

**GESTIONE  
DEI RIFIUTI  
IN SICILIA:  
COME USCIRE  
DALLA CRISI?**

**UN CONFRONTO  
CON LA REGIONE  
CAMPANIA**



**AIDIC**

*Associazione Italiana  
di Ingegneria Chimica*



**UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO**

**dj**  
dipartimento  
di ingegneria  
unipa

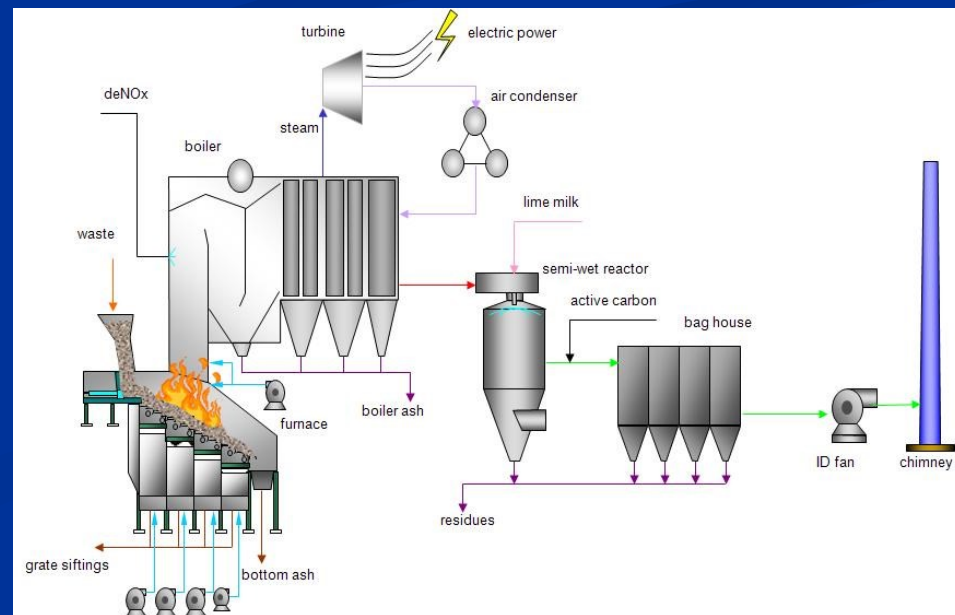
**Palermo, 7 marzo 2022**

# **I trattamenti termici in una gestione sostenibile dei rifiuti**

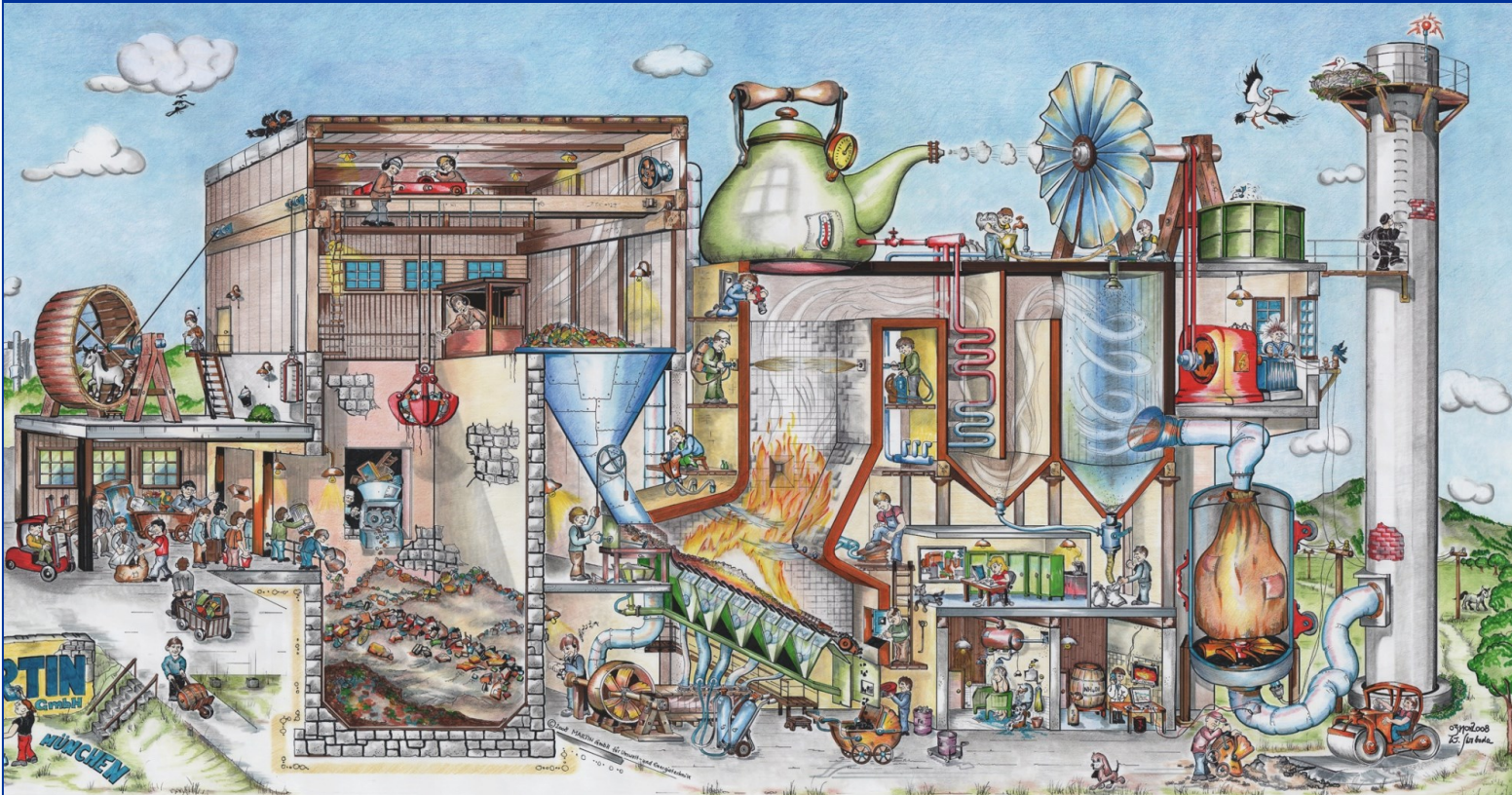
**prof.ing. Umberto ARENA**

# Outline

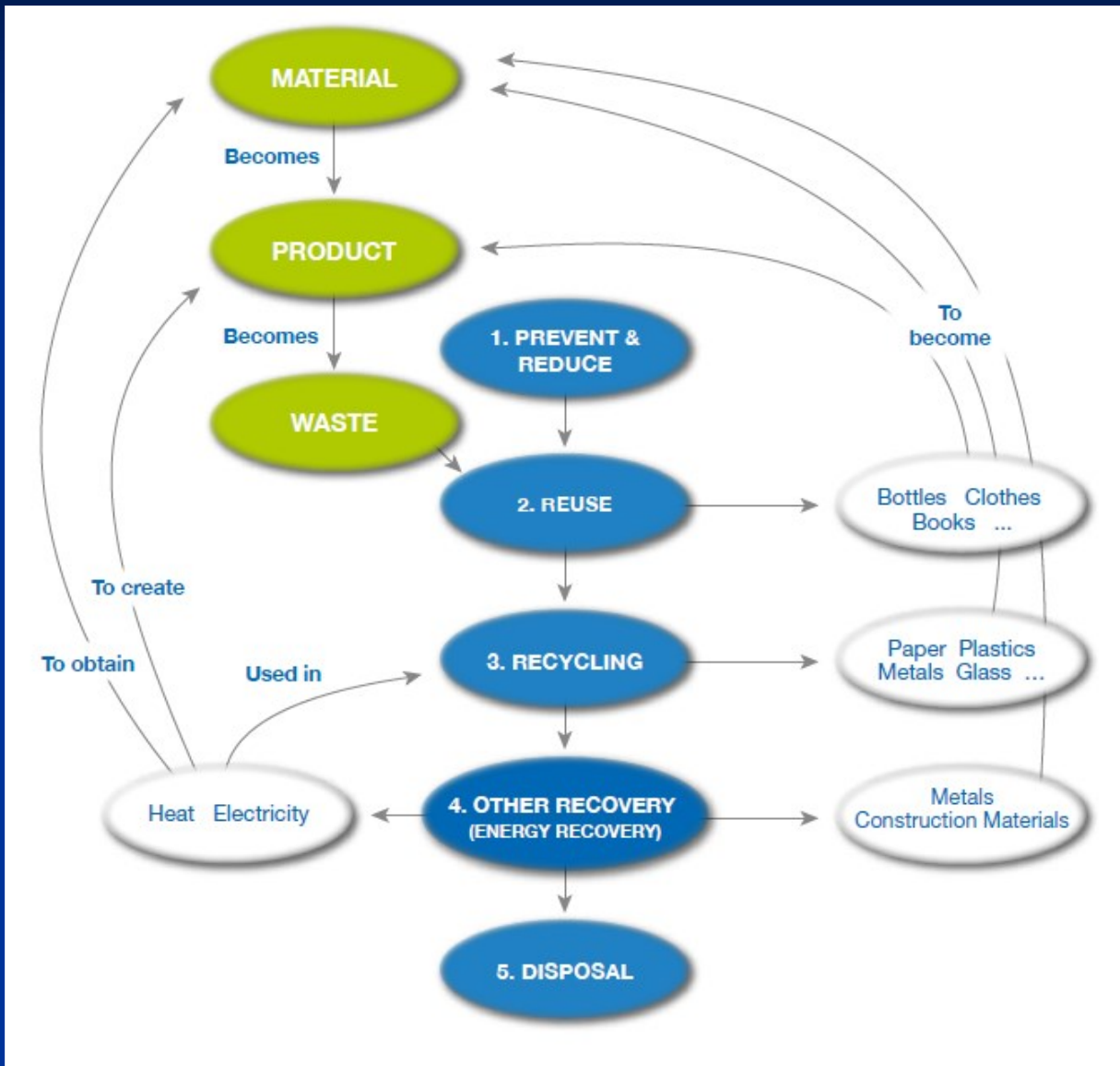
1. I trattamenti termici in una gestione sostenibile dei rifiuti
2. Aspetti ambientali
3. I danni della non gestione



