



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI RIMINI

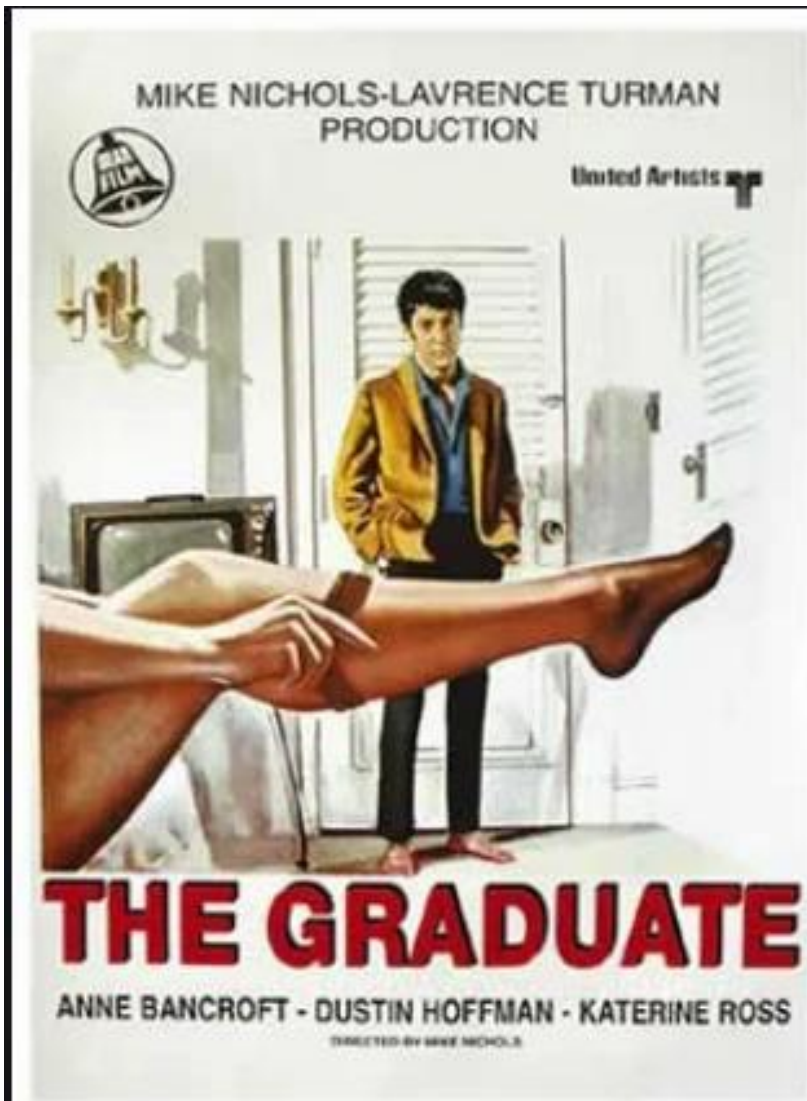
Il Futuro del Packaging

Vincenza Andrisano, Matteo Minelli

Centro interdipartimentale per la ricerca
industriale- Meccanica avanzata e dei materiali
CIRI-MAM TECNOPOLO RIMINI

21 Aprile 2021

Il Laureato 1967



Mr McGuire: 'Voglio solo dirti una parola. Una sola parola.'

Benjamin: 'Sì.'

Mr McGuire: 'Mi stai ascoltando?'

Benjamin: 'Sì, la sto ascoltando.'

Mr McGuire: '**Plastica.**'

Benjamin: 'Che cosa intende?'

Mr McGuire: 'C'è un grande futuro nella **plastica**. Pensaci. Ci penserai?'



Table 1 Significant developments in the field of plastics during the 20th century¹¹

