Italian National Agency for New Technologies,
Energy and Sustainable Economic Development

Riciclo chimico: opportunità e sfide

Rimini, 27-10-2021

Riccardo Tuffi – ENEA - SSPT-USER-T4RM

Produzione mondiale e settori di impiego della plastica

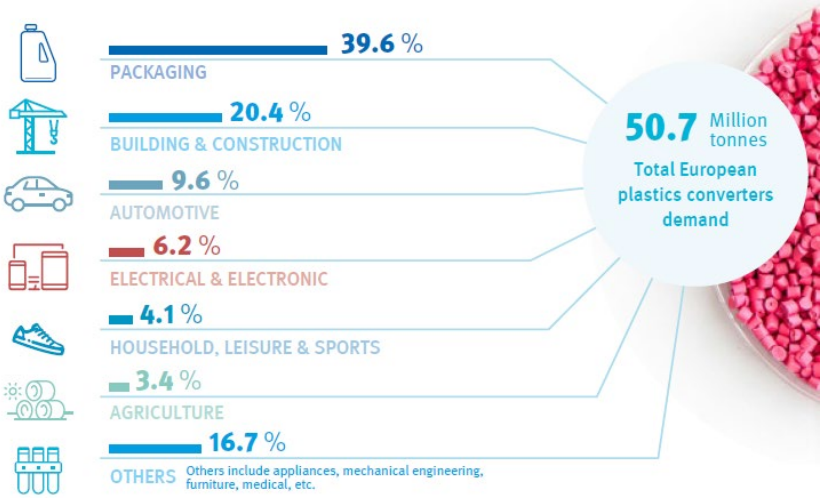
Plastic the Facts: 2020

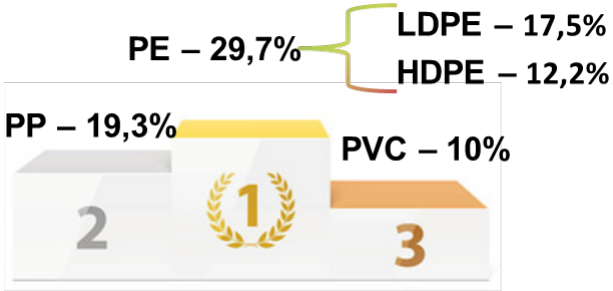
World

2018 359 million tonnes → 2019 368 million tonnes

Europe (EU28+NO/CH)

2018 61.8 million tonnes → 2019 57.9 million tonnes





Obiettivi di riciclo della plastica da imballaggio

DIRETTIVA (UE) 2018/852 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 94/62/CE sugli imballaggi e i rifiuti di imballaggio

OBIETTIVI PER MATERIALE: IMBALLAGGI

2025

- 50% plastica
- 25% legno
- 70% metalli ferrosi
- 50% alluminio
- 70 %vetro
- 75% carta e cartone

2030

55% plastica
30% legno
80% metalli ferrosi
60% alluminio
75 %vetro
86% carta e cartone

In Italia nel 2018 gli imballaggi in plastica avviati al riciclo sono stati il 46% (pari a 1,05 Mt) dell'immesso al consumo.

PET

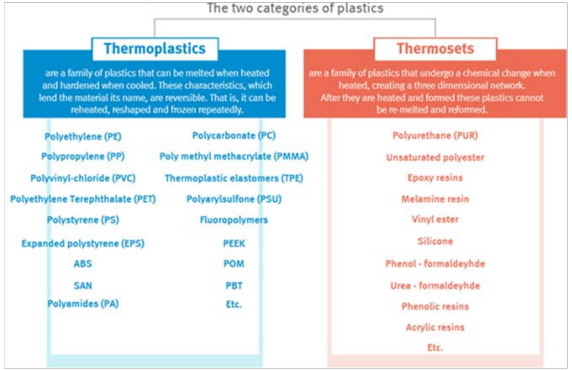
40%

HDPE

Criticità riciclo meccanico I

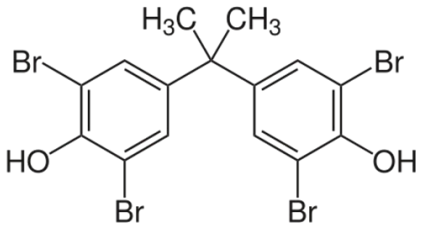
Migliorare il tasso di riciclo della plastica non è semplice (I):