# *I trattamenti termici in una gestione sostenibile dei rifiuti*

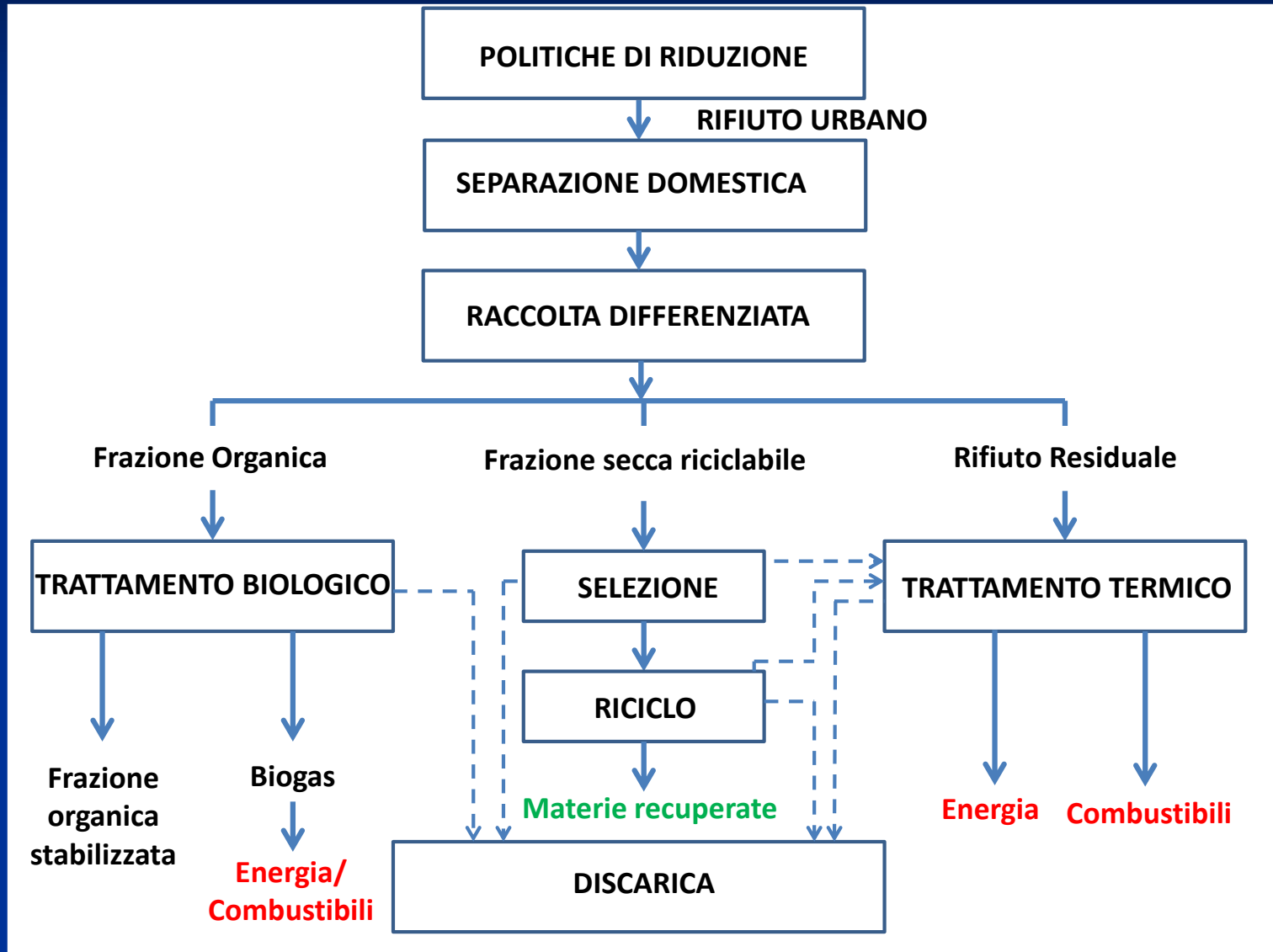


# Una gestione sostenibile dei rifiuti

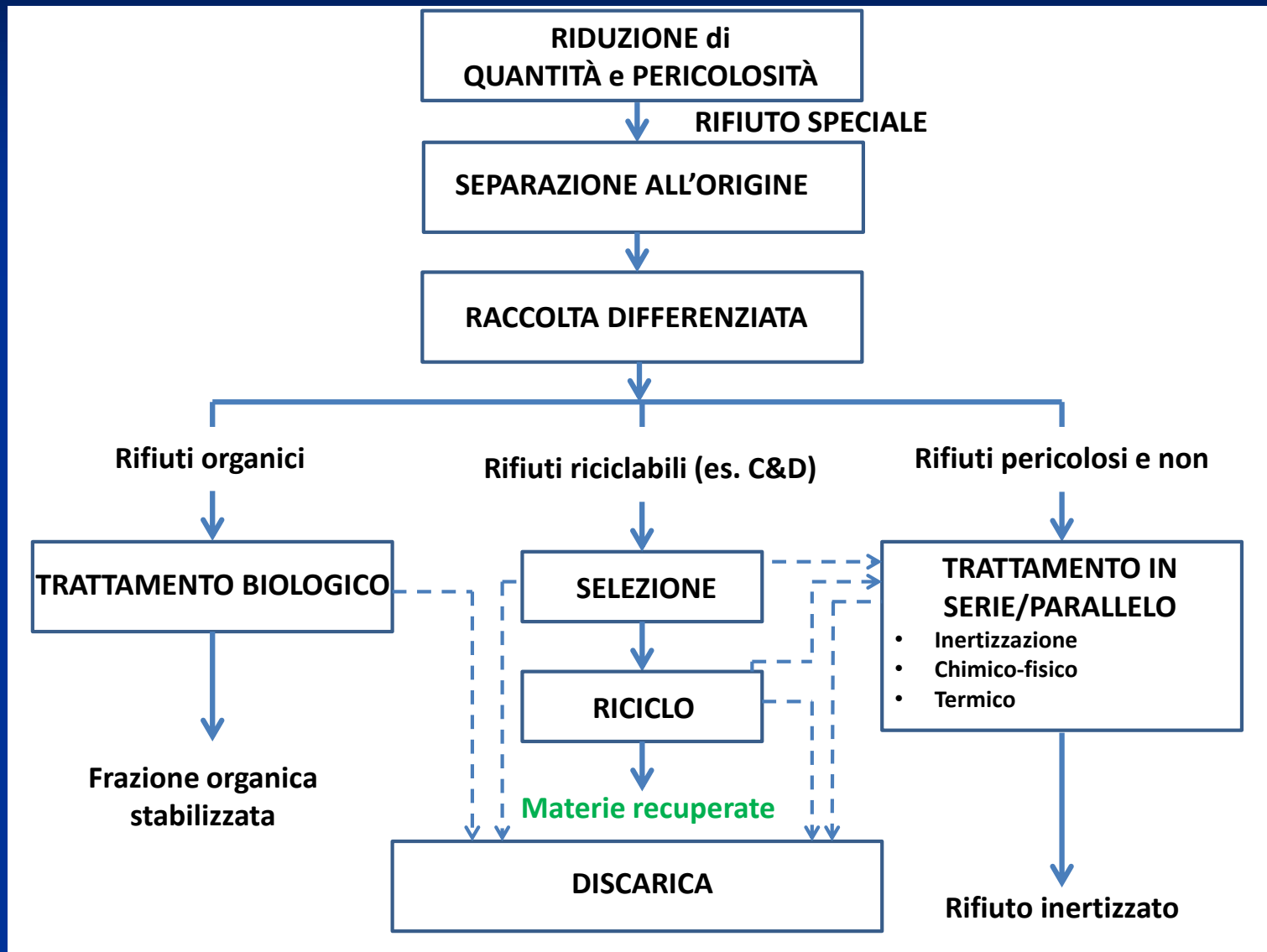


Source: Ellen MacArthur Foundation, 2016

# Una gestione sostenibile dei rifiuti urbani



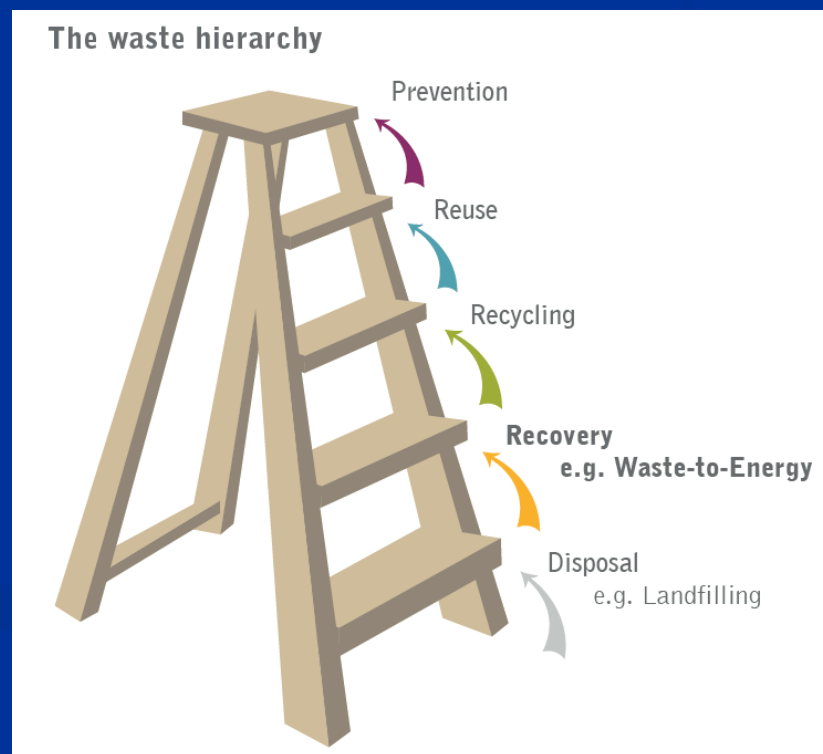
# Una gestione sostenibile dei rifiuti speciali



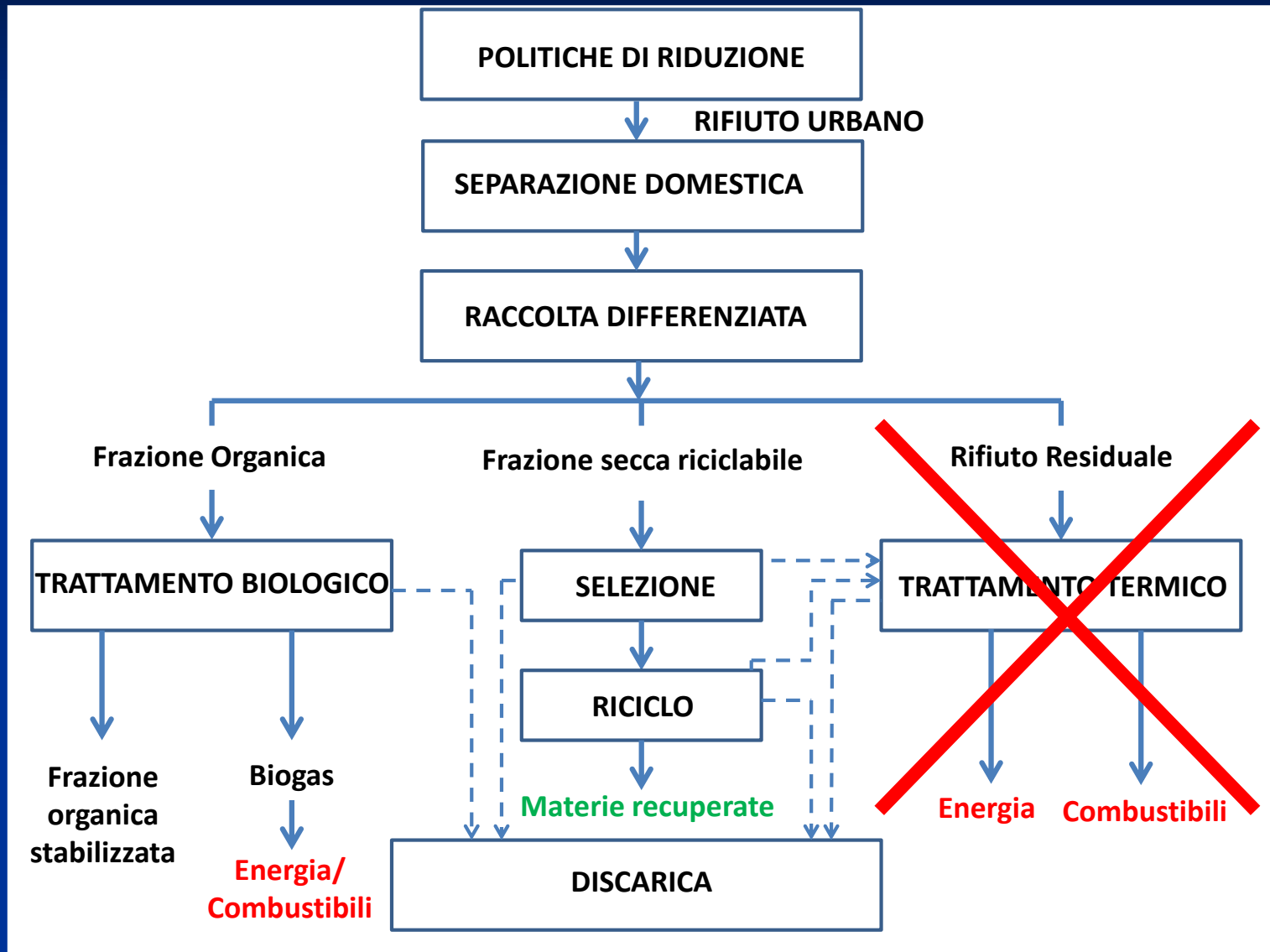
# Una gestione sostenibile dei rifiuti

Una gestione dei rifiuti compatibile con i principi della *Circular Economy* deve porsi obiettivi (e quindi programmare azioni e investimenti) sempre più ambiziosi per accrescere in qualità e quantità il riciclo.

In questo quadro i processi di trattamento termochimico dei rifiuti (Waste-to-Energy ma anche Waste-to-Fuel) sembrerebbero relegati al passato.

