ökat tryck av rekreation och friluftsliv på sjöar.			
	Grundvattentäcker			
	Varmare ytvatten vid konstgjord och inducerad infiltration. Grundvattentemperaturen ökar generellt.	Ökad risk för syrebrist i grundvattnet med ökande järn och manganhalter		Luftning och avskiljning av järn och mangan i filter
	Ledningsnät			
	Ökad risk för varmare dricksvattentemperaturer ökar risken för tillväxt av mikroorganismer, främst lukt och smakstörningar.	Se tabell 2		
	Vattenverk, reservoarer, brunnsöverbyggnader, mm			
	Ökad risk för mögel-påslag i kalla utrymmen.	Ökat behov av luftavfuktare		

Kostnader för ökat behov av avskiljning av järn- och mangan (tabell 6)

Det vanligaste sättet att avskilja järn- och mangan, främst med grundvatten som råvatten, är luftning (oxidation) och efterföljande

avskiljning i olika typer av sandfilter. Olika typer av komplexbindningar till organiskt material kan dock försvåra processen. För ett litet till medelstort grundvattenverk kan investeringskostnaden ligga mellan 0,5 till 10 miljoner kronor. För att förstå hur många vattenverk som berörs så måste lokala förhållanden studeras ingående. En mycket försiktig gissning kan vara 25 vattenverk med en snittkostnad om 4 miljoner och då totalt 100 miljoner.

Kostnader för ökad risk för algbloomning (tabell 2, 6 och 7)

Ökad näringstillförsel, framförallt fosfor, och ökad temperatur kan öka algbloomningarna. Konsekvenserna kan bli luktpåverkan på dricksvattnet, ökad mikrobiologisk tillväxt i distributionssystemet och algtoxiner. Åtgärder som kan vara aktuella:

- 1) råvattenskydd
- 2) mikrosilning
- 3) aktiverat kol
- 4) biologisk förbehandling
- 5) oxidationsteknik
- 6) byt vattentäkt

Råvattenskyddet handlar om att begränsa tillförseln av näringsämnen från jordbruk och avloppssystem.

Mikrosilning av råvattnet genom sildukar med öppningar på 10–20 mikrometer kan reducera hela alger och algkolonier. Luktämnen, toxiner etc. från algerna kan dock komma ut i vattnet när de dör i råvattentäkten eller om de går sönder innan de avlägsnats från silduken.

Aktiverat kol reducerar luktämnena och en del toxiner. Den initiala adsorptionsförmågan minskar dock snabbt och förutsättningen för att kunna driva kolfiler med längre reaktiveringsintervall än månader är att de har en mikrobiologisk aktivitet. Investeringskostnaden för ytterligare 20 % kolfiltrering av svenskt ytvatten bedöms till ca 100 Mkr. Kostnaden för investering och drift bedöms till 15 öre per kubikmeter. Erfarenheter visar omfattande och långvariga algbloomningar kan leda till luktgenombrott i kolfiler som drivs på detta sätt.

Med pulverkol kan man använda den höga initiala adsorptionsförmågan och kolkostnaden för begränsade perioder blir låg. Investeringskostnaden för kolsilo och doserutrustning, exklusive

byggnad bedöms till 3 Mkr för ett större vattenverk. Svårigheten är att veta när man måste börja dosera. Pulverkolet måste avskiljas senare i beredningen och ökar slammängden.


Kostnader för högre vattentemperaturer (tabell 6)