Year	Event
1907	The first fully synthetic thermosetting resin was made by condensing formaldehyde with phenol, and named Bakelite by/after its discoverer, Leo Baekeland.
1912	Cellophane was patented by its creator Jacques E. Brandenberger.
1926	While working at the B.F. Goodrich Company, Waldo Semon managed to plasticise PVC by blending it with various additives. The result was a more flexible and more easily processed material that soon achieved widespread commercial use.
1930	Neoprene was first manufactured by DuPont, under the name DuPrene.
1930s	Polystyrene was first manufactured by IG Farben (the precursor company to BASF)
1931	The vinyl-based material, Victrolac, was used by RCA Victor for manufacturing 'vinyl' records, which were an improvement on records made from shellac, with twice the groove density and good sound quality.
1933	The first industrially practical polyethylene synthesis was discovered by Eric Fawcett and Reginald Gibson, while working for the Imperial Chemical Industries (ICI) at Northwich, UK.
1935	The first nylon (nylon 6,6) was produced using diamines on 28 February 1935, by Wallace Hume Carothers, while working at DuPont. (Prompted by Carothers' work, Paul Schlack at IG Farben developed nylon 6 – based on caprolactam – on 29 January 1938.)
1938	Nylon was first used to make the bristles for toothbrushes. It featured at the 1939 world's fair, and in 1940, was famously used to make stockings ('nylons') from.
1938	Polytetrafluoroethylene (more usually called Teflon) was discovered by Roy Plunkett, an employee at DuPont.
1941	Polyethylene terephthalate (PET) was patented by John Rex Whinfield, James Tennant Dickson and their employer, the Calico Printers' Association of Manchester, UK.
1950	Polyester was first manufactured by DuPont.
1951	Polypropylene was formed by polymerising propene by J. Paul Hogan and Robert L. Banks, working at Phillips.
1953	Polycarbonate was developed independently by Hermann Schnell working at Bayer, and by Daniel Fox at General Electric.
1954	Propylene was first polymerised to a crystalline isotactic polymer by Giulio Natta, and also by the German chemist Karl Rehn.
1954	Expanded polystyrene was developed by the Koppers Company in Pittsburgh, Pennsylvania, under the trade name Dylite.
1957	The Italian firm Montecatini began large-scale commercial production of isotactic polypropylene.
1960s	High-density polyethylene bottles were introduced, which rapidly replaced glass bottles for most uses.
1965	Kevlar was developed by Stephanie Kwolek, working at DuPont.
1980s	Polyester film stock was used to replace cellulose acetate for photographic film and computer tapes.
1988	The first polymer bank notes were issued in Australia.



Produzione di plastica

- ❖ Nel **1967**, la produzione primaria di plastica ammontava a circa **23 milioni di tonnellate (Mt)**.
- ❖ Dal **2004 ad oggi**, la produzione di plastica mondiale uguaglia quella dei primi 50 anni del secolo precedente e ammonta a **8.3 miliardi di tonnellate**, per la maggior parte derivate dai gas naturali e da petrolio.
- ❖ Fra il **1950 e il 2015**, sono stati prodotti **rifiuti di plastica (primari e secondari da riciclo)** per un totale di **6.3 miliardi di tonnellate**
- ❖ Di questi **rifiuti di plastica** circa il **9%** è riciclato, e il **12%** smaltito in inceneritori, il rimanente **79%** stoccato nelle **discariche o rilasciato nell'ambiente**.



Packaging



- ❖ Nel 2015, **407 milioni di tonnellate (Mt) di plastica** prodotte, **164 Mt** è stato impiegato nel **PACKAGING** (36% of the total).
- ❖ **10%** dei rifiuti municipali è plastic
- ❖ **II PACKAGING** tiene conto d un terzo di tutta la plastic usata, di cui circa il **40%** va alla discarica, mentre il **32%** sfugge dai sistemi di raccolta
- ❖ Circa **9 Mt di plastica** versati negli oceani nel 2010, per cattiva gestione dello smaltimento rifiuti