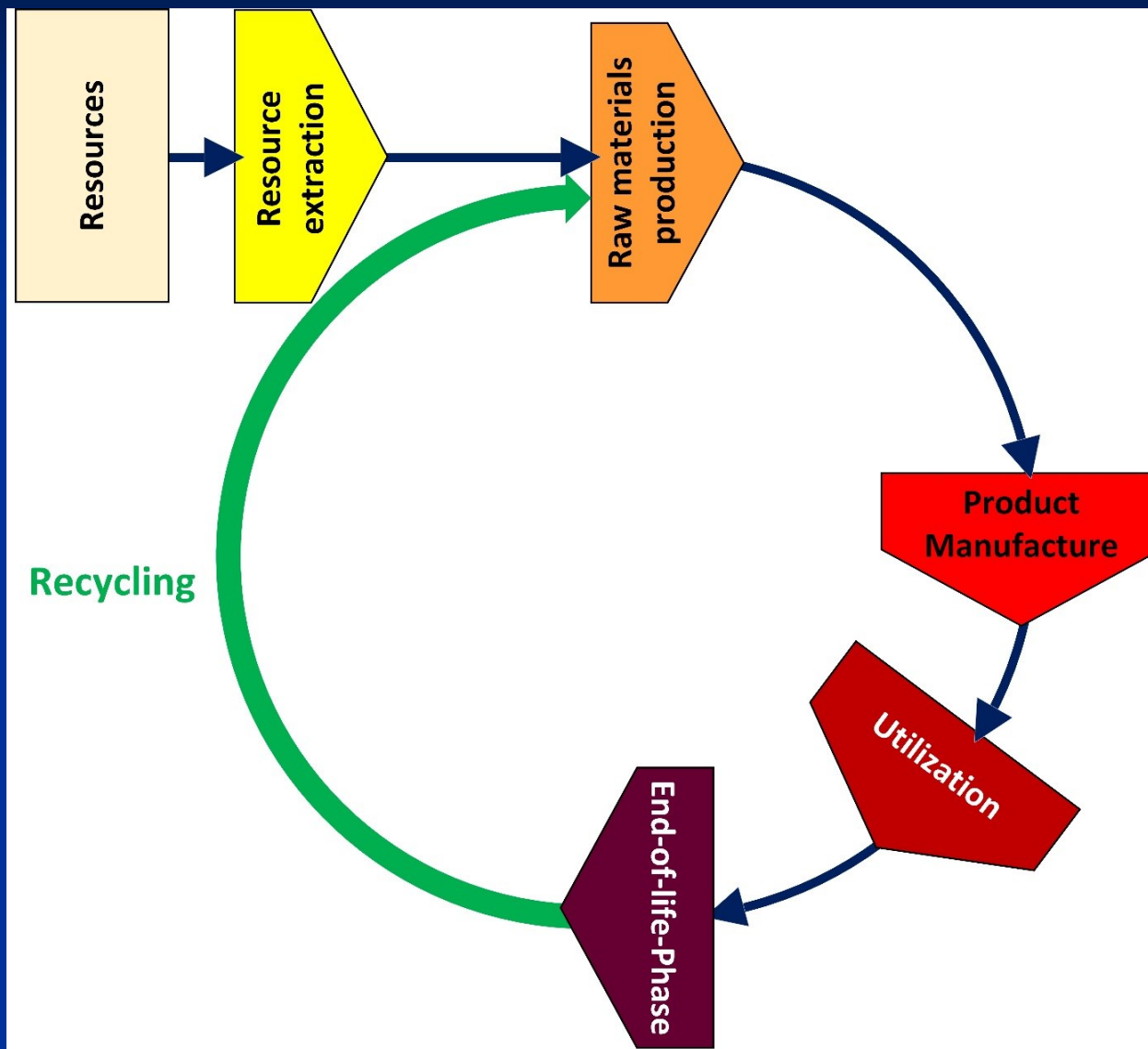


# Una gestione sostenibile dei rifiuti urbani



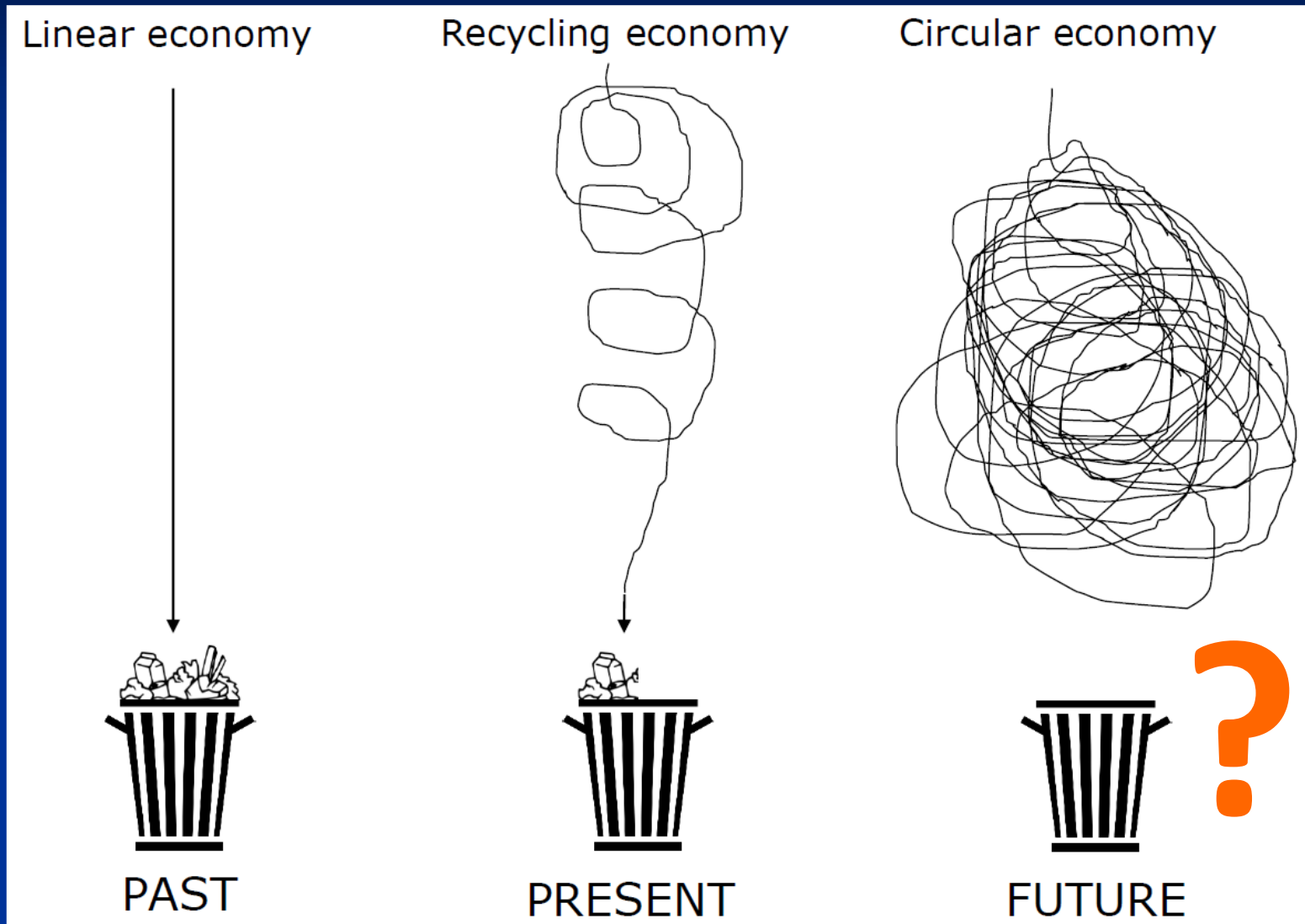


# Il Riciclo in una gestione sostenibile dei rifiuti



Adapted from: Bartl, Sardinia 2015

# Da “gestione rifiuti” a “gestione risorse”



# Il Riciclo in una gestione sostenibile dei rifiuti

## Ci sono motivazioni cruciali a favore del Riciclo.

Se i rifiuti sono riciclati e i materiali secondari rientrano sul mercato:

- Meno materie prime devono essere estratte e utilizzate, e quindi:
  - meno energia, acqua, suolo, e materiali sono impiegati
  - con la relativa riduzione dell'inquinamento ambientale
  - e degli incidenti sul lavoro
- meno rifiuti (speciali) devono essere inviati allo smaltimento finale
- la volatilità dei prezzi delle risorse può essere parzialmente compensata
- le possibili implicazioni geopolitiche sulle risorse diventano meno rilevanti.

# Una gestione sostenibile dei rifiuti

Ma il quadro generale non è così semplice, a causa di:

- **Complessità crescente dei beni** (per il ricorso a tecnologie sempre più complesse, che impiegano un più alto numero di elementi chimici) **e quindi dei relativi rifiuti**
- **Generazione crescente dei rifiuti solidi** (così come della complessità del loro trattamento in sicurezza)
- **Variazioni profonde**, anche se ancora insufficienti, che sono avvenute **nelle pratiche di gestione dei rifiuti**
- **Investimenti limitati in nuovi processi e tecnologie di riciclo** (tanto basta la raccolta differenziata ...)