Finsjö vattenverk ca 20 km nordväst om Mönsterås tar sitt råvatten från Emån. I rinnande vattendrag blir temperaturerna ibland höga. I samband med ombyggnader 1994 projekterades en kylanläggning av dricksvattnet. Anläggningen var dimensionerad för att svara mot en tempsänkning om 8 grader på utgående vatten och en produktion om 2,500 m³ per dygn. Investeringskostnaden för kylanläggningen beräknades till 3,5 Mkr och en driftkostnad på ca 0,7 Mkr per år beräknades. Fördelat på ett års vattenproduktion beräknades kostnaden bli ca 85 öre/m³ (1992 års priser). Anläggningen byggdes dock inte och idag ligger kostnaderna sannolikt en bit över en krona per m³ vatten. Utvecklingen går mot högre vattentemperaturer i många vattentäkter, speciellt de som använder råvatten från rinnande vattendrag (Göteborg, Karlskrona med flera). Sannolikt kommer dock konsumenter att i viss mån få tåla högre vattentemperaturer. I vissa fall kan man också tänka sig att kylanläggningar byggs eller att en vattentäkt får bytas ut. Temperaturen på utgående dricksvatten har tidvis legat på över 20 grader i Finnsjö vattenverk under de senaste åren. Höga vattentemperaturer kan också skapa ökande behov av underhållsåtgärder på ledningsnätet, se avsnittet om ökande kostnader för kvalitetsstörningar på ledningsnätet. Sammantaget är det svårt att uppskatta en kostnad för ökande vattentemperaturer, men det kan uppgå till betydande belopp.

Kostnader för ökat behov av avfuktningsslag (tabell 6)

Flera driftansvariga i olika kommuners vattenförsörjning vittnar om att behovet av avfuktning av varm och fuktig sommarluft har ökat. I Sundsvall har ett 50-tal luftavfuktare inköpts under de senaste 5 åren till vattenverk, överbyggnader på brunnar och reservoarer samt i vissa tryckstegringar. Om ytterligare 2000 luftavfuktare behövs i framtiden i olika anläggningsdelar i Sverige, med

en snittkostnad av 25 000 kronor per styck, blir kostnaden 50 miljoner kronor.

Typ av väder/klimat	Sårbarhet för väder – konsekvens	Åtgärdsbehov	Åtgärdsalternativ
Tabell 7	Ytvattentäkter		
 <p>Varmare vinter, höst och vår.</p>	Mer nederbörd i form av regn och fler snösmältningar. Kortare isbelagd period med effekter på algflora, mm. Ökad tillrinning av humus, närsalter, etc. samt andra kemiska föroreningar från mänskliga aktiviteter	Se tabell 2 och 6.	
	Grundvattentäkter		
	Perioden med grundvattenbildning ökar generellt.	Se tabell 2	
Vid infiltration av ytvatten kan försämrade ytvattenkvalitet påverka grundvattnets kvalitet.	Se tabell 2		

6.3 Konsekvenser och kostnader för storm och snöstorm

Vattenförsörjning är beroende av elförsörjning, men då de flesta större vattentäkter och vattenverk redan idag har reservkraft får sannolikt störningar i elförsörjning på grund av elavbrott bara mindre konsekvenser.

6.4 Konsekvenser och kostnader för förändringar i havsnivå

Konsekvenser av höjningar av havets nivå i scenarier från SMHI bedöms ha ringa betydelse för allmän vattenförsörjning, med ett stort undantag och det är Göteborgs vattenförsörjning. Saltvattenuppträngning är redan idag en vanlig orsak till stängningar av Göteborgs råvattenintag.

I flodmynningar tränger havsvattnet upp längs botten medan det lättare sötvattnet strömmar ut ovanpå. Vid nollflöde skulle flodmynningen vara en vik med saltvatten. Dricksvattenkvaliteten kan påverkas både av saltsmak, ökad korrosion i distributionsnätet och av föroreningar som havsvattnet tagit med sig från flodmynningen. Med måttliga havsnivå-höjningar på upp till en meter är det