Rifiuti di plastica su una spiaggia
nel sud ovest della Francia



Soluzioni per un'economia virtuosa e sostenibile del packaging

❖ Riciclaggio

❖ Compostaggio

❖ Biodegradazione

❖ Degradazione

❖ Incenerimento



Cellulose derivatives,
Sugar based
PE & PVC,
Castor oil based
PU & PA



renewable

Starch blends,
Cellophane,
PLA, PHA

durable

biodegradable

Most plastics
PE, PP, PS, PVC,
PET, PMMA, PU,
PA,

fossil

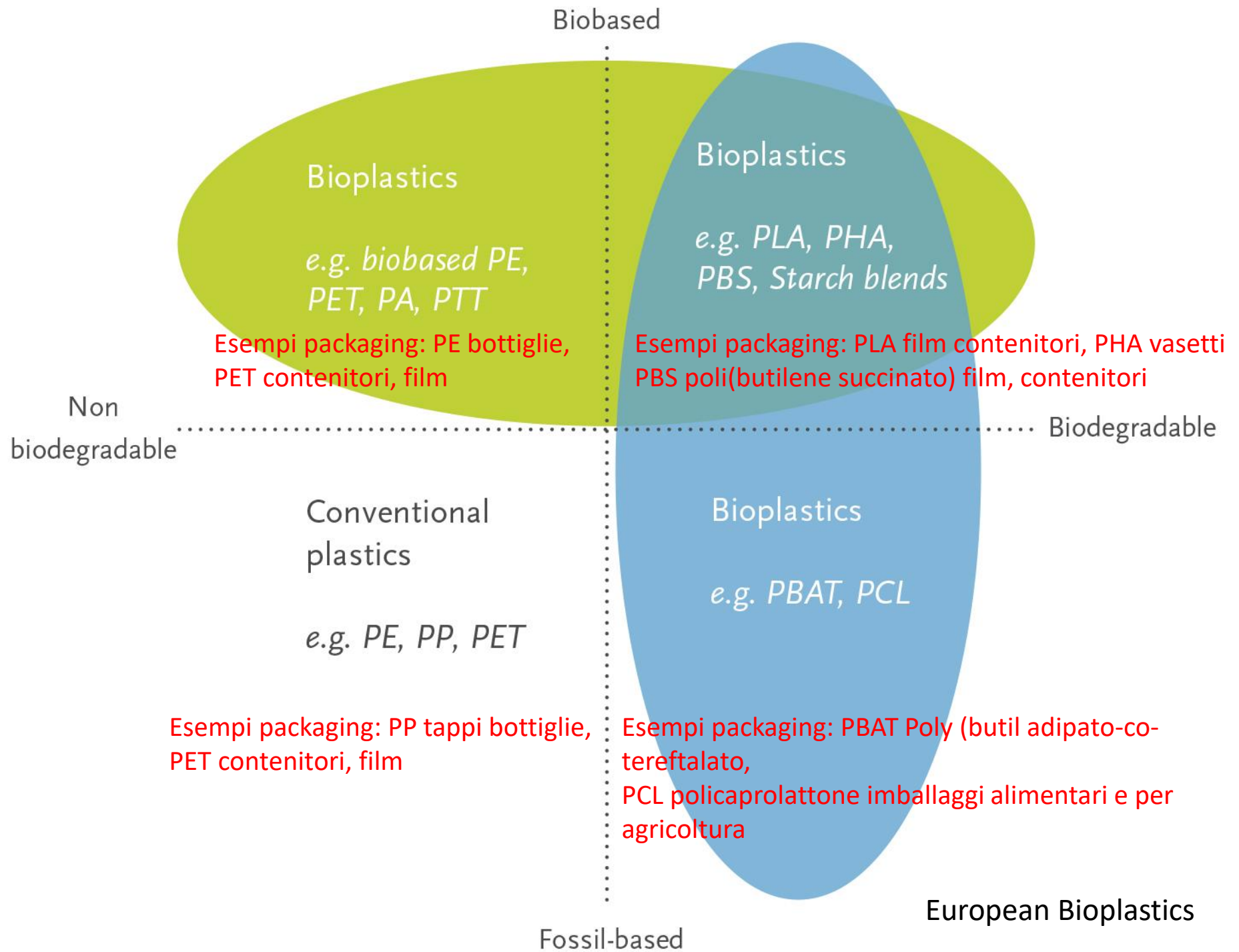


PCL, PBAT,
PBS,

PVOH/PVA,

PE, PP with
prodegradants





Bioplastics are
already part of our
EVERYDAY
LIFE.



Bioplastiche

I° generazione bioplastiche generate da biomasse da piante ricche in carboidrati, che possono essere usati come cibi (zucchero di canna, mais e grano, etc...)

II° generazione bioplastiche generate da piante non adatte all'alimentazione (es. cellulosa) o materiali di scarto dalla I° generazione (olii vegetali esausti, bagassa, stoppa di mais, etc.)

III° generazione bioplastiche generate da alghe

Proprietà:

Biodegradabile –plastica che può essere degradata da microorganismi nell'ambiente

Compostabile –plastica che viene degradata da microorganismi e produce sostanze utili alla crescita di piante nel suolo (concime)

Durevole – plastica resistente che, indipendentemente dalla fonte, non viene degradata



Packaging riciclabile PET e PE

Velocità di incremento
riciclo /anno

Europa 30%

Cina 25%

USA 9%



- ❖ Un uso sostenibile delle fonti di carbonio, sia di origine fossile che bio, deve coinvolgere la produzione di **plastiche riciclabili**
- ❖ Sia **petro-** che **bio-**based plastiche coesisteranno nella produzione di materiali sostenibili di costo accettabile per ancora un lungo periodo di tempo.
- ❖ L'uso aumentato di **bioplastiche** e **biocompositi** potrà avere implicazioni sulle plastiche riciclate nel prossimo future.
- ❖ Se può essere economicamente costoso riciclare, le **operazioni di riciclo convenzionali** della plastica sono già portate avanti dalle industrie.