# La crescente complessità dei beni di consumo

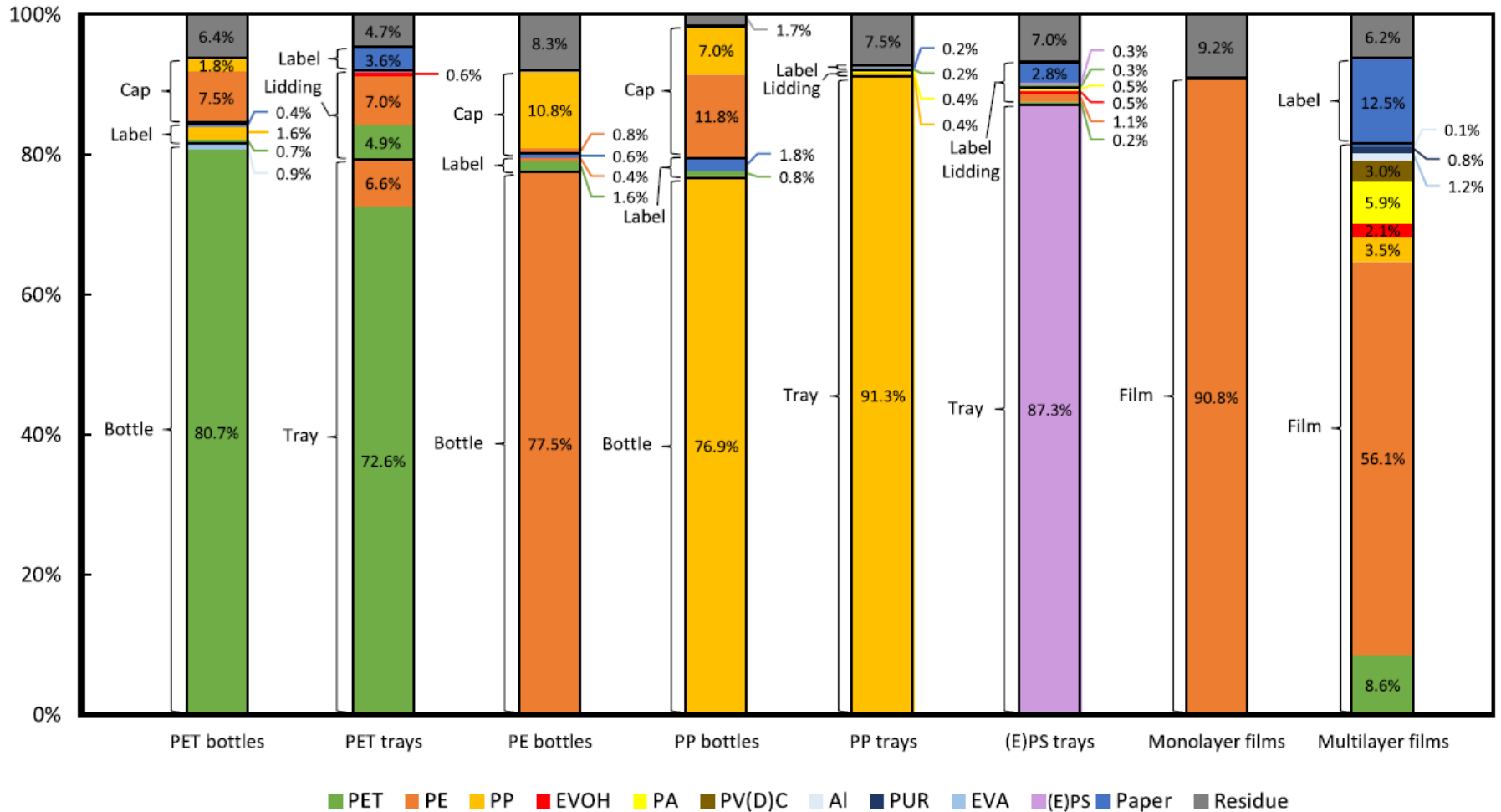


E poi:

- Solventi
- Inchiostri
- Pigmenti
- Antiossidanti
- Filler
- Adesivi
- Stabilizzanti
- ...

In questo imballaggio flessibile per alimenti, ciascun componente del multistrato fornisce una funzione importante per l'architettura generale.

# La crescente complessità dei beni di consumo



Composizione e livello di residui di diversi tipi di rifiuti plastici da imballaggi

# La crescente complessità dei beni di consumo

## Increasing diversity of elements used in materials

Alloys	75 years ago	Today
Iron-based alloys	Fe, C	Al, Co, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, Si, Ta, Ti, V, W
Aluminium alloys	Al, Cu, Si	Al, Be, Ce, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Si, I, V, Zn, Zr
Nickel alloys	Ni, Cr	Al, B, Be, C, Co, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Si, Ta, Ti, W, Zr
Copper alloys	Cu, Sn, Zn	Al, Be, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Nb, P, Pb, Si, Sn, Zn
Magnetic materials	Fe, Ni, Si	Al, B, Co, Cr, Cu, Dy, Fe, Nd, Ni, Pt, Si, Sm, V, W



Ashby (2016)

15 Elements

(Source: McManus et al., 2006)

Più elementi si trovano in un certo volume e più interazioni tra i singoli elementi (spesso in concentrazioni molto basse) possono avvenire.

89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Mn	Uu	Uub	Uuc	Uud	Uue	Uuq	Uur	Uus	Uut
(87)	(88)	(89)	(92)	(94)	(96)	(97)	(98)	(101)	(102)	(103)	(104)	(105)	(112)	(113)	(114)	(115)	(116)	(117)	(118)	(119)	(120)

nts

# Non è ragionevole illudersi (e non è corretto illudere) che esista un *Merlino's system for recycling*



In altri termini:

**non è possibile riciclare un numero infinito di volte**

**non è possibile riciclare senza spendere energia e materie prime e senza produrre rifiuti ed emissioni**



# E' veramente un Circuito Chiuso?

## ■ DISSIPAZIONE

- **Frazioni di materiali rilasciate lungo il ciclo di vita**
  - Rame (tetti, tubi per acqua) disperso nell'ambiente
  - Alluminio ossidato durante la rifusione
  - (Micro)Plastica dispersa (quella di pneumatici, bottiglie, ecc.)

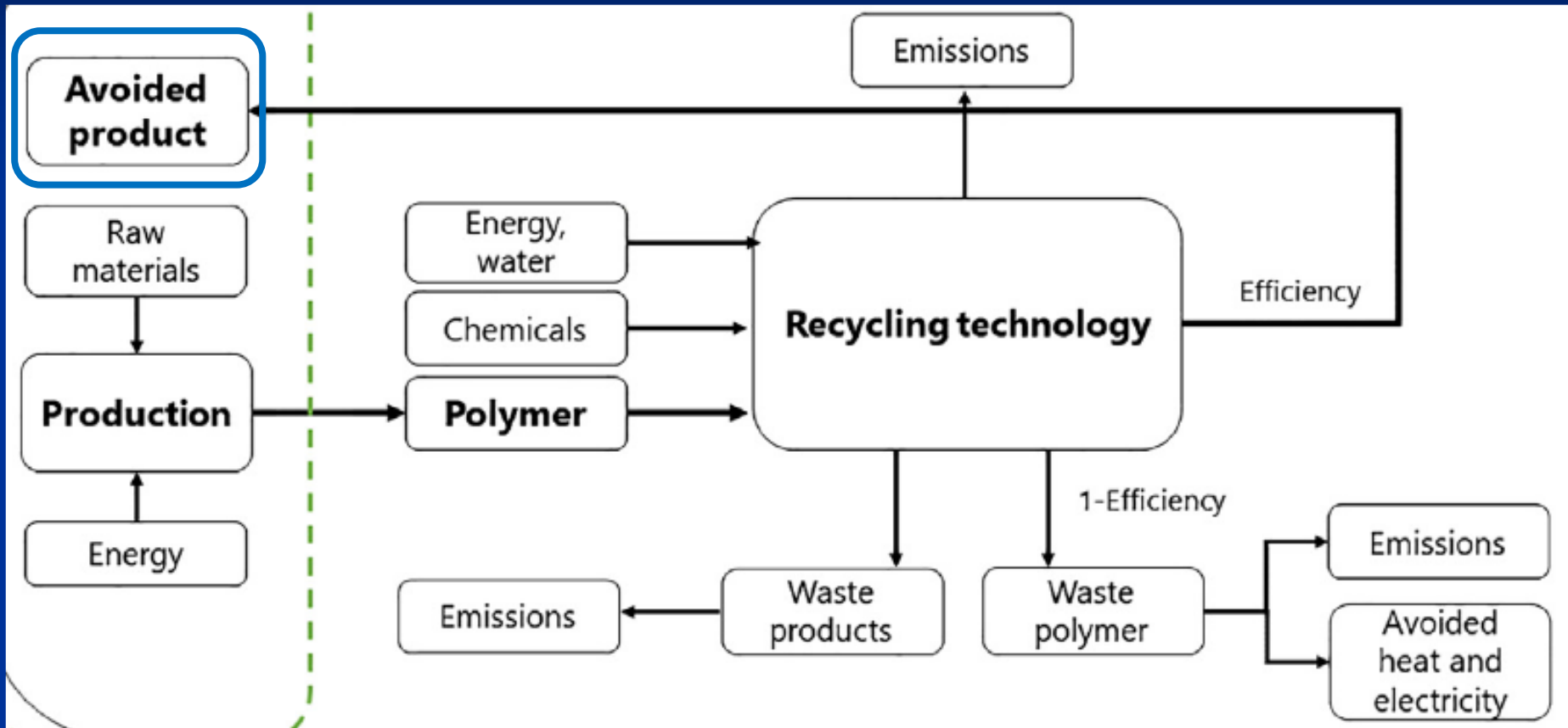
## ■ CONTAMINAZIONE

- **Materiali contaminati con altri lungo il ciclo di vita**
  - Tessili (irreversibilmente) contaminati con oli
  - Ferro (irreversibilmente) contaminato da rame

