

# Materiali Polimerici e Compositi

9 – Riciclo

# Indice degli argomenti

1. Cenni sulla normativa tecnica applicabile
2. Tecnologie di riciclo
3. Il concetto di sostenibilità
4. Le certificazioni ambientali
5. I principi di economia circolare
6. Eco-Design e selezione dei materiali

# Il pacchetto EU sull'economia circolare

## **Piano d'azione**

L'anello mancante -  
Piano d'azione  
dell'Unione europea  
per l'economia  
circolare



## **Annesso**

Indicata la tempistica  
prevista per ogni  
azione



## **Proposte**

**legislative rifiuti**  
Proposte di modifica  
delle principali  
direttive europee sui  
rifiuti

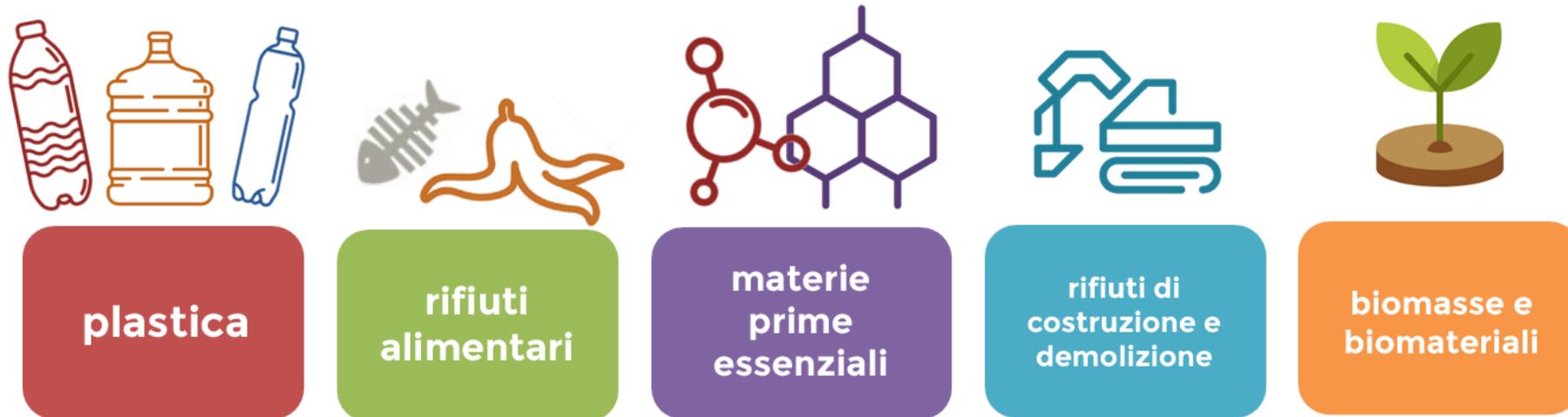


### **APPROCCIO SISTEMICO:**

Azioni lungo tutto il ciclo di vita: dalla progettazione alla gestione dei rifiuti

# Il pacchetto EU sull'economia circolare

## I settori prioritari del Piano di Azione



# Il pacchetto EU sull'economia circolare

## Proposte legislative rifiuti

DIR 2008-98	Direttiva quadro sui rifiuti	DIR 2018-851: «Waste Directive»
DIR 1994-62	Imballaggi e rifiuti di imballaggio	DIR 2018-852: «Packaging and Packaging Waste Directive»
DIR 1999-31	Discariche di rifiuti	DIR 2018-850: «Landfill Directive»
DIR 2003-53	Veicoli fuori uso	DIR 2018-849: «Veicoli fuori uso, pile e accumulatori e rifiuti di pile e accumulatori, rifiuti RAEE»
DIR 2006-66	Pile e accumulatori	
DIR 2012-19	Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)	

# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

**DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)**

## ➤ **Art. 1 – Fine**

La Direttiva si pone un duplice scopo:

- i. armonizzare a livello europeo le misure adottate dai singoli Stati Membri sulla gestione degli imballaggi e dei rifiuti di imballaggio
- ii. prevedere misure per prevenire la produzione di rifiuti di imballaggio favorendone il riutilizzo, il riciclaggio, il recupero (anche energetico) e la riduzione dello smaltimento finale in un'ottica di **economia circolare**.

## ➤ **Art. 2 - Ambito di applicazione**

La Direttiva si applica a **tutti gli imballaggi e ai relativi rifiuti**, lasciando impregiudicati tutti i requisiti sulla qualità, sicurezza, protezione della salute e dell'igiene dei prodotti imballati.

# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

**DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)**

## ➤ **Art. 4 – Prevenzione**

La Direttiva impone agli Stati Membri di adottare misure atte a minimizzare l'impatto ambientale degli imballaggi facendo esplicito riferimento a:

- **EPR - Extended Producer Responsibility**
- **Gerarchia dei rifiuti**

# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

**DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)**

➤ **EPR – Extended Producer Responsibility**: obbligo introdotto da DIR 2008/98/CE «*Waste Directive*» per il produttore **di farsi carico della copertura finanziaria** dei costi della gestione dei rifiuti che ne derivano e di organizzare, singolarmente o **in forma associata**, sistemi di raccolta e/o ritiro separati dagli altri flussi di rifiuti in modo da garantire una maggior efficienza e un miglior risultato delle successive operazioni di riciclo e di recupero.

# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)



# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

## Il meccanismo dei consorzi

➤ **ConSORZI di filiera:** per alcune tipologie di rifiuti (es. imballaggi) sono stati istituiti in ambito nazionale al fine di:

1. assicurare la responsabilizzazione degli operatori economici, conformemente ai principi di “chi inquina paga”;
2. adempiere all’obbligo della responsabilità condivisa (EPR);
3. realizzare determinati obiettivi di recupero.

➤ **CONAI:** costituito in seguito alla DIR 94/62/CE.

➤ I produttori e gli utilizzatori di imballaggi sono **obbligati** a partecipare.



Consorzio Nazionale  
per la raccolta,  
il riciclo e il recupero  
degli imballaggi  
in plastica



Consorzio  
Imballaggi  
Alluminio



# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)

## ➤ Art. 6 - Recupero e riciclaggio

<b>Materiale</b>	<b>Entro il 31-12-2025</b>	<b>Entro il 31-12-2030</b>
Plastica	<b>50%</b>	<b>55%</b>
Legno	<b>25%</b>	<b>30%</b>
Metalli ferrosi	<b>70%</b>	<b>80%</b>
Alluminio	<b>50%</b>	<b>60%</b>
Vetro	<b>70%</b>	<b>75%</b>
Carta e cartone	<b>75%</b>	<b>85%</b>

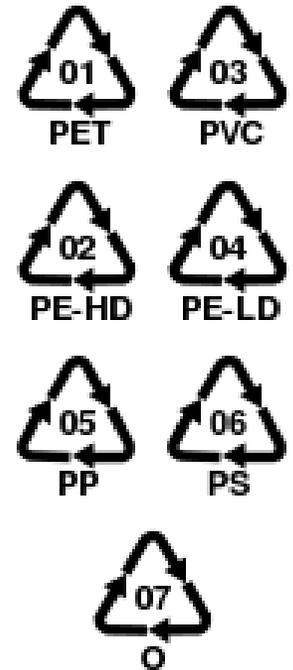
# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

## DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)

### ➤ Art. 8 – Marcatura e sistema di identificazione

Per facilitare la raccolta, il reimpiego e il recupero, compreso il riciclaggio, l'imballaggio **deve indicare**, ai fini della sua identificazione e classificazione da parte dell'industria interessata, la natura del materiale/dei materiali di imballaggio utilizzato/i, sulla base della **DEC 97/129/CE** della Commissione.

- La Decisione del 28-01-1997 (ancora in vigore e non modificata) dispone che l'uso della numerazione e delle abbreviazioni del sistema di identificazione sarà volontario dei materiali elencati negli allegati della Decisione, a meno che la DIR non imponga l'obbligo.
- **L'obbligo è stato introdotto dalla DIR 2004/12/CE dal 2004.**
- A causa della mancanza di un decreto attuativo al testo unico ambiente (D.Lgs. 152/06), l'obbligo è stato introdotto solamente nel 2022!



