



ASSOLOMBARDA

# Gli scenari tecnologici del fine vita delle materie plastiche e degli imballaggi

Maurizio Masi - Professore Chimica Fisica Applicata, Dip. Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica "Giulio Natta" del Politecnico di Milano

13 novembre 2020

## UN MONDO SENZA PLASTICA ?



Non è in discussione che il mondo possa fare a meno delle materie plastiche, sia quali tecnopolimeri che come materiali per l'imballaggio.

Affinché ciò possa essere sostenibile non sarà più possibile esimersi da rispettare i dettami dell'economia circolare.



E ciò deve essere fatto preservandone il valore economico e le proprietà funzionali.



È possibile preservare il valore della plastica riciclandola e utilizzando la plastica riciclata per nuovi prodotti



*I materiali sono alla base della costruzione del mondo da parte dell'uomo*

*L'uomo ha da sempre modificato il mondo che lo circonda per adattarlo e, con le più buone intenzioni, migliorarlo alle proprie esigenze*

*Per secoli l'uomo ha usato materiali già disponibili in natura o ottenibili con processi semplici:*

- *Legno*
- *Pietra*
- *Ceramici/Vetri*
- *Metalli*



*Negli ultimi due secoli ha iniziato ad usare materiali inventati in funzione delle proprietà desiderate, ottenuti con processi industriali:*

- *cementi/ceramici*
- *polimeri*





**1940** *il lancio delle calze di nylon*

**1949** *celebrazione delle fibre a base «viscosa»*

*Michelangelo Antonioni gira «sette canne per un vestito» cortometraggio su Torviscosa SNIA fondata negli anni '30*

*<https://www.youtube.com/watch?v=vDcvrZ62IGM>*



**1967** *Il Laureato* *<https://www.youtube.com/watch?v=amPHfKj4GDg>*

*.... voglio dirti una parola sola, mi ascolti, ... si  
.. plastica, ... non sono sicuro di aver capito ...  
... credimi, l'avvenire del mondo è nella plastica*



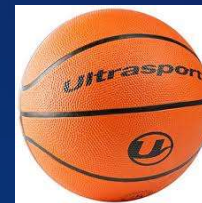
**1960-1970** *Carosello Moplen*

*<https://www.youtube.com/watch?v=-MdiskJFzkGE>*

*... È leggero, colorato e resistente .....*  
*..... e signora badi ben che sia fatto di moplen ...*

# PLASTICA: infinite possibilità nella vita di tutti i giorni

- Design
- Prestazioni e leggerezza
- Basso costo
- Packaging
- Abbigliamento
- Sport



## Salute e usi biomedicali

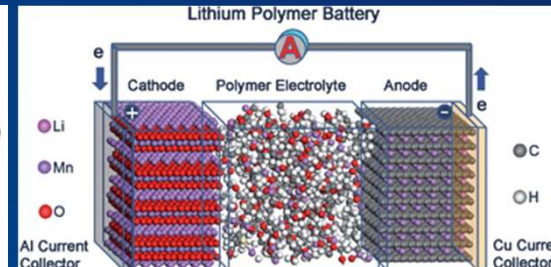
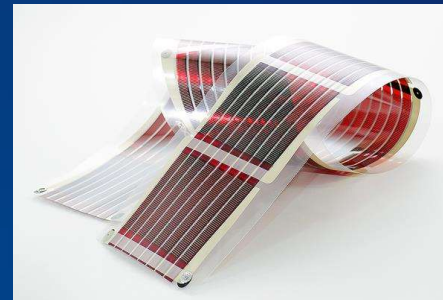
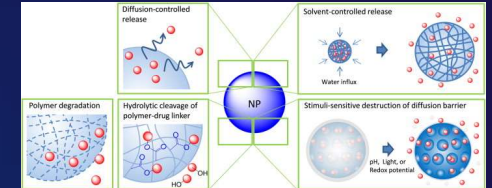
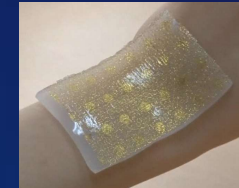
- NP per rilascio selettivo di farmaci
- Suture e PINS biorisorbibili
- Protesi
- Colle chirurgiche
- .....