framförallt råvattenintagen från Göta älv nedströms kraftverksdammen i Lilla Edet som påverkas, det vill säga Göteborg och Kungälv. Förutom havsnivån har även flödena i älven stor betydelse. De åtgärder som hittills genomförts med flyttning av intaget längre uppströms, minimitappningar och skärm som för större delen av flödet från Nordre älv till Göteborgsgrenen väntas inte vara tillräckliga för att undvika vattenbrist i Göteborg om havsnivån ökar med en meter. En förebyggande åtgärd för att öka tillgängligheten till Göta älv som råvattentäkt skulle kunna vara att flytta Göteborgs råvattenintag längre uppströms för att undvika saltuppträngning. Saltuppträngning är visserligen en vanlig stängningsorsak, men de mikrobiologiska kvalitetstörningarna står för 80–85 % av stängningstiden. För att undvika dessa helt behöver man gå hela vägen upp till Vänern och förbi Vänersborgsviken för att hämta vatten på djupet. Med avståndet 80 km och kostnad för ledningsdragningen på 12–16 000 kr/m skulle kostnaden vara 1–1,3 miljarder kronor utöver kostnaden för själva intaget. Andra alternativ för att helt ersätta Göta älv som vattentäkt ger ännu längre ledningsdragningar. Eftersom saltvattenuppträngningarna inte är en konstant påverkan finns alternativ med ett regionalt komplement som bedöms vara tillräckligt vid höjningar av medelnivån i havet på mindre än en meter. Kostnaderna för ett regionalt råvattenkomplement bedöms till 400 Mkr. Åtgärderna planeras att utföras före 2040.

6.5 Konsekvenser och kostnader för enskild vattenförsörjning

Ungefär 1,2 miljoner invånare i Sverige har enskild/privat vattenförsörjning vid sitt permanentboende. Sammantaget rör det sig om ca 450 000 brunnar (vattentäkter), varav ca 180 000 är grävda brunnar och ca 270 000 bergborrade. Ur kvantitetssynpunkt kommer en betydande andel av de privata brunnar att få en minskad vattentillgång under sommarhalvåret, under den tid då behovet ofta är som störst. Exempelvis kan behovet av bevattning öka vid en förlängd vegetationsperiod och i vissa områden finns en ökad risk för perioder med torka. Problem med vattenbrist uppstår vanligtvis främst i grävda brunnar och grunda bergborrade brunnar.

Ur kvalitetssynpunkt bedöms främst problem uppstå med inträngande av ytligt vatten med dålig kvalitet i samband med

skyfall och kraftigt regn eller översvämningar. I dessa fall sker ofta påverkan direkt på brunnsvattnet. Dessa problem, med inträngande föroreningar (inte minst mikrobiologiska), berör främst brunnar med dålig tätning mot markavrinning. Men skyfall och översvämningar kan också bidra till att sprida föroreningar inom en brunnns tillrinningsområde som även förorenar grundvattnet som rinner mot brunnen.

En grov uppskattning är att ungefär hälften av de grävda brunnarna på något sätt behöver åtgärdas eller ersättas på grund av kvantitets- och/eller kvalitetsproblem. Det bör dock noteras att i många fall har dessa brunnar redan idag behov av åtgärder, men klimatförändringarna kan öka behoven betydligt. Antag att andelen grävda brunnar som behöver åtgärdas på grund av klimatförändringarna är ca 50 000 stycken.

Grunda bergborrade brunnar tar ofta vatten från ytliga spricksystem och är därmed känsligare för kvalitetsförsämring vid kraftig nederbörd, med inträngande ytligt markvatten i de ytliga spricksystemen. De grunda bergborrade brunnarna är ca 25 000 (grundare än 35 m). Dessa brunnar är också känsliga för torrperioder. Antag att ca 10 000 av dessa brunnar får problem på grund av klimatförändringarna. En stor del av de bergborrade brunnarna kan också påverkas på grund av dåliga foderrör eller en dålig tätning mellan foderröret och berget.

Ca 10 % av de bergborrade brunnarna har en kloridhalt högre än 100 mg per liter. Dessa brunnar löper en stor risk att få en ytterligare förhöjd kloridhalt i samband med torrperioder under sommaren, särskilt i sydöstra Götaland. Det kan i många fall leda till att vattnet blir oanvändbart. Det kan röra sig om upp emot 20 000 brunnar.

Förändringar i grundvattenbildning och temperatur kommer att påverka grundvattnets kemiska sammansättning. En ökad grundvattenbildning, vilket är aktuellt främst under vinterhalvåret, kommer att minska halten lösta ämnen. En minskad grundvattenbildning under sommaren kommer att resultera i en ökad halt lösta ämnen (radon, arsenik, fluorid, mm). En ökad temperatur leder också till en ökad vittring och snabbare jonbytesprocesser vilket ytterligare ökar mängden lösta ämnen. En annan effekt av en ökad temperatur är en minskad syrehalt vilket kan öka halter av järn och mangan samt svavelväte. Sammantaget är det svårt att bestämt säga något om klimatförändringens betydelse för vattenkvaliteten för en individuell brunn ur dessa aspekter eftersom lokala förhållanden

har mycket stor betydelse. Det är sannolikt att behovet av vattenrening ökar för många brunnar.

