



centroappunti.it

CORSO LUIGI EINAUDI, 55/B - TORINO

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2521A

ANNO: 2021

A P P U N T I

STUDENTE: Graziani Chiara

MATERIA: Circular Economy - Prof. Fiore

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.

ECONOMIA CIRCOLARE

LEZIONE 1 - INTRODUZIONE

La **circular economy** è un modello economico che si contrappone a quello tradizionale, in cui le risorse vengono estratte per produrre beni materiali che, al termine della loro vita, diventano rifiuti da smaltire in discarica.

Il **modello lineare** si basa infatti sul principio take, make, dispose → produzione assidua di rifiuti (tossici).

Il modello circolare è invece un modello nel quale le tre fasi di produzione, uso e fine vita vengono collegate attraverso il riciclaggio.

Lo scopo principale, che è anche il quesito principale da cui nasce l'economia circolare, è: come possono i nostri rifiuti creare capitale, anziché ridurlo? Si tratta di ripensare il sistema operativo stesso per riprogettare il futuro.

Un primo cambiamento sarebbe in una nuova visione di proprietà: noi non siamo più proprietari di ciò che compriamo, ma abbiamo semplicemente una licenza d'uso. Ciò significherebbe condividere l'uso dei prodotti che tornano al loro produttore a fine vita, il quale ha il compito di “estrapolarne” le materie prime di cui è composto (metalli, plastiche, materia organica, legno ecc.). Queste verranno destinate al recupero o dal produttore stesso o entreranno nella filiera a cui appartengono. Il loro trasporto può inoltre essere effettuato con l'ausilio di energie rinnovabili.

PAROLE CHIAVE: Riprogettazione dei prodotti → riduzione dei costi di produzione, ricavo valore dai rifiuti, rigenerazione (ritorno alla natura), risorse dalla natura e dai rifiuti, sostenibilità, mitigazione dei cambiamenti climatici.

L'economia circolare è inevitabile.

Nel 2015 la CE (Comunità Europea) ha adottato il Circular Economy Action Plan, al fine di stimolare la transizione verso un modello circolare di economia, per promuovere la competitività e la crescita economica stabile e generare nuovi posti di lavoro.

Esso contiene 54 azioni che riguardano la produzione, il consumo e la gestione dei rifiuti, il mercato delle materie prime secondarie e la revisione delle normative sui rifiuti, con lo scopo di chiudere il cerchio del ciclo di vita dei prodotti attraverso un incremento del riciclo e del riuso, con importanti benefici per l'economia e l'ambiente. Tutto ciò si presenta come una leva di business per le aziende.

CARATTERISTICHE QUALITATIVE E QUANTITATIVE DEI RIFIUTI

Il ciclo di vita di un prodotto è costituito da numerose fasi.

RIFIUTI URBANI	RIFIUTI SPECIALI
R. domestici, anche ingombranti	R. da attività agricole e agro-industriali
R. non pericolosi di origine non domestica	R. da attività di costruzione e demolizione
R. da spazzamento strade	R. da lavorazioni artigianali, commerciali, industriali
R. giacenti sul suolo pubblico	R. da attività di recupero e smaltimento dei fanghi e da trattamento fumi
R. vegetali da aree verdi pubbliche	R. da attività sanitarie
R. da attività cimiteriali	

Un rifiuto si dice pericoloso se possiede una o più delle 15 proprietà pericolose stabilite dall'All. III della direttiva 2008/98/CE.

La proprietà pericolosa è indicata con HP + numero (1-15), dove HP sta per Hazardous Potential.

CARATTERISTICHE DI PERICOLO	DESCRIZIONE
HP1	ESPLOSIVO
HP2	COMBURENTE
HP3	INFIAMMABILE
HP4	IRRITANTE – IRRITAZIONE CUTANEA E LESIONI OCULARI
HP5	TOSSICITA' SPECIFICA PER ORGANI BERSAGLIO – TOSSICITA' IN CASO DI ASPIRAZIONE
HP6	TOSSICITA' ACUTA
HP7	CANCEROGENO
HP8	CORROSIVO
HP9	INFETTIVO
HP10	TOSSICO PER LA RIPRODUZIONE
HP11	MUTAGENO
HP12	LIBERAZIONE DI GAS A TOSSICITA' ACUTA
HP13	SENSIBILIZZANTE
HP14	ECOTOSSICO
HP15	Rifiuto che non possiede direttamente una delle caratteristiche di pericolo summenzionate ma può manifestarle successivamente.

In base alle varie caratteristiche di pericolosità, si hanno diversi metodi di valutazione del pericolo normati o riconosciuti a livello internazionale.

Le caratteristiche di pericolo definiscono le modalità di stoccaggio dei rifiuti. Per alcune di esse è quindi necessario valutare sperimentalmente in laboratorio la presenza al di sopra di certi limiti di concentrazione di sostanze potenzialmente dannose per la salute e per l'ambiente (es. sostanze organiche e metalli pesanti).

I rifiuti sono identificati da un **codice CER** (Catalogo Europeo dei Rifiuti) in base all'attività che li ha originati. Sono costituiti da 6 cifre che si leggono a coppie:

- 1° coppia = attività da cui deriva, definita in modo meno specifico;
- 2° coppia = sottoattività, cioè la tipologia di processo che ha originato il rifiuto;
- 3° coppia = tipologia di scarto di quello specifico processo produttivo.

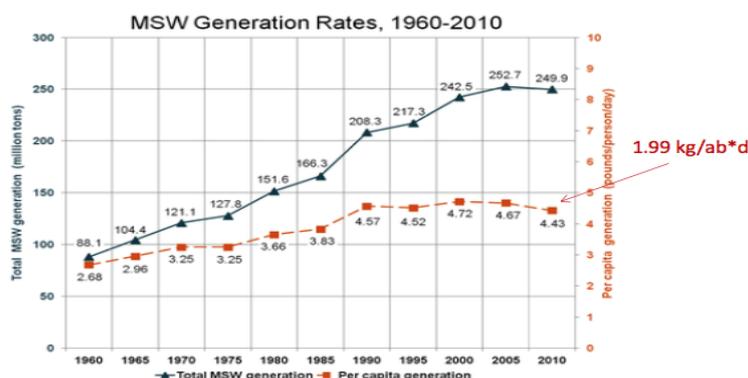
I rifiuti solidi si distinguono in:

- rifiuti municipali (=generati da una comunità), di cui fanno parte i rifiuti domestici e i rifiuti commerciali;
- rifiuti industriali;
- rifiuti dalle attività di costruzione;
- rifiuti speciali.

Source	Typical facilities, activities, or locations where wastes are generated	Types of solid wastes
Residential	Single-family and multifamily dwellings; low-, medium-, and high-density apartments; etc.	Food wastes, paper, cardboard, plastics, textiles, leather, yard wastes, wood, glass, tin cans, aluminum, other metal, ashes, street leaves, special wastes (including bulky items, consumer electronics, white goods, yard wastes collected separately, batteries, oil, and tires), and household hazardous wastes
Commercial	Stores, restaurants, markets, office buildings, hotels, motels, print shops, service stations, auto repair shops, etc.	Paper, cardboard, plastics, wood, food wastes, glass, metal wastes, ashes, special wastes (see preceding), hazardous wastes, etc.
Institutional	Schools, hospitals, prisons, governmental centers, etc.	Same as for commercial
Industrial (nonprocess wastes)	Construction, fabrication, light and heavy manufacturing, refineries, chemical plants, power plants, demolition, etc.	Paper, cardboard, plastics, wood, food wastes, glass, metal wastes, ashes, special wastes (see preceding), hazardous wastes, etc.
Municipal solid waste*	All of the preceding	All of the preceding
Construction and demolition	New construction sites, road repair, renovation sites, razing of buildings, broken pavement, etc.	Wood, steel, concrete, dirt, etc.
Municipal services (excluding treatment facilities)	Street cleaning, landscaping, catch-basin cleaning, parks and beaches, other recreational areas, etc.	Special wastes, rubbish, street sweepings, landscape and tree trimmings, catch-basin debris; general wastes from parks, beaches, and recreational areas
Treatment facilities	Water, wastewater, industrial treatment processes, etc.	Treatment plant wastes, principally composed of residual sludges and other residual materials
Industrial	Construction, fabrication, light and heavy manufacturing, refineries, chemical plants, power plants, demolition, etc.	Industrial process wastes, scrap materials, etc.; nonindustrial waste including food wastes, rubbish, ashes, demolition and construction wastes, special wastes, and hazardous waste
Agricultural	Field and row crops, orchards, vineyards, dairies, feedlots, farms, etc.	Spoiled food wastes, agricultural wastes, rubbish, and hazardous wastes

* The term *municipal solid waste* (MSW) is normally assumed to include all of the wastes generated in a community, with the exception of waste generated by municipal services, treatment plants, and industrial and agricultural processes.

Per quanto riguarda la gestione dei rifiuti solidi, c'è stata una vera e propria rivoluzione storica. Con lo sviluppo tecnologico si è riscontrato un aumento delle quantità di RS anche grazie al sorgere di nuovi tipi di rifiuti, come quelli derivanti dalle attività agricole/zootecniche, rifiuti derivanti da attività industriali ed imballaggi.



Da questi impianti di selezione dell'indifferenziato vengono separati i metalli ferrosi e non ferrosi, i CDR (Combustibile Derivato dai Rifiuti) ad alto potere calorifico, gli inerti, non destinabili al riciclo, i quali vengono destinati a discarica. I CDR vengono inviati a termovalorizzazione.

Caratteristiche qualitative degli RSU

Conoscere queste caratteristiche è importante per poter fare una valutazione tecnico-economica per schemi di recupero in una determinata area geografica e per poter progettare sistemi di smaltimento.

La classificazione delle caratteristiche qualitative degli RSU viene fatta in termini di:

- **analisi merceologica:** vengono individuate le categorie dei materiali omogenei che costituiscono il rifiuto;
- **analisi chimico-fisico-biologica:** si determinano i parametri relativi alla composizione del rifiuto.

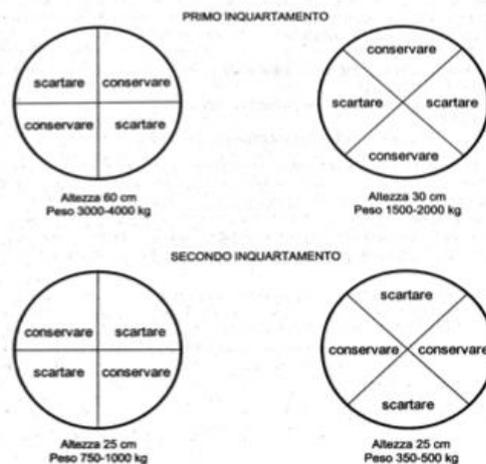
Gli RSU sono composti da una frazione organica (scarti alimentari, carta/cartone, legno, tessuti, pellame, gomma, polimeri) e una frazione inorganica (vetro, ceramica, metalli).

Le materie plastiche vengono individuate e classificate in base al polimero e definite da un simbolo ed un codice:

Simbolo	Codice	Descrizione
Plastiche		
	#1 PET o PETE	Polietilene tereftalato o arnite: bottiglie di acqua, bottiglie di bibite, flaconi di shampoo
	#2 HDPE	Polietilene ad alta densità: contenitori degli yogurt, flaconi di detersivo
	#3 PVC o V	Cloruro di polivinile: contenitori per alimenti
	#4 LDPE	Polietilene a bassa densità: sacchetti cibi surgelati, bottiglie spremibili
	#5 PP	Polipropilene o Moplen: bottiglie di ketchup
	#6 PS	Polistirene o Polistirolo: bicchieri monouso
	#7-#19 O	Tutte le altre plastiche

Le plastiche derivano essenzialmente dagli imballaggi; essi si possono suddividere in 3 categorie:

- **Primari:** i prodotti vengono a contatto con il consumatore. Possono essere in acciaio, in alluminio, in plastica, in carta/cartone, in legno, in vetro, in poliaccoppiati (tetrapack). L'imballaggio primario racchiude/protegge il prodotto ed entra in contatto diretto con lo stesso.
- **Secondari:** con i quali i prodotti vengono trasportati al punto di acquisto. Esso è conosciuto come imballaggio di vendita e ha lo scopo di catturare l'attenzione del consumatore durante l'acquisto. Include l'imballaggio primario e non è in

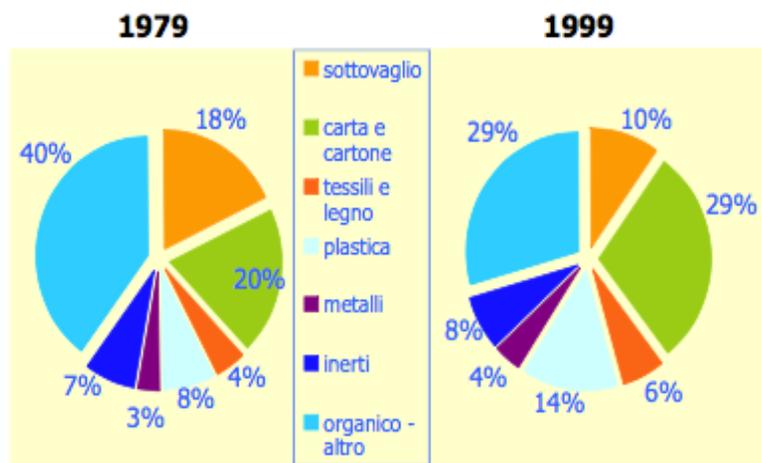


La composizione merceologica è una descrizione qualitativa delle componenti e delle abbondanze relative. Essa presenta delle variazioni stagionali, variazioni che dipendono dalla localizzazione geografica, variazioni che dipendono dalle attività specifiche.

Esistono 8 classi merceologiche:

- Cellulosici: carta e cartone;
- Tessili e legno;
- Plastica e gomme: pesanti, leggere in film, gomme e plastiche termoindurenti;
- Metalli: ferrosi e non ferrosi;
- Vetro e inerti: vetro, ceramica, pietrame, macerie;
- Materiale organico: organico putrescibile;
- Rifiuti urbani pericolosi (RUP): pile e batterie, farmaci, contenitori di sostanze tossiche o infiammabili;
- Sottovaglio: tutto ciò che passa al vaglio di 20 mm.

Le sostanze pericolose contenute negli RSU sono sostanze che vanno assolutamente separate dagli RSU e gestite a parte. Esse possono avere un effetto nocivo sulla salute umana e sull'ambiente; spesso non sono biodegradabili, anzi il loro potenziale tossico può essere aumentato dalla biodegradazione dei rifiuti solidi urbani.



	Rifiuto urbano	Frazione secca	CDR
C	28,09	36,81	41,9
H	3,72	4,81	5,83
S	0,16	0,19	0,07
O	21,18	20,69	20
umidità	23,69	25	20
ceneri	23,16	12,5	12,2
TOTALE	100	100	100

Per un rifiuto ad alto contenuto di Carbonio è conveniente la termovalorizzazione o la digestione anaerobica.

L'analisi chimico-fisica dipende da diversi fattori:

- umidità = peso tal quale – peso secco. Deriva dall'essiccamento a 105°C;
- materie combustibili o volatili = peso secco tal quale – peso residuo a 600°C; deriva dalla combustione a 600°C del secco;
- materie combustibili o ceneri = peso residuo del secco post combustione a 1000°C;
- potere calorifico: è la quantità di calore (kcal o kJ) liberata dall'ossidazione completa dell'unità di massa (kg), condotta in condizioni stechiometriche e di temperatura e pressione prefissate.

- PC superiore secco (PCSS)

- PC inferiore tal quale (PCI)

La differenza tra i due PC è il calore di evaporazione dell'acqua nei fumi.

Come si determina il potere calorifico?

Sperimentalmente, utilizzando un calorimetro Mahler: la prova viene fatta posizionando una quantità di circa un paio di grammi di campione nel crogiolino.

Questo viene poi messo a contatto con un filo di Tungsteno che viene avvolto attorno alla sonda; il tutto viene inserito in un bicchiere d'acciaio che a sua volta viene inserito in un bagno termostatico. I termometri all'interno della struttura misurano la variazione di temperatura del bagno dove viene immerso il bicchiere d'acciaio.

Il filo di Tungsteno collega due elettrodi e chiude il circuito; si applica una differenza di potenziale che fa avvenire la combustione del campione.

L'uso del calorimetro bomba di Mahler, con il quale si determina sperimentalmente il PCS e il PCI noto il contenuto di H e di umidità, può essere sostituito con metodi teorici basati sull'analisi elementare, sulle entalpie di reazione, sulle energie di legame.

degradazione biologica.

Si misura la concentrazione iniziale di O₂ disciolto nella fase acquosa e alla fine del processo si misura della CO₂ nello spazio di testa.

$$\frac{dCod}{dt} = -Kod$$

La valutazione della biodegradabilità riguarda, con procedure di riferimento, la valutazione della biodegradabilità attraverso processi di tipo aerobico.

Esiste anche una valutazione della biodegradabilità attraverso processi di tipo anaerobico, che non ha però procedure normate o di riferimento. Questa valutazione è quella che prevede l'esecuzione di test BMP (Bio Methan Potential): il rifiuto viene messo in contatto con una fase acquosa e lo spazio di testa viene riempito di azoto. Non deve essere presente O₂ disciolto nella fase liquida. Viene misurato nello spazio di testa il tenore di CO₂ e di CH₄.

LEZIONE 2 – SOSTENIBILITÀ E SVILUPPO SOSTENIBILE

Il concetto di **sostenibilità** è vago e possiamo attribuirgli diverse definizioni.

La prima definizione è quella data dal Rapporto Brundtland, 'Our Common Future' (1987): secondo questo scritto, lo sviluppo sostenibile è quello sviluppo in grado di soddisfare i bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità alle generazioni future di soddisfare i propri.

Per compiere ciò, bisogna ci sia compatibilità tra lo sviluppo delle attività economiche e la salvaguardia dell'ambiente: è necessario, cioè, crescere e adottare stili di vita compatibili con i ritmi dell'ecosistema.

La definizione più moderna è quella di “**economia della ciambella**” (Kate Raworth): il nostro sistema economico è rappresentato da una ciambella, la cui parte interna, il buco, costituisce tutto ciò che ci serve per vivere in modo dignitoso come esseri umani (sanità, istruzione, cibo, equità sociale e di genere, ecc.); il limite superiore, tutto ciò che è esterno alla ciambella, sono gli impatti negativi sull'ambiente e sull'economia se si supera una certa soglia dei beni contenuti all'interno della ciambella, impatti che riguardano tanti aspetti, come lo sfruttamento delle materie, dei terreni, il cambiamento climatico ecc.

Non possiamo avere i nostri diritti di esseri umani senza usare le risorse che il nostro pianeta ci offre. Quello che non dobbiamo fare, però, è superare una certa barriera che porterebbe al collasso del pianeta stesso.

Per ottenere questo equilibrio virtuoso tra economia, ambiente e società, il 25 settembre 2015 è stata sottoscritta l'**Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile**, un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità, firmata dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU.

Essa ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile – **Sustainable Developmente**

una notevole copertura delle persone povere e vulnerabile.

Target 1.4: Entro il 2030, assicurare che tutti gli uomini e le donne, in particolare i più poveri e vulnerabili, abbiano uguali diritti alle risorse economiche, insieme all'accesso ai servizi di base, proprietà privata, controllo su terreni e altre forme di proprietà, eredità, risorse naturali, nuove tecnologie appropriate e servizi finanziari, tra cui la microfinanza.

Target 1.5: Entro il 2030, rinforzare la resilienza dei poveri e di coloro che si trovano in situazioni di vulnerabilità e ridurre la loro esposizione e vulnerabilità ad eventi climatici estremi, catastrofi e shock economici, sociali e ambientali.

Target 1.a: Garantire una adeguata mobilitazione di risorse da diverse fonti, anche attraverso la cooperazione allo sviluppo, al fine di fornire mezzi adeguati e affidabili per i paesi in via di sviluppo, in particolare i paesi meno sviluppati, attuando programmi e politiche per porre fine alla povertà in tutte le sue forme.

Target 1.b: Creare solidi sistemi di politiche a livello nazionale, regionale e internazionale, basati su strategie di sviluppo a favore dei poveri e sensibili alle differenze di genere, per sostenere investimenti accelerati nelle azioni di lotta alla povertà.

OBIETTIVO 2 – SCONFIGGERE LA FAME

È giunto il momento di ri-considerare come coltiviamo, condividiamo e consumiamo il cibo.

Se gestite bene, l'agricoltura, la silvicoltura e la pesca possono offrire cibo nutriente per tutti e generare redditi adeguati, sostenendo uno sviluppo rurale centrato sulle persone e proteggendo l'ambiente allo stesso tempo.