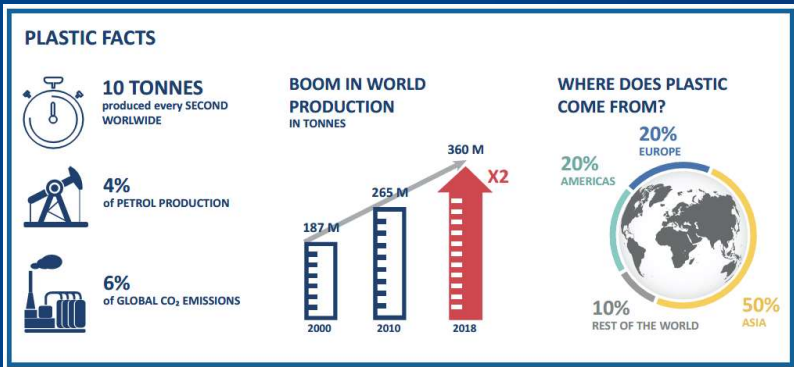
## Energia

- Elettrolita per batterie al litio
- Membrana per PEM
- Compositi per eolico
- Polimeri conduttivi
- Polimeri ottici
- polimeri per PV

## Elettronica

- Elettronica flessibile
- OLED





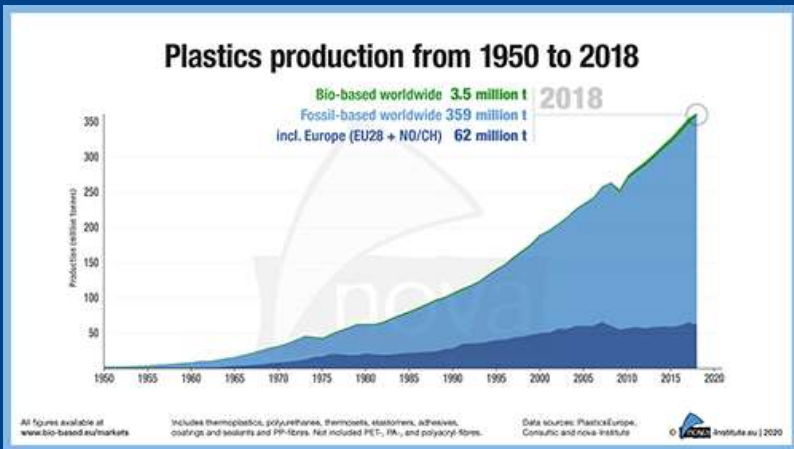
*Produzione mondiale 360 Mton/y → 45kg/p/y*