# Cenni sulla normativa tecnica applicabile

**DIR 94/62/CE (versione consolidata al 04-07-2018)**

## ➤ **Art. 9 - Requisiti essenziali**

I requisiti essenziali sono riportati nell'Allegato II. Di seguito si riporta i punti maggiormente significativi:

1. Requisiti per la fabbricazione e composizione degli imballaggi: oltre a minimizzare peso e volume, gli imballaggi devono essere concepiti, prodotti e commercializzati in linea con la gerarchia dei rifiuti in modo da minimizzare l'impatto ambientale;
2. Requisiti per la riutilizzabilità di un imballaggio.
3. Requisiti per la recuperabilità di un imballaggio.

L'adempimento ai requisiti essenziali viene automaticamente soddisfatto nel caso gli imballaggi siano conformi alle relative **norme armonizzate!**



# Etichettatura ambientale obbligatoria

<b>ETICHETTATURA AMBIENTALE DEL PACKAGING</b>				
<i>INDICAZIONI SU MATERIALE DI COMPOSIZIONE E DESTINAZIONE FINALE DELL'IMBALLAGGIO</i>				
<i>Informazioni</i>	<i>Informazioni cogenti e facoltative</i>	<i>Campo di applicazione</i>	<i>Riferimenti</i>	
1 Codifica del materiale di composizione degli imballaggi	<b>Cogente</b>	Per tutti gli imballaggi	Decisione 97/129/CE	La Decisione istituisce un sistema di identificazione dei materiali di imballaggio attraverso codici alfanumerici, riportati negli allegati specifici.
2 <i>Materie plastiche - Simboli ed abbreviazioni - Polimeri di base e loro caratteristiche speciali</i>	Facoltativa (ad eventuale integrazione della Decisione 97/129/CE)	Per gli imballaggi in plastica	UNI EN ISO 1043-1	La norma conferma il sistema di identificazione degli imballaggi in plastica istituito dalla Decisione 129/97/CE.
3 <i>Materie plastiche prime-secondarie - Parte 1</i>	Facoltativa (ad eventuale integrazione della Decisione 97/129/CE)	Per gli imballaggi in plastica	UNI 10667-1	La norma indica che per i polimeri riciclati si inserisca la "R" prima della codifica del polimero.
4 <i>Materie Plastiche - Identificazione generica e marcatura di prodotti di materie plastiche</i>	Facoltativa (ad eventuale integrazione della Decisione 97/129/CE)	Per gli imballaggi multistrato in plastica	UNI EN ISO 11469	I prodotti in plastica possono essere marcati in conformità a questa norma, che prevede che la codifica del materiale inglobata tra i due simboli ">" e "<". Qualora ci sia più di un polimero, si interpone il carattere "+", o il carattere "-" in presenza di additivi e coadiuvanti.
5 <i>Indicazioni per la raccolta differenziata al consumatore</i>	<b>Cogente</b>	Per le componenti separabili manualmente degli imballaggi destinati al consumatore finale	Vademecum Etichetta per il cittadino	Il Vademecum suggerisce, al fine di veicolare una informazione chiara e completa, di apporre sull'imballaggio - o di veicolare tramite canali digitali - le seguenti informazioni:  - FAMIGLIA DI MATERIALE - INDICAZIONI SULLA RACCOLTA Oppure - INDICAZIONI SULLA RACCOLTA PER FAMIGLIA DI MATERIALE

				Con l'indicazione di verificare le disposizioni del proprio Comune
6	<i>Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II)</i>	Facoltativa	Per tutti gli imballaggi	UNI EN ISO 14021  Tra le asserzioni autodichiarate applicabili agli imballaggi, rientra il Ciclo di Mobius, utilizzato per comunicare la riciclabilità dell'imballaggio o il contenuto di materia prima seconda nella sua composizione. Anche la conformità ai requisiti di biodegradabilità e compostabilità deve essere dichiarata in conformità a questa norma.  In particolare, ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm per gli imballaggi, rilevano l'asserzione di riciclabilità, compostabilità e riutilizzabilità.
7	<i>Elementi di identificazione visiva per i contenitori per la raccolta dei rifiuti urbani</i>	Facoltativa	Per tutti gli imballaggi che finiscono in raccolta differenziata (B2C)	UNI 11686 - Gestione dei rifiuti - Waste visual elements  Definisce un format di informazioni e codici colore per identificare la corretta raccolta differenziata del materiale di imballaggio

# Verso il nuovo Regolamento sul Packaging

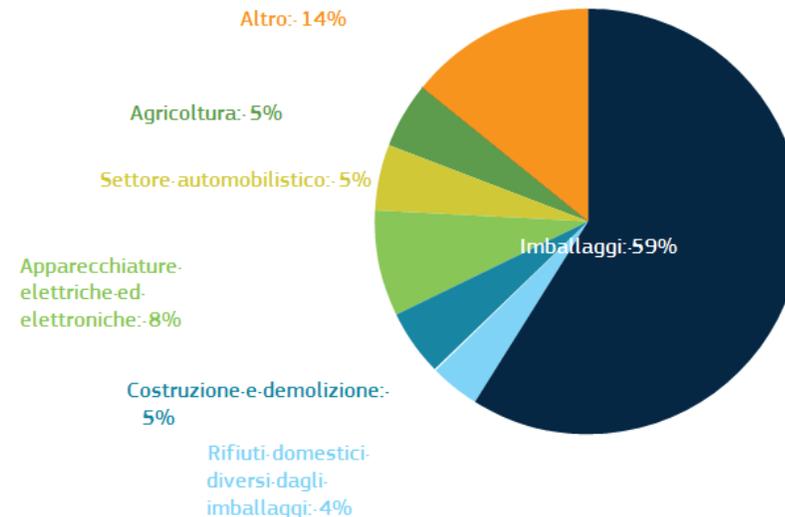
## ➤ Analisi dello stato dell'arte e prime azioni intraprese

- «Strategia europea per la plastica nell'economia circolare» - COM(2018) 28;
- «Impatto dell'uso della plastica oxo-degradabile, comprese le borse in plastica» - COM(2018) 35;
- DIR 904/2019 (SUP – Single Use Plastics) ha introdotto restrizioni nel consumo di prodotti di plastica monouso al fine di “conseguire una riduzione ambiziosa e duratura del consumo” di tali prodotti.

BENEFICI IN TERMINI DI CO<sub>2</sub>  
DEL RICICLAGGIO DELLA PLASTICA



RIFIUTI DI PLASTICA PRODOTTI NELL'EU - 2015



Fonte: Economia (2017)

500.000 TONNELLATE DI PLASTICA  
NEGLI OCEANI



# Verso il nuovo Regolamento sul Packaging

## COM(2022) 677 (dd. 30-11-2022)

### ➤ Definizione del problema

- Nel 2020 in EU 27, solo il 14% delle plastiche è stato ricondotto al riciclo (fonte: COM(2022) 682) (recupero energetico non incluso!), molto spesso solo per downcycling.
- Il quadro normativo previsto dalla DIR 94/62/CE non è più sufficiente.

### ➤ Obiettivi

1. Ridurre la produzione di rifiuti da imballaggio;
2. Promuovere un modello economico circolare sostenibile dal punto di vista dei costi;
3. Promuovere la realizzazione di imballaggi con un maggiore contenuto riciclato.

- ### ➤ Azioni: fissare traguardi obbligatori entro il 2030 in termini di riduzione, riutilizzo e riciclo attraverso dei criteri per il riciclo da applicare già in fase progettuale → Scelta dei materiali!!