Tuttavia, al giorno d'oggi, i nostri suoli, fiumi, oceani, foreste e la nostra biodiversità si stanno degradando rapidamente. Il cambio climatico sta esercitando pressioni crescenti sulle risorse dalle quali dipendiamo, aumentando i rischi associati a disastri ambientali come siccità e alluvioni. Molte donne delle zone rurali non sono più in grado di sostenersi con i proventi ricavati dalle loro terre, e sono quindi obbligate a trasferirsi in città alla ricerca di opportunità.

È necessario un cambiamento profondo nel sistema mondiale agricolo e alimentare se vogliamo nutrire 795 milioni di persone che oggi soffrono la fame e gli altri 2 miliardi di persone che abiteranno il nostro pianeta nel 2050.

Il settore alimentare e quello agricolo offrono soluzioni chiave per lo sviluppo, e sono vitali per l'eliminazione della fame e della povertà.

Target 2.1: Entro il 2030, porre fine alla fame e garantire a tutte le persone, in particolare ai poveri e le persone più vulnerabili, tra cui neonati, un accesso sicuro a cibo nutriente e sufficiente per tutto l'anno.

Target 2.2: Entro il 2030, porre fine a tutte le forme di malnutrizione; raggiungere, entro il 2025, i traguardi concordati a livello internazionale contro l'arresto della crescita e il deperimento nei bambini sotto i 5 anni di età; soddisfare le esigenze nutrizionali di ragazze adolescenti, donne in gravidanza e allattamento e le persone anziane.

Target 2.3: Entro il 2030, raddoppiare la produttività agricola e il reddito dei

Target 3.3: Entro il 2030, porre fine alle epidemie di AIDS, tubercolosi, malaria e malattie tropicali trascurate; combattere l'epatite, le malattie di origine idrica e le altre malattie trasmissibili.

Target 3.4: Entro il 2030, ridurre di un terzo la mortalità prematura da malattie non trasmissibili attraverso la prevenzione e il trattamento e promuovere benessere e salute mentale.

Target 3.5: Rafforzare la prevenzione e il trattamento di abuso di sostanze, tra cui l'abuso di stupefacenti e il consumo nocivo di alcol.

Target 3.6: Entro il 2020, dimezzare il numero globale di morti e feriti a seguito di incidenti stradali.

Target 3.7: Entro il 2030, garantire l'accesso universale ai servizi di assistenza sanitaria sessuale e riproduttiva, inclusa la pianificazione familiare, l'informazione, l'educazione e l'integrazione della salute riproduttiva nelle strategie e nei programmi nazionali.

Target 3.8: Conseguire una copertura sanitaria universale, compresa la protezione da rischi finanziari, l'accesso ai servizi essenziali di assistenza sanitaria di qualità e l'accesso sicuro, efficace, di qualità e a prezzi accessibili a medicinali di base e vaccini per tutti.

Target 3.9: Entro il 2030, ridurre sostanzialmente il numero di decessi e malattie da sostanze chimiche pericolose e da contaminazione e inquinamento dell'aria, delle acque e del suolo.

Target 3.a: Rafforzare l'attuazione del Quadro Normativo della Convenzione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità sul Controllo del Tabacco in modo appropriato in tutti i paesi.

Target 3.b: Sostenere la ricerca e lo sviluppo di vaccini e farmaci per le malattie trasmissibili e non trasmissibili che colpiscono soprattutto i paesi in via di sviluppo; fornire l'accesso a farmaci e vaccini essenziali ed economici, in conformità alla Dichiarazione di Doha sull'Accordo TRIPS e la Sanità Pubblica, che afferma il diritto dei paesi in via di sviluppo ad utilizzare appieno le disposizioni dell'Accordo sugli Aspetti Commerciali dei Diritti di Proprietà Intellettuale contenenti le cosiddette "flessibilità" per proteggere la sanità pubblica e, in particolare, fornire l'accesso a farmaci per tutti.

Target 3.c: Aumentare considerevolmente i fondi destinati alla sanità e alla selezione, formazione, sviluppo e mantenimento del personale sanitario nei paesi in via di sviluppo, specialmente nei meno sviluppati e nei piccoli Stati insulari in via di sviluppo.

Target 3.d: Rafforzare la capacità di tutti i Paesi, soprattutto dei Paesi in via di sviluppo, di segnalare in anticipo, ridurre e gestire i rischi legati alla salute, sia a livello nazionale che globale.

OBIETTIVO 4 – ISTRUZIONE DI QUALITÀ

Un'istruzione di qualità è la base per migliorare la vita delle persone e raggiungere lo sviluppo sostenibile. Si sono ottenuti risultati importanti per quanto riguarda l'incremento dell'accesso all'istruzione a tutti i livelli e l'incremento dei livelli di iscrizione nelle scuole, soprattutto per donne e ragazze. Il livello base di

Mentre il mondo ha fatto progressi nella parità di genere e nell'emancipazione delle donne attraverso gli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (tra cui la parità di accesso all'istruzione primaria per ragazzi e ragazze), donne e ragazze continuano a subire discriminazioni e violenze in ogni parte del mondo.

La parità di genere non è solo un diritto umano fondamentale, ma la condizione necessaria per un mondo prospero, sostenibile e in pace.

Garantire alle donne e alle ragazze parità di accesso all'istruzione, alle cure mediche, a un lavoro dignitoso, così come la rappresentanza nei processi decisionali, politici ed economici, promuoverà economie sostenibili, di cui potranno beneficiare le società e l'umanità intera.

Target 5.1: Porre fine, ovunque, a ogni forma di discriminazione nei confronti di donne e ragazze.

Target 5.2: Eliminare ogni forma di violenza nei confronti di donne e bambine, sia nella sfera privata che in quella pubblica, compreso il traffico di donne e lo sfruttamento sessuale e di ogni altro tipo.

Target 5.3: Eliminare ogni pratica abusiva come il matrimonio combinato, il fenomeno delle spose bambine e le mutilazioni genitali femminili.

Target 5.4: Riconoscere e valorizzare la cura e il lavoro domestico non retribuito, fornendo un servizio pubblico, infrastrutture e politiche di protezione sociale e la promozione di responsabilità condivise all'interno delle famiglie, conformemente agli standard nazionali.

Target 5.5: Garantire piena ed effettiva partecipazione femminile e pari opportunità di leadership ad ogni livello decisionale in ambito politico, economico e della vita pubblica.

Target 5.6: Garantire accesso universale alla salute sessuale e riproduttiva e ai diritti in ambito riproduttivo, come concordato nel Programma d'Azione della Conferenza internazionale su popolazione e sviluppo e dalla Piattaforma d'Azione di Pechino e dai documenti prodotti nelle successive conferenze.

Target 5.a: Avviare riforme per dare alle donne uguali diritti di accesso alle risorse economiche così come alla titolarità e al controllo della terra e altre forme di proprietà, ai servizi finanziari, eredità e risorse naturali, in conformità con le leggi nazionali.

Target 5.b: Rafforzare l'utilizzo di tecnologie abilitanti, in particolare le tecnologie dell'informazione e della comunicazione, per promuovere l'emancipazione della donna.

Target 5.c: Adottare e intensificare una politica sana ed una legislazione applicabile per la promozione della parità di genere e l'emancipazione di tutte le donne e bambine, a tutti i livelli.

OBIETTIVO 6 – ACQUA PULITA E SERVIZI IGENICO-SANTARI

Acqua accessibile e pulita è un aspetto essenziale del mondo in cui vogliamo vivere. Il nostro pianeta possiede sufficiente acqua potabile per raggiungere questo obiettivo. Ma a causa di infrastrutture scadenti o cattiva gestione economica, ogni anno milioni di persone, di cui la gran parte bambini, muoiono per malattie dovute ad

dell'efficienza energetica.

Target 7.a: Accrescere entro il 2030 la cooperazione internazionale per facilitare l'accesso alla ricerca e alle tecnologie legate all'energia pulita – comprese le risorse rinnovabili, l'efficienza energetica e le tecnologie di combustibili fossili più avanzate e pulite – e promuovere gli investimenti nelle infrastrutture energetiche e nelle tecnologie dell'energia pulita.

Target 7.b: Implementare entro il 2030 le infrastrutture e migliorare le tecnologie per fornire servizi energetici moderni e sostenibili, specialmente nei paesi meno sviluppati, nei piccoli stati insulari e negli stati in via di sviluppo senza sbocco sul mare, conformemente ai loro rispettivi programmi di sostegno.

OBIETTIVO 8 – LAVORO DIGNITOSO E CRESCITA ECONOMICA

Più o meno la metà della popolazione mondiale vive ancora con l'equivalente di circa due dollari al giorno. In molti luoghi, avere un lavoro non garantisce la possibilità di sottrarsi alla povertà. Questo progresso lento e disuguale richiede di riconsiderare e riorganizzare le nostre politiche economiche e sociali tese all'eliminazione della povertà. Una prolungata mancanza di opportunità di lavoro dignitose, investimenti insufficienti e sottoconsumo portano a un'erosione del contratto sociale di base a fondamento delle società democratiche, secondo cui tutti dobbiamo contribuire al progresso. La creazione di posti di lavoro di qualità resta una delle maggiori sfide per quasi tutte le economie, ben oltre il 2015.

Una crescita economica e sostenibile richiederà alle società di creare condizioni che permettano alle persone di avere posti di lavoro di qualità, che stimolino le economie e al tempo stesso non danneggino l'ambiente. Inoltre, sono necessarie opportunità di lavoro e condizioni di lavoro dignitose per l'intera popolazione in età lavorativa.

Target 8.1: Sostenere la crescita economica pro capite in conformità alle condizioni nazionali, e in particolare una crescita annua almeno del 7% del prodotto interno lordo nei paesi in via di sviluppo.

Target 8.2: Raggiungere standard più alti di produttività economica attraverso la diversificazione, il progresso tecnologico e l'innovazione, anche con particolare attenzione all'alto valore aggiunto e ai settori ad elevata intensità di lavoro.

Target 8.3: Promuovere politiche orientate allo sviluppo, che supportino le attività produttive, la creazione di posti di lavoro dignitosi, l'imprenditoria, la creatività e l'innovazione, e che incoraggino la formalizzazione e la crescita delle piccole-medie imprese, anche attraverso l'accesso a servizi finanziari.

Target 8.4: Migliorare progressivamente, entro il 2030, l'efficienza globale nel consumo e nella produzione di risorse e tentare di scollegare la crescita economica dalla degradazione ambientale, conformemente al Quadro decennale di programmi relativi alla produzione e al consumo sostenibile, con i paesi più sviluppati in prima linea.

Target 8.5: Garantire entro il 2030 un'occupazione piena e produttiva e un lavoro dignitoso per donne e uomini, compresi i giovani e le persone con disabilità, e un'equa remunerazione per lavori di equo valore.

Target 9.4: Migliorare entro il 2030 le infrastrutture e riconfigurare in modo sostenibile le industrie, aumentando l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e adottando tecnologie e processi industriali più puliti e sani per l'ambiente, facendo sì che tutti gli stati si mettano in azione nel rispetto delle loro rispettive capacità.

Target 9.5: Aumentare la ricerca scientifica, migliorare le capacità tecnologiche del settore industriale in tutti gli stati – in particolare in quelli in via di sviluppo – nonché incoraggiare le innovazioni e incrementare considerevolmente, entro il 2030, il numero di impiegati per ogni milione di persone, nel settore della ricerca e dello sviluppo e la spesa per la ricerca – sia pubblica che privata – e per lo sviluppo.

Target 9.a: Facilitare la formazione di infrastrutture sostenibili e resilienti negli stati in via di sviluppo tramite un supporto finanziario, tecnico e tecnologico rinforzato per i paesi africani, i paesi meno sviluppati, quelli senza sbocchi sul mare e i piccoli Stati insulari in via di sviluppo.

Target 9.b: Supportare lo sviluppo tecnologico interno, la ricerca e l'innovazione nei paesi in via di sviluppo, anche garantendo una politica ambientale favorevole, inter alia, per una diversificazione industriale e un valore aggiunto ai prodotti.

Target 9.c: Aumentare in modo significativo l'accesso alle tecnologie di informazione e comunicazione e impegnarsi per fornire ai paesi meno sviluppati un accesso a Internet universale ed economico entro il 2020.

OBIETTIVO 10 – RIDURRE LE DISUGUAGLIANZE

La comunità internazionale ha fatto progressi significativi per sottrarre le persone alla povertà. Le nazioni più vulnerabili – i paesi meno sviluppati, i Paesi in via di sviluppo senza sbocco sul mare e i piccoli stati insulari in via di sviluppo – continuano a farsi strada per ridurre la povertà. Tuttavia, l'ineguaglianza persiste e rimangono grandi disparità di accesso alla sanità, all'educazione e ad altri servizi. Inoltre, mentre la disparità di reddito tra i diversi paesi sembrerebbe essersi ridotta, la disparità all'interno di un medesimo paese è aumentata. Cresce il consenso sul fatto che la crescita economica non è sufficiente per ridurre la povertà se non si tratta di una crescita inclusiva e se non coinvolge le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile – economica, sociale e ambientale. Per ridurre la disparità, le politiche dovrebbero essere universali e prestare attenzione ai bisogni delle popolazioni svantaggiate e emarginate.

Target 10.1: Entro il 2030, raggiungere progressivamente e sostenere la crescita del reddito del 40% della popolazione nello strato sociale più basso ad un tasso superiore rispetto alla media nazionale.

Target 10.2: Entro il 2030, potenziare e promuovere l'inclusione sociale, economica e politica di tutti, a prescindere da età, sesso, disabilità, razza, etnia, origine, religione, stato economico o altro.

Target 10.3: Assicurare pari opportunità e ridurre le disuguaglianze nei risultati, anche eliminando leggi, politiche e pratiche discriminatorie e promuovendo legislazioni, politiche e azioni appropriate a tale proposito.

Target 10.4: Adottare politiche, in particolare fiscali, salariali e di protezione sociale, per raggiungere progressivamente una maggior uguaglianza.

Target 11.5: Entro il 2030, ridurre in modo significativo il numero di decessi e il numero di persone colpite e diminuire in modo sostanziale le perdite economiche dirette rispetto al prodotto interno lordo globale causate da calamità, comprese quelle legate all'acqua, con particolare riguardo alla protezione dei poveri e delle persone più vulnerabili.

Target 11.6: Entro il 2030, ridurre l'impatto ambientale negativo pro-capite delle città, prestando particolare attenzione alla qualità dell'aria e alla gestione dei rifiuti urbani e di altri rifiuti.

Target 11.7: Entro il 2030, fornire accesso universale a spazi verdi e pubblici sicuri, inclusivi e accessibili, in particolare per donne, bambini, anziani e disabili.

Target 11.a: Supportare i positivi legami economici, sociali e ambientali tra aree urbane, periurbane e rurali rafforzando la pianificazione dello sviluppo nazionale e regionale.

Target 11.b: Entro il 2020, aumentare considerevolmente il numero di città e insediamenti umani che adottano e attuano politiche integrate e piani tesi all'inclusione, all'efficienza delle risorse, alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici, alla resistenza ai disastri, e che promuovono e attuano una gestione olistica del rischio di disastri su tutti i livelli, in linea con il Quadro di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri 2015-2030.

Target 11.c: Supportare i paesi meno sviluppati, anche con assistenza tecnica e finanziaria, nel costruire edifici sostenibili e resilienti utilizzando materiali locali.

OBIETTIVO 12 – CONSUMO E PRODUZIONE RESPONSABILI

Per consumo e produzione sostenibili si intende la promozione dell'efficienza delle risorse e dell'energia, di infrastrutture sostenibili, così come la garanzia dell'accesso ai servizi di base, a lavori dignitosi e rispettosi dell'ambiente e a una migliore qualità di vita per tutti. La sua attuazione contribuisce alla realizzazione dei piani di sviluppo complessivi, alla riduzione dei futuri costi economici, ambientali e sociali, al miglioramento della competitività economica e alla riduzione della povertà.

Il consumo e la produzione sostenibile puntano a “fare di più e meglio con meno”, aumentando i benefici in termini di benessere tratti dalle attività economiche, attraverso la riduzione dell'impiego di risorse, del degrado e dell'inquinamento nell'intero ciclo produttivo, migliorando così la qualità della vita. Ciò coinvolge stakeholder differenti, tra cui imprese, consumatori, decisori politici, ricercatori, scienziati, rivenditori, mezzi di comunicazione e agenzie di cooperazione allo sviluppo. E' necessario per questo un approccio sistematico e cooperativo tra soggetti attivi nelle filiere, dal produttore fino al consumatore. Ciò richiede inoltre di coinvolgere i consumatori in iniziative di sensibilizzazione al consumo e a stili di vita sostenibili, offrendo loro adeguate informazioni su standard ed etichette, e coinvolgendoli, tra le altre cose, nell'approvvigionamento pubblico sostenibile.

Target 12.1: Attuare il Quadro Decennale di Programmi per il Consumo e la Produzione Sostenibili, rendendo partecipi tutti i paesi, con i paesi sviluppati alla guida, ma tenendo presenti anche lo sviluppo e le capacità dei paesi in via di sviluppo.

riscaldamento climatico ancora maggiore. Le persone più povere e vulnerabili sono le più esposte.

Attualmente ci sono soluzioni accessibili e flessibili per permettere ai paesi di diventare economie più pulite e resistenti. Il ritmo del cambiamento sta accelerando dato che sempre più persone utilizzano energie rinnovabili e mettono in pratica tutta una serie di misure che riducono le emissioni e aumentano gli sforzi di adattamento. Tuttavia il cambiamento climatico è una sfida globale che non rispetta i confini nazionali. Le emissioni sono ovunque e riguardano tutti. È una questione che richiede soluzioni coordinate a livello internazionale e cooperazione al fine di aiutare i Paesi in via di sviluppo a muoversi verso un'economia a bassa emissione di carbonio. Per far fronte ai cambiamenti climatici, i paesi hanno firmato nel mese di aprile un accordo mondiale sul cambiamento climatico (Accordo di Parigi sul Clima).

Target 13.1: Rafforzare in tutti i paesi la capacità di ripresa e di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali.

Target 13.2: Integrare le misure di cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali.

Target 13.3: Migliorare l'istruzione, la sensibilizzazione e la capacità umana e istituzionale per quanto riguarda la mitigazione del cambiamento climatico, l'adattamento, la riduzione dell'impatto e l'allerta tempestiva.

Target 13.a: Rendere effettivo l'impegno assunto dai partiti dei paesi sviluppati verso la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sul Cambiamento Climatico, che prevede la mobilitazione – entro il 2020 – di 100 miliardi di dollari all'anno, provenienti da tutti i paesi aderenti all'impegno preso, da indirizzare ai bisogni dei paesi in via di sviluppo, in un contesto di azioni di mitigazione significative e di trasparenza nell'implementazione, e rendere pienamente operativo il prima possibile il Fondo Verde per il Clima attraverso la sua capitalizzazione.

Target 13.b: Promuovere meccanismi per aumentare la capacità effettiva di pianificazione e gestione di interventi inerenti al cambiamento climatico nei paesi meno sviluppati, nei piccoli stati insulari in via di sviluppo, con particolare attenzione a donne e giovani e alle comunità locali e marginali.

OBIETTIVO 14 – LA VITA SOTT'ACQUA

Gli oceani del mondo – la loro temperatura, la loro composizione chimica, le loro correnti e la loro vita – influenzano i sistemi globali che rendono la Terra un luogo vivibile per il genere umano.

L'acqua piovana, l'acqua che beviamo, il meteo, il clima, le nostre coste, molto del nostro cibo e persino l'ossigeno presente nell'aria che respiriamo sono elementi in definitiva forniti e regolati dal mare. Nel corso della storia, gli oceani e i mari sono stati e continuano ad essere canali vitali per il commercio ed il trasporto.

Un'attenta gestione di questa fondamentale risorsa globale è alla base di un futuro sostenibile.

Target 14.1: Entro il 2025, prevenire e ridurre in modo significativo ogni forma di inquinamento marino, in particolar modo quello derivante da attività esercitate sulla

di foreste vanno perse ogni anno, mentre il persistente deterioramento dei terreni ha portato alla desertificazione di 3,6 miliardi di ettari.

La deforestazione e la desertificazione – causate dalle attività dell'uomo e dal cambiamento climatico – pongono sfide considerevoli in termini di sviluppo sostenibile, e hanno condizionato le vite e i mezzi di sostentamento di milioni di persone che lottano contro la povertà. Si stanno compiendo molti sforzi per gestire le foreste e combattere la desertificazione.

Target 15.1: Entro il 2020, garantire la conservazione, il ripristino e l'utilizzo sostenibile degli ecosistemi di acqua dolce terrestri e dell'entroterra nonché dei loro servizi, in modo particolare delle foreste, delle paludi, delle montagne e delle zone aride, in linea con gli obblighi derivanti dagli accordi internazionali.

Target 15.2: Entro il 2020, promuovere una gestione sostenibile di tutti i tipi di foreste, arrestare la deforestazione, ripristinare le foreste degradate e aumentare ovunque, in modo significativo, la riforestazione e il rimboschimento.