*Solo il PP «vale» lo 0.3% PIL del mondo*

*→ 45% packaging*

*Dal 1950 prodotte circa 8000 Mton di cui 65% smaltite in discarica:*

*→ Un cubo di 2 km di lato*



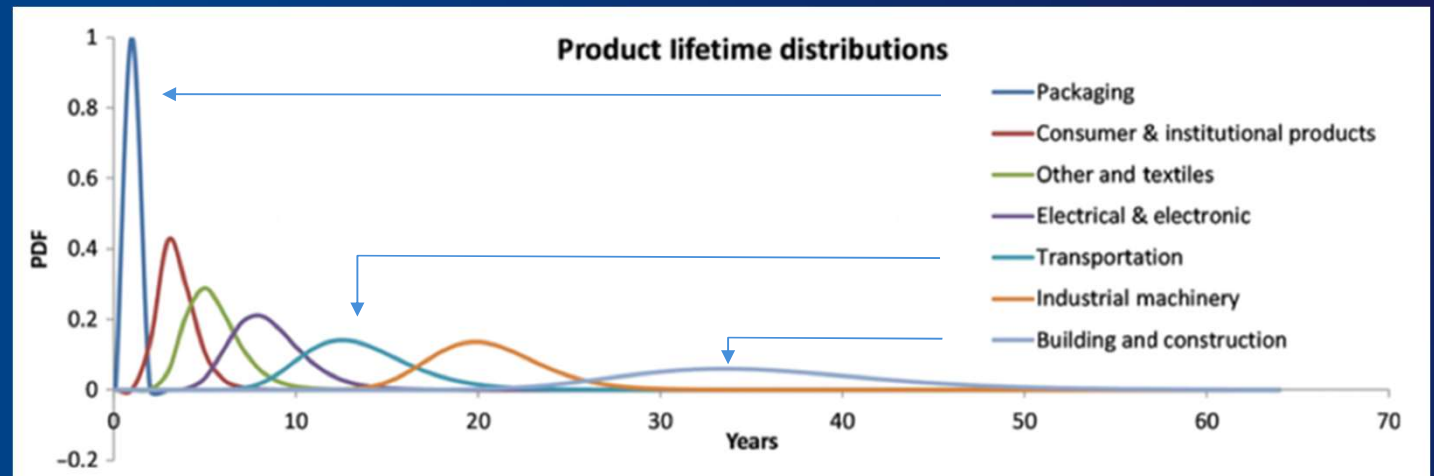
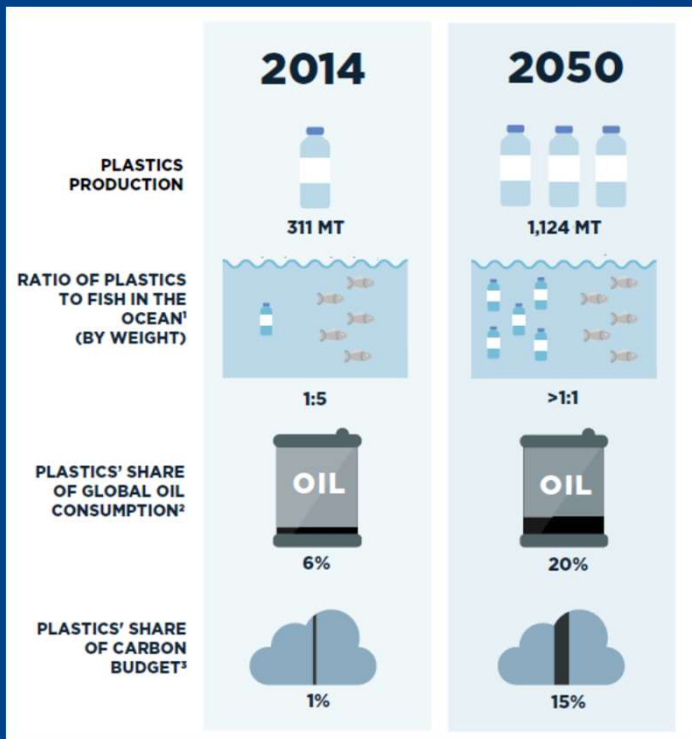
**2km**