- Estrema eterogeneità delle plastiche presenti



- Contaminazione e presenza di additivi

Es.: residui di cibo, carta, alluminio…



Es.: ritardanti di fiamma bromurati nelle AEE

Criticità riciclo meccanico II

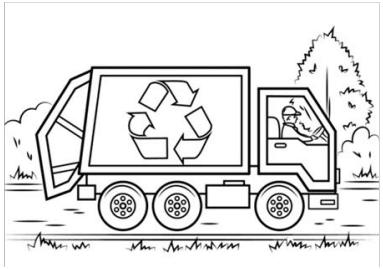
Migliorare il tasso di riciclo della plastica non è semplice (II):

- Difficoltà nel trovare un mercato ai prodotti del riciclo

300 incendi negli impianti di deposito rifiuti in plastica nel 2017-2018

Nel 2014 in Europa circa il 13% del totale di plastica da imballaggio destinata al riciclaggio sia arrivato al mercato degli European Converter, mentre un 30% è stato esportato, senza informazioni sul destino finale.

- Grandi volumi per piccoli pesi

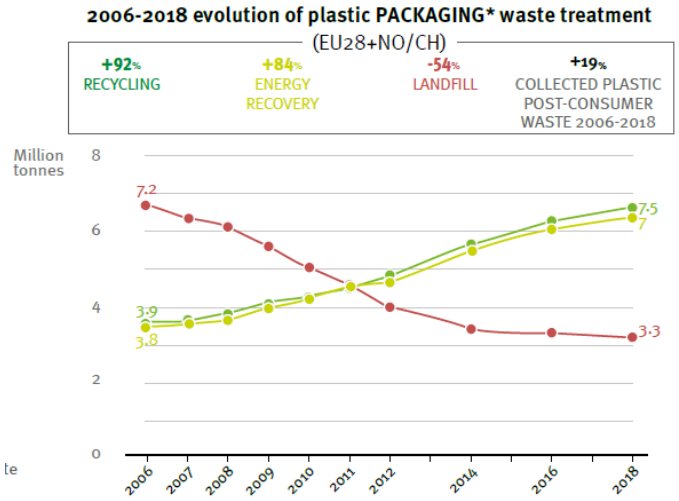


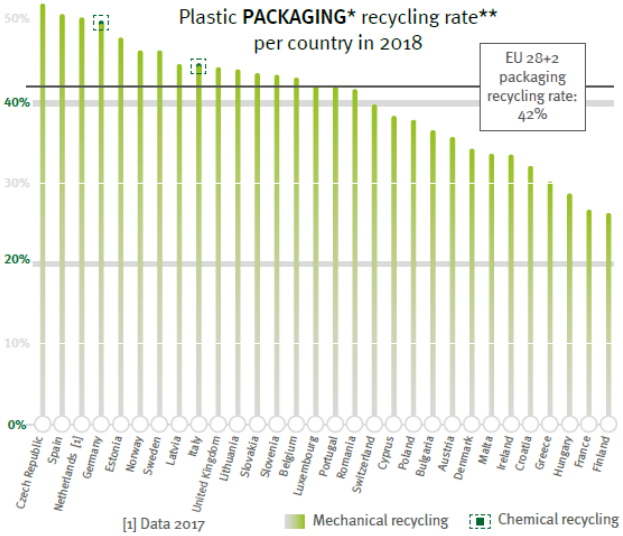
Obiettivi e azioni in Europa

The Circular Plastics Alliance endorses the ambitious target that by 2025 at least 10 Mt of recycled plastics (7.8 Mt in 2018).

Actions:

- Design for recycling,
- Collection and sorting,
- Recycled content,
- R&D and investments,
- Monitoring,
- Governance.