Target 15.3: Entro il 2030, combattere la desertificazione, ripristinare le terre degradate, comprese quelle colpite da desertificazione, siccità e inondazioni, e battersi per ottenere un mondo privo di degrado del suolo.

Target 15.4: Entro il 2030, garantire la conservazione degli ecosistemi montuosi, incluse le loro biodiversità, al fine di migliorarne la capacità di produrre benefici essenziali per uno sviluppo sostenibile.

Target 15.5: Intraprendere azioni efficaci ed immediate per ridurre il degrado degli ambienti naturali, arrestare la distruzione della biodiversità e, entro il 2020, proteggere le specie a rischio di estinzione.

Target 15.6: Promuovere una distribuzione equa e giusta dei benefici derivanti dall'utilizzo delle risorse genetiche e promuovere un equo accesso a tali risorse, come concordato a livello internazionale.

Target 15.7: Agire per porre fine al bracconaggio e al traffico delle specie protette di flora e fauna e combattere il commercio illegale di specie selvatiche.

Target 15.8: Entro il 2020, introdurre misure per prevenire l'introduzione di specie diverse ed invasive nonché ridurre in maniera sostanziale il loro impatto sugli ecosistemi terrestri e acquatici e controllare o debellare le specie prioritarie.

Target 15.9: Entro il 2020, integrare i principi di ecosistema e biodiversità nei progetti nazionali e locali, nei processi di sviluppo e nelle strategie e nei resoconti per la riduzione della povertà.

Target 15.a: Mobilitare e incrementare in maniera significativa le risorse economiche da ogni fonte per preservare e usare in maniera sostenibile la biodiversità e gli ecosistemi.

Target 15.b: Mobilitare risorse significative da ogni fonte e a tutti i livelli per finanziare la gestione sostenibile delle foreste e fornire incentivi adeguati ai paesi in via di sviluppo perché possano migliorare tale gestione e per la conservazione e la riforestazione.

Target 15.c: Rafforzare il sostegno globale per combattere il bracconaggio e il traffico illegale delle specie protette, anche incrementando la capacità delle comunità locali ad utilizzare mezzi di sussistenza sostenibili.

necessari nei settori chiave, soprattutto nei Paesi di sviluppo. Tali settori comprendono l'energia sostenibile, le infrastrutture e i trasporti, così come le tecnologie di informazione e comunicazione.

Il settore pubblico avrà bisogno di stabilire una direzione chiara. I sistemi di revisione e di monitoraggio, i regolamenti e le strutture di incentivi che permettono tali investimenti devono essere riorganizzati al fine di attrarre gli investimenti e rafforzare lo sviluppo sostenibile. I meccanismi nazionali di controllo come le istituzioni supreme di revisione e le funzioni di supervisione delle legislature dovrebbero essere rafforzate.

A) FINANZA:

Target 17.1: Consolidare la mobilitazione delle risorse interne anche attraverso l'aiuto internazionale ai paesi in via di sviluppo per aumentarne la capacità fiscale interna e la riscossione delle entrate.

Target 17.2: I paesi industrializzati devono rispettare i loro impegni ufficiali di aiuto allo sviluppo, incluso l'obiettivo di destinare lo 0.7 per cento del reddito nazionale lordo per l'aiuto pubblico allo sviluppo (APS/RNL) ai paesi in via di sviluppo e destinare dallo 0.15 al 0.20 per cento del APS/RNL ai paesi meno sviluppati; i fornitori mondiali di aiuto pubblico allo sviluppo sono invitati a fornire almeno il 0.20 per cento del APS/RNL ai paesi meno sviluppati.

Target 17.3: Mobilitare ulteriori risorse economiche per i paesi in via di sviluppo da più fonti.

Target 17.4: Aiutare i paesi in via di sviluppo a sostenere il debito a lungo termine attraverso politiche coordinate volte a stimolare il finanziamento, la riduzione e la ristrutturazione del debito, e affrontare il debito estero dei paesi più poveri e più fortemente indebitati al fine di ridurne il peso.

Target 17.5: Adottare e applicare regimi di promozione degli investimenti per i paesi meno sviluppati.

B) TECNOLOGIA:

Target 17.6: Rafforzare la cooperazione Nord-Sud, Sud-Sud, la cooperazione triangolare regionale e internazionale e l'accesso alle scoperte scientifiche, alla tecnologia e alle innovazioni, e migliorare la condivisione della conoscenza sulla base di modalità concordate attraverso un maggior coordinamento tra i meccanismi già esistenti in particolar modo a livello delle Nazioni Unite e attraverso un meccanismo globale di accesso alla tecnologia.

Target 17.7: Promuovere nei paesi in via di sviluppo la crescita, lo scambio e la diffusione di tecnologie rispettose dell'ambiente a condizioni favorevoli, attraverso patti agevolati e preferenziali stabiliti di comune accordo.

Target 17.8: Entro il 2017 rendere operativo il meccanismo per il rafforzamento della tecnologia della banca e della scienza, della tecnologia e dell'innovazione per i paesi meno industrializzati e rafforzare l'uso della tecnologia avanzata in particolar modo nell'informazione e nelle comunicazioni.

C) CAPACITÀ DI SVILUPPO:

Target 17.9: Accrescere il supporto internazionale per implementare nei paesi non

STORICAMENTE

Sotto molti aspetti gli SDGs sono considerati il completamento dell'esperienza maturata nel quindicennio 2000-2015 con gli **Obiettivi di Sviluppo del Millennio (MDGs)**, adottati dall'Assemblea Generale su proposta dell'allora Segretario generale Kofi Annan durante il Summit del Millennio (settembre 2000). Pur con livelli di realizzazione non uniformi, gli MDGs hanno sia rafforzato l'azione di aiuto verso i paesi in via di sviluppo da parte di quelli sviluppati (in particolare dei membri del G8), sia canalizzato risorse finanziarie nazionali ed internazionali su obiettivi condivisi, portando a nuove iniziative concrete nella lotta mondiale contro la povertà, la fame e le malattie.

Nel porre al centro dell'impegno comune lo sviluppo sostenibile e non più solo la crescita in termini meramente economici, l'Agenda 2030 rappresenta anche la conclusione del lunghissimo processo negoziale delle Nazioni Unite sullo sviluppo sostenibile, iniziato nel 1987 con la pubblicazione del **Rapporto della Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo**, "Our Common Future".

La **Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile del 2012 (Rio+20)**, nella quale è stato adottato il documento "il futuro che vogliamo" (The Future We Want), ha avviato il negoziato per la definizione dell'Agenda 2030 e degli SDGs. Tale negoziato ha visto una straordinaria partecipazione dei governi, delle organizzazioni, delle imprese e della società civile.

Il 2015 è stato l'anno conclusivo di questo processo, culminato con tre eventi che hanno definito diversi aspetti cruciali dell'Agenda: la **conferenza di Addis Abeba** sul finanziamento allo sviluppo (luglio); il summit straordinario del 25-27 settembre e l'approvazione della **Risoluzione A/RES/70/1** da parte dell'Assemblea Generale dell'ONU; la **Conferenza COP 21 a Parigi** sul cambiamento climatico (dicembre).

Il principio dello sviluppo sostenibile è presente nel quadro normativo comunitario fin dal **Trattato di Amsterdam del 1997** ed è oggi inserito nel **trattato di Lisbona** (art. 3) entrato in vigore il 1 dicembre 2009, che costituisce attualmente la carta fondamentale dell'Unione Europea.

Nel Giugno 2001 il Consiglio Europeo riunitosi a Göteborg (Svezia) ha adottato la "Strategia dell'Unione Europea per lo Sviluppo Sostenibile", un piano a lungo termine volto a conciliare le politiche in materia di sviluppo sostenibile economico, sociale e ambientale, nella prospettiva di migliorare in maniera sostenibile il benessere e le condizioni di vita delle generazioni presenti e future. Tale strategia è stata sottoposta a revisione nel 2006 ed è oggetto di monitoraggio da parte dell'Eurostat attraverso un set di indicatori appositamente predisposto.

Quadro Strategico per la Crescita e l'occupazione (2010) : **Strategia Europa 2020**, con tre priorità interconnesse:

- **crescita intelligente**, mediante lo sviluppo di un'economia basata sulla conoscenza, l'intelligenza e l'innovazione;

dell'Agenda 2030. Il Governo si è inoltre impegnato a predisporre una Strategia di sviluppo sostenibile che riguardi l'intero spettro degli SDGs e non solo la componente ambientale.

Il Parlamento, e in particolare la Commissione Esteri della Camera dei Deputati, ha avviato un'indagine conoscitiva sull'Agenda 2030. L'indagine è affidata al “Comitato permanente sull'attuazione dell'Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile”, il quale svolgerà, in particolare, un'azione di monitoraggio sulle iniziative messe in atto o progettate dai Paesi del G7, di cui l'Italia ha assunto la presidenza nel 2017.

Inoltre, il Consiglio nazionale per la cooperazione allo sviluppo, operante presso il Ministero degli affari esteri e della cooperazione internazionale (MAECI), ha istituito un gruppo di lavoro dedicato ai “Seguiti dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo sostenibile: coerenza delle politiche, efficacia e valutazione”.

LEZIONE 2 – BILANCIO DI SOSTENIBILITÀ

Il **bilancio di sostenibilità** è un documento obbligatorio dal 2016 per aziende di interesse pubblico o con più di 500 dipendenti con un bilancio che soddisfi specifici criteri (il totale dell'attivo dello stato patrimoniale dev'essere superiore a 20 milioni di euro oppure, in alternativa, il totale dei ricavi netti delle vendite e delle prestazioni deve superare i 40 milioni).

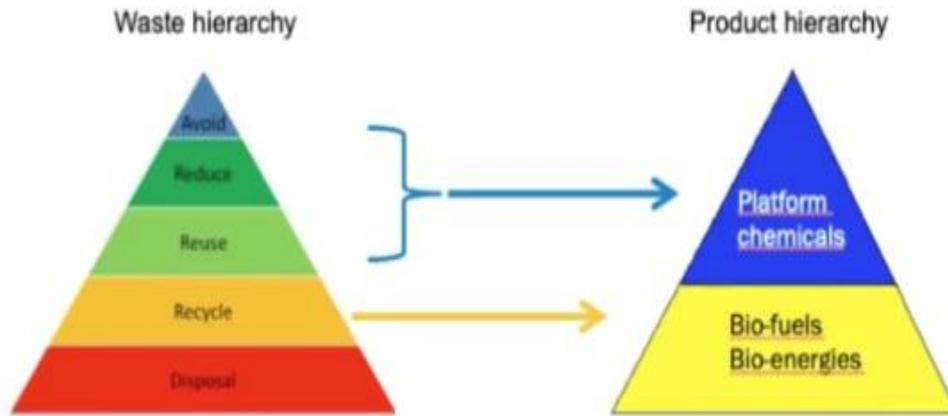
Il **bilancio d'esercizio** è quel documento che, per legge, l'impresa deve redigere periodicamente per fare una sintesi della sua situazione economico-finanziaria e dei suoi risultati economici. Ma se vogliamo valutare a tutto tondo un'azienda, non ci si può accontentare di costi e ricavi. Ogni impresa si deve interfacciare con il territorio, l'ambiente, i lavoratori: gli stakeholder. Ecco perché, a parità di cifre, due soggetti possono avere un impatto estremamente diverso sul mondo che li circonda. Il bilancio di sostenibilità fonde queste due esigenze e valuta anche questo impatto, positivo o negativo che sia.

Lo **stakeholder (portatori di interessi)** è genericamente qualsiasi soggetto (o gruppo) influente nei confronti di un'iniziativa economica, una società o un qualsiasi altro progetto. Fanno dunque parte di tale insieme clienti, fornitori, finanziatori, collaboratori, dipendenti, i residenti di aree limitrofe a un'azienda e le istituzioni statali relative all'amministrazione locale.

Un'azienda deve entrare nell'ordine di idee di questi soggetti e prendersi delle responsabilità per ciascuno di essi.

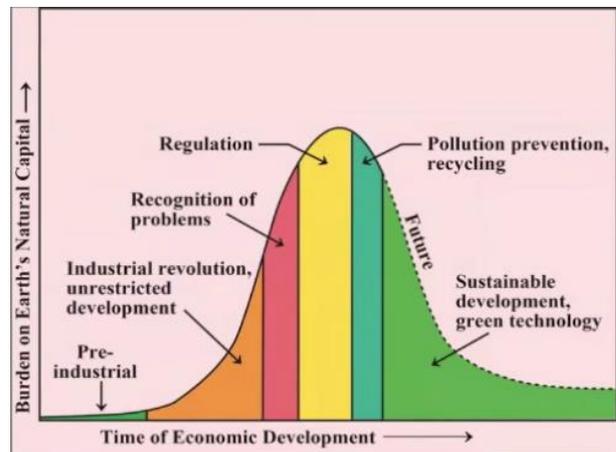
Il bilancio di sostenibilità si basa sul principio di **comply or explain**: le imprese dovranno rendere note le loro politiche in termini di sostenibilità, oppure dovranno spiegare il motivo per cui non se ne sono occupate.

Quindi il bilancio di sostenibilità contiene al suo interno il bilancio di esercizio e le informazioni sulle politiche aziendali in merito a: riduzione dell'emissioni di gas serra, il consumo di energia, l'impronta idrica, le politiche adottate per i lavoratori.



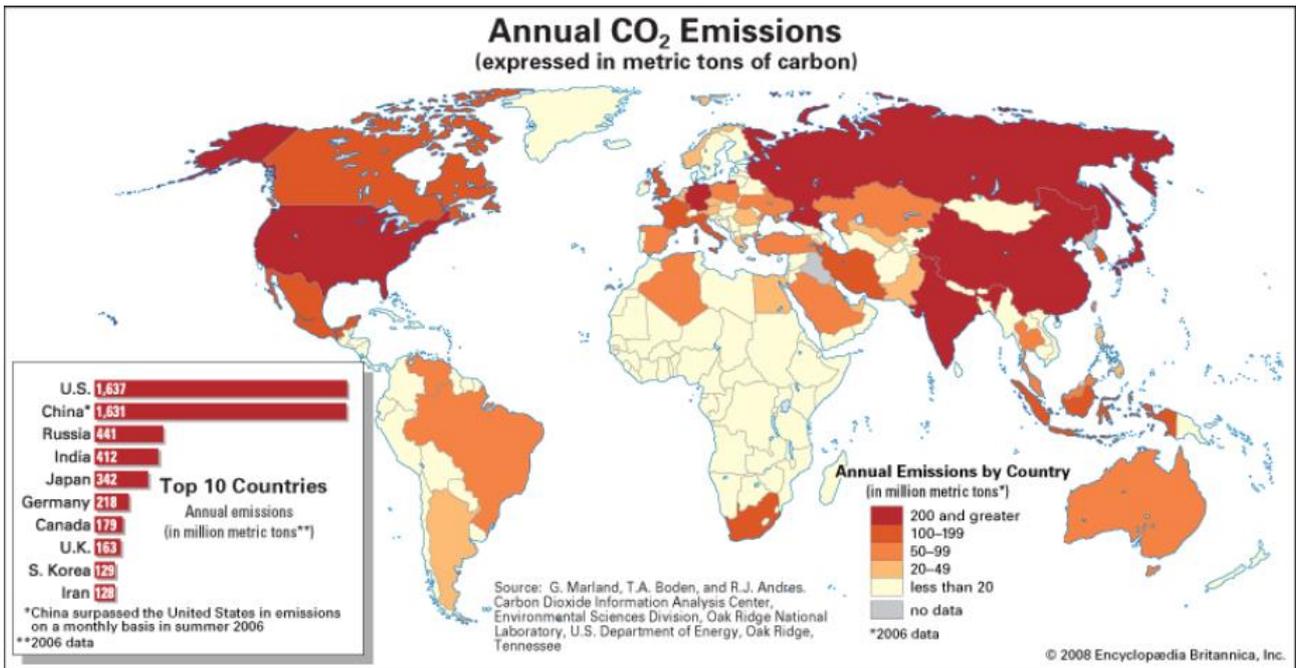
I platform chemicals sono sostanze chimiche di base.

Gli ecosistemi sono cinque: biosfera, atmosfera, idrosfera, geosfera e antropocene.



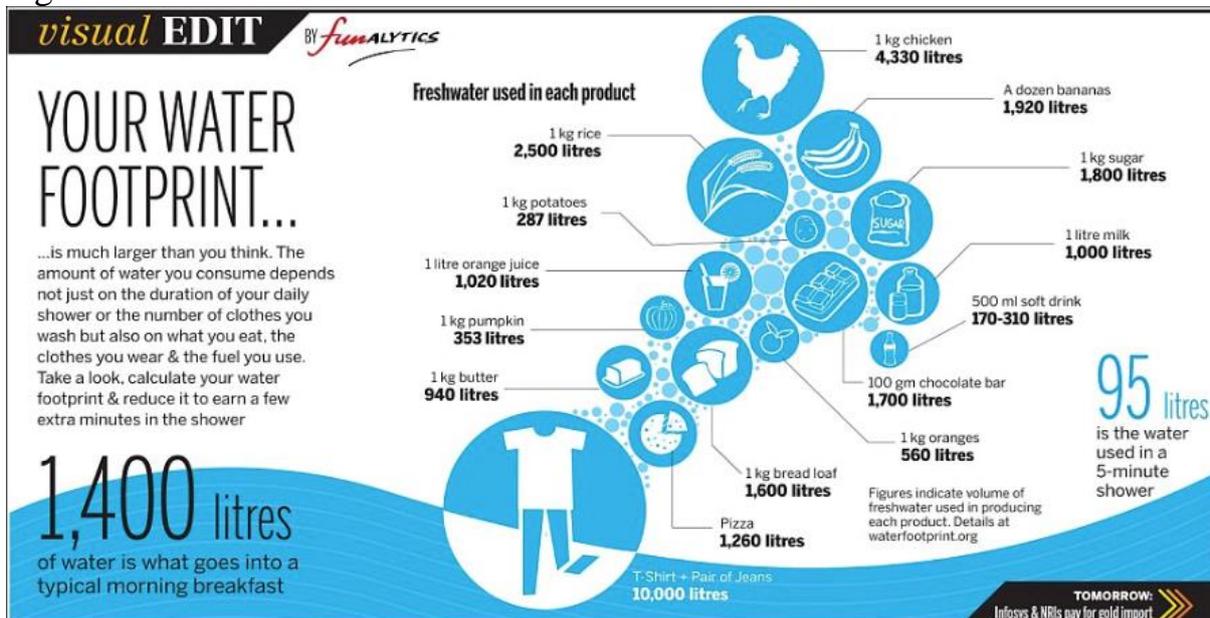
La parte di Regulation in Italia è piuttosto recente.

L'Earth Overshoot Day è il giorno nel quale si considerano esaurite le risorse della Terra; da quel momento lì si cominciano ad usare risorse non rinnovabili (deficit ecologico). Nel 2020, l'EOD è stato raggiunto il 14 Maggio in Italia.



Tre indici che mostrano quanto le nostre azioni contribuiscano al cambiamento climatico e allo spreco delle risorse: il carbon footprint, l'ecological footprint e la water footprint.

All'anno vengono mediamente rilasciate in atmosfera 14 tonnellate di CO₂ per famiglia in tutto il mondo.



La **carbon footprint** indica tutte le emissioni di ogni fase del ciclo di vita di un prodotto.

L'**ecological footprint** indica il consumo umano di risorse naturali rispetto alla capacità della Terra di rigenerarle (indica quindi la quantità di terra e mare necessaria per soddisfare i fabbisogni di una popolazione).

La **water footprint** indica il consumo di acqua dolce da parte di una popolazione.

per poi usarlo per l'illuminazione e per cucinare (1500).

Samuel Morey fu uno dei primi ingegneri che dimostrò l'utilizzo energetico dell'etanolo. Egli, infatti, durante un suo esperimento, scoprì che il vapore della trementina (resina vegetale), a contatto con l'aria, era esplosiva. Riconobbe il suo potenziale e sviluppò un motore a combustione interna che riusciva ad alimentare navi e carri (1826).

In contemporanea con queste scoperte, vi era già l'utilizzo di **oli vegetali e animali** per la produzione di energia sotto forma di luce e calore. Nonostante ciò, l'etanolo ha sempre avuto la meglio sugli oli vegetali e animali per il suo prezzo economico e per la sua abbondanza. Esso veniva chiamato "il carburante del popolo": esso poteva infatti essere prodotto da chiunque avesse un distillatore e la materia prima per il processo era ovunque disponibile. Negli anni '60 dell'800, le distillerie producevano circa 100 milioni di galloni all'anno per la produzione di luce e di calore.