### 2018 ADIDAS

*“Liberarci del poliestere vergine entro il 2024”*

- Ciclo di vita breve*
- Basso costo: usa & getta*







*Tempo di ciclo:  
vita edificio (>100 anni)*

## ***Riciclo chimico delle macerie.***

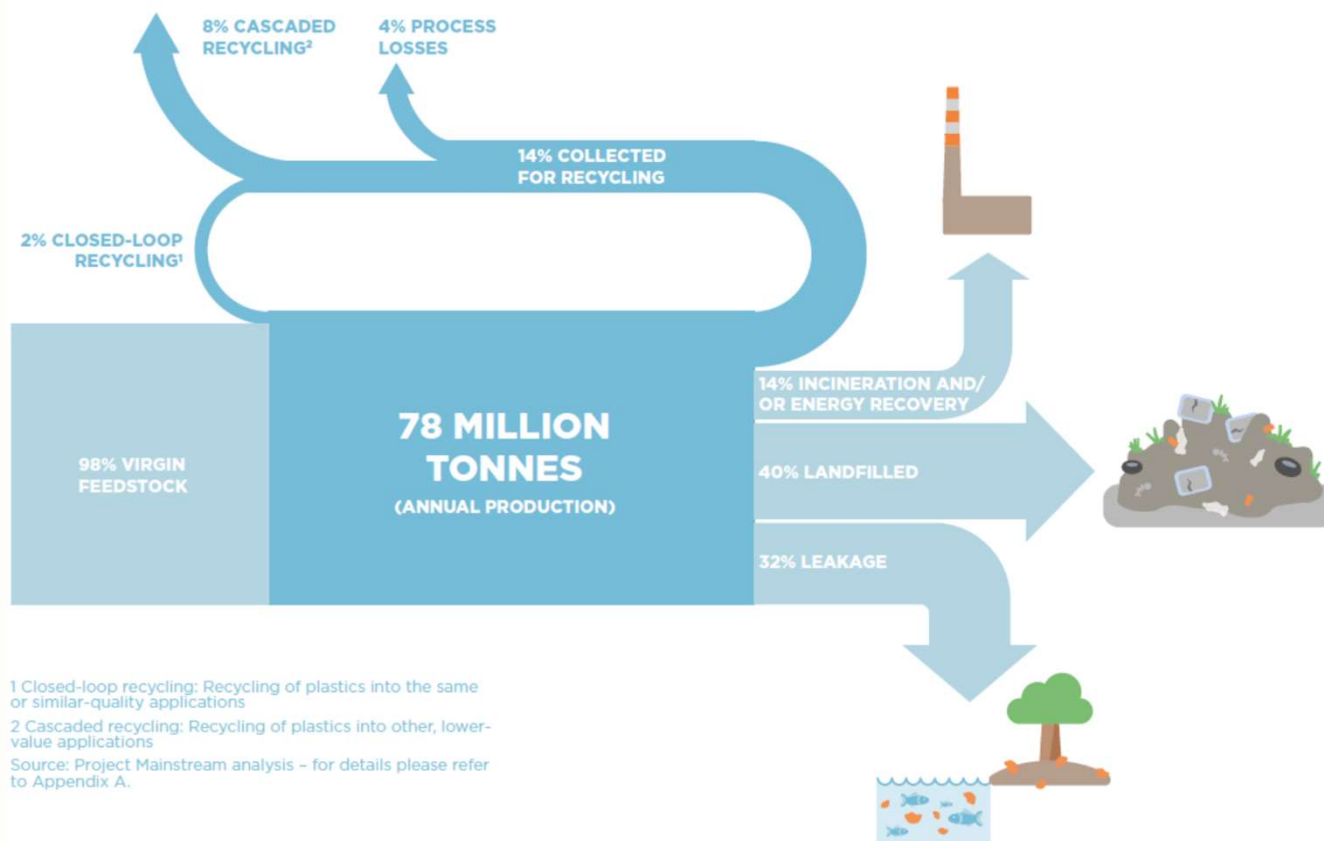
- *Non si può tornare però a ricostruire la cava.*
- *Si può ridurre il consumo di materiale di cava*

### ***Il riciclo non è implementato per la maggior parte della plastica usata oggi:***



- *in **Europa**, nei casi migliori, solo il **10-20%** di tutta la plastica in circolazione è riciclata, mentre la situazione generale è assai peggiore*
- *nel **mondo** essa è sostanzialmente **dispersa nell'ambiente**. Principalmente per i seguenti tre motivi:*
  - *plastica non selezionata ma gestita come rifiuto da incenerire*
  - *plastica selezionata ma utilizzata per il recupero energetico*
  - *plastica che viene smistata durante il processo di riciclaggio.*
- *Incenerimento è meglio discarica, ma il valore dell'energia recuperata è meno del **10%** del valore originale.*

**FIGURE 4: GLOBAL FLOWS OF PLASTIC PACKAGING MATERIALS IN 2013**

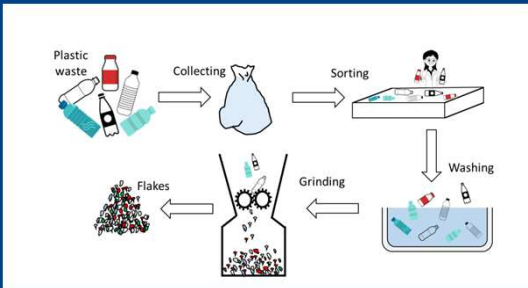


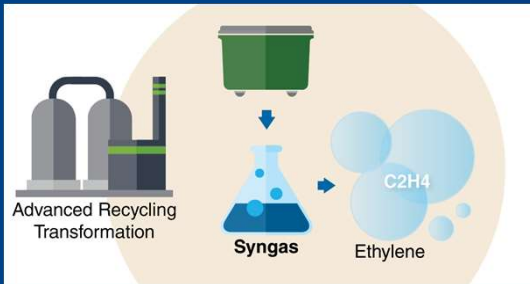
*Nel mondo, solo una quota marginale delle plastiche da imballaggio è riciclata*