Sammantaget kan en grov uppskattning vara att ca 20 % av de enskilda/privata brunnarna (ca 90 000 brunnar) har behov av åtgärder på grund av ett successivt förändrat klimat. Åtgärderna kan vara olika skyddsåtgärder för att förhindra att ytligt grundvatten eller markvatten tränger ned i brunnen, behandling/avskiljning av olika ämnen som tillkommit via vittring i marken eller att en ny bättre brunn behövs när brunnar sinar eller salthalten ökar. En snittkostnad för åtgärder kan uppskattas till ca 25 000 kr per brunn, men varierar stort på grund av åtgärdens art. Totalt erhålls en sammanlagd kostnad drygt 2 miljarder kronor i denna uppskattning.

De ökande problemen med såväl tillgång som kvalitet hos de enskilda brunnarna kommer att leda till ökat behov av information och kunskap. Även i dagsläget har sannolikt många privata brunnsinnehavare alltför höga halter av exempelvis radon, fluorid, uran, arsenik, m.m. vilket många är ovetande om. Behov av information bedöms dock öka till följd av klimatförändringarna. Krav på ökade informationsinsatser kan ställas på såväl centrala myndigheter som länsstyrelser och kommuner. Någon kvantifiering av den kostnaden är dock svår att ange.

Förändringarna i vattenkvalitet kommer att öka kostnader för analyser. En analys kostar i dagsläget från några 100 kr till flera 1000 kr beroende på vilka ämnen som analysen omfattar. Det bör noteras att vissa kommuner erbjuder stöd för analys av vatten i enskilda brunnar.

7 Behov av information, föreskrifter, myndighetsåtgärder och forskning

Informationsbehov och utbildning

För kommunal vattenförsörjning finns ett informations- och utbildningsbehov för kommuner att hantera möjliga och troliga förändringar/effekter av ett förändrat klimat. Ansvariga myndigheter, branschorganisationer med flera bör bidra med utbildningar,

informationsmaterial och rådgivning för att både öka medvetenheten och kunskaperna om pågående klimatförändring och dess behov av anpassning. Sannolikt kommer även den tekniska konsultbranschen att upptäcka klimatanpassning som ett teknikområde att sälja konsulttjänster inom. Därför kan det även finnas ett behov av att säkerställa och kvalitetssäkra kompetensen hos olika konsulter i dessa frågor.

För enskild vattenförsörjning är lättläst information och rådgivning mycket viktig. Ansvariga myndigheter bör ta fram informationsmaterial för utskick och även vara beredda att svara på frågor och ge information. Socialstyrelsen och SGU tog 2005 fram en broschyr som riktade sig till fastighetsägare som har eller tänker anlägga en egen brunn. Vid till exempel nästa revidering av broschyren bör effekter av klimatförändringarna och råd om hur man kan undvika negativa effekter ingå. De lokala miljökontoren bör också kunna ge råd.

Föreskrifter

Skydd av vattentäkt är helt avgörande för om Sverige i ett långsiktigt perspektiv ska ha en bra, robust och säker vattenförsörjning. Det bör noggrannare utredas om kraven att inrätta bra vattenskyddsområden för viktiga kommunala vattentäkter bör skärpas. I de nationella miljömålen är ett delmål att alla vattentäkter som försörjer mer än 50 personer eller producerar mer än 10 m³/dygn ska ha vattenskyddsområde, men det finns inget absolut krav. Vägledningar för framtagande av skyddsområden bör kompletteras med ytterligare vägledning för att undvika ökande risker i samband med klimatförändringar.