# Verso il nuovo Regolamento sul Packaging

COM(2022) 677 (dd. 30-11-2022)

## ➤ Contenuto di riciclato minimo da raggiungere

	2030	2040
a) Contact sensitive packaging made from (PET) as the major component	30%	50%
b) Contact sensitive packaging, except single use plastic beverage bottles, made from plastic materials other than PET	10%	
c) Single use plastic beverage bottles	30%	65%
d) Other Packaging	35%	65%

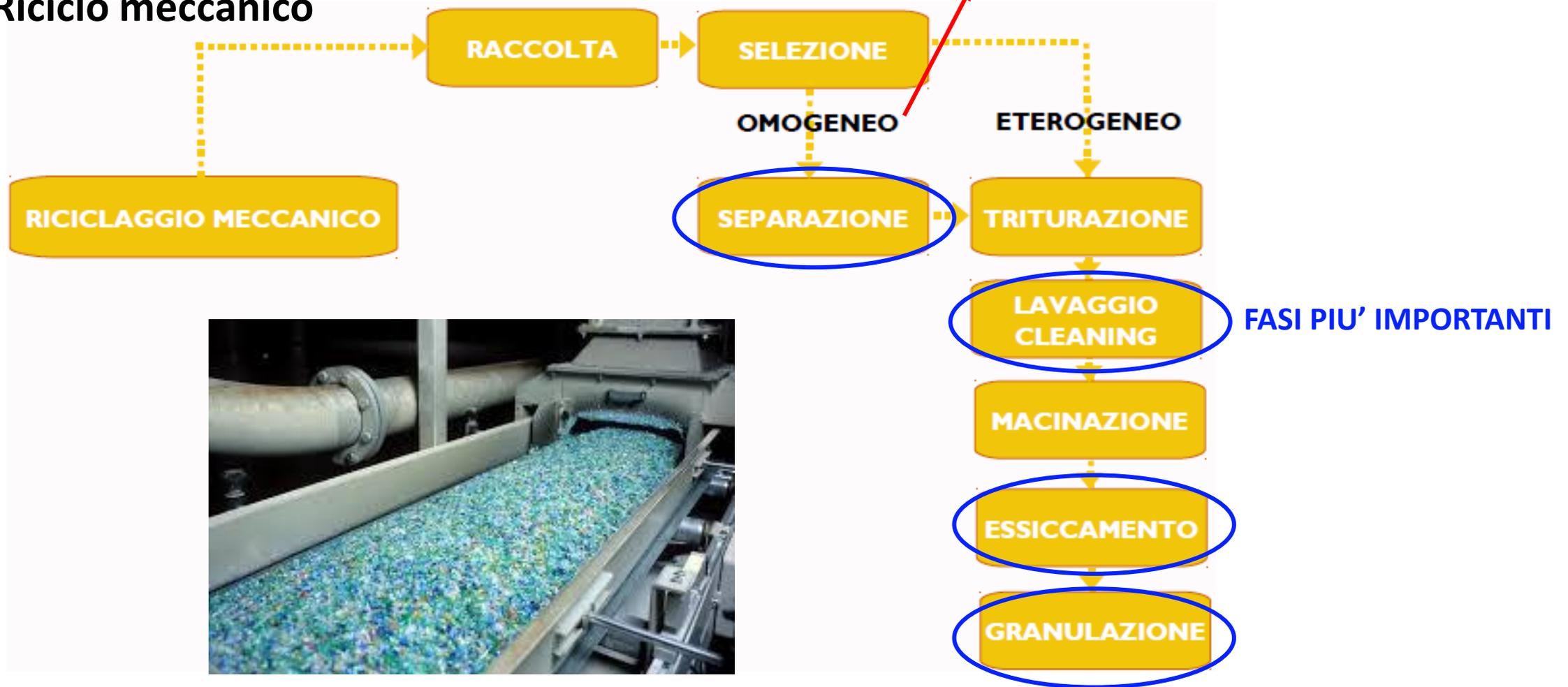
# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

- Consiste in una serie di **operazioni meccaniche** (vagliatura, triturazione, macinazione, etc.) per uniformare la dimensione dei rifiuti in plastica.
  - dai termoplastici macinati: granuli o scaglie (*flakes*) da utilizzare per nuovi manufatti;
  - dai termoindurenti macinati: cariche inerti nella lavorazione di altri termoindurenti/termoplastici vergini, o riempitivi per altri prodotti.
- Dipende fortemente dal **processo di selezione e/o separazione** fatto a monte.
- Il riciclo meccanico degli sfridi di lavorazione (termoplastici) è una **pratica industriale consolidata** da tempo.

# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico



Essendo uno schema universale, questo si adatta a seconda del tipo di raccolta (plastica va da sola, o con altri materiali (lattine)) e in base allo specifico impianto.

# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

### ➤ Separazione:

1. Separazione magnetica
2. Separazione tramite soffio d'aria
3. Separazione per flottazione o galleggiamento
4. Separazione per proprietà aerodinamiche, elettrostatiche
5. Separazione per polimero (metodi ottici).

# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

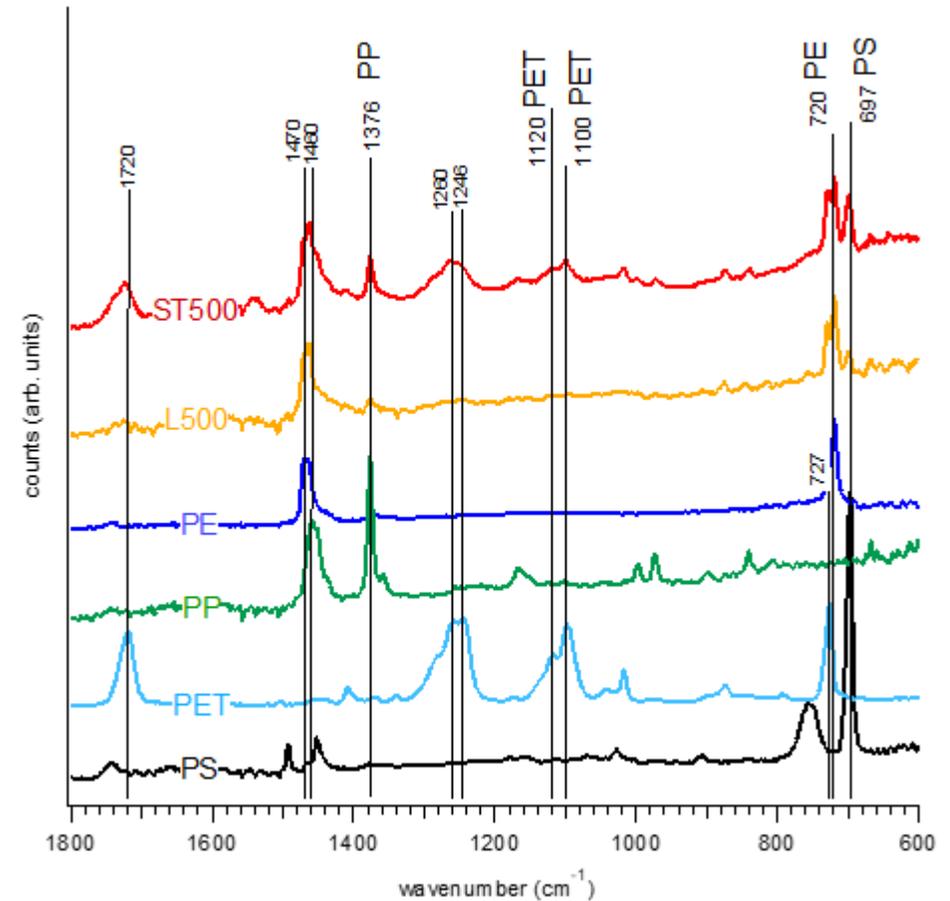
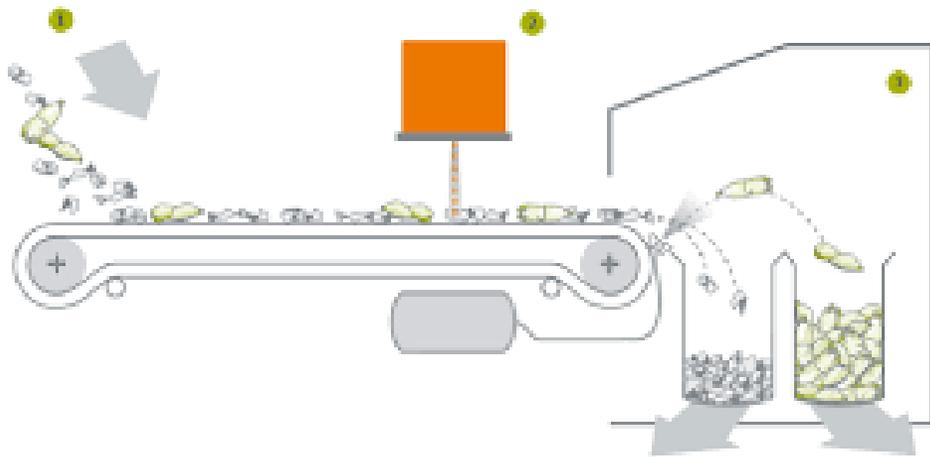
### 5. Separazione per polimero (metodi ottici):