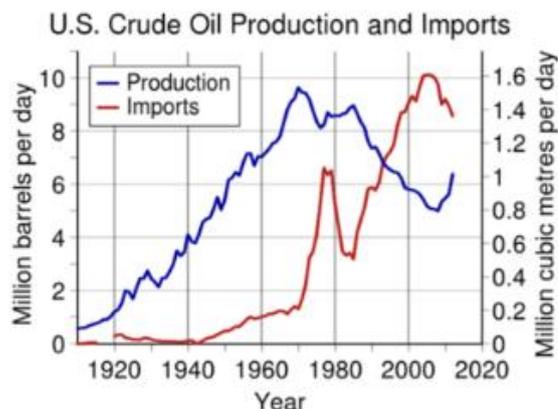
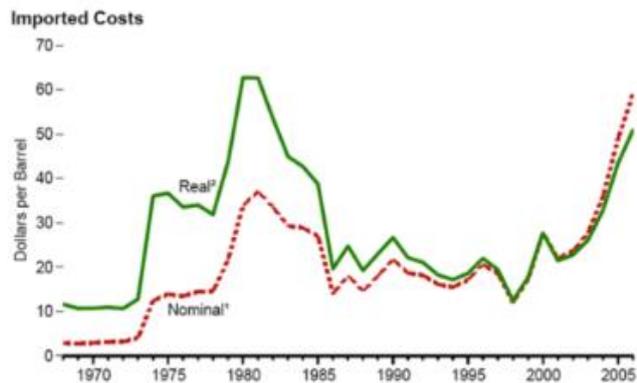
La sua popolarità ed utilizzo massiccio furono presto superati dalla sua tassazione (\$ 2.08 per gallone) e dall'entrata in commercio del cherosene, meglio noto come petrolio (1864).

La tassazione dell'etanolo fu decisa dall'Internal Revenue Act nel 1892 per pagare la Guerra Civile, e prevedeva una tassa sia sulle bevande a base di alcol e sia sull'uso industriale come combustibile.

Il cherosene, una miscela di idrocarburi derivante dalla lavorazione del petrolio grezzo, era un ottimo combustibile, non troppo volatile ed economico. Nel 19esimo secolo il petrolio (cherosene) divenne il primo combustibile negli Stati Uniti, con una produzione annua nel 1870 di circa 200 milioni di galloni. Per le distillerie di etanolo fu un disastro incredibile.

Un'altra fonte di energia e materia prima per la costruzione di navi fu la linfa di pino, già a partire dagli anni 1200-1300. Addirittura, l'industria navale riuscì a portare avanti questo mercato negli Stati Uniti fino al 1960.

Il petrolio divenne veramente utile quando imparammo come raffinarlo. A Samuel Martin Kier è attribuita la fondazione dell'industria americana della raffinazione del petrolio. Egli fu il primo negli Stati Uniti a raffinare il petrolio greggio in olio per lampade nel 1851. Kier iniziò la sua prima grande raffineria di petrolio (5 barili di capacità) usando il petrolio di Edwing Drake. Edwing Drake è ritenuto la prima persona ad aver effettuato una trivellazione petrolifera negli Stati Uniti nel 1859, in Pennsylvania. Importante per l'industria fu lo sviluppo della distillazione frazionata da parte di Benjamin Silliman (1854): essa consiste nella separazione dei componenti della miscela in base alla loro differente volatilità (o temperatura di ebollizione).



100 anni dopo il primo motore a diesel, fu messo in commercio il biodiesel (1989). Ora come ora abbiamo molto più accesso a motori che lavorano con biodiesel che a quelli che lavorano con etanolo.

Il biodiesel è prodotto tramite modifiche degli olii vegetali in modo che essi possano funzionare nei motori a diesel più comuni. Allo stesso tempo, si può altrimenti porre modifiche al motore e non all'olio vegetale.

L'olio vegetale è però una soluzione prettamente dal punto di vista regionale e non nazionale. Inoltre, i prezzi sono piuttosto alti nella maggior parte del mondo, così come l'etanolo (circa \$ 2 per gallone).

La differenza tra i due è che l'etanolo ha un più alto valore di ottani, mentre il biodiesel ha un più alto contenuto energetico.

Altre innovazioni riguardanti il diesel sono il **diesel rinnovabile** (2012), prodotto attraverso trattamenti termici e l'aggiunta di idrogeno, e l'**etanolo cellulosico** (2013).

Nonostante tutti gli studi e le tecnologie sviluppate per poter rimpiazzare il petrolio, come mai esso rimane ancora la prima fonte di energia nel mondo?

Questo perché il petrolio è economico e riesce a rifornire a livello globale con un facile trasporto.

Lezione 3: Carbon and Bioenery Feedstocks

I combustibili fossili più comuni sono:

➤ Petrolio:

1. petrolio greggio dolce (< 0.5% zolfo);
2. bitume: miscela di idrocarburi derivanti dalla raffinazione del greggio;
3. petrolio Brent (Mare del Nord), petrolio WTI (Texas), petrolio russo.

➤ Carbone;

1. Antracite;
2. Carbone bituminoso;
3. Carbone sub-bituminoso;
4. Lignite;
5. Torba.

➤ Gas naturale:

1. Gas umido e gas secco;

Quando il petrolio diventerà troppo caro, torneremo molto probabilmente all'uso del carbone.

Lezione 4: Forest & Field Biomass Sources

Per biomassa si intende qualsiasi materia che è stata prodotta da un organismo vivente (piante e animali). La bioenergia è prevalentemente focalizzata dalla biomassa prodotta dalle piante.

A seguito un elenco dei principali tipi di biomasse e scarti urbani:

- Biomassa dalle foreste: residui delle foreste, alberi, ecc.;
- Biomassa dall'agricoltura: erba, residui del mais, paglia, gusci del grano, bagassa (polpa della canna da zucchero), ecc.;
- Biomassa acquatica: micro e macro alghe;
- Rifiuti di discarica: rifiuti solidi urbani, residui dei combustibili, ecc.;
- Liquami.

In generale possiamo suddividere queste cinque categorie in due macro-categorie: la prima è quella delle risorse rurali forestali e agricole. Sono le più grandi e comuni, ma necessitano di grandi spazi e cure.

La seconda comprende le risorse urbane come i rifiuti di discarica ed i liquami.

La **biomassa delle foreste** comprende principalmente legno derivante sia dalla foresta stessa, sia dall'industria del legno.

Le foreste sono tante nel mondo, quindi il legno è un materiale molto disponibile e abbondante. Esso viene prevalentemente usato per la produzione di oggetti, ma la sfida è riuscire ad utilizzarlo come carburante in forma di gasolio.

I **residui legnosi** sono una fonte molto comune di biomassa forestale. Sono il prodotto di quello che è stato lasciato dopo che gli alberi sono stati tagliati e caricati sui camion.

La lavorazione boschiva comprende rami, radici e i gambi degli alberi. Il taglio di un albero è molto economico.

I **residui della lavorazione** comprendono i trucioli, il cippato, la segatura, la corteccia, il liscivio nero (polpa del legno).

La produzione di legno a partire dal tronco produce un sacco di residui (quelli elencati sopra). Questi vengono soprattutto utilizzati per altri materiali compositi come i pannelli truciolari. Quello che non viene scartato anche per questi scopi, è utilizzato come energia per la produzione di vapore utile all'essiccamento delle tavole di legno destinate alla lavorazione industriale. Essi però possono essere ottime fonti di biomassa, nonostante il loro prezzo sia caro e non siano molto disponibili.

La biomassa derivante direttamente dall'**intero tronco** dell'albero può essere un'altra opzione. Nonostante l'alto prezzo della crescita e 'raccolta' di alberi, ci sono degli alberi che hanno una crescita molto rapida ed usarli per la bioenergia ha senso.

Per **biomassa agricola** si intende le coltivazioni prodotte usando pratiche agricole intensive ed i residui delle culture da credito.

alle caratteristiche dell'habitat oceanico. Nonostante ciò, al momento è abbastanza cara, difficile da inserire nel mercato e non è coltivata ad una scala grande abbastanza da renderla necessaria per la produzione di bioenergia.

Le **microalghe** sono un po' più sofisticate della macroalghe a causa della loro maggior difficoltà ad essere coltivate e poi raccolte a larga scala.

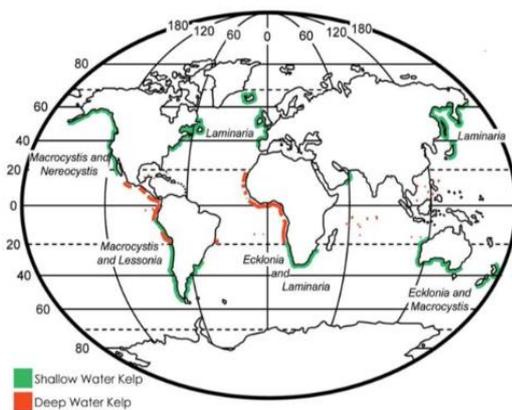
Esse rappresentano il più grande rendimento di biomassa, sono tra le più digeribili, sono molto facili da processare senza ricorrere a riduzioni di grandezza e sono tra le poche fonti di biomassa che hanno il potenziale di totale riciclo dei nutrienti: non possiamo raccogliere la nostra alga, rimuovere i prodotti che ci servono e rimettere i nutrienti nello stesso punto (stagno) di partenza. Nonostante ciò, far crescere le alghe è estremamente costoso.

Anche le **piante galleggianti** sono un'interessante fonte di biomassa da considerare grazie al loro comportamento invasivo, alla loro rapida crescita e alla facilità di raccolta. Le sfide da dover superare riguardano l'immagazzinamento, la densità e la grandezza delle riserve.

Le alghe crescono nella maggior parte delle zone costiere del mondo, in particolare in quelle zone con prevalenza di acqua fredda o di un misto di acqua fredda e acqua calda.

La maggior parte delle colture acquatiche riguardano le macroalghe e le microalghe. Per quest'ultime, la produzione è di circa 100.000 tonnellate all'anno. Come già accennato, esse però sono molto costose: il prezzo è di circa 2000 \$ a tonnellata, contro i 70 \$/ton delle colture forestali e agricole.

Global Location of Kelp Forests



Aquatic Biomass – Where is it farmed?

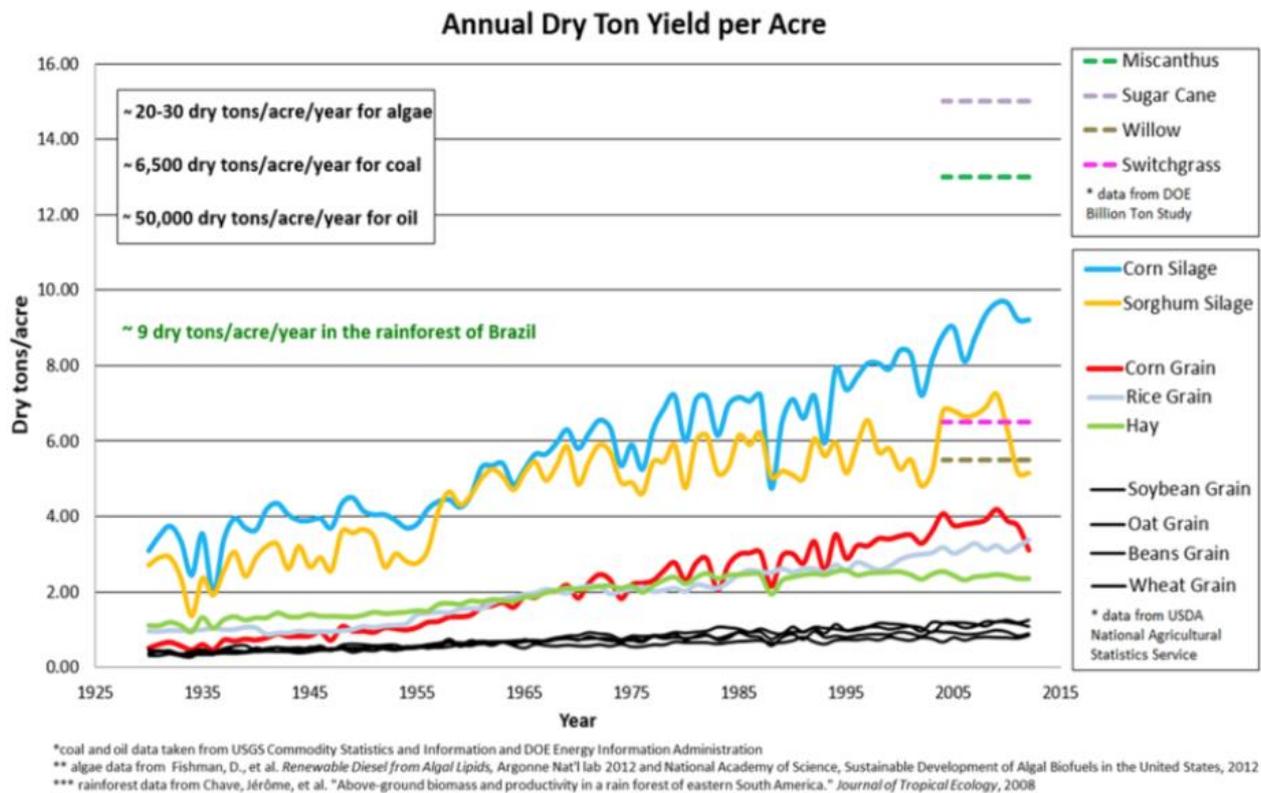


Tra i **rifiuti destinati a discarica** troviamo i rifiuti solidi urbani, i rifiuti del cibo e del giardinaggio, rifiuti derivanti dai combustibili, prodotti cartacei, plastica, ecc. Essi sono rifiuti a basso costo ed estremamente disponibili, ma possono presentare sostanze tossiche e possono essere difficili da lavorare per la trasformazione in energia essendo costituiti da ogni tipo di materiale (sono imprevedibili). La maggior parte di questi rifiuti inoltre è costituito da parte umida, cioè da acqua/liquidi.

Il primo confronto da fare è quello tra la biomassa convenzionale: le alghe e i combustibili fossili (quadretto in alto a sinistra).

Se noi coltivassimo le alghe a larga scala, esse costituirebbero la più grande biomassa raccolta per acro sulla Terra. Ad ogni modo, nessuna risorsa di biomassa si avvicina al carbone (secco) disponibile sottoforma di petrolio e carbone.

Definizione: insilato (silage) → l'insilato è la pianta raccolta in tutta la sua interezza, non solo i suoi chicchi. La biomassa della pianta viene poi messa in un silo e la facciamo fermentare. Esso si avvicina a quello che noi definiamo etanolo cellulosico.



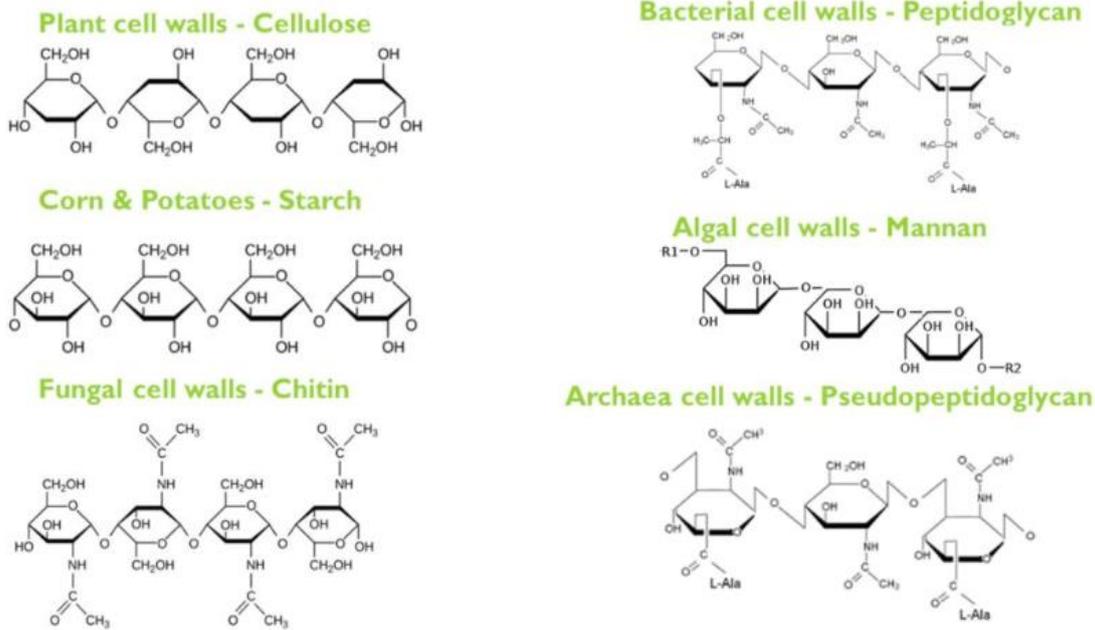
La scritta verde nel centro del diagramma indica che i raccolti di biomassa a base di mais e sorgo sono alti tanto quanto quello che la foresta pluviale in Brasile riesce a raggiungere.

La canna da zucchero e il miscanto crescono in climi caldi e in queste condizioni i raccolti sono eccezionali (linee tratteggiate). Questi raccolti danno il doppio della biomassa che le colture principali producono e il triplo di quella ottenuta dal raccolto del fieno.

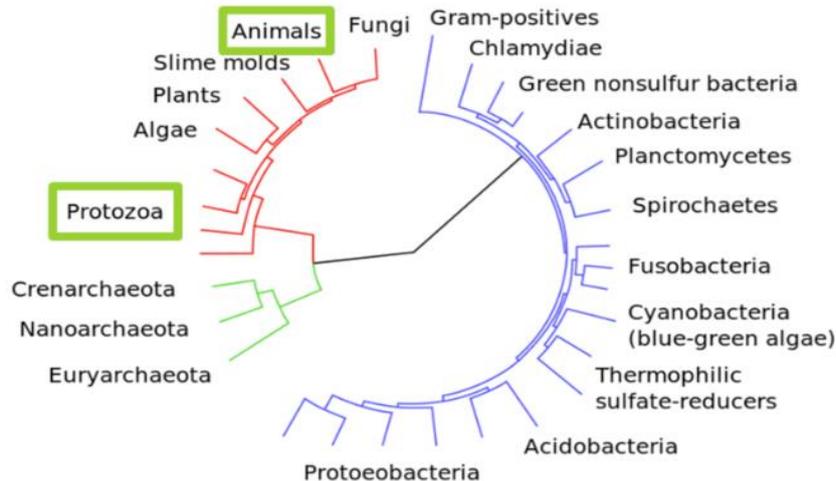
A volte, però, le piante capaci di questo tipo di crescita rapida sono spesso invasive, quindi bisogna misurare il rischio responsabilmente.

Generalmente, la biomassa erbosa e l'insilato sono più economici della biomassa legnosa. Il prezzo per le colture principali e per piante come la canna da zucchero variano intorno ai 30-50 \$/ton, mentre invece le alghe hanno prezzi molto alti che si aggirano intorno ai 2000-10.000 \$/ton.

Per quanto riguarda i combustibili fossili, il più economico è il carbone con un prezzo



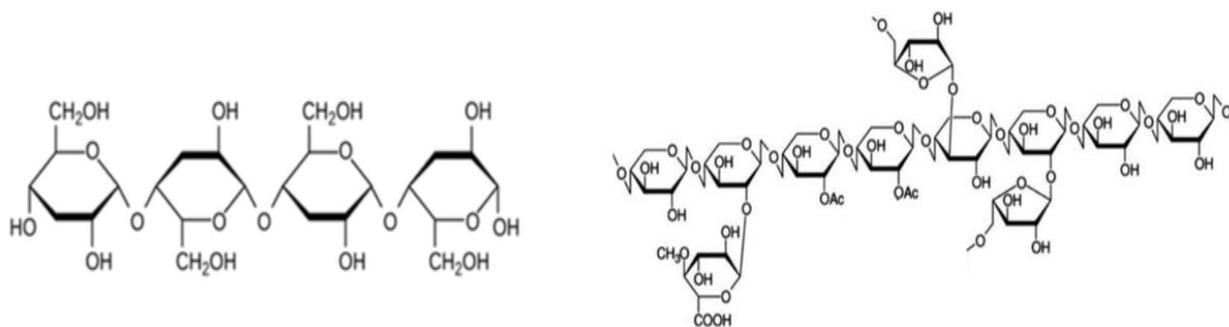
Oltre la metà del peso di qualsiasi biomassa secca con pareti cellulari è dovuta ai carboidrati. Ciò significa che questa metà del peso di biomassa è tecnicamente digeribile con il giusto processo. Gli unici esseri viventi che non hanno pareti cellulari sono gli animali ed i protozoi.