*Sostanzialmente un modello di economia lineare "usa e getta"*

***Il riciclo non è implementato per la maggior parte della plastica usata oggi:***

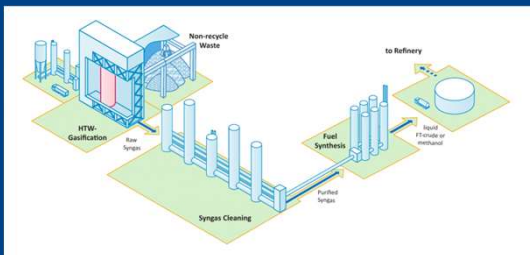
- *perdita di valore di circa il 50-60% di quello della plastica vergine a causa del decremento della qualità del polimero indotta dalla rifusione e alla scarsa domanda di plastica riciclata (alla fine il consumatore richiede qualità e prestazioni).*
- *il riciclo meccanico è in uso da diversi anni ed è relativamente economico ed efficiente dal punto di vista energetico.*
- *per recuperare in prestazione il polimero riciclato è diluito solitamente con il corrispondente polimero vergine, non realizzando così una circolarità integrale.*





*L'opzione attualmente emergente per il riciclo delle plastiche consiste nel **riciclo chimico**, favorito dall'ingresso nel settore delle grandi aziende chimiche (vedi Eni Versalys, Total, BASF, ...)*

*le materie plastiche di riciclo costituiscono una **fonte alternativa di carbonio e idrogeno** simile ai catrami di petrolio che può essere alimentata alle unità di raffineria*



*è possibile destinarle a impianti dedicati di **pirolisi** o di **ossicombustione** per produrre **virgin naphta** o **gas di sintesi** (vedi Eni-Maire Tecnimont), dai quali è possibile produrre l'intero spettro dei prodotti chimici, inclusi i **polimeri***



*il riciclo chimico è un processo che deve essere integrato nei processi petrolchimici e quindi destinato ad attori con un know how consolidato nel business chimico*

*Tornare a composti chimici primari impiegati per la produzione dei polimeri chiude il ciclo fornendo **polimeri che non hanno perdite prestazionali** in quanto sono del tutto identici a quelli ottenuti da materia prima fossile. Le plastiche di riciclo come una nuova fonte per gli impianti petrolchimici*

- *Pirolisi con idrogeno (analoga a visbreaking) con uscita virgin nafta*
- *Gassificazione a syngas*
- *cracking, hydrocracking con uscita virgin nafta*

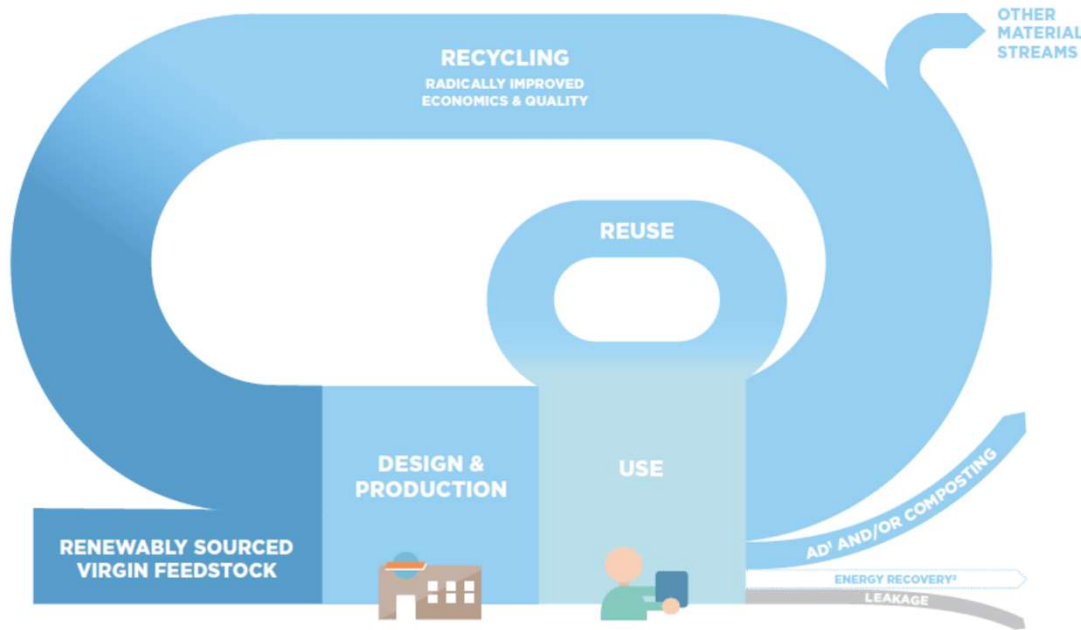
*Come tutti i processi di riciclo, il **secondo principio della termodinamica** ci dice che il riciclo dei polimeri non è gratis:*