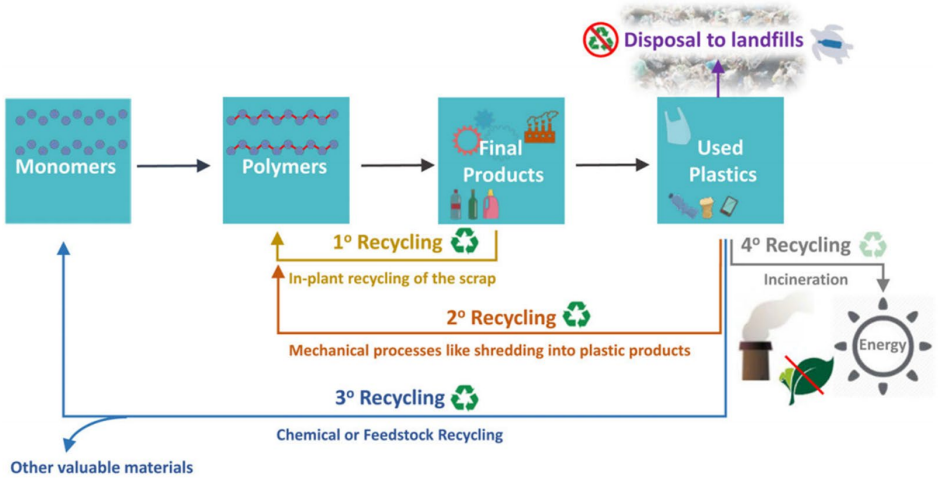


We commit to define the R&D and investment needs, including the scale up of chemical recycling

Circolarità delle materie plastiche

Source: Cefic

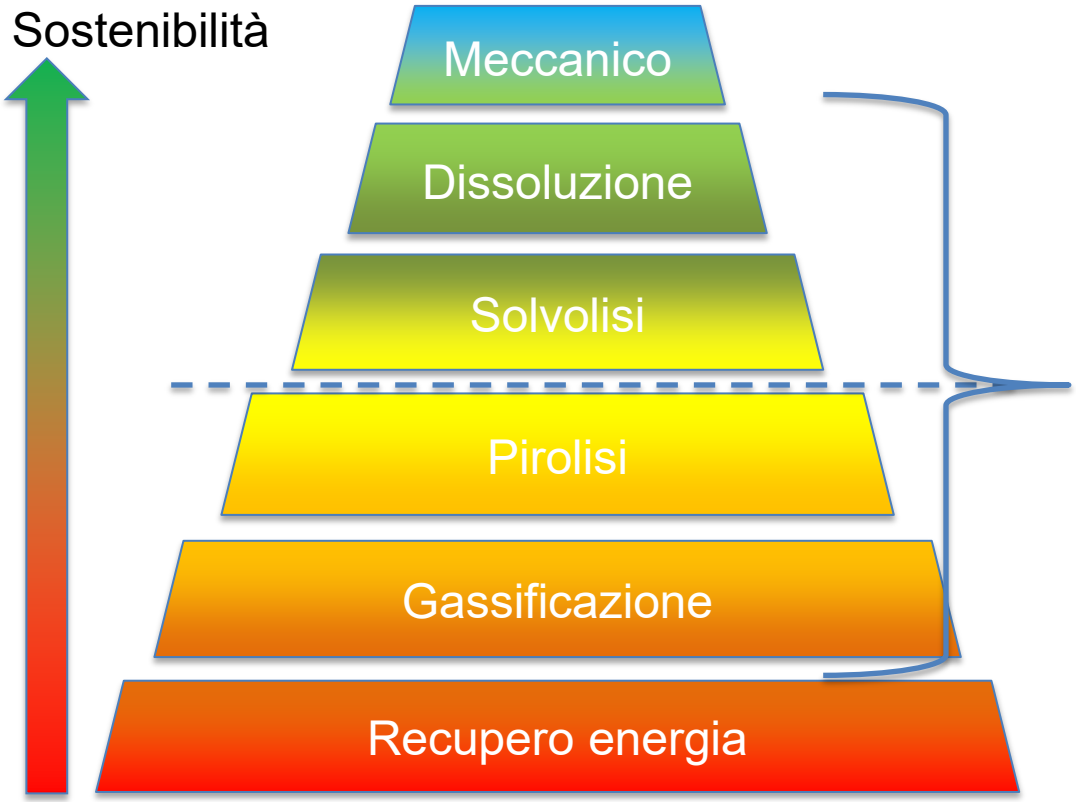
ASTM D5033-00 - Standard Guide for Development of ASTM Standards Relating to Recycling and Use of Recycled Plastics