- Laser Induced Breakdown Spectroscopy o LIBS: è una tecnica di analisi elementare che si basa sulla misurazione delle emissioni atomiche generate da una superficie del campione sottoposta a raggi laser;
- X-ray transmission (XRT): tecnica basata sulla trasmissione di un fascio ad alta intensità di raggi X. Per determinare la densità atomica del materiale, permettendo la sua identificazione;
- Selezione Ottica: tecnica che utilizza fotocamere basati sull'identificazione delle frazioni di rifiuti attraverso segnali visivi/tattili come il colore, forme, consistenza e dimensione dei materiali;
- Spectral imaging based sorting: questa tecnologia si basa sulla riflessione spettrale. Tra queste tecniche ricordiamo i NIR (Near Infrared Radiation), VIS (Visual Image Spectroscopy) e HSI (Hyperspectral Imaging).

# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

### 5. Separazione per polimero (metodi ottici): selettori IR.



# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

- **Lavaggio**: con acqua o soluzioni basiche (per la rimozione di etichette), può essere accoppiato alla separazione per flottazione o galleggiamento.

**Non sempre viene applicato in quanto necessità di tanta acqua!**

- **Essiccamento**:
  - Pressatura a vite o centrifuga per **eliminare tutta l'acqua libera**.
  - Essiccamento in corrente d'aria calda o gas combustibili, per raggiungere un **tenore residuo di acqua dell'ordine del 2-3%** compatibile con la lavorazione successiva a mezzo di un **estrusore con degasaggio**. Il materiale essiccato viene inviato ai silos di stoccaggio in genere forniti di agitatori per omogeneizzare il prodotto.

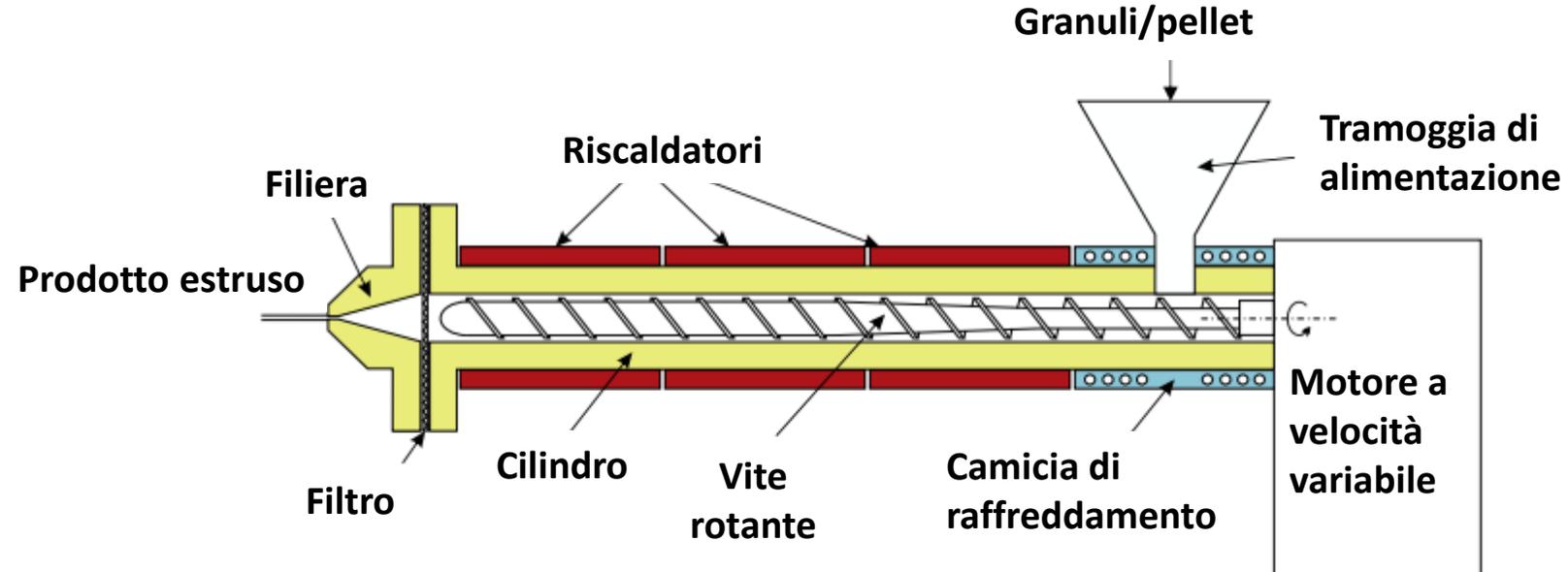


# Tecnologie di riciclo

## Riciclo meccanico

➤ Granulazione: o compoundazione in estrusore

Materiale	T estrusione
LDPE	150-200°C
HDPE	170-200°C
PP	190-220°C
PS	150-220°C
PVC	150-180°C
ABS	190-220°C
PMMA	180-240°C



# Tecnologie di riciclo

## Riciclo chimico

➤ **Depolimerizzazione**: i polimeri delle diverse plastiche vengono scomposti nei rispettivi monomeri, attraverso una "produzione al contrario".

→ Vedi polimerizzazione a catena (*chain*) per radicali liberi: ceiling T.

➤ Applicabile anche ad altri polimeri: es. PET e PU ottenuti per policondensazione si prestano bene a questo processo.

➤ I processi di decomposizione chimica mutano a seconda del reattore o del metodo utilizzato per la depolimerizzazione.

**PRO**: si ottengono monomeri di elevata purezza.

**CONTRO**: è un processo costoso.

# Tecnologie di riciclo

## Riciclo dei termoindurenti/compositi

- Riutilizzo / demolizione selettiva
- Riciclo meccanico
- Riciclo termochimico
- Fluidi supercritici

# Recupero energetico

- **Termovalorizzazione**: sia termoplastici che termoindurenti vengono bruciati in forni a 1000°C.

<b>Poteri calorifici a confronto</b>	
<b>Materiale</b>	<b>MJ/kg</b>
Petrolio	42,0 – 46,0
Gas naturale	52,0
PE, PP	46,0
PS	41,0
PET	33,4
Legno	18,9 – 20,6