**monomeri ↔ polimero + energia**



**FIGURE 6: AMBITIONS OF THE NEW PLASTICS ECONOMY**

**1 CREATE AN EFFECTIVE AFTER-USE PLASTICS ECONOMY**



**3 DECOUPLE PLASTICS FROM FOSSIL FEEDSTOCKS**

1 Anaerobic digestion  
 2 The role of, and boundary conditions for, energy recovery in the New Plastics Economy need to be further investigated  
 Source: Project Mainstream analysis.

**2 DRASTICALLY REDUCE THE LEAKAGE OF PLASTICS INTO NATURAL SYSTEMS & OTHER NEGATIVE EXTERNALITIES**

*Solo il 7% delle fonti fossili (petrolio, gas naturale) è indirizzato agli usi chimici.*

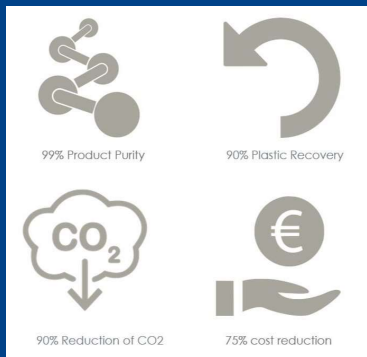
*Il 93% ha usi energetici*

*Smaltimento con recupero di energia: delay time*

### ***W2X waste to chemicals:***

#### *EU27:*

- *1000 kg/ab/y prodotti petroliferi*
- *500 kg/ab/y rifiuti urbani*
  - *Organico 26%*
  - *Plastica 5%*



*Visti i trend di riduzione del prezzo dell'energia a seguito dell'introduzione massiccia di fonti rinnovabili, i processi di rigenerazione chimica delle plastiche e in genere di tutti i rifiuti rappresenteranno sempre di più un'alternativa economicamente proficua rispetto alle valorizzazioni energetiche implementate sinora.*

*In linea di principio è possibile anche recuperare plastiche già presenti in discarica e attivare i processi di **urban mining***

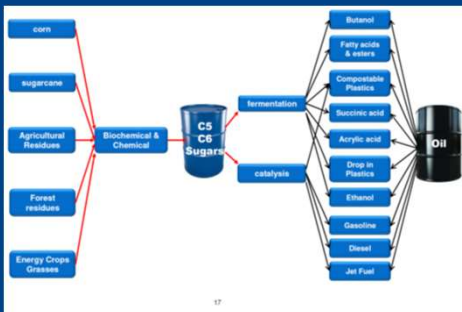






□ Biopolimeri biodegradabili e compostabili (PLA, PHPV)

- *Basse proprietà meccaniche, scarsa resistenza sforzi triassiali*
- *Compost fertilizzante non prestazionale (ridurre del 50% la produzione agricola implica 50% della popolazione ridotta alla fame)*
- *LCA deve essere fatta a parità di prestazioni per il consumatore e includere anche water and land foot print*
- *Contaminanti se non previsto un riciclo separato*
- *non così alta se a freddo e in ambiente salato*