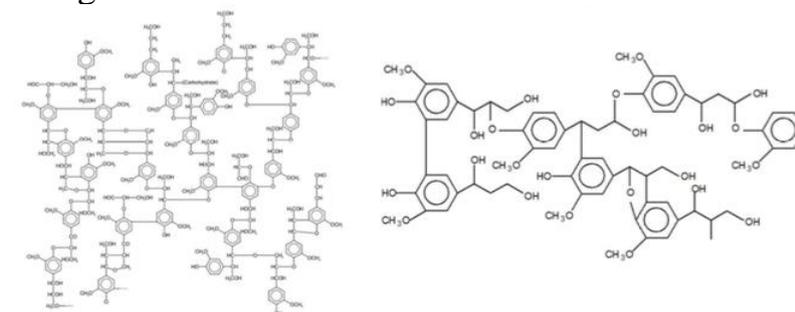
Le pareti cellulari sono importanti perché offrono supporto strutturale e aiutano la cellula a difendersi.

Tutte le pareti cellulari, a prescindere dalla pianta, hanno una costruzione ed una composizione simile. Esse sono formate da strati differenti di **microfibrille**.

Le microfibrille sono minuscole fibre tutte intrecciate insieme e ogni strato di parete cellulare contiene un intreccio differente.



La **lignina** è un pesante e complesso polimero organico costituito perlopiù da composti fenolici. Essa aiuta ad indurire e a proteggere i polisaccaridi. Essa è composta soprattutto da doppi anelli, ossia da molecole aromatiche, che rendono la lignina difficile da digerire.



Le pareti cellulari sono composte da cellulosa per il 40-50%, da emicellulosa per il 20-30%, da lignina per il 15-25%.

Lezione 8: Fuel chemistry

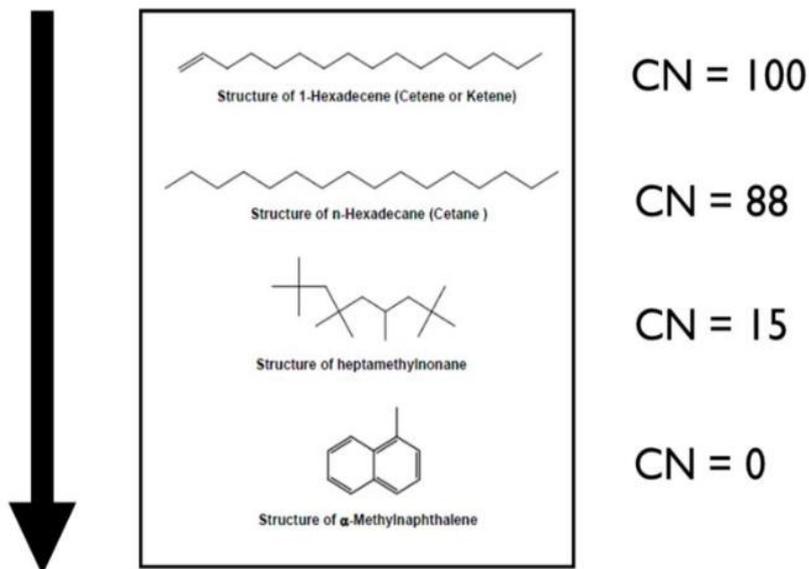
È molto importante ricordare che i motori a diesel ed i motori a benzina sono stati progettati per diversi tipi di combustibile. Questo significa che ogni motore ha un tipo di combustibile preferito per il suo design e questo tipo di combustibile ha le sue specifiche caratteristiche performative (numero di ottano e numero di cetano).

Il **numero di ottano** è un indice della resistenza alla detonazione della benzina.

Il **numero di cetano** nei motori diesel è un indicatore del comportamento, in fase di accensione, dei combustibili. Esso misura quanto velocemente il combustibile comincia a bruciare sotto le condizioni del motore Diesel.

Essi indicano quindi quanto sono ben performanti i combustibili in un motore.

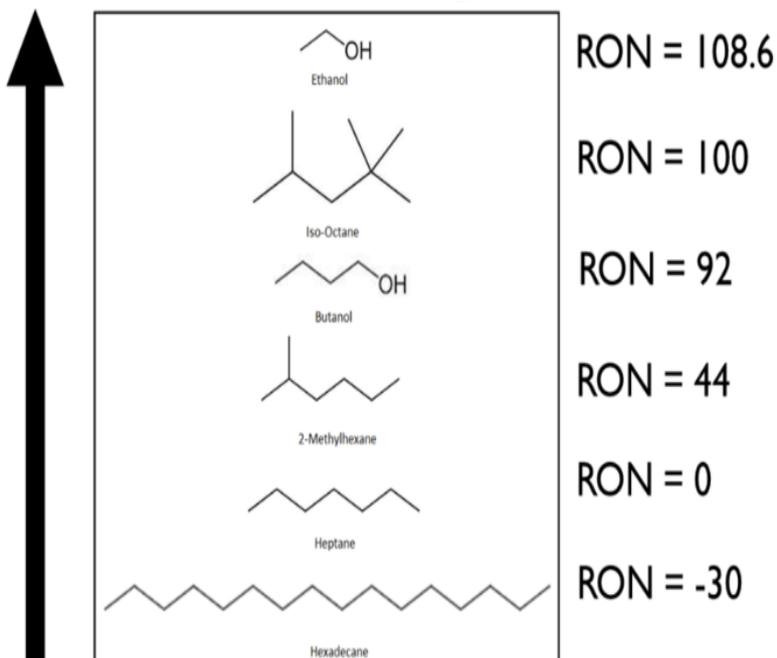
Il contenuto energetico e la performance energetica non possono essere separati e devono essere quindi sempre considerate insieme.



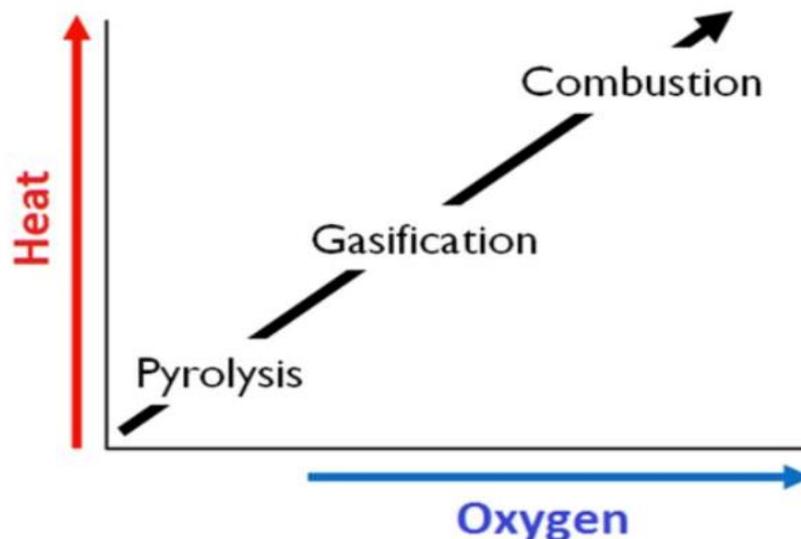
Con il termine **ottano** ci si riferisce a qualunque alcano avente formula bruta C_8H_{18} o ad una qualunque miscela di più composti corrispondenti a tale formula.

Il numero di ottano influisce sulla velocità di combustione e sul controllo della combustione. La scala dei valori varia da 0 a 100; per convenzione si attribuisce a n-eptano (C_7H_{16}) un numero di ottano pari a 0 e all'isooctano (2,2,4-trimetilpentano) un numero di ottano pari a 100.

Più è grande il numero di ottano, più è alto il potere antidetonante del carburante. Ciò significa che c'è meno rischi di inneschi per la semplice compressione provocata dal pistone. Esso non è correlato al contenuto energetico del carburante.



I bio-oli si avvicinano di più alla struttura chimica della benzina, anche se essi presentano più ossigeno e sono estremamente acidi. Essi, insieme al petrolio, possono essere anche buone fonti per la produzione di gasolio.



Questo perché il calore e l'ossigeno controllano che tipo di conversione termica si verifica.

Il più basso livello di conversione è la **pirolisi**. Essa non necessita di ossigeno, ma solo di abbastanza calore per poter cominciare a spezzare i legami molecolari della biomassa, a circa 400 °C.

Il livello medio è rappresentato dalla **gassificazione**. Essa ha bisogno di più calore di quello utilizzato nella pirolisi e anche di piccole aggiunte di ossigeno. Non abbastanza quindi per ossidare, ma abbastanza per portare alla formazione di prodotti gassosi parzialmente ossidati.

Un'altra interpretazione del grafico ha a che fare con il rilascio di calore. Assumendo la temperatura del sistema pari a quella del processo di pirolisi (400 °C o più) l'aggiunta di ossigeno porterebbe la lavorazione della biomassa allo stadio successivo alla pirolisi, ossia alla gassificazione, fino ad arrivare con alti contenuti di ossigeno alla combustione. In ogni caso, ogni processo termico rilascia calore.

Conversioni chimiche

Avvengono sotto i 400 °C. Essi sono soprattutto processi di rottura per lo spappolamento della biomassa.

Come abbiamo visto, la biomassa è largamente composta da pareti cellulari. Queste ultime possono essere disassemblate usando acidi, sostanze basiche, alcoli, chetoni e altri solventi.

Una volta che dividiamo la biomassa in cellulosa, emicellulosa e lignina, dobbiamo poi rompere queste componenti per ottenere elementi chimici (zuccheri) e combustibili. La biomassa, però, non è solo pareti cellulari. Se è schiacciata, in alcuni casi può produrre olii. Questi olii vengono trasformati in combustibili usando la loro stessa classe di conversione chimica.

Il **biodiesel** è una trans-esterificazione, ossia un'aggiunta di ossigeno agli acidi grassi.

Il **diesel rinnovabile** è prodotto da qualsiasi processo chimico in grado di rimuovere l'ossigeno da grassi/oli naturali e ne fa una paraffina od olefina.

Citiamo anche gli oli vegetali idrogenati e il sapone.

Oilseed type	Seed yield (lb/acre)		Oil content (%)		Oil yield (gal/acre)*
	Avg.	Range	Avg.	Range	
Canola					
Winter	3,100 ^a	2,400–4,500	32 ^g	26–42	104
Spring	1,585 ^c	1,000–3,000	32 ^g	26–42	53
Flax					
Linseed	2,500 ^d	2,000–3,000	43 ^h	40–45	112
Solin/linola	2,500 ^d	2,000–3,000	43 ^h	40–45	112
Camelina	1,600 ^b	1,600–2,200	35 ^d	29–41	58
Yellow mustard	1,700 ^a	600–1,800	25 ⁱ	24.5–33	44
Safflower	1,600 ^e	1,131–1,900	39 ^e	37–42	65
Sunflower	1,750 ^f	1,000–3,300	44 ^j	37–49	80

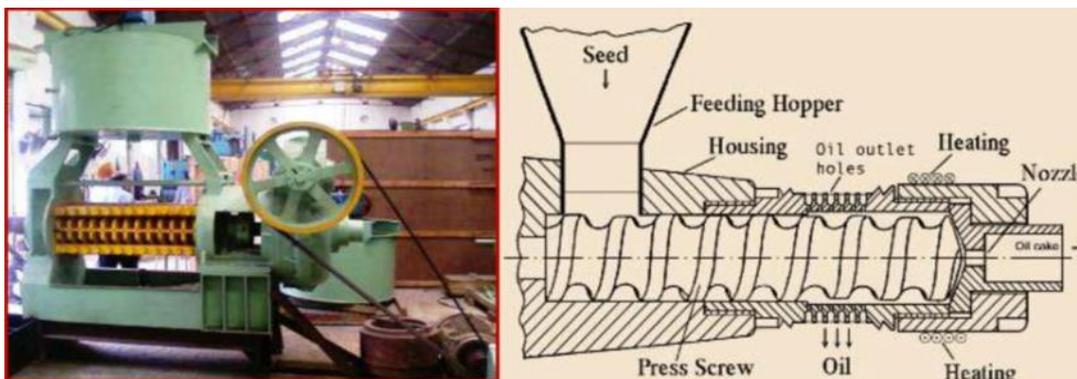
La canola (olio che deriva dalla colza) e il lino sono i più efficaci.

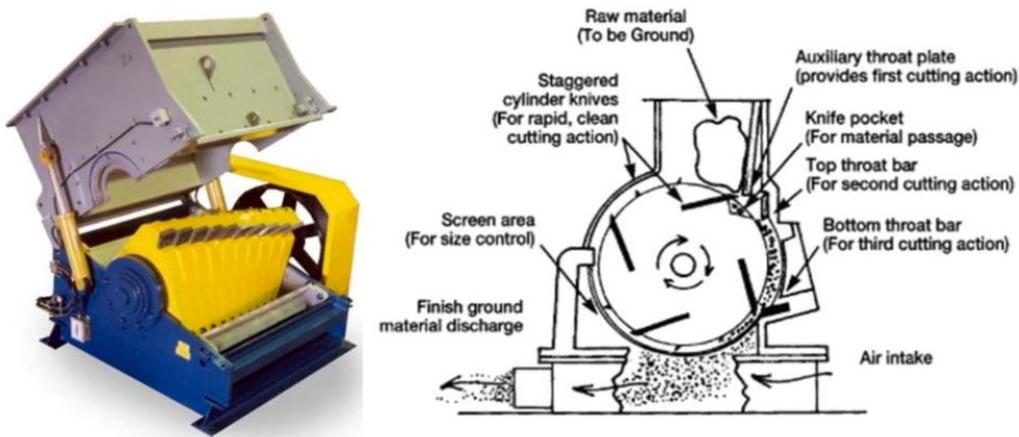
A seguire una tabella di diversi tipi di estrattori meccanici per gli olii.

Oil Extractor	% Oil Extracted
Industrial Screw Expeller	80 - 90
Mid Size Screw Expeller	70 - 80
Manual Screw Expeller	50 - 60
Ram Press / Piston	40 - 60
Ghani (Mortar & Pestle)	20 - 30

Essi possono essere manuali o automatizzati.

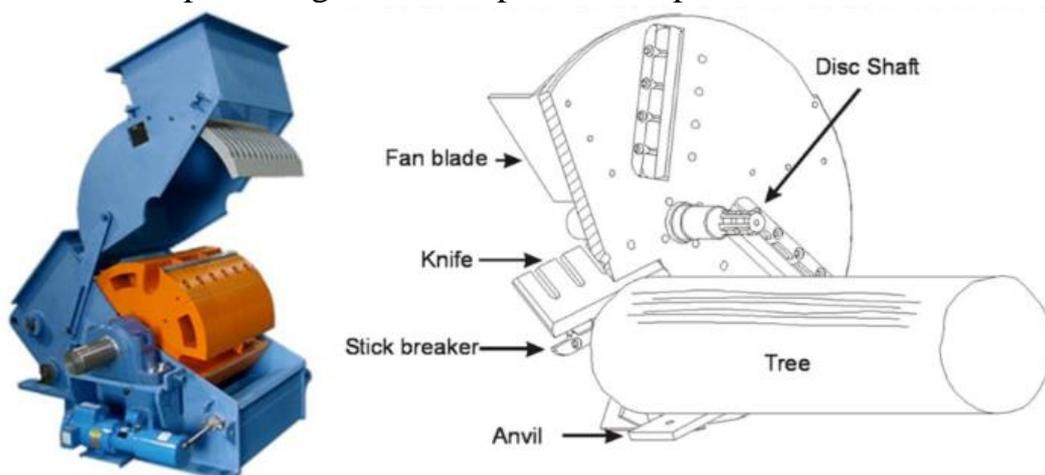
La **pressatura con expeller** (screw expeller) è l'estrattore meccanico con maggiore efficienza con un recupero del 50-90% di olio in base al livello di complessità. La vita a pressione muove il materiale lungo il macchinario e lo schiaccia contro una griglia od una parete laterale. Le materie prime vengono pressate ad alta pressione in un solo passaggio. Il calore, la pressione e i giri al minuto contribuiscono all'efficienza della vite.





Il mulino a martelli è un altro meccanismo di macinatura della biomassa. Un martello tagliente ed oscillante forza la biomassa verso una piccola grata, dove viene macinata e resa segatura o farina di legno.

La frammentazione è più precisa della macinatura. Un frammentatore utilizza lame taglienti e con una specifica geometria e produce chip molto consistenti.



Lezione 11: Drying and Densification

La biomassa è quasi sempre umida e l'acqua interna deve essere rimossa per non creare distorsioni all'interno del materiale. L'**essiccamento** è molto costoso e spesso si lascia sfuggire dei passaggi nell'uso della biomassa.

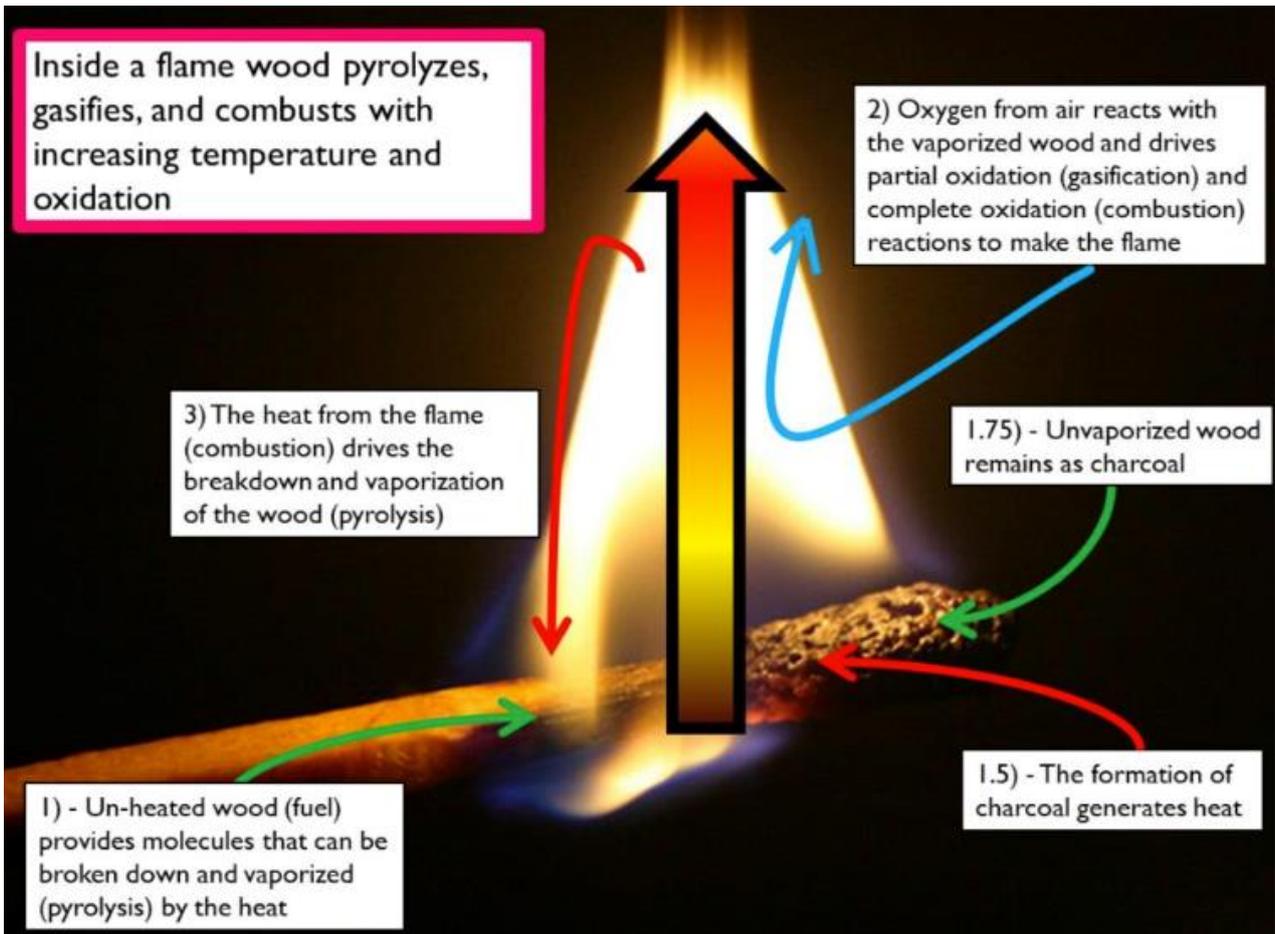
Il processo più semplice di essiccamento è chiamato **riscaldamento diretto**. Gli essiccatori soffiano aria calda di combustione direttamente sull'alimentazione. Nonostante sia il processo più economico e semplice, esso è però più ostile e può danneggiare la biomassa.

Feedstock	Bulk Density (kg/m3)	Energy Content (MJ/Kg)	Energy per Gallon (MJ)	Approx Pellet Density (kg/m3)	Energy per Gallon Pellets (MJ)
Sawdust	606	20.1	46.10	1231	93.65
Bark	676	20.1	51.43	1248	94.95
Logging Leftovers	552	20.8	43.46	1222	96.21
Switchgrass	445	19.2	32.34	1113	80.85
Wheat Straw	475	16	28.77	1188	71.92
Barley Straw	430	17.6	28.64	1075	71.61
Corn Stover	550	17.8	37.06	1375	92.64

Attenzione: l'energia per unità per volume è diversa dall'energia per unità di massa. Se volessimo aumentare quest'ultima, dovremmo usare la conversione termica per ottenere la carbonella. Producendo questa, infatti, cambierebbe la composizione chimica della biomassa e aumenterebbe la sua energia per unità di massa di circa il 20-30%.