## ■ DEGRADAZIONE/PERDITA DI QUALITÀ DEI MATERIALI

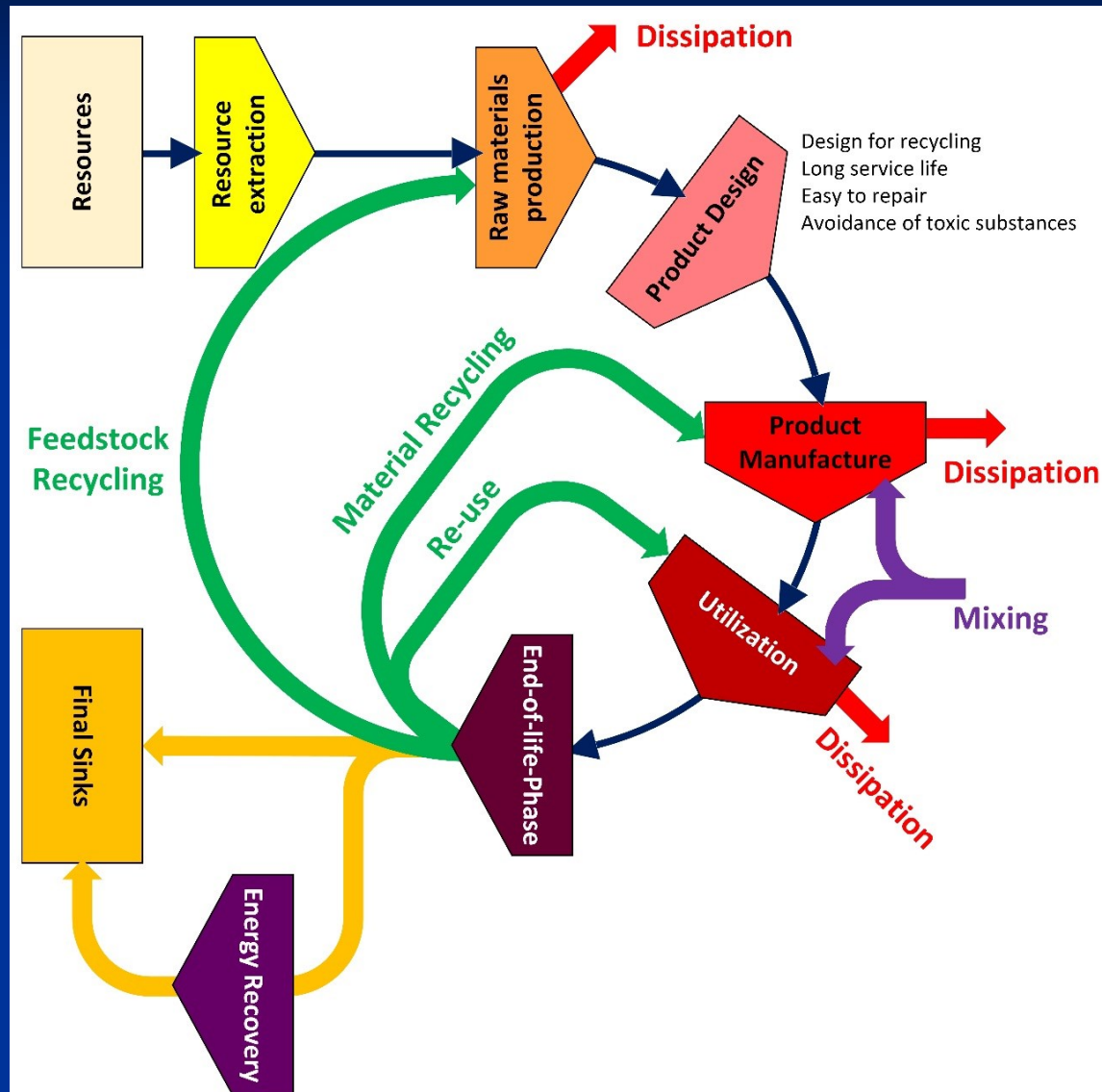
- **La qualità dei materiali si reduce nel tempo**
  - Riduzione di lunghezza e cross-linking delle catene polimeriche
  - Riduzione di resistenza e lunghezza delle fibre di cellulosa

# Il riciclo reale (di un rifiuto plastico)



Source: Schwarz et al., Waste Management, 121, 2021

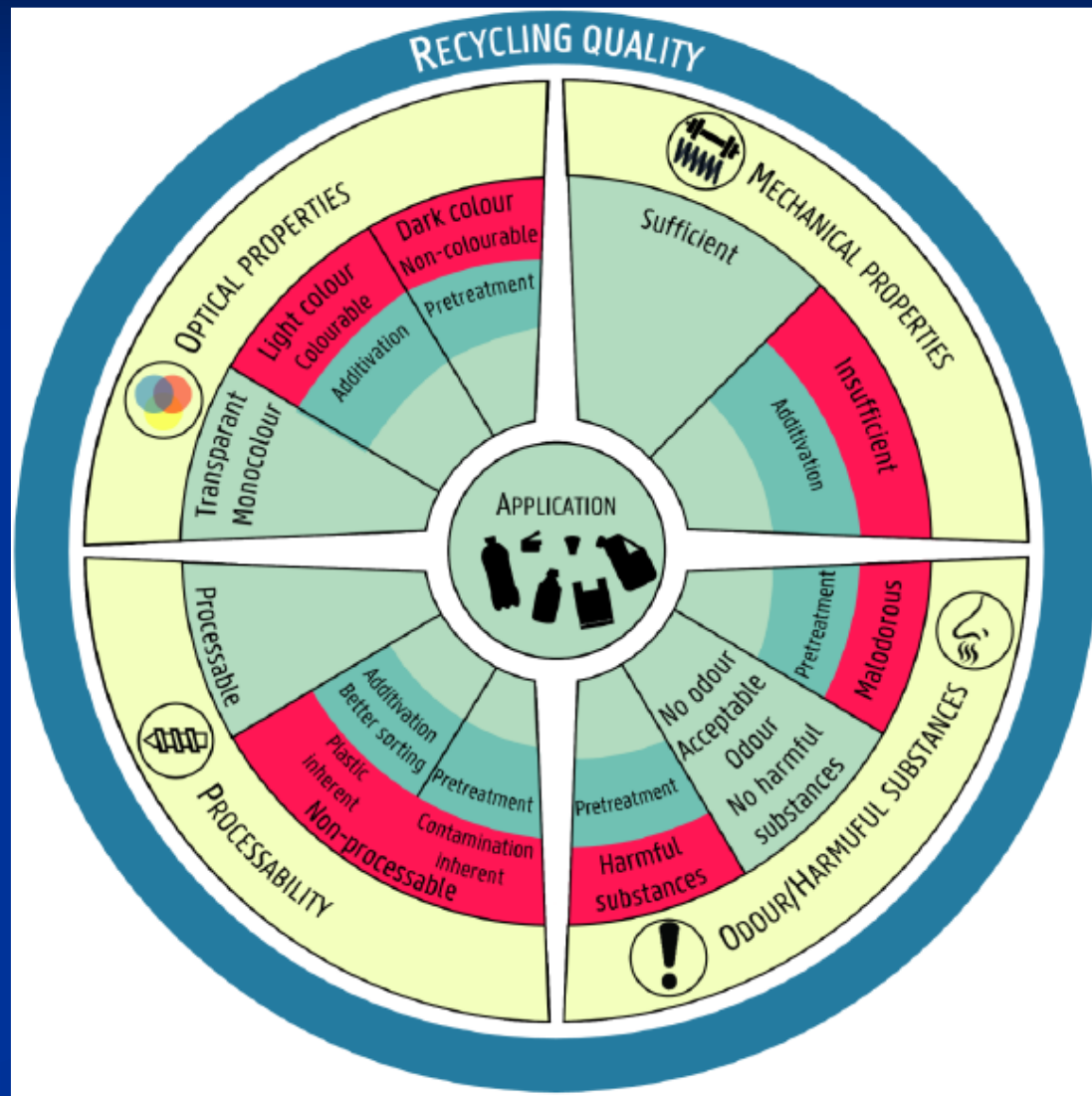
# Quindi il Circuito Non è Chiuso



# Poi va valutata l'accettazione del mercato

Ad es., per la plastica riciclata vanno considerate:

- 1. Proprietà meccaniche** (resistenza a flessione e tensione, rigidità, duttilità, resistenza all'impatto)
- 2. Processabilità** (viscosità del fuso, viscosità intrinseca)
- 3. Proprietà ottiche** (colore trasparente, monocoloro, colori leggeri, colori scuri)
- 4. Presenza di sostanze pericolose** (additivi, ritardanti di fiamma, NIAS\_non-intentionally added substances)
- 5. Presenza di sostanze maleodoranti** (composti organici molto volatili, volatili e semi-volatili).