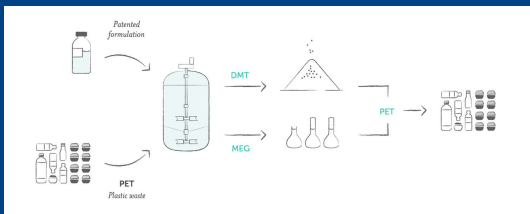


□ Fonti rinnovabili per plastica

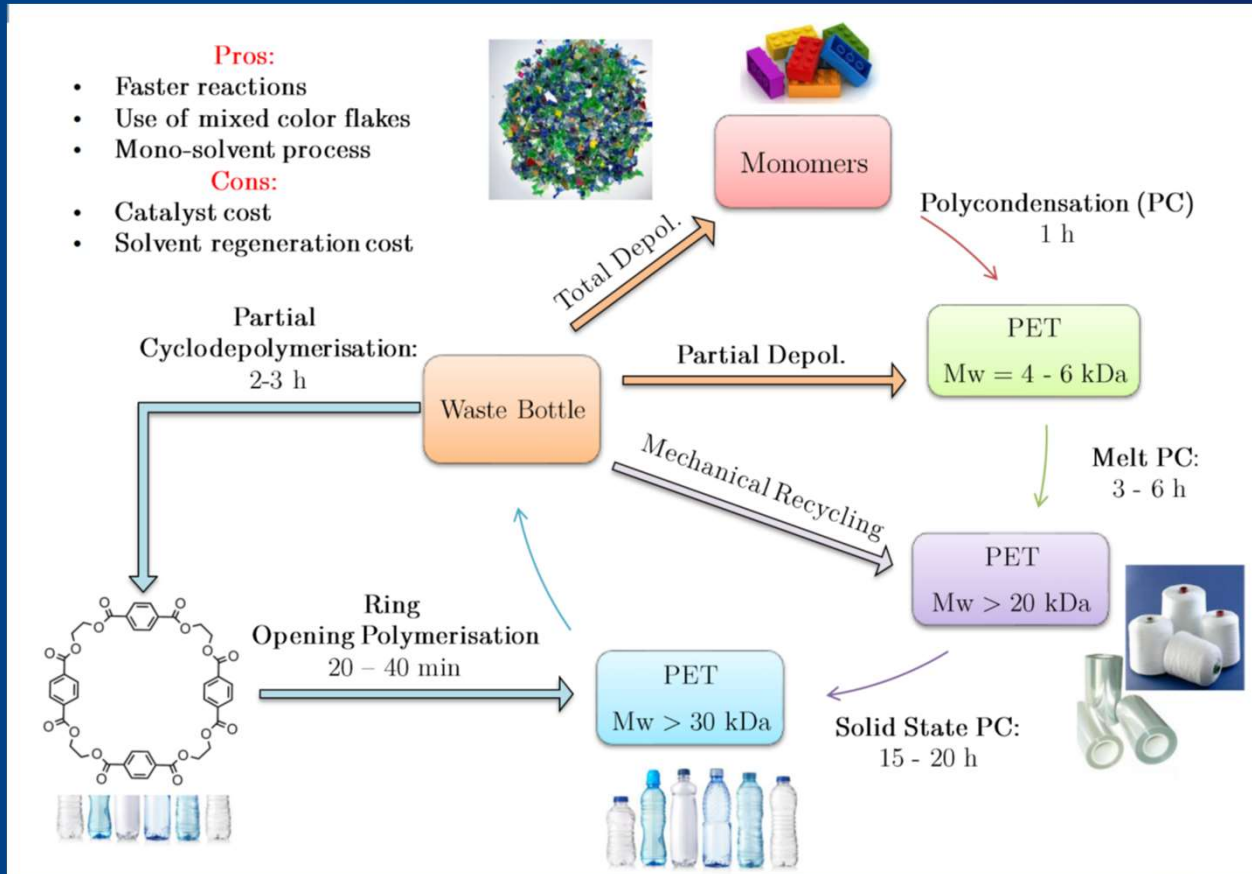
- *da fonti rinnovabili di scarto produzione degli stessi monomeri usati per i polimeri tradizionali*
- *Nessuna perdita di prestazione*