Ett viktigt arbete på det lokala planet är att göra risk- och sårbarhetsanalyser för de lokala vattenförsörjningssystemen ur ett klimatperspektiv. Speciellt bör mikrobiologiska risker, risker för kemiska föroreningar i vattentäkter samt leveranssäkerhet, inklusive beredskap, värderas. Denna utredning kan vara ett exempel på fakta och information som kan ligga som grund i en sådan analys. Det kan också vara så att föreskrifter kan behövas för att få fart på ett sådant arbete, men också för att genomdriva nödvändiga åtgärder.

En översyn av föreskrifter som behandlar mikrobiologiska krav i dricksvatten behövs, det gäller exempelvis mikrobiologiska

barriärer i grundvatten och i vattenverk samt provtagnings- och övervakningsrutiner.

När det gäller vattenkvalitetsfrågor för råvattenkvalitet i vattentäkt har trenden gått mot mindre kontroll av denna i kommunerna. Konsekvenser av klimatförändringarna, både avseende skyfall, översvämningar och långsiktiga förändringar av vattenkvaliteten, kräver att dricksvattenproducenten håller sig uppdaterad när det gäller råvattenkvaliteten. Detta för att både kunna möta akuta förändringar med snabba åtgärder men också för att bedöma mer långsamma förändringar som successivt kan kräva ombyggnader i vattenverken.

Det finns regelverk, bland annat förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön (EG:s ramdirektiv för vatten) och dricksvattendirektivet, som indirekt kräver kontroll på råvattenkvaliteten för att uppfylla kraven i dessa regelverk, med betydelse för bland annat tillsyn och egenkontroll. Ansvariga myndigheter har i samråd med ansvarigt departement tillsammans konstaterat att det inte finns något behov av ny författningsändring. Det finns dock ett stort behov av att förtydliga vad dagens regelverk innebär och formulera en vägledning för kontroll av råvattenkvaliteten i svenska vattentäkter. Viktigt är också att denna vägledning tydligt omfattar den mikrobiologiska råvattenkvaliteten och andra effekter på råvattenkvaliteten på grund av successiva klimatförändringar.

Myndighetsansvar

Ansvar för Sveriges vattenförsörjning är idag delat mellan olika nationella, regionala och lokala myndigheter. På det nationella planet har Naturvårdsverket ansvaret för frågor om skydd av vattentäkter. SGU har ansvar för grundvatten som naturresurs och är miljömåls-ansvarig myndighet. Vattenmyndigheterna ansvarar för att ta fram förvaltningsplaner och åtgärdsprogram för svenska vatten. Livsmedelsverket ställer krav på vattenkvalitet från vattenverket och hos konsument. Livsmedelsverket hanterar också säkerhets- och beredskapsfrågor för vattenförsörjning. Boverket har rekommendationer om tryck på vatten i kranen hos konsument och vid behov krav på återströmningsskydd för att förhindra att förorenat vatten kan tränga baklänges in på vattenledningsnätet från en fastighet. Boverket ansvarar också för den övergripande

miljömålsfrågan om fysisk planering och hushållning med mark och vatten. På det lokala/regionala planet har miljökontoren eller länsstyrelser ansvaret för skyddsfrågor för vattentäkter, miljökontoren har också tillsynsansvar för vattenkvalitet från vattenverk och hos konsument lokalt.

Det finns dock några luckor mellan dessa olika ansvar. Exempelvis är det ingen myndighet som ser till vattenledningsnätet med dess tillhörande anläggningar. Totalt sett i Sverige är det en mycket stor anläggning, Sveriges samlade vattenledningsnät är 71 000 km långt. Här finns ingen myndighet som ställer krav mer än Livsmedelsverkets krav på vattenkvalitet hos konsumenten och att det lokala brandförsvaret kan ha synpunkter på brandposter. Skötsel och underhåll av vattenledningar med tillhörande anläggningar och ledningsgravar har betydelse för exempelvis riskerna för att få in vattenburen smitta. Hur distributionsanläggningen byggs och underhålls har stor betydelse för redundansen och leveranssäkerheten i systemet. Idag är det helt upp till den enskilde kommunen att själv bestämma underhållet, säkerhetstänkandet och risktagandet på vattenledningsnätet. Resurserna som avsätts kan variera från att bara vara akut avhjälpande vid större läckor till att följa ambitiösa och långsiktiga underhålls- och utvecklingsplaner för att till exempel minska vattensvinn, öka redundansen, bygga bort risker, säkra vattenkvaliteten, mm. För att komma till rätta med olikheterna bör bland annat ansvarsfördelningen på central myndighetsnivå klaras ut.