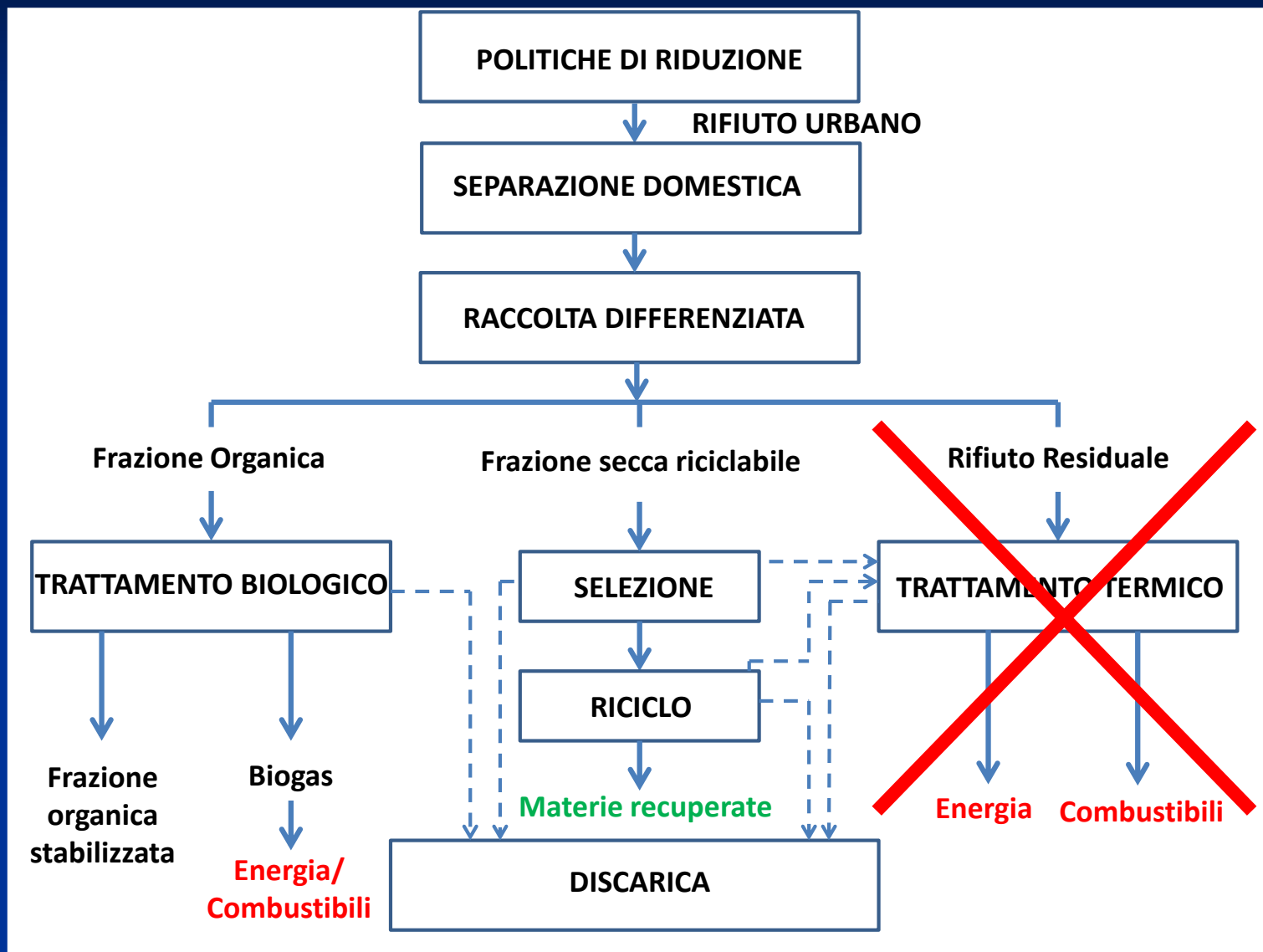


# Il Riciclo in una gestione sostenibile dei rifiuti

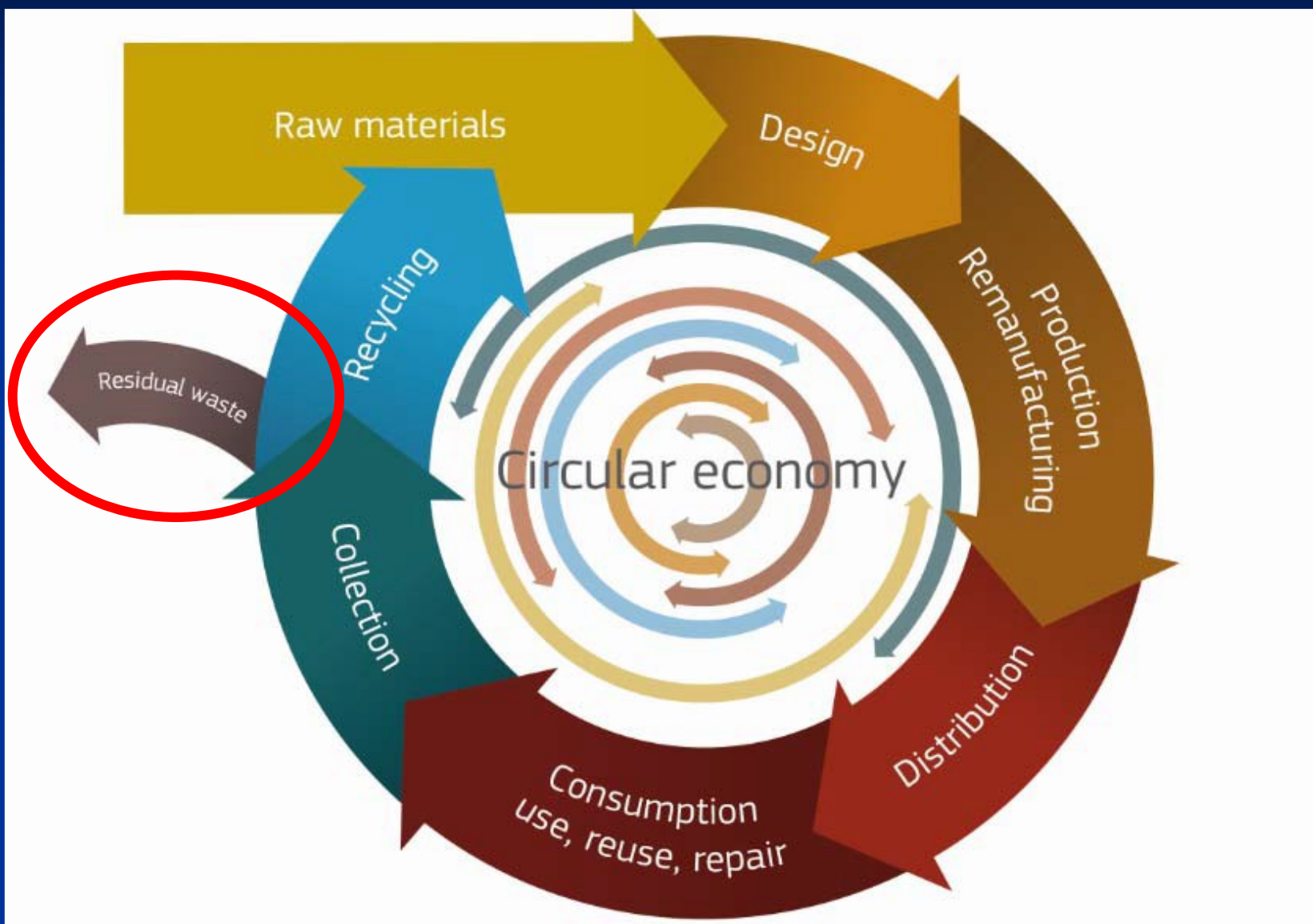
Quindi, il Riciclo è una buona cosa ma NON AD OGNI COSTO