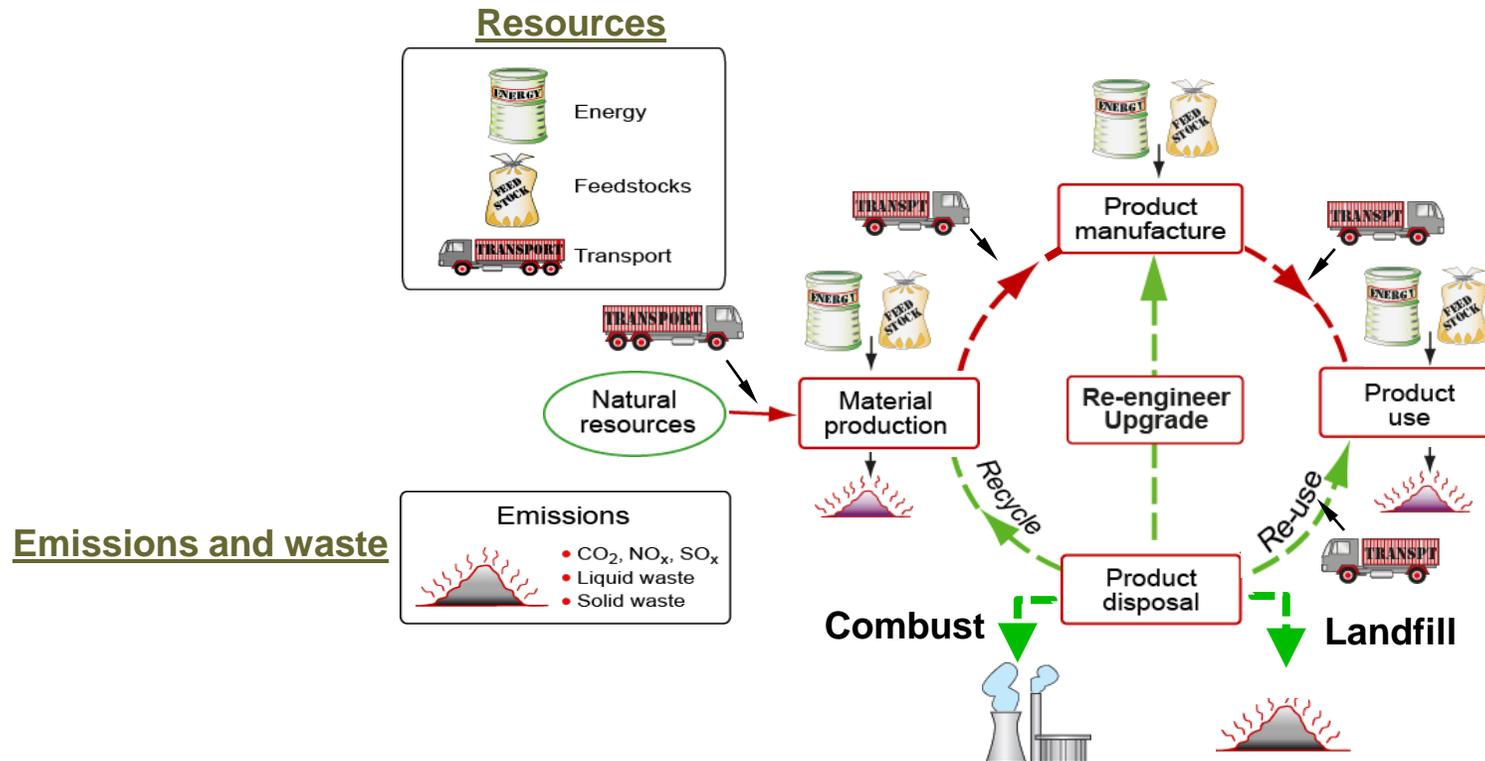
# Il concetto di sostenibilità

- **Sostenibilità**: «nelle scienze ambientali ed economiche, condizione di uno sviluppo in grado di assicurare il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri».
- **La sostenibilità non si misura!**



# Strumenti per la sostenibilità

**LCA (Life Cycle Assessment)**: metodo oggettivo (UNI EN ISO 14040) di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita, dall'acquisizione delle materie prime al fine vita ("*From Cradle to Grave*").



# Strumenti per la sostenibilità

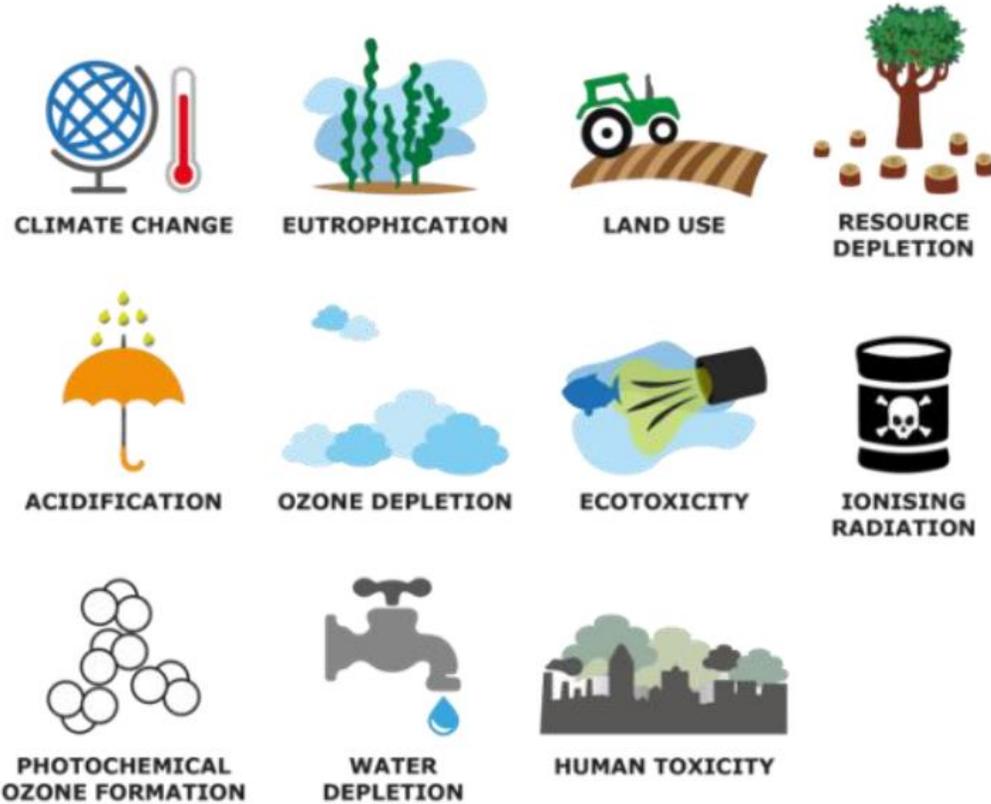
## LCI - Life Cycle Inventory

For each stage of a product life cycle (e.g. resource extraction, manufacturing, use, etc.) data on **emissions into the environment** (e.g. CO<sub>2</sub>, benzene, organic chemicals) and **resources used** (e.g. metals, crude oil) are collected in an inventory.



Each emission in the environment and resource used are then characterised in term of potential impact in the LCIA, covering a number of impact categories.

## LCIA - Life Cycle Impact Assessment



## Areas of protection

Human health  
Ecosystem health  
Natural resources

## Interpretation

## Goal and scope



e.g. LCA of a car of typology X, assuming a use for Y years, produced in country Z, ect.

# Strumenti per la sostenibilità

## Certificazioni ambientali basate su LCA

- I. Etichette ambientali (ISO tipo I, ECOLABEL)
- II. Autodichiarazioni ambientali (ISO TIPO II, MOBIUS LOOP)
- III. Dichiarazioni ambientali di prodotto (ISO tipo III, DAP/EPD)



- a. COMPOSTABILE
- b. DEGRADABILE
- c. PROGETTATO PER IL DISASSEMBLAGGIO
- d. PRODOTTO CON DURATA DI VITA ESTESA
- e. ENERGIA RECUPERATA
- f. RICICLABILE (Mobius Loop)
- g. CONTENUTO RICICLATO
- h. CONSUMO ENERGETICO RIDOTTO
- i. UTILIZZO RIDOTTO DELLE RISORSE
- j. CONSUMO IDRICO RIDOTTO
- k. RIUTILIZZABILE E RICARICABILE
- l. RIDUZIONE DEI RIFIUTI
- m. MATERIALE RINNOVABILE
- n. ENERGIA RINNOVABILE

# I principi dell'economia circolare

➤ Economia circolare: un sistema economico pensato per potersi rigenerare da solo. To do  
'more with less'.