Tecnologie di Riciclo chimico:

- Solvent-based
  - Dissolution/purification
  - Alcoholysis
  - Hydrolysis
  - Ammonolysis and Aminolysis
  - Enzymolysis
- Thermochemical
  - Pyrolysis
  - Gasification
  - Hydrocracking

Gerarchia delle tecnologie di riciclo



Complessità dei prodotti

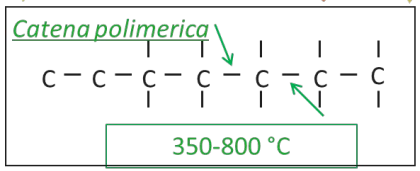
- Monomateriale
- Materiali misti
- Materiali inquinati
- Car fluff/CSS

- Polimero
- Monomero
- Miscela di chemicals
- Syngas
- Energia

Complessità del rifiuto

Pirolisi

N_2



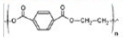
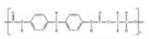
Q

Monomeri, Frammenti di catena polimerica, Prodotti di reazioni secondarie

5-30 %p/p

40-90 %p/p

5-20 %p/p

RESIN	STRUCTURE	MAJOR ORIGIN OF WASTE	THERMOLYSIS PRODUCT	
PE		Household, industrial plastic packaging, agricultural plastics	Waxes, paraffins, olefins	OIL REFINERY FEEDS > CHEMICALS, DIESEL
PP		Household and industrial plastic packaging, automotive	Waxes, paraffins, olefins	
PS		Household, industrial plastic packaging, construction, demolition, WEEE	Styrene, its oligomers	MONOMERS
PA-6		Automotive waste	Caprolactam	
PMMA		Automotive, construction waste	MMA (methyl methacrylate)	
PET		Household plastic packaging	Benzoic acid, vinyl terephthalate	UPGRADING > CHEMICALS, FUELS
PUR		Construction, demolition, automotive	Benzene, methane, ethylene, NH3, HCN	
PVC		Construction plastic waste	HCl (< 300C), benzene	

- Parametri di processo
- Carica in ingresso
- Tipologia di reattore
- Presenza di catalizzatori

Pirolisi - Vantaggi

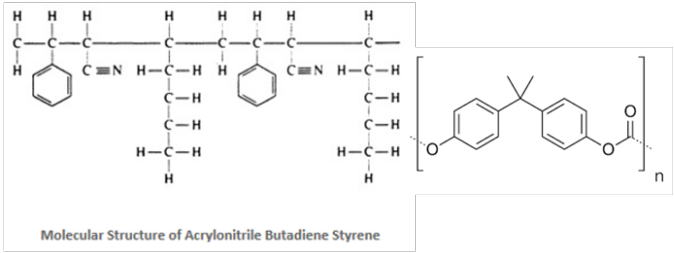
- **Bassa qualità della carica in ingresso rispetto al riciclo meccanico**
  - miscugli di plastiche eterogenee che non è possibile, tecnologicamente o economicamente, separare ulteriormente;
  - Resine termoindurenti impossibili da riciclare meccanicamente
  - plastiche laminate e composite impossibili da separare nelle varie componenti;
  - plastiche «invecchiate», le cui proprietà fisiche sono state compromesse dall'esposizione ad agenti chimici o atmosferici;
  - plastiche contaminate da alimenti, terra, carta, metalli, ecc.
- **Riciclo infinito delle materie plastiche**
- **Tutti i prodotti di reazione sono potenzialmente sfruttabili come fuel o chemicals**
- **Ridotti volumi di gas e assenza di emissioni (diffuse?)**
- **Riduzione gas serra e materie prime vergini**
- **Modularità e capacità impiantistica**
- **Recupero metalli non ossidati**
- **Assenza/riduzione diossine**