Naturvårdsverket och Livsmedelsverket lämnade i december 2004 på uppdrag av regeringen förslag om ansvarsfördelning mellan centrala myndigheter för att säkerställa beredskapen för hela dricksvattenkedjan. Förslagen togs fram i samråd med Krisberedskapsmyndigheten. I flera fall har förslagen genomförts. Frågan om att precisera vad som är skälig säkerhet ifråga om leveranssäkerhet (nödvattenförsörjning) bereds inom regeringskansliet.

Beredskapsfrågorna hanteras i samverkan mellan myndigheterna sedan 2002 inom ramen för krishanteringssystemets samverkansområden. Krisberedskapsmyndigheten är den myndighet som håller samman verksamheten. För närvarande ingår ca 30 centrala myndigheter i samarbetet där också regional och lokal nivå är representerade. Det är viktigt att denna samverkan fördjupas på dricksvattenområdet på grund av de ökande risker som finns i samband med klimatförändringarna som motiverar en ökad

beredskaps- och krishanteringsförmåga, inte minst inom vattenförsörjning.

Skyddet av vattentäkter kommer som tidigare påpekats att vara en avgörande faktor för en säker och robust vattenförsörjning i det framtida klimatet, tillsammans med utformningen av robusta distributionssystem och en säker beredning i vattenverket är det helt avgörande för hur allvarliga kriser som kan uppstå i ett samhälles vattenförsörjning. Därför är en hänsynfull fysisk planering i tillrinningsområden för vattentäkter också en mycket viktig och grundläggande faktor för dricksvattnets säkerhet. Det finns skäl att förtydliga detta och även att möjlighet ges att klassa viktiga vattenförekomster som riksintresse.

Forskningsbehov

De utmaningar för dricksvattenförsörjningen som ett förändrat klimat innebär ställer ökade krav på en helhetssyn från vattentäkt till konsumentens tappkran. Det finns ett behov av att noggrant följa vattenförsörjningskonsekvenserna av klimatförändringarna, för att både samla erfarenheter och som underlag för vilka nya kunskaper som behövs. Idag pågår inget sådant samlat arbete. För att undvika vattenburna sjukdomsutbrott är det speciellt viktigt att noggrannare utreda de mikrobiologiska risker, möjliga spridningsvägar och reduktion av smittämnen i naturen och i marken samt effekter av olika behandlingsmetoder i vattenverk, idag och i morgon. Hur kan man till exempel minska riskerna för tillförsel av mikrobiologiska föroreningar i vattentäkter på ett kostnadseffektivt sätt?

Traditionellt har dricksvattenförsörjningssystemet i stor utsträckning hanterats som olika separata delar och så även inom stora delar av den forskning som hittills bedrivits. De förändringar och hot som ett förändrat klimat innebär påverkar hela försörjningssystemet. Detta ställer krav på en helhetssyn vid prioritering av insatser.

För att åstadkomma en bra grund för rätt prioriteringar krävs att förändringar och risker analyseras över hela försörjningskedjan med så goda kunskaper som möjligt om de nya förutsättningarna. För att samhällets resurser skall kunna användas effektivt krävs också att de resurser som sätts in för att till exempel minska risker används där de gör bästa nytta. Här kan det finnas ett behov av

forskningsstöd för att utveckla användbara metoder och underlag för att kartlägga lokala risker och lokala anpassningsbehov. Det kan gälla scenariobeskrivningar för dricksvattensystem, systematiska metoder för identifiering och bedömning av risker och det kan också gälla identifiering och värdering av åtgärder som reducerar riskerna, osv.