*Per gli scarti industriali, per i quali è possibile l'intercettazione in punti dedicati della catena logistica è possibile sviluppare processi di riciclo chimico ad hoc, indicati come **chemical upcycle** dove reazioni chimiche dedicate portano a nuove materie prime*

*Esempi tipici sono dedicati al recupero del PET :*



- *depolimerizzazioni parziali per il recupero di telomeri liquidi facilmente separabili dalle cariche e dagli additivi ad un costo energetico inferiore alla depolimerizzazione totale*
- *reazioni di glicolisi che portano a polioli impiegabili nella produzione dei poliuretani.*



*Alternative process to complete de-polymerization:*

- *High molecular weight PET after rapid re-polymerization (20-40 min vs 6-12 h)*
- *Reduced overall recycling time (4 h vs days)*
- *Easy removal of light contaminant 75% one step 98% two step*
- *High removal of heavy contaminants soluble in solvent 98%*
- *Open to mixed color flakes*

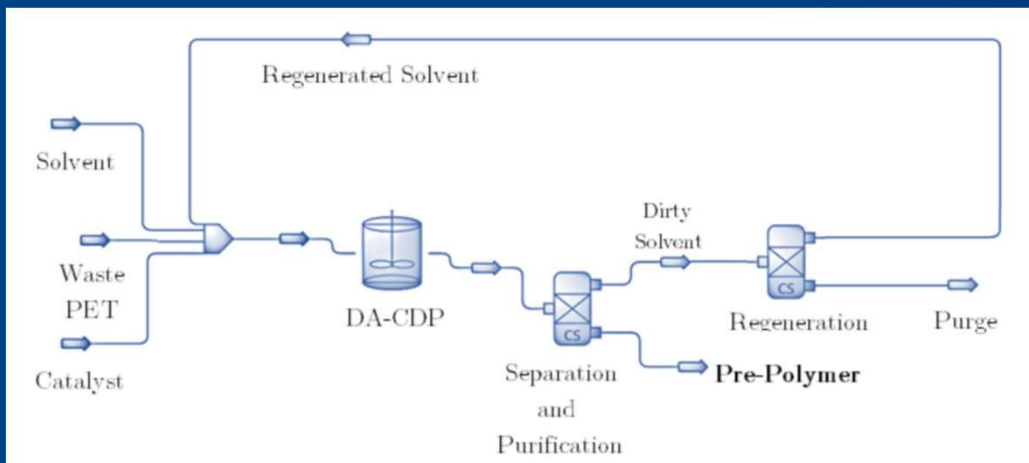
**VS**

- *Catalyst & solvent regeneration costs*

*Alternative process to complete de-polymerization:*

Process	Pellet \$/ton <sub>PET</sub>	Flakes \$/ton <sub>PET</sub>	100 g/l 0.1 % \$/ton <sub>PET</sub>	300 g/l 0.01 % \$/ton <sub>PET</sub>
Sorting	331	331	265 ↓	265 ↓
Washing and Grinding	169	169	169	169
Recycling Technology	688	274	531 ↓	231 ?
<b>Total Energy Cost</b>	<b>1188</b>	<b>774</b>	<b>965 ↓</b>	<b>665 ?</b>

- *Catalyst speeds up the reaction and increasing its amount the technology and the energy costs decrease*
- *Simple process suitable also for small chemical firms*
- *Lack of maturity*





*L'Ecologia industriale rende oggi disponibili uno spettro di strumenti di analisi la cui integrazione permette di valutare le "esternalità" ambientali e sociali nel quadro delle valutazioni di fattibilità e di sostenibilità di processi e prodotti, siano essi beni materiali o servizi:*

**CO2**

**LAND**

**H2O**

**SOCIAL**

**TOXIC**

- **LCSA (Life Cycle Sustainability Assessment):** che integra gli strumenti codificati della LCA rivolti alla valutazione di impatti ambientali, con quelli, di più recente sviluppo, del Life Cycle Costing (LCC) e della S-LCA (Social Life Cycle Assessment).
- **MFA (Mass Flow Analysis):** L'analisi dei flussi e degli "stock" di risorse materiali
- **EEIOA (Environmentally Extended Input–Output Analysis):** Le tabelle input-output (IOT) in economia quantificano le transazioni che avvengono tra diversi settori industriali in un sistema economico.

.....