Pirolisi – Criticità I

- Bassa qualità della carica in ingresso si riflette sulla qualità finale dei prodotti
- Necessità di avere un rifornimento costante sia qualitativamente che quantitativamente
- Olio costituito da una miscela complessa da cui è difficile separare sostanze inquinanti e componenti di interesse
- Destino finale dei prodotti ottenuti
- Processo endotermico
- Costo e gestione catalizzatori
- Difficoltà di caricamento e scelta della configurazione impiantistica
- Accettabilità sociale e politica
- Ostacoli legislativi ai prodotti ottenuti

Pirolisi – Criticità II

Blend PC/ABS + BFR da RAEE R4



400 °C, N_2

- Monoaromatici:
  - Benzene,
  - Stirene,
  - Toluene, ….
- Fenolo

- Composti azotati
- Composti bromurati
- Composti ossigenati
- Composti policiclici aromatici

Eni S.p.A\ Downstream R&D
Centro ricerche di San Donato Milanese (MI)
Via Felice Maritano 26, 20097 San Donato Milanese

Analisi:

- Il campione presenta un intervallo di ebollizione C5-500°C, con rese stimate da simdist:
  - C5-180°C full range nafta 51%
  - 180-370°C middle distillates 42%
  - 370 -500°C vacuum gasoil 7%
- Il prodotto, a basso contenuto di zolfo (0.594 %m/m) ha natura prevalentemente aromatica (ca. 70% aromatici), come anche evidenziato dalla elevata densità. L'acidità è alta (TAN = 0.91 mg KOH/g)
- Tra gli inquinanti presenti in quantità significativa si segnalano
  - Cloro 570 ppm
  - Azoto totale 4.4 %m/m
  - Fosforo 190 ppm, Stagno 52 ppm

Riciclo chimico – Possibili soluzioni

- ✓ Stimolare l'innovazione e gli investimenti
- ✓ Integrazione con impianti chimici e petrolchimici
- ✓ Certificazione della sostenibilità dei prodotti
- ✓ Standard sulla qualità dei rifiuti da trattare
- ✓ Accesso a una materia prima costante
- ✓ Approccio basato sul bilancio di massa
- ✓ Quadro normativo e regolatorio favorevole

Riciclo Chimico - PNRR

1. Avviso di pubblicazione dei Decreti inerenti gli Inv. 1.1 e 1.2 della missione M2C1

MINISTERO DELLA TRANSIZIONE ECOLOGICA

D.M. 396 del 28/09/2021
D.M. 397 del 28/09/2021

I decreti relativi all'approvazione dei criteri di selezione dei progetti (online anche il relativo avviso) prevedono ben un miliardo e mezzo di euro per la realizzazione di nuovi impianti di gestione dei rifiuti e l'ammodernamento degli impianti esistenti e 600 milioni di euro per la realizzazione di progetti faro di economia circolare per filiere industriali strategiche;

Linea d'Intervento C

Realizzazione di impianti innovativi e fortemente automatizzati per nuove filiere che portino a recupero flussi ora a smaltimento. Trattamento di pannolini e tessuti igienici per la produzione di cellulosa; impianti per il recupero di rifiuto da spazzamento stradale per la produzione di inerti e sabbie per aggregati da utilizzare in edilizia; impianti per il riciclaggio di rifiuti da costruzione e demolizione, impianti di recupero delle alghe spiaggiate sui litorali, impianti per il recupero di materassi (poliuretano, parti metalliche, ecc), impianti di selezione e recupero ingombranti, **impianti waste to chemicals per la produzione di componenti chimici di base (p.e. metanolo, etanolo, idrogeno) per plastiche circolari, prodotti chimici e biocarburanti**; impianti per l'estrazione di bioplastiche (PHA) da rifiuto organico.