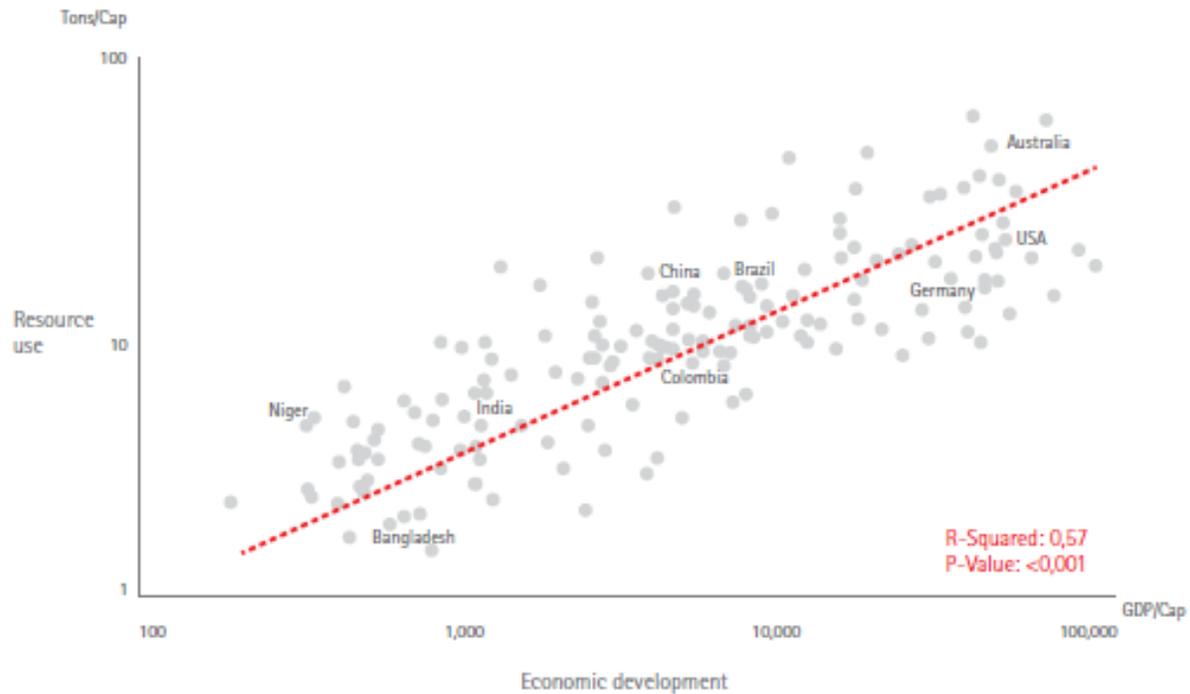
1. Eco-design
2. Modularità e versatilità
3. Energie rinnovabili
4. Approccio ecosistemico
5. Recupero dei materiali



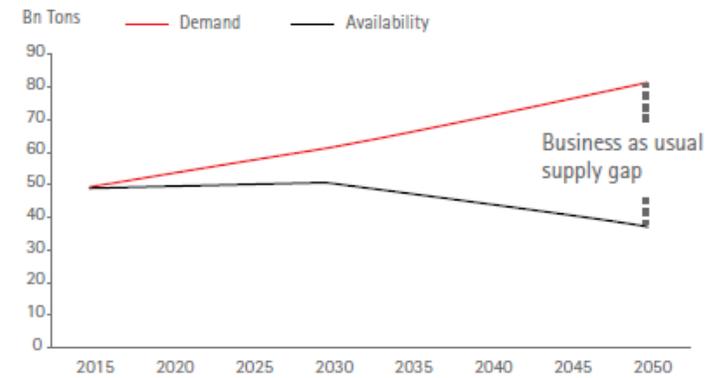
# I principi dell'economia circolare

## Il problema dell'attuale modello di crescita

Log plot of Resource use and Economic development, 166 countries



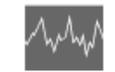
Resource supply / demand imbalance 2015-2050



Scenarios include limited resource stocks only and therefore differ from total material consumption. Most notably exclude construction mineral volumes (e.g. sand and gravel) where scarcity is not an issue



Rising costs for material, energy, land, water



Extreme volatility in commodity markets



Economic and social risk of supply disruptions

# Eco-Design e selezione dei materiali



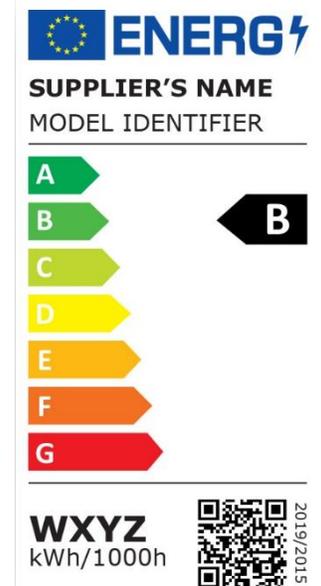
Bruxelles, 30.3.2022  
COM(2022) 142 final  
2022/0095 (COD)

Proposta di

**REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO**

**che stabilisce il quadro per l'elaborazione delle specifiche di progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili e abroga la direttiva 2009/125/CE**

La [DIR 2009/125/CE](#) fissa una serie di requisiti obbligatori per la progettazione ecocompatibile di prodotti connessi all'energia, ovvero per qualunque bene che abbia un impatto sul consumo energetico durante l'utilizzo.



# Eco-Design e selezione dei materiali

## CAPO I - DISPOSIZIONI GENERALI

### Articolo 1

#### Oggetto e ambito di applicazione

1. Il presente regolamento istituisce un quadro per migliorare la sostenibilità ambientale dei prodotti e assicurare la libera circolazione nel mercato interno stabilendo specifiche di progettazione ecocompatibile che i prodotti devono soddisfare per essere immessi sul mercato o messi in servizio. Le specifiche di progettazione ecocompatibile, che sono ulteriormente elaborate dalla Commissione in atti delegati, riguardano:
  - (a) la durabilità e l'affidabilità dei prodotti;
  - (b) la riutilizzabilità dei prodotti;
  - (c) la possibilità di miglioramento, la riparabilità, la manutenzione e il ricondizionamento dei prodotti;
  - (d) la presenza nei prodotti di sostanze che destano preoccupazione;
  - (e) l'efficienza energetica dei prodotti e l'efficienza delle risorse;
  - (f) il contenuto riciclato nei prodotti;
  - (g) la rifabbricazione e il riciclaggio dei prodotti;
  - (h) l'impronta di carbonio e l'impronta ambientale dei prodotti;
  - (i) la generazione prevista di rifiuti derivanti dai prodotti.

Il presente regolamento istituisce altresì un passaporto digitale del prodotto ("passaporto del prodotto"), dispone la definizione di criteri obbligatori per gli appalti pubblici verdi e stabilisce un quadro per evitare la distruzione dei prodotti di consumo invenduti.

### Articolo 39

#### Regole e condizioni per l'apposizione della marcatura CE

1. La marcatura CE è apposta sul prodotto in modo visibile, leggibile e indelebile. Qualora ciò sia impossibile o difficilmente realizzabile a causa della natura del prodotto, essa è apposta sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.
2. La marcatura CE è apposta sul prodotto prima della sua immissione sul mercato.
3. La marcatura CE di un prodotto alla cui valutazione di conformità ha partecipato un organismo notificato è seguita dal numero di identificazione dell'organismo.