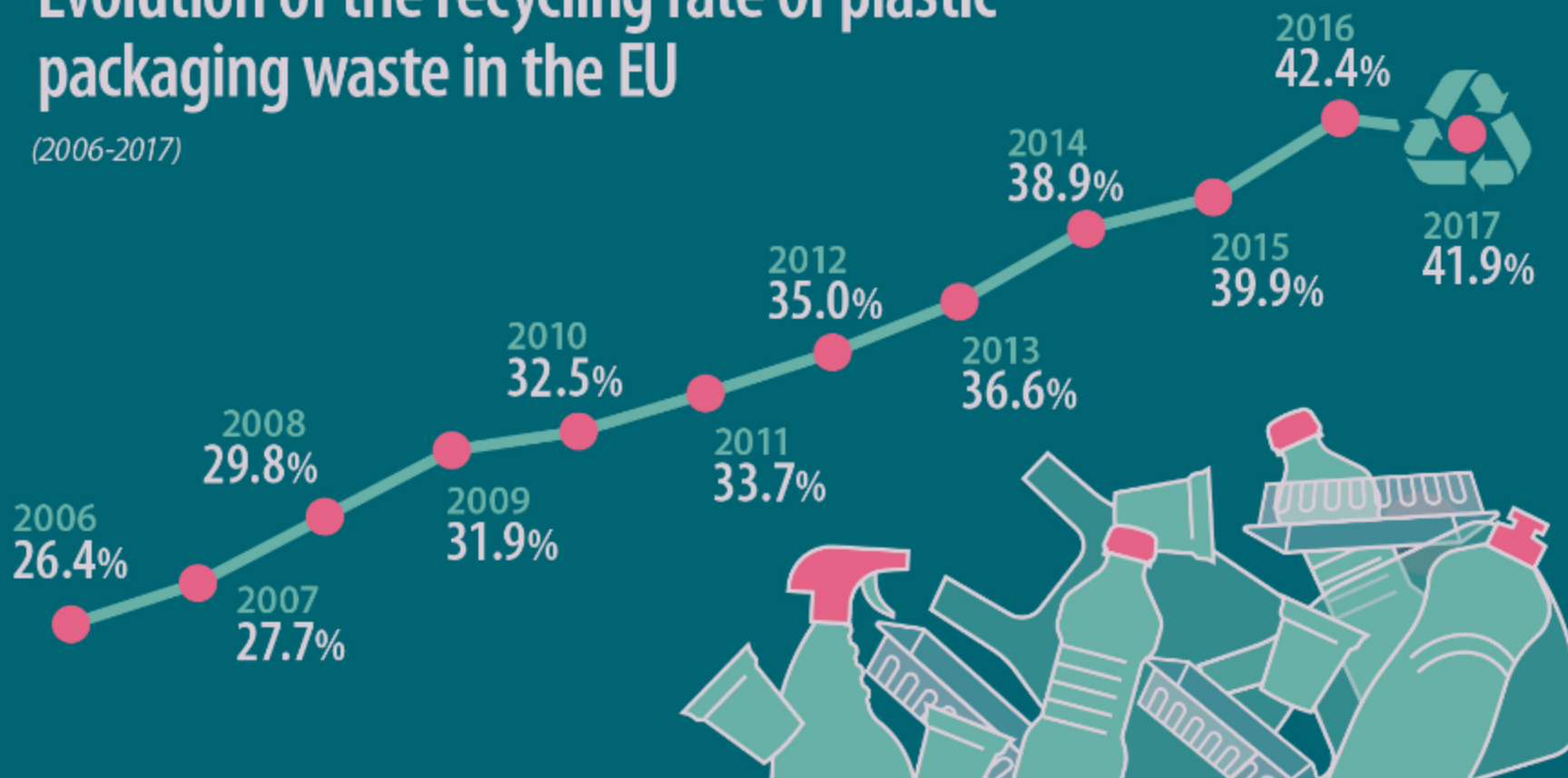
Più usato

Metodo di riciclaggio meccanico:

- 1) Lavaggio
- 2) Triturazione
- 3) Fusione
- 4) stampaggio

Evolution of the recycling rate of plastic packaging waste in the EU

(2006-2017)



ec.europa.eu/eurostat 



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
CAMPUS DI RIMINI

Degradazione di rifiuti di plastica

- ❖ E' stato recentemente identificato un batterio, *Ideonella sakaiensis*, dotato della capacità di usare il **PET** come principale fonte di carbonio e di Energia per la sua crescita.
- ❖ Nella sua forma naturale, non è completamente capace di consumare il PET cristallino
- ❖ L'enzima PETase è responsabile della depolimerizzazione del PET to a mono(2-hydroxyethylterephthalic acid (MHET), insieme a quantità inferiori di terephthalic acid (TPA) and bis(2-hydroxyethyl)-TPA.

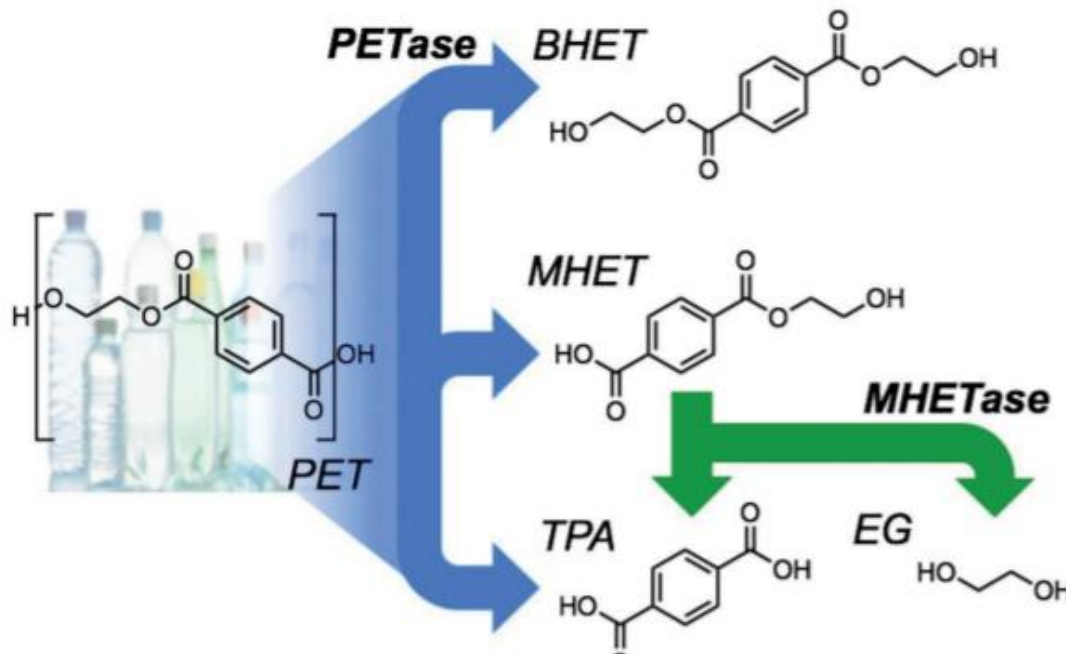


Figure 17 PETase catalyses the depolymerization of PET to bis(2-hydroxyethyl)-TPA (BHET), MHET, and TPA. MHETase converts MHET to TPA and EG. Reproduced with permission from Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) (see ref. 201).

Degradazione dei rifiuti di plastica

- ❖ **L'incinerimento** è un altro mezzo per distruggere la **plastica** ed eliminarla dall'ambiente
- ❖ **L'incinerimento** contribuisce to grosso problema della produzione di **gas effetto serra** (nonostante il calore possa essere riconvertito),
- ❖ **I prodotti di degradazione** da un processo di degradazione enzimatico possono essere riutizzati (riciclati) per ottenere nuovi polimeri (e.g. PET), diminuendo il consume di nuove risorse fossili
- ❖ **Oltre** a provenire da fonti rinnovabili le bioplastiche come **acido polilattico (PLA), polidrossialcanoati (PHA), e cellulose sono 'biodegradabili'**, mentre la versione della plastica di origine bio come PE (ottenuta da etano prodotto biologicamente), si comporta come PE ottenuto da fonti fossili.



Verso l'economia circolare della plastica

EU circular economy



- 1) Creare un'economia della plastica dopo l'utilizzo
- 2) Ridurre la perdita di plastica nell'ambiente
- 3) Evitare l'uso delle materie prime fossili