Esperienze di riciclo chimico I

ChemCycling impianto da 16 kt di rifiuti plastici misti

Marlex® Anew™ Circular Polyethylene PE da rifiuti plastici misti

Infinia depolimerizzazione di PET opaco

Hoop impianto di pirolisi del plasmix da 6 kt

Esperienze di riciclo chimico II

Pyroware riciclo chimico di PS per la produzione di gomma SBS

Produzione di MMA di seconda generazione da PMMA (27 kt)

Processo Pyrolyx per la produzione di carbon black da pirolisi di PFU

Gassificazione di plasmix e CSS per la produzione di syngas e metanolo

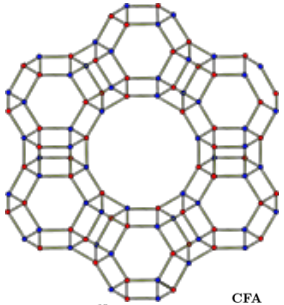
Attività di ricerca T4RM I

- Sintesi, caratterizzazione e performance di catalizzatori da rifiuti

Coal Fly Ash

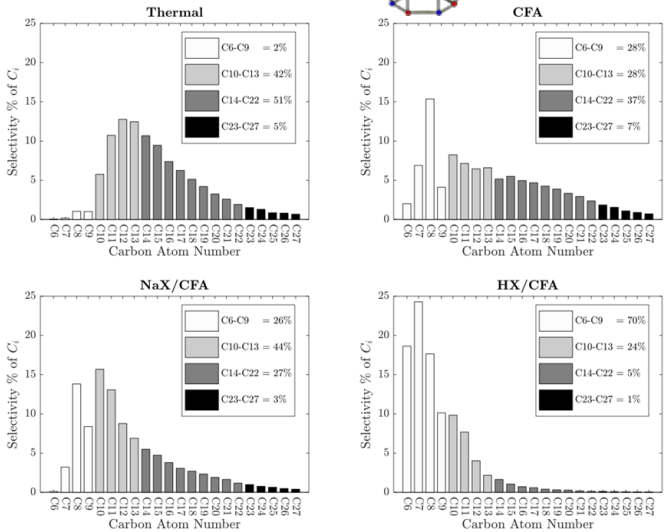
Red Mud

Processi idrotermali



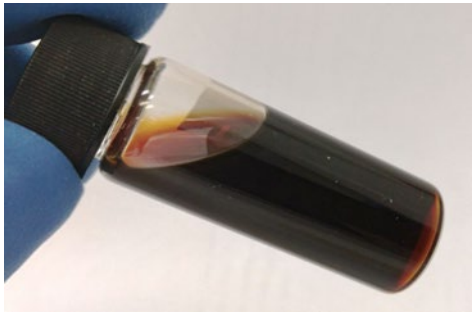
Zeolite Faujasitica

Pirolisi catalitica di plasmix a 450 °C



Attività di ricerca T4RM II

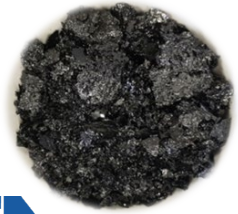
- Upgrading di olio di pirolisi prodotto da plastica RAEE



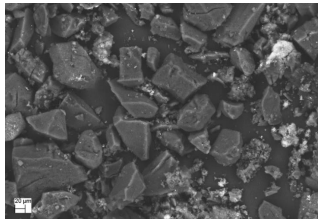
- Pirolisi catalitica
- Idrogenazione
- Distillazione

Materiale adsorbente

- Valorizzazione char



Processi termochimici



1841 m^2/g
10 w/w% CO_2

Riccardo Tuffi,
riccardo.tuffi@enea.it
SSPT-USER-T4RM
CR ENEA Casaccia
Via Anguillarese 123 - Roma

Grazie per l'attenzione !