# Eco-Design e selezione dei materiali

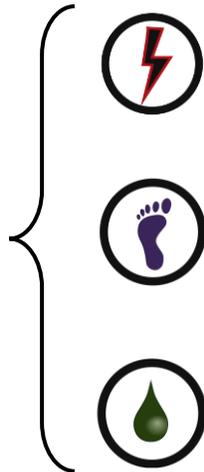
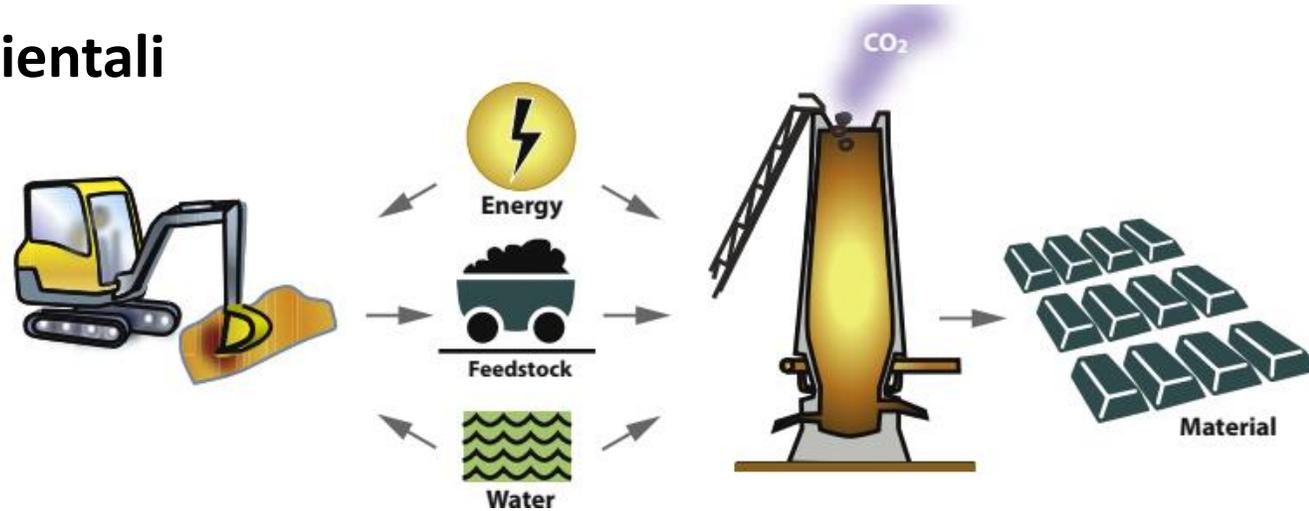
## Le filiere coinvolte

Con il voto del 14-06-2023, la Commissione Ambiente del Parlamento EU ha approvato la proposta di Regolamento e ha chiesto alla Commissione di dare priorità nella scrittura degli **atti delegati** alle seguenti filiere:

- Acciaio
- Alluminio
- Prodotti tessili (indumenti e calzature)
- Mobili
- Pneumatici
- Detergenti, vernici, lubrificanti e prodotti chimici.

# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali



**Embodied energy** (MJ/kg): energia necessaria per la produzione di 1 kg di materiale (estrazione, raffinazione, sintesi)



**Carbon footprint** (kg/kg): la massa di carbonio rilasciata per la produzione di 1 kg di materiale



**Water demand** (litri/kg): volume di acqua prelevato e non restituito ad esse durante la produzione di 1 kg di materiale.

# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali

### PET

Primary material production: energy, CO2 and water	
Embodied energy, primary production (MJ/kg)	80,9 - 89,5
CO2 footprint, primary production (kg/kg)	3,76 - 4,15
NOx creation (g/kg)	19,2 - 21,2
SOx creation (g/kg)	23,8 - 26,3
Water usage (l/kg)	126 - 140

### HDPE

Primary material production: energy, CO2 and water	
Embodied energy, primary production (MJ/kg)	77 - 85,1
CO2 footprint, primary production (kg/kg)	2,64 - 2,92
NOx creation (g/kg)	9,5 - 10,5
SOx creation (g/kg)	5,7 - 6,3
Water usage (l/kg)	55,3 - 61,1

### PS

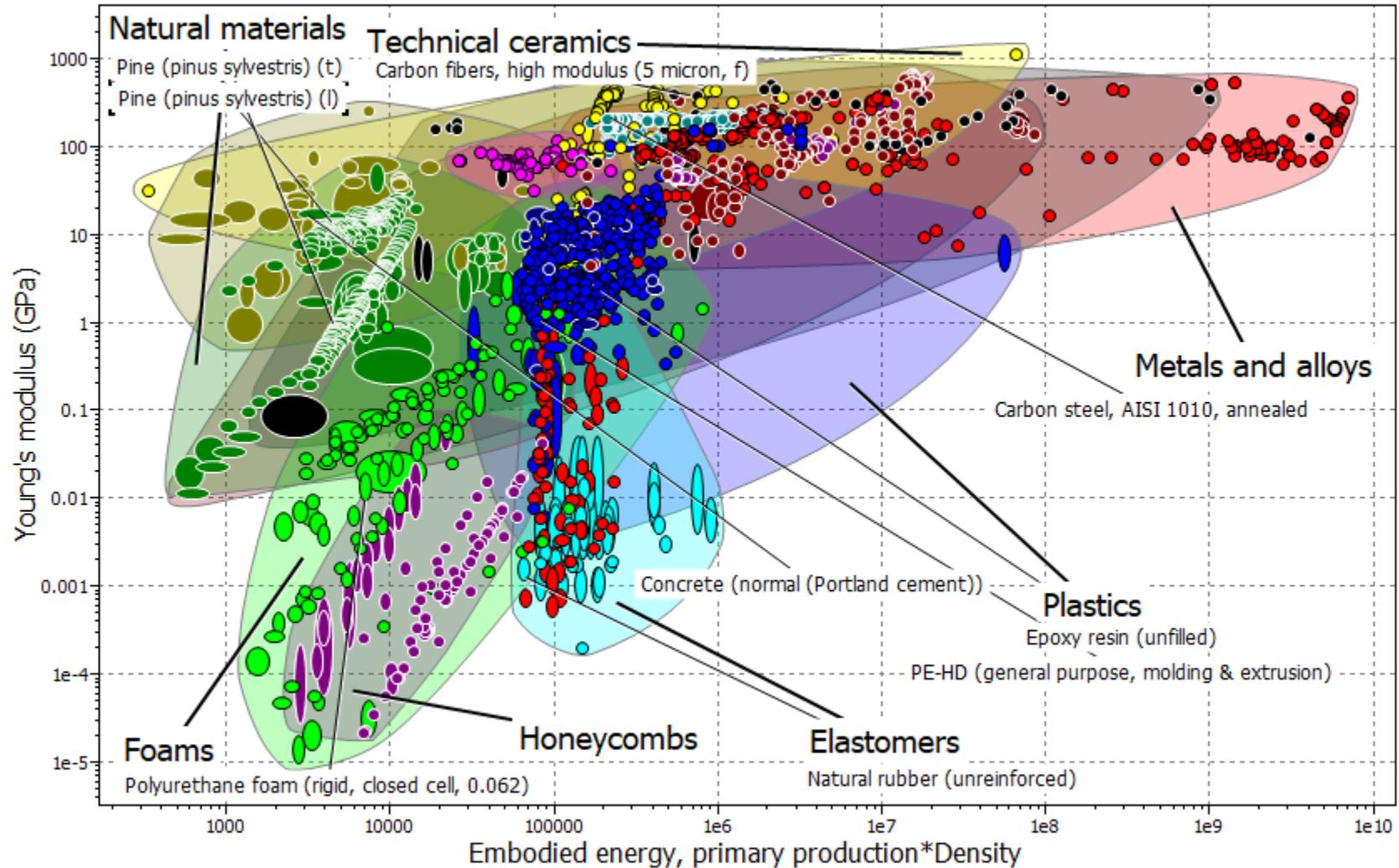
### HIPS

### EPS

Primary material production: energy, CO2 and water			
Embodied energy, primary production (MJ/kg)	81,7 - 90,3	92,1 - 102 ↑	106 - 117 ↑
CO2 footprint, primary production (kg/kg)	3,11 - 3,43	3,61 - 3,99 ↑	4,04 - 4,46 ↑
NOx creation (g/kg)	22,8 - 25,2	23,8 - 26,3	45,6 - 50,4 ↑
SOx creation (g/kg)	32,3 - 35,7	35,2 - 38,9	148 - 164 ↑
Water usage (l/kg)	144 - 160	132 - 146	433 - 479 ↑