Feedstock	Energy Content (BTU/lb)
Wood	8500
Wood Pellets	8500
Torrefied Wood	10,500
Coal	15,000

Il costo del pellet varia intorno ai 250-300 \$/ton. Poche parti del mondo hanno una crescita elevata di legno destinato a pellet per poter soddisfare un certo tipo di domanda (es. Stati Uniti).



Alcune definizioni importanti: per rompere i legami chimici abbiamo bisogno di calore, mentre la formazione di legami rilascia calore.

La pirolisi necessita di molto calore, la gassificazione è un'ossidazione parziale e genera una parte di calore, la combustione è un'ossidazione completa e genera molto calore.

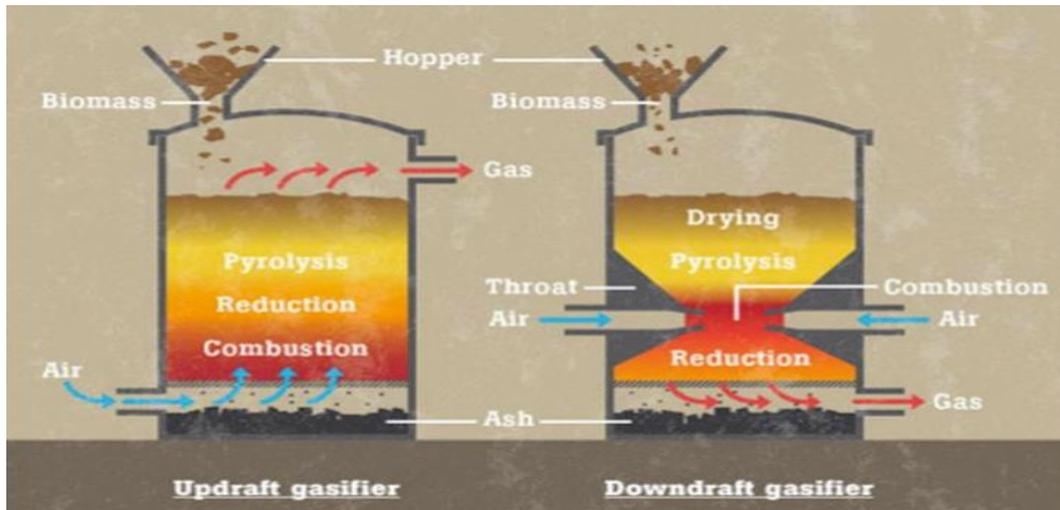
Combustione: C (biomassa) + O_2 + $E_a \rightarrow CO_2 + H_2O$ + calore

L'anidride carbonica e l'acqua sono prodotti primari della combustione, ma dato che l'ossidazione non è mai completa possiamo avere altri prodotti come CO e H_2 , generati insieme a vapori di pirolisi. Se oltre al carbone, anche qualcos'altro viene bruciato, avremo allora anche la produzione di ossidi di zolfo, ossidi di anoto e cloro.

n.b. E_a sta per energia di attivazione.

Il prodotto del letto a corrente discendente è ricco in syngas, quello a corrente ascensionale è ricco invece in vapori della pirolisi.

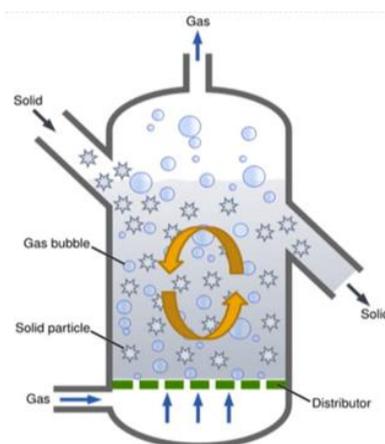
La scelta della progettazione del gassificatore dipende dalla biomassa disponibile e dal prodotto desiderato.



La **fluidizzazione** è un'operazione unitaria mediante la quale un letto solido granulare acquista delle proprietà tipiche dei fluidi, ottenuta grazie al passaggio di un fluido (liquido o gas) attraverso il solido granulare ad opportuna velocità. Un letto granulare sottoposto a fluidizzazione prende il nome di **letto fluidizzato**.

Fluidizzare il letto di un gassificatore è molto più difficile e dispendioso rispetto all'adozione di un letto fisso, ma l'efficienza è molto più elevata, la qualità del gas è migliore e possono avere una portata più grande di quella dei letti fissi.

È proprio il movimento della biomassa e del letto all'interno del gassificatore che aumenta l'efficienza della conversione della biomassa in gas (85-95% conversione del carbonio).



Se il fuoco di alimentazione del reattore è abbastanza caldo, possiamo spruzzare acqua al posto di soffiare aria. L'acqua è una fonte di ossigeno e può quindi essere usata per bruciare biomassa.

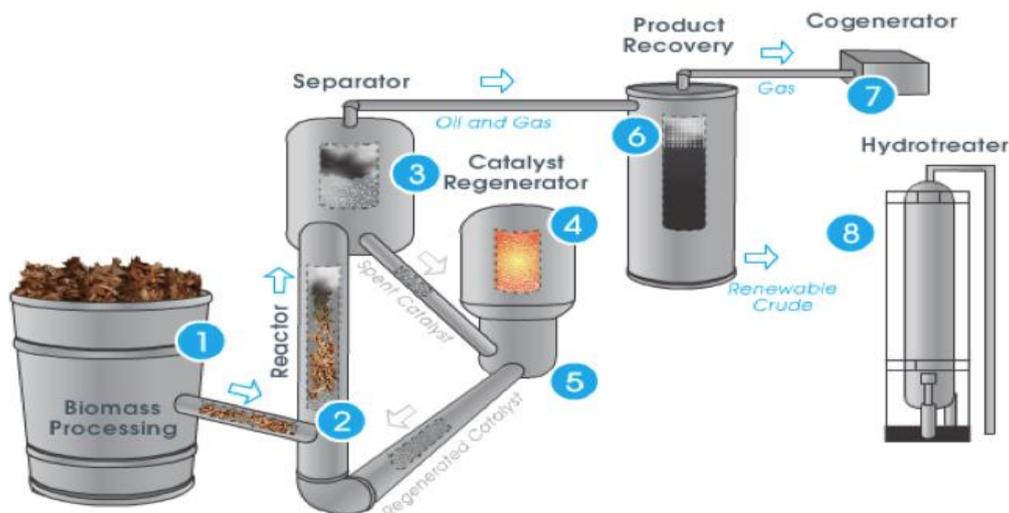
produrrà principalmente gas, con velocità di riscaldamento elevate.
A temperatura intermedia e a velocità di riscaldamento relativamente elevate, il prodotto principale è il bio-olio.

I processi di pirolisi possono essere classificabili come lenti o veloci. La **pirolisi lenta** richiede diverse ore per essere completata e produce il biochar come prodotto principale.

D'altra parte, una **pirolisi rapida** produce il 60% di bioolio e richiede secondi per una completa pirolisi.

Inoltre, fornisce il 20% di biochar e il 20% di syngas. La pirolisi rapida è attualmente il sistema di pirolisi più utilizzato. Le caratteristiche essenziali per un processo di pirolisi veloce sono:

- altissime velocità di riscaldamento e trasferimento termico, che richiedono una biomassa finemente macinata;
- temperatura di reazione controllata di circa 500 °C nella fase vapore;
- tempo di permanenza dei vapori di pirolisi nel reattore inferiore a 1 secondo;
- tempra (raffreddamento rapido) dei vapori di pirolisi per dare come prodotto finale il bio-olio.



Abbiamo poi un altro processo di pirolisi: la **Vacuum & High Pressure Pyrolysis**.

La **pirolisi sottovuoto** è una tecnica di decomposizione termica per convertire la biomassa in bioolio, biogas e biocarburante. Nella pirolisi sottovuoto, la pirolisi viene eseguita a pressione ridotta. I materiali organici, con una struttura complicata, vengono scomposti in una struttura più semplice quando riscaldati in un reattore. I polimeri che vengono decomposti in una struttura di base vengono rapidamente rimossi dal reattore mediante una pompa a vuoto e raccolti in un condensatore sotto forma di olio di pirolisi. Quando l'interno del reattore è un vuoto, il vapore viene rapidamente rimosso e il polimero rimarrà all'interno del reattore. Di conseguenza, un secondo cracking termico può ridurre la decomposizione, la ripolimerizzazione e la ricondensazione. La velocità di reazione può essere aumentata e la circostanza del

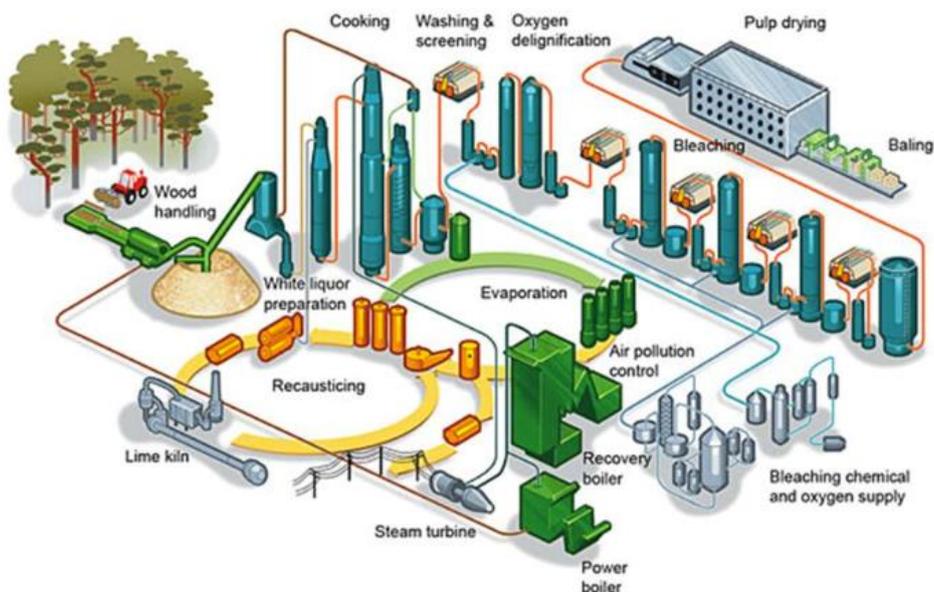
	Solvent Enhanced Liquefaction (SEL)	Hydrothermal Liquefaction (HTL)	Catalytic Fast Pyrolysis (CFP)	Fast Pyrolysis (FP)
Process Conditions	400-600 psi 350-380°C <10 min No catalyst	3000 psi 300-350°C 10-20 min Alkali catalyst +Reducing gas	Atmospheric ~500°C <2 sec FCC/Zeolite catalyst	Atmospheric ~500°C <2 sec No catalyst
Feedstock constraints	Up to 2" chips Up to 55% MC	Pumpable slurry Up to 90% MC	Sawdust <10% MC	<1/8" <10% MC
Carbon Conversion				
- to organic phase	70%	51%	<40%*	45%
- to aqueous phase	<3%	36%		30%
- to char	2-8%	3%	>25%*	15%
- to gas	20%	10%	>25%*	10%
Bio-oil properties	15-30% Oxygen <1% water**	10-20% oxygen <1% water**	11-17% oxygen	35-45% oxygen 15-30% water
Final hydrocarbon yield (0% oxygen)	90-120gal/BDT	70-105 gal/BDT	55-90 gal/BDT	70-105 gal/BDT
*Limited published data **Water in organic phase after gravity separation. Water in fast py-oil does not gravity separate. *** Comparison accuracy varies with available information & the maturity of each technology				

Lezione 14: Biomass to Parts

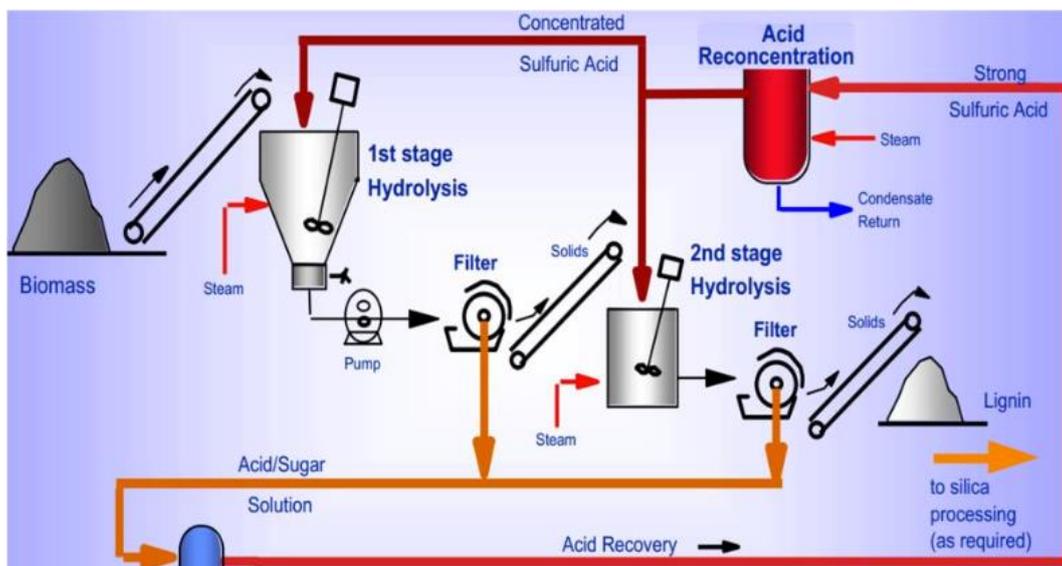
Il primo processo di conversione chimica che vediamo è quello del **degrado della biomassa** nelle sue componenti (cellulosa, emicellulosa, lignina) attraverso l'uso di varie sostanze chimiche: acidi, basi, solventi o enzimi.

I processi chimici sono più complessi perché sono descritti da tanti vari step da dover seguire. Lo scopo principale di questi processi è quello di rimuovere tutta la parte cellulare dalla biomassa per poter lavorare solo con le fibre.

Uno delle conversioni chimiche più utilizzate e conosciute è quella della trasformazione dei chip di legno polpa di cellulosa per l'industria della carta.

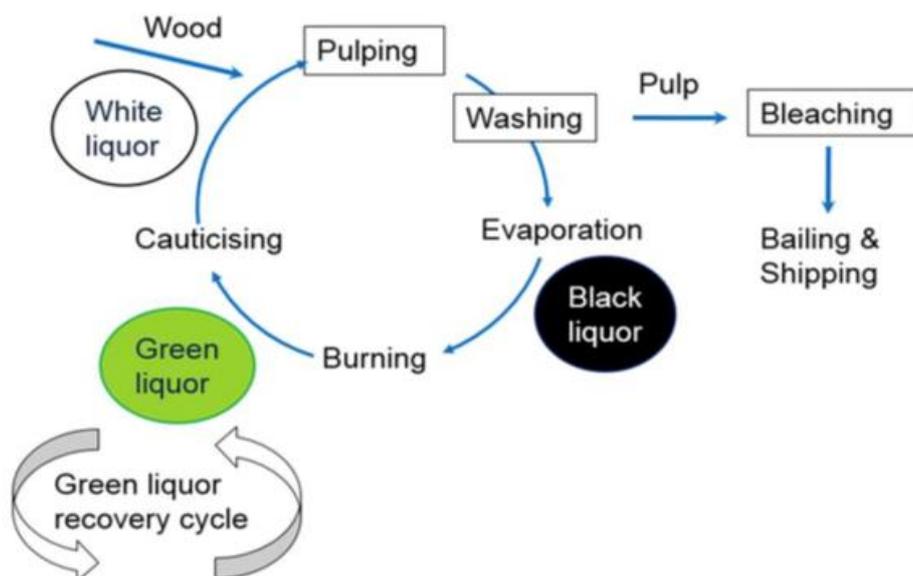


Al legno vengono aggiunte sostanze chimiche reattive in modo da rompere le cellule. Sono tenute solo le fibre, mentre la parte restante è spedita ad un boiler di recupero dove la materia non fibrosa e le sostanze reattive vengono bruciate insieme. Sono recuperati solo i reagenti, che vengono quindi riciclati.



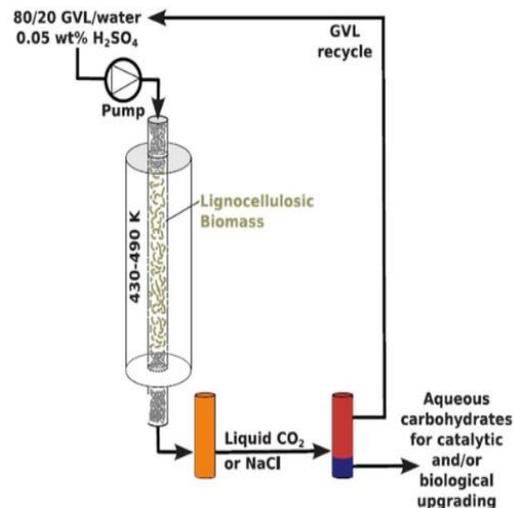
Il **processo Kraft** permette di estrarre chimicamente la cellulosa dal legno utilizzando una miscela di idrossido di sodio (NaOH) e di solfuro di sodio (Na₂S), chiamata **liquore bianco**. Esso serve per rompere i legami che tengono unite lignina e cellulosa. Come per il processo a solfito, tutto ciò avviene nei digestori. La polpa è a contatto con le sostanze chimiche spappolate per 2-3 ore ad una temperatura che varia sui 170-180 °C. Sotto queste condizioni, la lignina e l'emicellulosa si degradano per dare frammenti che sono solubili nel liquido basico. La polpa solida è accumulata e lavata, mentre il liquore esausto di cottura, chiamato **liquore nero**, è concentrato e bruciato in un boiler per il recupero delle sostanze inorganiche, che verranno riutilizzate.

Il processo Kraft è sicuramente il processo industriale più utilizzato per la produzione di polpa di cellulosa. È in grado di lavorare con tanti tipi di biomasse, genera una polpa molto forte e resistente ed è meno complicato del processo a solfito in termini di materiali ed emissioni.



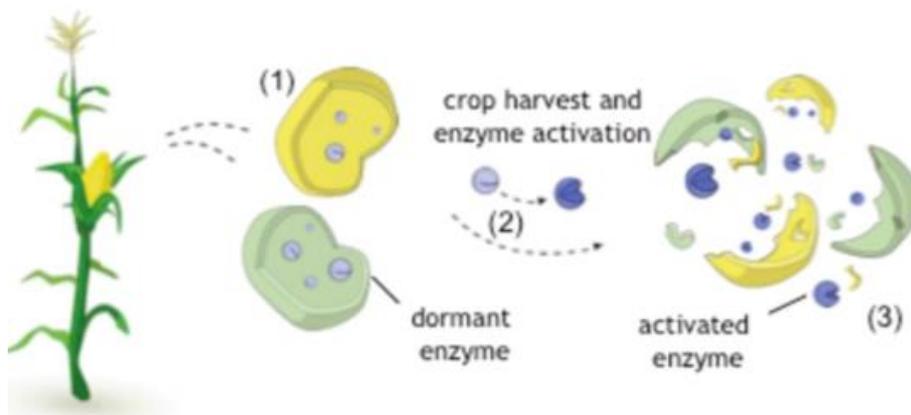
Un altro processo basilico per ridurre la biomassa nelle sue componenti è l'**Ammonia Fiber Explosion (AFEX)**. Quello che bisogna fare è mettere a bagno la biomassa

processo di decomposizione della biomassa.