Föroreningsriskerna i tillrinningsområdena för många svenska vattentäkter är inte tillräckligt kartlagda, vilket naturligtvis är av vikt för att kunna bedöma både kemiska och mikrobiologiska föroreningsrisker. Det finns också tillrinningsområden för många vattentäkter med okända föroreningsrisker. Det har flera gånger hänt att när ett nytt ämne har tillkommit som krav att analysera på svenskt dricksvatten så har det upptäckts att det funnits förorenade vattentäkter, som sannolikt varit det i många år.

Metoder och riktlinjer kan behöva tas fram som stöd för att bedöma lokala föroreningsrisker samt om och hur klimatförändringarna påverkar riskbilden. Det gäller både kemiska föroreningar och mikrobiologiska föroreningar. För att åtgärder i vattenverk inte ska leda till mycket kostsamma och komplexa reningsprocesser med dyra driftkostnader måste principen om åtgärder vid föroreningskällorna tillämpas så långt som möjligt.

I framtiden kommer vi sannolikt att behöva hantera mer humusämnen och fler mikroorganismer av olika typer, mm. Forskningsbehovet inom dricksvattenberedningen kan till exempel vara att finna lämpliga kombinationer av processer som fungerar bra tillsammans och som till exempel ger hög avskiljning av mikroorganismer, färg och organisk substans. Viktigt är också att studera olika desinfektionsmetoder och dess möjligheter för att kunna anpassa en bra desinfektion efter olika lokala förhållanden och risker.

För att kunna hantera situationer med snabba vattenkvalitetsförändringar är det nödvändigt med utveckling av snabba analysmetoder, om möjligt on-line. Dagens provtagning och analyser av dricksvatten bygger på stickprovtagning med relativt långa analystider på laboratorium (dagar till veckor), det innebär oftast att vattnet är konsumerat när analysvaren kommer.

När allvarliga störningar har inträffat i dricksvattenförsörjningen, speciellt om människor blivit sjuka, har allmänhetens förtroende för den allmänna vattenförsörjningen sjunkigt. Det finns exempel på hushåll som fortfarande 25 år efter att ha blivit magsjuk av det kommunala dricksvattnet fortfarande kokar allt

dricksvatten. Andra exempel där förtroende har sjunkit är när mindre men frekventa störningar som lukt-, färg- och smakstörningar inträffat. Ofta med tidningsartiklar som följd, som skriver om det dåliga vattnet. Hur påverkas konsumtionsmönstret och hur ser förtroendet egentligen ut? Hur kan man ta tillbaka ett förlorat förtroende? Dessa frågor kan bli högst påtagliga om vi inte fullt ut lyckas anpassa svensk vattenförsörjning till ett nytt klimat.

I klimatförändringens tidevarv kommer vi också att få uppleva brist på vatten i många länder, även inom EU. Kommer det att påverka även vårt konsumtionsmönster i Sverige i framtiden, blir konsumenterna mer sparsamma? Det är viktiga frågor, även för den lokala producenten av dricksvatten. Om till exempel konsumtionen av dricksvatten minskar kraftfullt så minskar också omsättningen i ledningsnäten och därmed försämras ofta vattenkvaliteten på grund av längre uppehållstider i ledningarna. Det tar dock tid och är kostsamt att anpassa ett ledningsnät, då det ofta handlar om många 10-tals mil ledningar för en medelstor tätort. Eller är det tvärt om att trycket på svenskt kranvatten ökar i framtiden, när vattenförbrukande näringar flyttar till Sverige på grund av brist på vatten i andra länder?

Det kommer att behövas ett nära samarbete mellan forskare och ansvariga för vattenförsörjningssystem. För den mer övergripande strategiska dricksvattenforskningen som behövs för klimatanpassningen måste staten också ta ett ansvar som pådrivare och finansiär. Av lag (2006:412) om allmänna vattentjänster framgår det att det finns begränsningar i vad VA-kollektivets kostnader får användas till. Det är inte säkert att VA-kollektivets resurser får användas till långsiktig strategisk forskning om till exempel klimatanpassning.

Bland länder som idag bedriver en tydligare strategisk dricksvattenforskning än Sverige kan nämnas Norge, Tyskland och Holland.