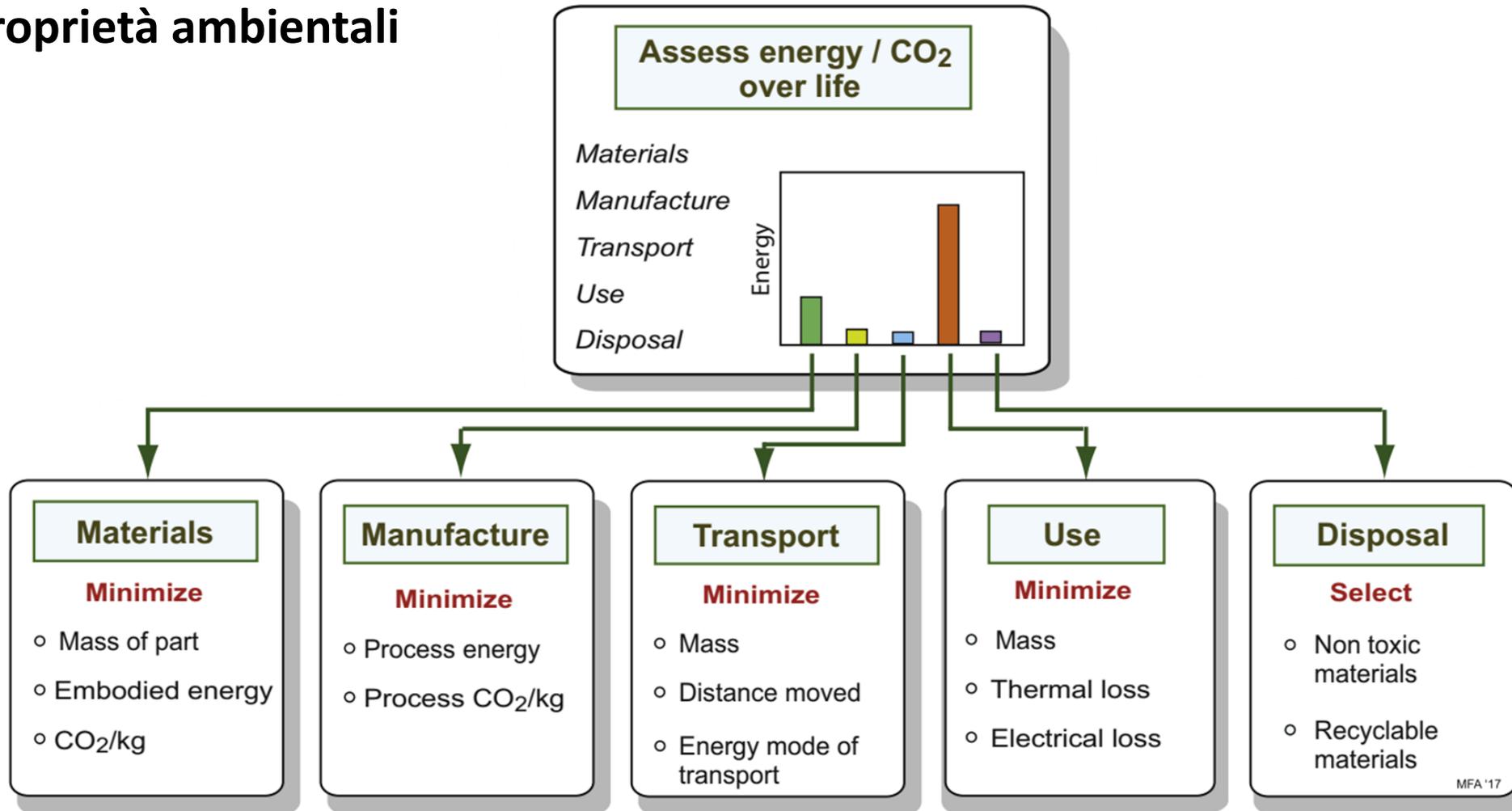
# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali



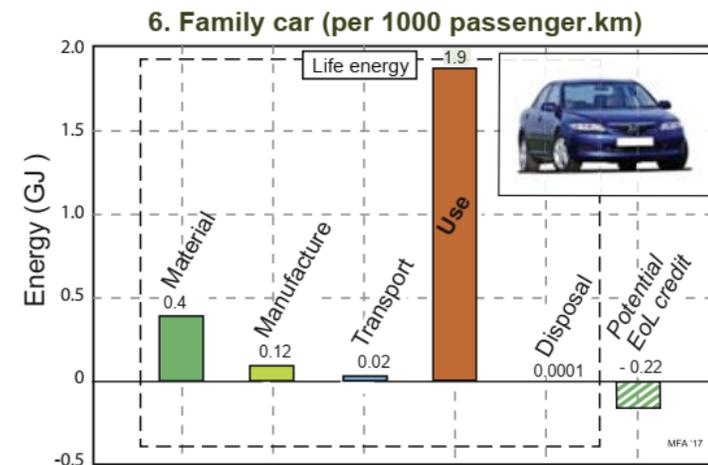
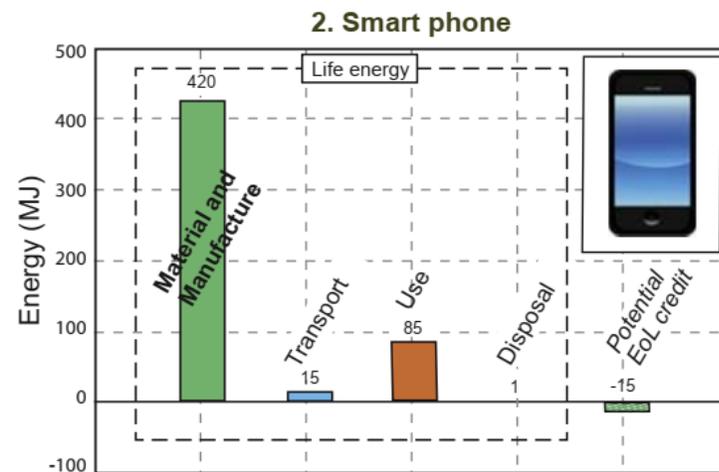
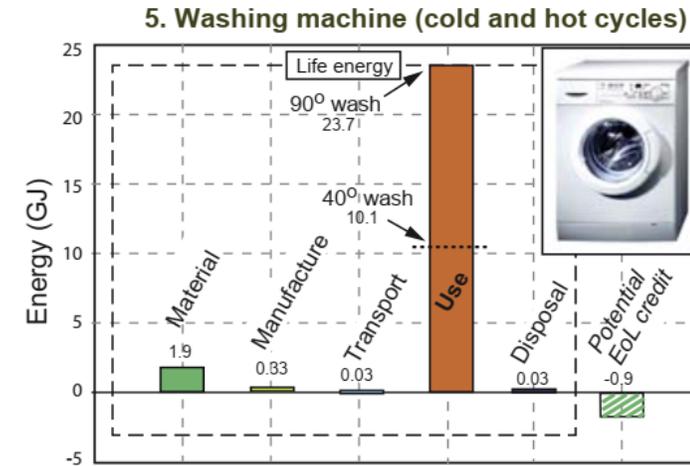
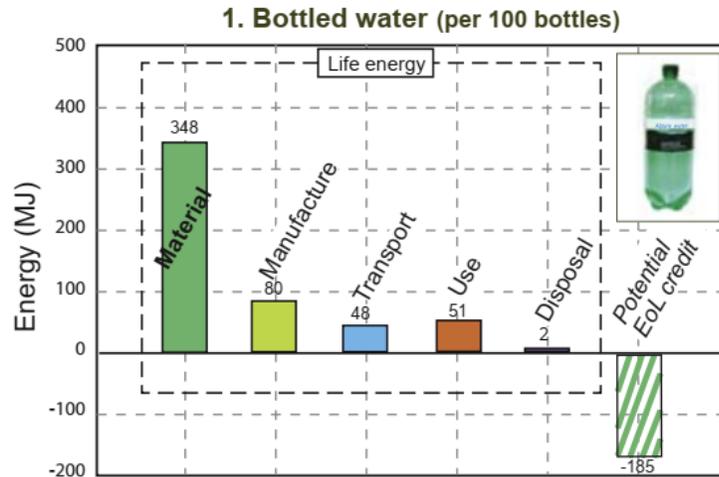
# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali



# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali



# Eco-Design e selezione dei materiali

## Proprietà ambientali