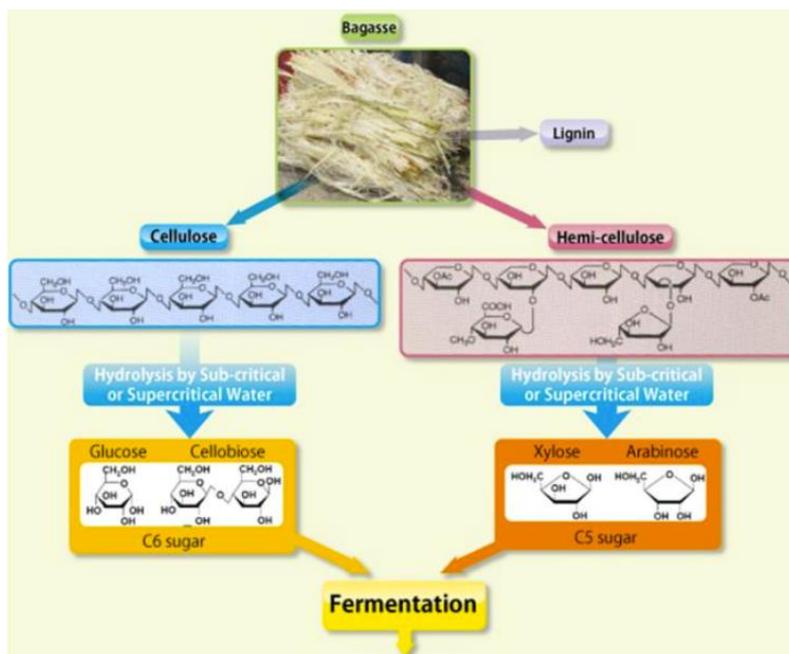


Gli **enzimi** sono delle sostanze chimiche costose perché devono essere prelevati da microbi, piante o animali e poi purificate. L'approccio tradizionale è stato quello di aggiungere enzimi alla biomassa e lasciare che essi iniziassero a rompere i legami chimici. Un'alternativa sarebbe quella di prendere la biomassa avente già gli enzimi che le servono, senza quindi doverli comprare e poi aggiungere. Una compagnia chiamata **Agrivida** sta lavorando proprio su questa cosa.

Le coltivazioni producono di loro enzimi dormienti (inattivi) incorporati nella pianta. Questi sono attivati sotto specifiche condizioni di post raccolta e in questo modo gli enzimi degradano le pareti cellulari. Questo approccio riduce di molto gli enzimi, l'energia, le sostanze chimiche ed i costi che ci sarebbero in condizioni normali.



Un altro modo per usare gli enzimi è di espellerli da un corpo tramite un fungo. Questo metodo, se applicato per rompere i legami della biomassa, è chiamato biopulping. Questo processo fa risparmiare molta energia elettrica, riduce l'impatto ambientale e alza la competitività economica. Nonostante ciò, non è ancora utilizzato su larga scala.



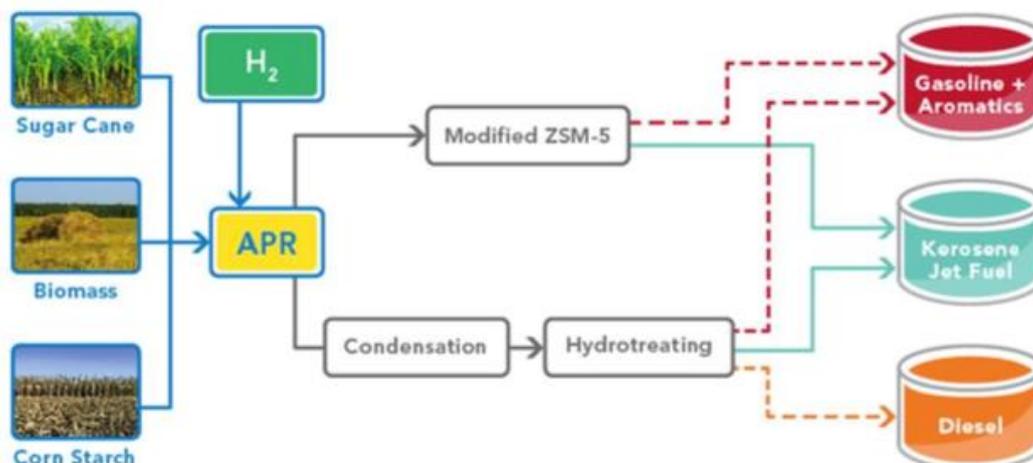
Ritroviamo anche gli enzimi che, nonostante il loro costo, sono molto efficienti: essi lavorano infatti in condizioni moderate, a temperature basse e rompono i legami della biomassa in modo molto efficiente. Sono indispensabili perché senza di loro non avverrebbero molte reazioni. Sono comunque molto sensibili a cambiamenti estremi e ai danni chimici.

I **catalizzatori metallici** sono di solito utilizzati in forma di polvere o fiocchi e sono mischiati con le sostanze chimiche che devono essere alterate.

Sotto varie condizioni, i metalli catalitici possono causare reazioni che trasformano la cellulosa in zuccheri, acidi o sostanze aromatiche come la benzina.

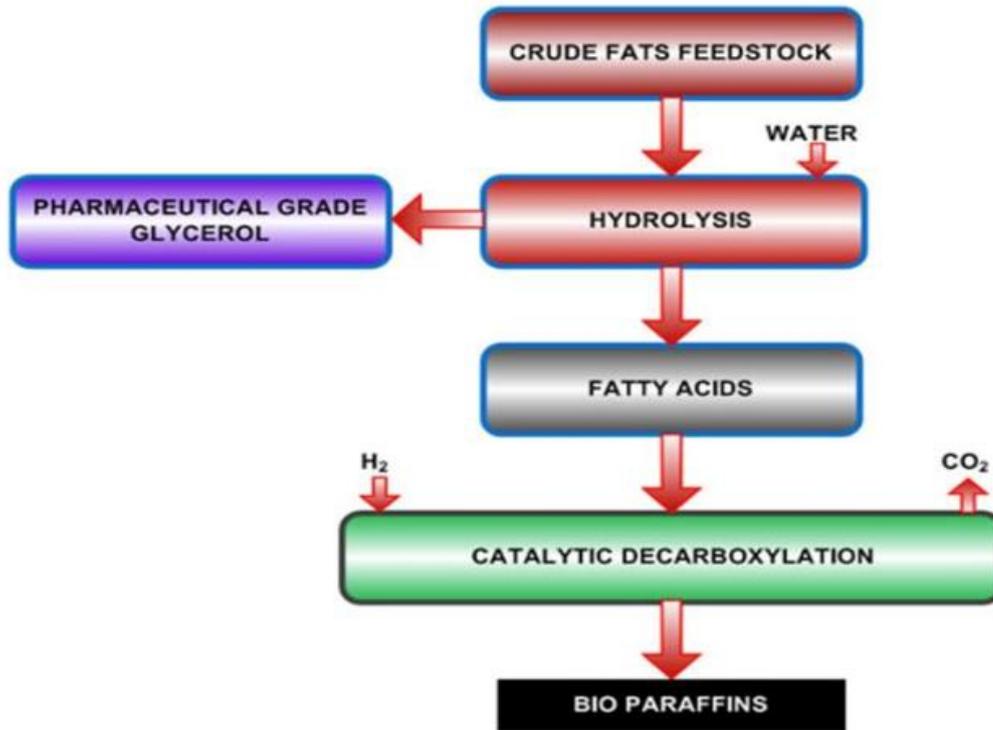
Il punto di forza di questi catalizzatori è che sono più resistenti e più economici degli enzimi, ma sono anche meno precisi ed efficienti.

I catalizzatori metallici sono costituiti da metalli quali l'alluminio, il nichel, il cobalto, il palladio ed il rutenio.



Tra i metodi di conversione chimica, la catalisi metallica è quella che ha il miglior potenziale per creare benzina dalla biomassa.

processo si semplifica in pochi step veloci e il prodotto finale presenza minori quantità di O₂, il che lo rende molto più simile al diesel rispetto al biodiesel.



Per quanto riguarda il syngas, la miglior conversione di quest'ultimo si avrà con reazioni che generino sostanze chimiche molto simili al syngas stesso. Questo significa che le reazioni che producono sostanze chimiche ricche di ossigeno e a basso peso molecolare avranno una migliore efficienza.

Oggi giorno, le due principali conversioni di syngas nel mondo, basati sulle tonnellate generate e il valore totale del prodotto, sono il metanolo e i combustibili sintetici derivanti dal processo Fischer-Tropsch.

Il **processo Fischer-Tropsch** è un processo chimico industriale utilizzato per produrre combustibili sintetici o olio sintetico a partire da miscele gassose di monossido di carbonio e idrogeno ("gas di sintesi", syngas) in presenza di catalizzatore.

La reazione di Fischer Tropsch richiede temperature e pressioni abbastanza elevate. Il processo viene eseguito nell'intervallo di temperatura di 150–300 ° C e pressioni di 200– 600 psi (1-10 atm). Il syngas fluisce nel reattore e attraverso il catalizzatore dove il monossido di carbonio viene sostanzialmente polimerizzato e quindi idrogenato. Questa polimerizzazione genera un olio composto principalmente da paraffina e olefine di varia lunghezza. In un letto fisso vi è circa il 60% di efficienza di conversione al primo passaggio e fino al 90% di efficienza di conversione con un secondo passaggio. In un letto in sospensione come quello mostrato nella prossima figura, l'efficienza a passaggio singolo è più dell'ordine dell'80%. Queste reazioni generano un'enorme quantità di calore che deve essere rimosso per evitare che il reattore si scioglia. Il calore viene generato da tutta l'acqua prodotta dalla reazione di polimerizzazione.

Tropsch opera a pressioni e temperature gestibili e ha una buona efficienza.

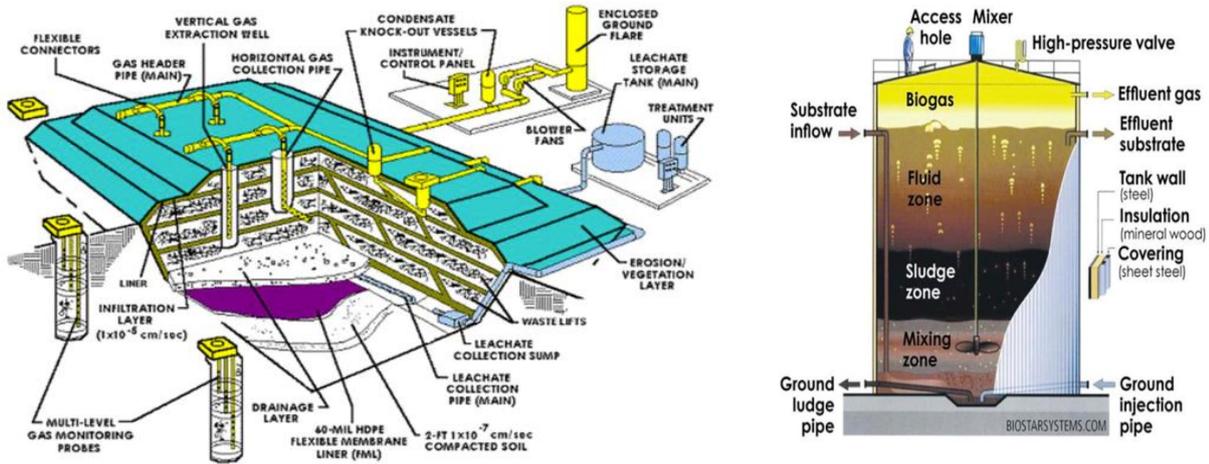
Process	Catalyst	Process Conditions			% conv (CO basis)	Product	Selectivity
		T (°C)	P (bar)	H ₂ :CO			
Fischer-Tropsch Synthesis	Fe	300-350	10-40	1.7:1	50-90% with recycle	α-olefins gasoline	ASF -48% (max) 15-40% actual
	Co	200-240	7-12	2.15:1		Waxes diesel	ASF - 40% (max)
	Ru					Waxes	
Methanol Synthesis	ZnO/Cr ₂ O ₃	350	250-350	3:1	99% (25% max/pass – 4-7% actual/pass)	Methanol	> 99% with recycle
	Cu/ZnO/Al ₂ O ₃	220-275	50-100				
Ammonia	Fe/FeO + additives	430-480 (550 max)	100-500	2-3:1 H ₂ :N ₂	10-35%/pass	Ammonia	> 99% with recycle
Alcohols	Alkali/ZnO/Cr ₂ O ₃	300-425	125-300	1:1	5-20%	Branched primary alcohols	
	Alkali/Cu/ZnO(Al ₂ O ₃)	275-310	50-100	2-3:1	20-30%	Primary alcohols	30-45% C ₂₊ 17-25% CO ₂
	Alkali/CuO/CoO	260-340	60-200	0.5-4:1	5-30%	Linear primary alcohols	ASF
	Alkali/MoS ₂	260-350	30-175	1:1	10%	Linear alcohols	75-90% C ₂₊ in liquid product
Oxosynthesis	Co carbonyl	110-200	200-300	1:1 + olefin			
	Co – P modified	160-200	50-100	1:1 + olefin		C ₁₁ -C ₁₄ alcohols	
	Rh – P modified	60-120	7-25	1:1 + propylene		C ₄ aldehydes	> 90%
Isosynthesis	ThO ₂	400-450	100-1000 (300)	0.85:1	40-50%	i-C ₄	
	ZrO ₂	300-425	350	1:1	30%		15
Steam Methane Reforming	Ni	850	15-30	na	100% CH ₄ conversion	Syngas/ hydrogen	

La seguente tabella mostra invece il massimo livello di contaminazione che i processi di conversione del syngas possono creare. La biomassa è ricca di proteine e sostanze inorganiche che possono diventare contaminanti quando la biomassa è gassificata.

Process	Contaminant	Level	Source/comments
Fischer-Tropsch Synthesis	Sulfur	0.2 ppm 1 ppmv 60 ppb	Dry, 1981 Boerrigter, et al, 2002 Turk, et al, 2001
	Halides	10 ppb	Boerrigter, et al, 2002
	Nitrogen	10 ppmv NH ₃ 0.2 ppmv NO _x 10 ppb HCN	Turk, et al, 2001
Methanol Synthesis	Sulfur (not COS)	<0.5 ppmv (<0.1 ppmv preferred)	Kung, 1992
	Halides	0.001 ppmv	Twigg and Spencer 2001
	Fe and Ni	0.005 ppmv	Kung, 1992
LPMeOH Synthesis	Sulfur (including OCS)	0.1 ppmv	Novem (2002)
	Total halides	0.01 ppmv	
	Acetylene	5 ppmv	
	Total unsaturates	300 ppmv	
	NH ₃	10 ppmv	
	HCN	0.01 ppmv	
	Fe and Ni	0.01 ppmv	
Ammonia Synthesis	H ₂ O	200 ppm	Revsible
	CO	200 ppm	Revsible
	CO ₂	100 ppm	Revsible
	O ₂	100 ppm	Revsible
	Sulfur (H ₂ S)	0.1 ppm	Irreversible
	Chlorine	0.1 ppm	Irreversible
	As, P, Sb	---	Irreversible
Ethanol Synthesis	Very little work has been published on the effects of syngas impurities		
Higher Alcohol Synthesis	- modified FT catalysts are the same as those for FT catalyst - modified methanol synthesis catalysts are the same as those for MeOH catalysts		
Oxosynthesis	Strong acids, HCN, organosulfur, H ₂ S, COS, O ₂ , and dienes (Bahrmann and Bach 2000)		
Isosynthesis	Thoria catalysts are not poisoned by sulfur and have high resistance to other poisons as well		
Steam Methane Reforming	<0.5 ppm for reformer catalyst life of 3 years		

La seguente tabella mostra invece quanto prodotto si ottiene in base alla materia prima che si vuole gassificare e usare per la sintesi. La biomassa è difficile da convertire a causa della grande quantità di O₂ e della densità. Questo rende i processi

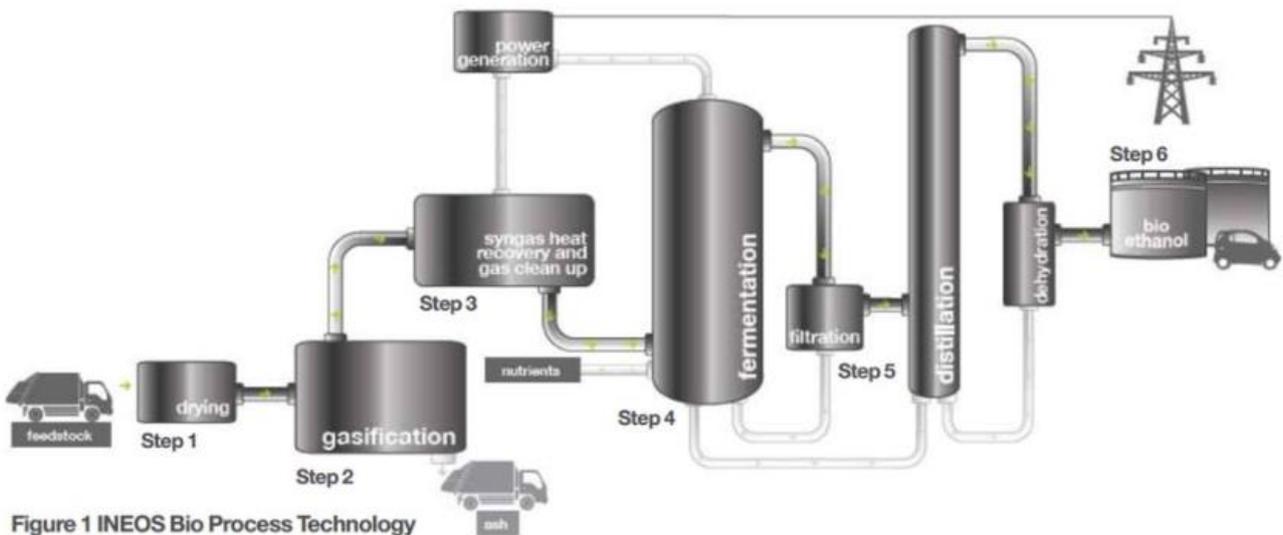
scartare.



Un'altra fonte di materiale che può essere sottoposto a digestione anaerobica è quello prodotto dalle fattorie. Esse infatti producono molti scarti: essi vengono posti in grandi stagni e cisterne. Parte di essi viene utilizzata come fertilizzante; il resto, molto più tossico e meno stabile, viene invece sottoposto a digestione anaerobica, da cui si ricava il biogas.

Un nuovo trend molto interessante per il biogas sta nel promuoverlo a gas naturale compresso. Ciò significa rimuovere dal biogas l'anidride carbonica e l'acqua per migliorare la qualità del metano. Quest'ultimo può quindi poi essere compresso e utilizzato per il riscaldamento, l'energia e per i veicoli.

Così come ci sono i microbi che generano i prodotti gassosi, ci sono anche i microbi che consumo i prodotti del gas: dal consumo da prte dei microbi del syngas si può infatti ottenere etanolo.



Passiamo ora ai prodotti liquidi della fermentazione. Il ruolo chiave è quello del **lievito**, il quale è formato da funghi.

Insieme al lievito, abbiamo i **batteri**. Essi crescono più velocemente e posso produrre molta più materia rispetto al lievito. Mangiano inoltre molte più cose e riescono a vivere su un più largo range di condizioni.

e forniamo un ambiente sano, ma esistono per replicare non per produrre sostanze chimiche.

Lezione 18: Organismi e animali fotosintetici

Alcuni microbi, animali e piante sono in grado di produrre oli e sostanze di valore.

Tra questi troviamo le **alghe**. Ciò che vogliamo ricavare sono gli zuccheri: essi si formano nelle alghe grazie alla luce solare oppure possiamo noi stessi fornire direttamente lo zucchero e crescere le alghe al buio, nonostante la luce del sole sia sicuramente più economica. In questo modo le alghe producono il 70-80% in peso di olio dopo essere state raccolte.

In ogni caso, la coltivazione di alghe alla luce è quella più utilizzata. La maggior parte di esse sono usate nell'industria alimentare, ma esistono delle aziende che le coltivano in stagni all'esterno per produrre combustibili.

Le alghe possono poi essere utilizzate per produrre sostanze chimiche attraverso la loro "spremitura", come etanolo, acidi grassi, diesel. Una società chiamata Algenolo utilizza un'alga che in realtà espelle etanolo nell'acqua circostante. Il loro processo DIRECT TO ETHANOL è stato inventato nel 1984. Utilizza alghe blu-verdi per produrre etanolo direttamente da CO₂ intensa e luce solare in acqua salata.

Come Algenol, ma mirato in una direzione diversa, Joule Unlimited mira a utilizzare i cianobatteri che espellono gli acidi grassi e altri precursori diesel nell'acqua che li circonda.

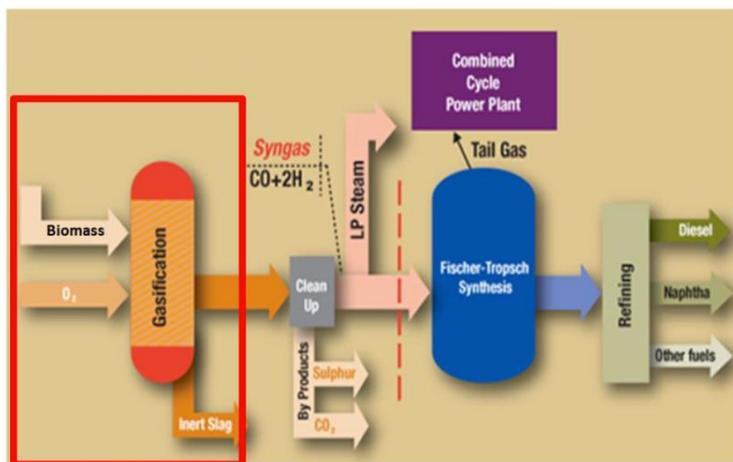
Oltre alle alghe, si possono ovviamente utilizzare **piante** terrestri per l'estrazione di oli ad alto contenuto energetico. L'idea di coltivare colture che fanno parte vivente di una bioraffineria integrata è un'idea affascinante e questo promette di essere un'area di sviluppo entusiasmante.

Non esiste un esempio migliore di piante utilizzate per le conversioni biologiche delle colture da semi oleosi. La produzione di quegli oli è una conversione biologica e l'estrazione di quegli oli è una conversione meccanica, e combinate queste conversioni generano una fonte enorme di oli derivati dalle piante utilizzati da ogni nazione del mondo. Come ogni altro grande sforzo agricolo, questo comporta la sua quota di problemi e sfide, ma nonostante ciò è importante considerare il valore che le piante apportano nel riuscire a produrre oli come questo.

Come le alghe e le piante, anche alcuni **animali** sono fonti di biomassa. I tunicati sono attualmente allo studio molto attentamente come una nuova fonte di cellulosa e proteine. Come le alghe per la cellulosa, essere in grado di coltivare i tunicati per la produzione di cellulosa potrebbe cambiare radicalmente il paradigma.

È altrettanto importante ricordare che il grasso animale è una fonte importante di oli biologicamente disponibili per la bioenergia.

Gli insetti sono una delle nuove fonti di petrolio più interessanti da raggiungere. Essi mangiano una grande varietà di biomassa e fonti di biomassa di scarto e vivono in condizioni facili da sostenere per noi. Molte specie sono naturalmente ricche di oli e ancora di più potrebbero essere geneticamente modificate per produrre oli o sostanze



Il quadrato rosso indica la conversione termica, il resto quella chimica.

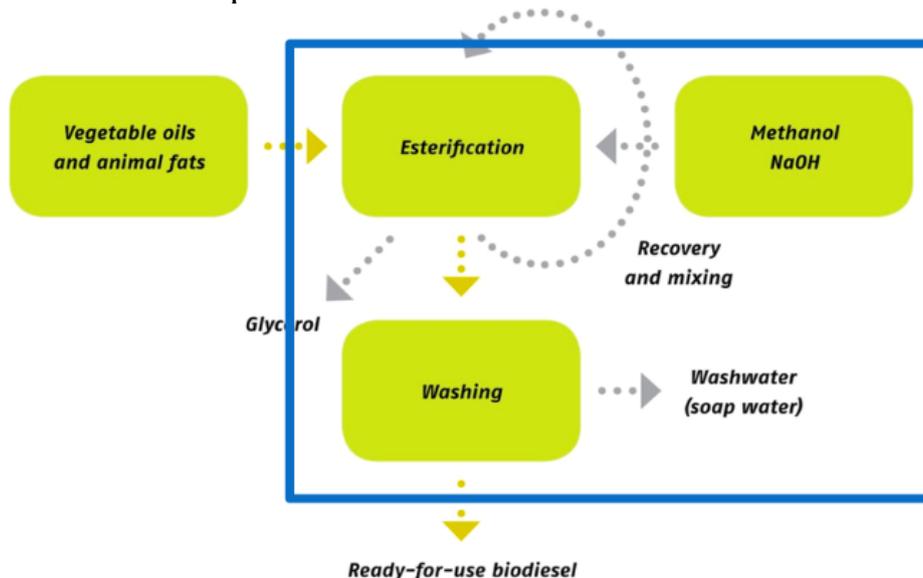
In poche parole, si può così descrivere: la biomassa è convertita termicamente in syngas (90% massa) e quest'ultimo è poi sottoposto a conversione chimica con ottenimento di diesel (60%). Dalla conversione chimica si ottiene uno scarto, sottoposto a conversione termica, il quale è trasformato in calore e potenza per il funzionamento del ciclo.

La conversione di massa complessiva è del 27%.

Un altro esempio di bioraffineria è la **produzione di biodiesel**, caratterizzata da conversione biologica e conversione chimica.

Essa consiste in una prima conversione biologica della biomassa, sottoposta poi a trattamento meccanico per ottenere olio (20%). L'olio in uscita viene sottoposto a conversione chimica per ottenere biodiesel (83%). Anche in questo caso, abbiamo due scarti, il glicerolo e l'alimentazione animale (?).

Conversione di massa complessiva del 17%.



A destra (quadro blu) è definita la conversione chimica.

Altro processo caratterizzato da conversione chimica (cerchio blu, parte sinistra) e

dalla caccia e della pesca, la frazione organica dei rifiuti solidi urbani e dei rifiuti industriali. La biomassa ha quindi la connotazione di rifiuto.

La **metodologia di analisi di fattibilità tecnica** è basata sulla suddivisione dei processi di bioraffineria in tre unità fondamentali. Oltre a descrivere queste tre unità, bisogna trovare un legame tra di esse che le colleghi.

1. **Biomasse:** quali biomasse sono presenti in EU-28, quanta biomassa è disponibile, qual è la composizione elementare e quali sono i macrocostituenti delle biomasse selezionate.
2. **Processi:** tipologie di processo, caratteristiche dei processi considerati, correlazione biomassa-processo.
3. **Prodotti:** classificazione dei prodotti ottenibili, gerarchia di prodotto, caratteristiche e processi produttivi dei prodotti considerati, correlazione biomassa-prodotto.

Per la quantificazione delle biomasse, si sono individuate quattro classi principali di biomassa, secondo la direttiva EUROSTAT: acque reflue e fanghi di depurazione; rifiuti solidi urbani; scarti derivati da attività agricole, piscicoltura e allevamento; rifiuti dell'industria alimentare.

Abbiamo poi scorporato le quattro famiglie di biomasse 14 categorie.

<u>Classificazione Eurostat</u>	<u>Quantità disponibile in EU-28</u>	<u>14 Biomasse selezionate</u>
Acque reflue e fanghi di depurazione	330 km ³ all'anno	Acque reflue e fanghi di depurazione
Rifiuti solidi urbani (RSU)	122-732 ·10 ⁶ t di RSU 244 ·10 ⁶ t di FORSU	Frazione organica dei RSU (FORSU)
Scarti derivanti da attività agricole, piscicoltura e allevamento	15.37 Mt nel 2014	Scarti coltivazione riso Reflui di allevamento Reflui di mungitura Scarti di mais e grano Scarti di frutta e verdura
Scarti dell'industria alimentare	23.69 Mt nel 2014	Scarti attività vinicola Scarti industria casearia Scarti di macellazione Scarti industria dolciaria Scarti lavorazione olive e olii Scarti lavorazione frutta e verdura Scarti di caffè

Una volta definite le caratteristiche quantitative delle biomasse nella zona di interesse (Europa 28), si devono definire le caratteristiche qualitative delle quattro famiglie, ossia la composizione elementare media con relativa formula bruta media. Si sono poi indicati i principi nutritivi.

Tipologia	Processo	Condizioni di reazione	Prodotto	Vantaggi	Svantaggi	TRL
Termo-chimico	Gassificazione	Temperature tra 300°-900°C, pressioni elevate, condizioni aerobiche. Reazione catalizzata da dolomite	Syngas	Riduzione del volume di rifiuti iniziale	Costi elevati per pulire il syngas ed eliminare metano e ceneri	Poco implementato su scala industriale
	Pirolisi	Temperature tra 450°-500°C, pressione atmosferica, condizioni anaerobiche, biomassa di partenza asciutta	Bio-char (pirolisi lenta) Bio-oil (pirolisi veloce), Syngas (flash pirolisi)	Elevati rendimenti (fino all'80% in peso di biomassa secca), bassi costi di investimento	Qualità del bio-oil inferiore rispetto a quella ottenibile da un processo di liquefazione	Ampliamente implementato su scala industriale
	Liquefazione (HTC)	Temperature tra 300°-400°C, pressione tra 5-20 MPa, durata 0.2-1h	Bio-oil	Elevata qualità bio-oil	Costi di investimenti alti e bassi rendimenti rispetto alla pirolisi	Attualmente non implementata su scala industriale
	Combustione (o incenerimento)	Temperature tra 800°-1450°C, pressione atmosferica, condizioni aerobiche	Energia elettrica, Teleriscaldamento	Grande riduzione di massa e volume della biomassa in ingresso, elimina gli agenti patogeni, consente di recuperare un'elevata quantità di energia	Elevati costi di smaltimento di scorie e ceneri, complessa gestione dell'impianto, materiale in ingresso omogeneo e con potere calorifico adeguato	Ampliamente implementato su scala industriale

Tipologia	Processo	Condizioni di reazione	Prodotto	Vantaggi	Svantaggi	TRL
Chimico	Transesterificazione	Temperature tra 50°-80°C, reagenti anidri. Reazione generalmente catalizzata da idrossido di sodio	Biodiesel	Processo rapido	Trigliceridi privi di acidi grassi, entrambi i reagenti devono essere anidri	Implementato su scala industriale
	Idrolisi acida	Diluita (1.5% H ₂ SO ₄ e temperatura compresa tra 200°-240°C) oppure concentrata (30-70% H ₂ SO ₄ a 40°C)	Zuccheri monomerici (C ₂ e C ₄)	Alti rendimenti	Corrosione, costi di processo elevati, possibile produzione di sottoprodotti inibenti	Implementata su scala industriale
	Idrolisi basica	Soluzione di NaOH o KOH, temperatura e pressione ambiente, condizioni anaerobiche	Zuccheri monomerici (C ₂ e C ₄)	Alti rendimenti	Possibile produzione di sottoprodotti inibenti	Implementata su scala industriale
	Idrolisi termica	Temperatura tra 160°-180°C, pressione tra 6-8 bar, durata di circa 30 minuti	Zuccheri monomerici (C ₂ e C ₄)	Migliori i rendimenti della digestione anaerobica di determinate biomasse	Utilizzo influenzato dal tipo di biomassa scelta	Implementata su scala industriale
	Pretrattamenti	Vedere la tabella nel paragrafo dei pretrattamenti	Rompono i legami tra cellulosa, emicellulosa e lignina	Vedere la tabella nel paragrafo dei pretrattamenti	Vedere la tabella nel paragrafo dei pretrattamenti	Implementati su scala industriale

Tipologia	Processo	Condizioni di reazione	Prodotto	Vantaggi	Svantaggi	TRL
Biologico	Idrolisi enzimatica	Condizioni mesofile (37°C)	Zuccheri monomerici (C ₂ e C ₄)	Elevata selettività, minore produzione di sostanze inibenti rispetto all'idrolisi acida	Necessità di controllare le condizioni di reazione (temperatura e pH) per evitare diminuzioni del rendimento	Implementata su scala industriale
	Fermentazione batterica o con lieviti/funghi	Condizioni di temperatura mesofile o termofile, pH intorno a 6.5, pressione atmosferica, condizioni anaerobiche	Vasta gamma di prodotti a seconda dei batteri utilizzati e delle condizioni di processo	Bassi costi di investimento	Elevati costi di downstream per ottenere prodotti con caratteristiche idonee alle richieste del mercato	Ampliamente implementato su scala industriale
	Saccarificazione e fermentazione simultanea (SSF)	Durata 3-6 giorni,	Vasta gamma di prodotti a seconda dei batteri utilizzati e delle condizioni di processo	Bassi costi di investimento rispetto a SHF	La biomassa non viene idrolizzata completamente	Ampliamente implementato su scala industriale
	Digestione anaerobica	Psicrofilia, mesofilia o termofilia. Condizioni anaerobiche e pressione atmosferica	Biogas o biometano (da upgrading del biogas)	Recupero energetico attraverso la produzione di biogas	Temperatura in condizioni di optimum per massimizzare il rendimento, il pH deve essere controllato, rischio formazione sostanze inibenti che riducono la produttività fino al blocco del processo	Ampliamente implementato su scala industriale
	Dark fermentation	Psicrofilia, mesofilia o termofilia. Condizioni anaerobiche e pressione atmosferica	Bioidrogeno	Recupero energetico	Temperatura in condizioni di optimum per massimizzare il rendimento, il pH deve essere controllato	Implementato su scala tecnica (TRL=3)

Note le caratteristiche del processo e il livello di maturità della tecnologia, riusciamo ad individuare il tipo di biomassa più idonea ad alimentarlo.

→ **correlazione biomassa-processo**

del carbonio, ossia quanto carbonio è effettivamente presente all'interno dei prodotti a fine processo rispetto al contenuto nella biomassa di partenza.

Conversione stechiometrica del Carbonio	Fanghi acque reflue	FORSU	Riso	Reflui da allevamento	Reflui da mungitura	Grano	Scarti della coltivazione di frutta e verdura	Scarti da attività vitivinicola	Scarti da industria casearia	Scarti da macellazione e	Scarti da industria dolciaria	Scarti da lavorazione e olive e oli	Scarti da lavorazione frutta e verdura	Scarti di caffè
	C ₁₉ NH ₄₀ O ₁₁	C ₂₂ NH ₃ O ₁₂	C ₆ NS ₁ H ₁₁ O ₆	C ₃₂ NH ₄₉ O ₂₀	C ₁₁ NSH ₂₄ O ₇	C ₅ NS ₄ H ₁₈ O	C ₁₀ NH ₁₆ O ₇	C ₂₉ NH ₄₁ O ₁₈	C ₁₁ NSH ₂₆ O ₇	C ₁₁ NSH ₂₀ O ₄	C ₂₂ NH ₄₀ O ₁₄	C ₃ NH ₁₄ O ₅	C ₃₄ NH ₅₉ O ₂₀	C ₁₇ NH ₁₁ O ₃
Etanolo	52.4	5.2	1.9	5.7	9.6	1.4	6.0	1.8	2.9	1.2	1.4	2.1	1.8	1.3
Acido lattico	40.2	4.0	1.4	4.4	7.4	1.1	4.6	1.4	2.2	0.9	1.1	1.6	1.4	1.0
Acido propionico	48.9	4.8	1.7	5.3	9.0	1.3	5.6	1.7	2.7	1.1	1.3	2.0	1.7	1.2
Propandiolo	47.6	4.7	1.7	5.2	8.7	1.3	5.4	1.6	2.7	1.1	1.3	1.9	1.7	1.1
Butanolo	65.1	6.5	2.5	7.1	11.9	1.7	7.4	2.2	3.6	1.4	1.7	2.6	2.5	1.6
Acido succinico (o acido)	40.9	4.0	1.5	4.5	7.5	1.1	4.6	1.4	2.3	0.9	1.1	1.6	1.4	1.0
Acido malico	36.0	3.6	1.3	3.9	6.6	0.9	4.1	1.2	2.0	0.8	1.0	1.4	1.2	0.9
Acido fumarico	41.6	4.1	1.5	4.5	7.6	1.1	4.7	1.4	2.3	0.9	1.1	1.7	1.5	1.0
2,3- butandiolo	53.6	5.3	1.9	5.9	9.8	1.4	6.1	1.8	3.0	1.2	1.4	2.2	1.9	1.3
Acido butirrico	54.8	5.4	2.0	6.0	10.0	1.4	6.2	1.9	3.1	1.2	1.5	2.2	1.9	1.3
Acido itaconico	51.1	5.1	1.8	5.6	9.4	1.3	5.8	1.7	2.8	1.1	1.4	2.1	1.8	1.2
Axitolo	39.6	3.9	1.4	4.3	7.3	1.0	4.3	1.3	2.2	0.9	1.1	1.6	1.4	0.9
Bio-metano	75.3	7.5	2.7	8.2	13.8	2.0	8.6	2.6	4.2	1.7	2.0	3.0	2.6	1.8
Etanolo	52.4	5.2	1.9	5.7	9.6	1.4	6.0	1.8	2.9	1.2	1.4	2.1	1.8	1.3
Biometanolo	37.7	3.7	1.3	4.1	6.9	1.0	4.3	1.3	2.1	0.8	1.0	1.5	1.3	0.9

Le acque reflue ed i fanghi hanno i rendimenti di conversione più elevati. Indipendentemente dal tipo di biomassa considerata, il biometano è la bioenergia con i rendimenti maggiori. L'acido butirrico, l'etano e il 2,3-butandiolo sono i tre composti chimici che possiedono i rendimenti più alti.

LEZIONE 4 – RIFIUTI: CARATTERISTICHE QUANTITATIVE E MODALITÀ DI GESTIONE

Operazioni unitaria di trattamento fisico-meccanico dei rifiuti

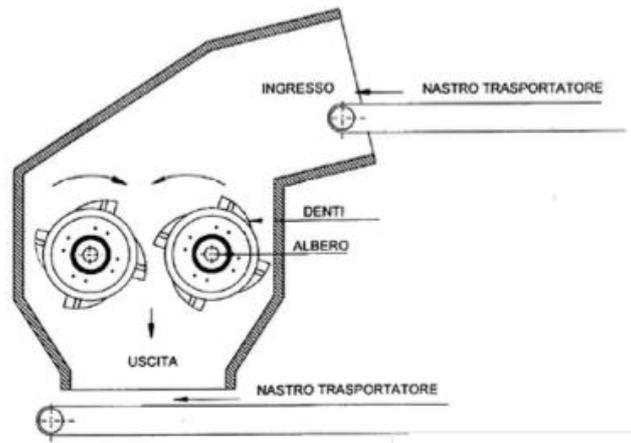
Le finalità dei processi di trattamento dei rifiuti solidi sono: migliorare le caratteristiche di trasportabilità e stoccaggio; separare le componenti valorizzabili, come materie prime secondarie (mps) e sostanze ad alto potenziale energetico; separare le componenti indesiderate.

Per poter attuare questi processi dobbiamo conoscere le caratteristiche dei rifiuti ed i requisiti dei prodotti.

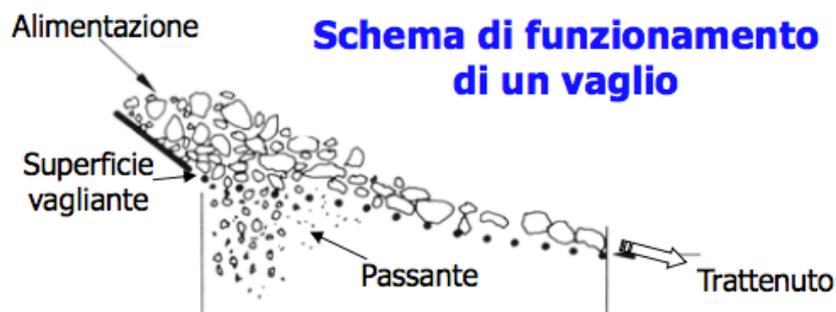
Alla base dei processi di trattamento dei rifiuti solidi abbiamo le proprietà fisiche:

- Resistenza meccanica → comminazione (riduzione pezzatura, cioè dimensione)
- Dimensioni, forma → vagliatura
- Densità → classificazione in mezzo fluido
- Proprietà elastiche → separazione balistica
- Proprietà termiche → separazione in base ai materiali polimerici
- Proprietà ottiche → separazione ottica
- Proprietà magnetiche → separazione magnetica
- Proprietà elettrostatiche → separazione elettrostatica

Per **comminazione** si intende la riduzione della pezzatura ed omogeneizzazione delle

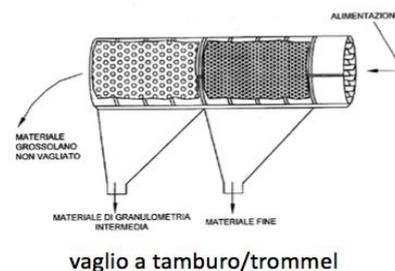
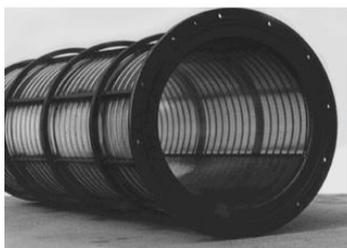
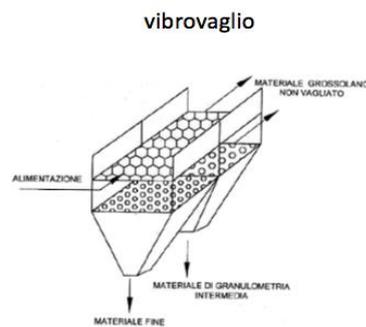


La **vagliatura** separa i materiali in base alle caratteristiche dimensionali. Il vaglio è costituito da dei fori a luce differente che il materiale passante attraversa.



Un vaglio realizza una sola separazione dimensionale, ossia una sola classificazione granulometrica, dividendo in una frazione grossa trattenuta nel tamburo ed una frazione fine passante.

Vagli industriali



Se mettiamo insieme comminuzione e vagliatura riusciamo a svolgere il processo di **comminuzione differenziale**: si ha una riduzione della pezzatura che è basata sulla differenza delle proprietà meccaniche dei materiali. La miscela entrante deve essere eterogenea. Avrò quindi, per esempio, nei materiali fini i materiali più fragili, e nei