- Il Riciclo è lontano dall'essere un ciclo chiuso (implica sempre consumi di risorse ed emissioni nell'ambiente), a causa di: progetto del bene, comportamento individuale, tecnologie di separazione e riciclo, termodinamica della separazione.
- Nessun materiale può essere infinitamente riciclato. Perdite e contaminazioni sono inevitabili (anche nel caso dei metalli!), e quindi alcune limitazioni sono ovvie.
- Il Riciclo non dovrebbe andare al di là di certe soglie, per ragioni ambientali ma anche economiche.
- Non tutti i materiali possono essere riciclati. Moltissimi sono adatti per il riciclo. Ma (molti) altri contengono sostanze tossiche e non possono essere messi sul mercato come prodotti riciclati. **Il Riciclo deve produrre "ciclo puliti"**, in cui le impurità pericolose siano separate dai materiali di valore. **Servono soluzioni alternative.**

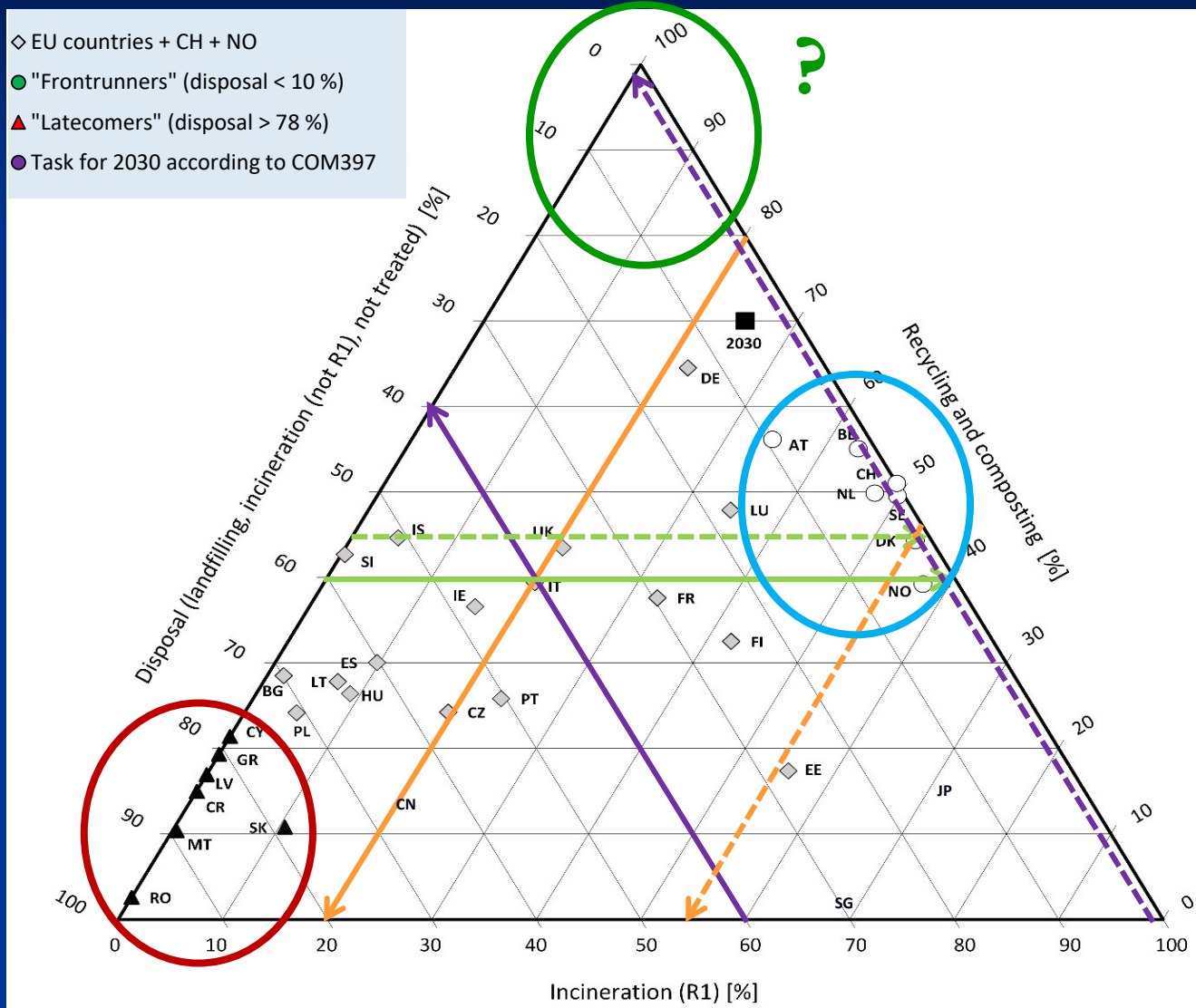
# Una gestione sostenibile dei rifiuti



# Una gestione sostenibile dei rifiuti



# Gestione dei rifiuti urbani in Europa



Adapted from: Bartl, Waste Management, 44:1-2, 2015

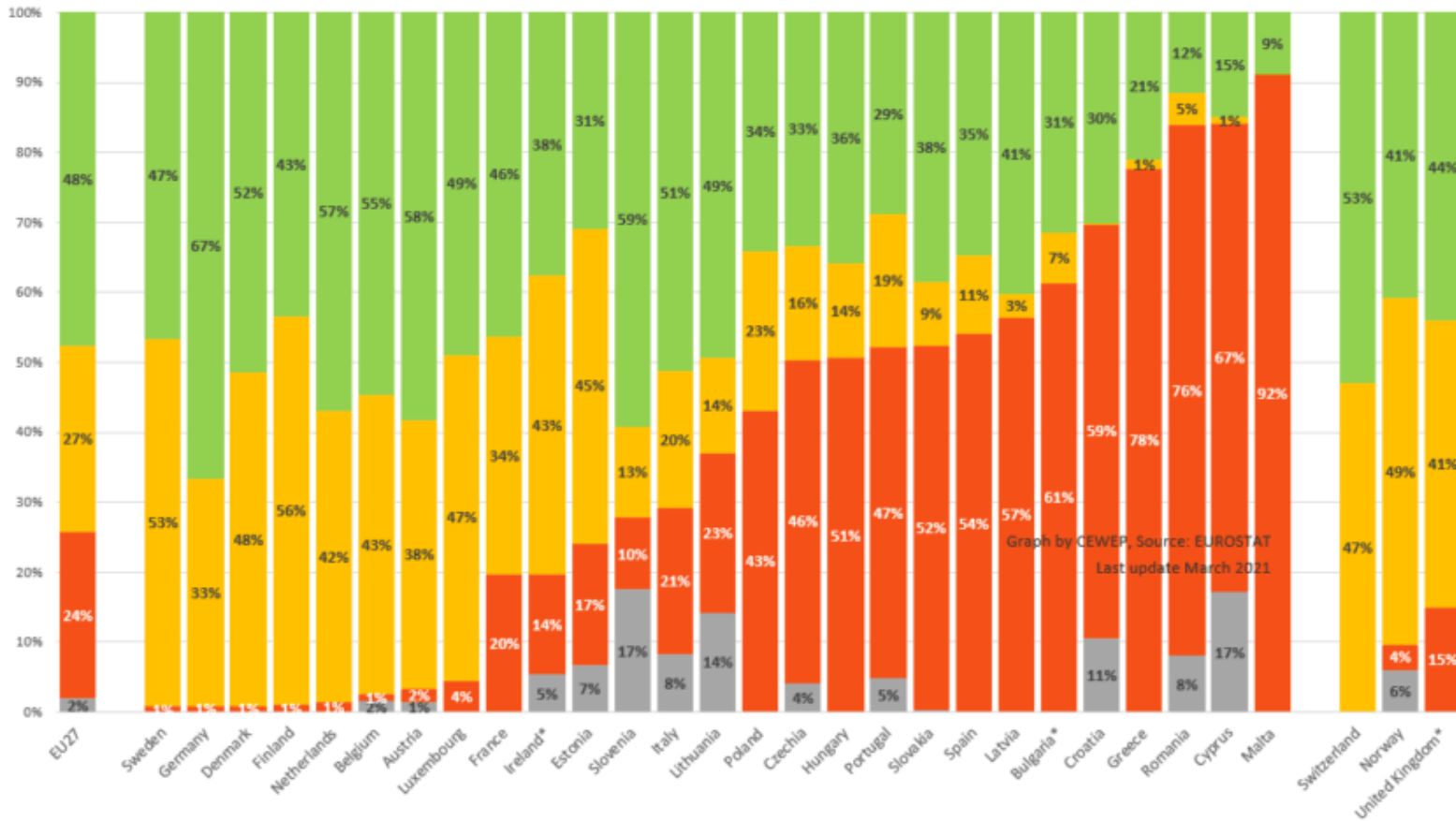


# Gestione dei rifiuti urbani in Europa



## Municipal waste treatment in 2019

EU 27 + Switzerland, Norway and the UK



- Landfill
- Waste-to-Energy
- Recycling + Composting
- Missing data

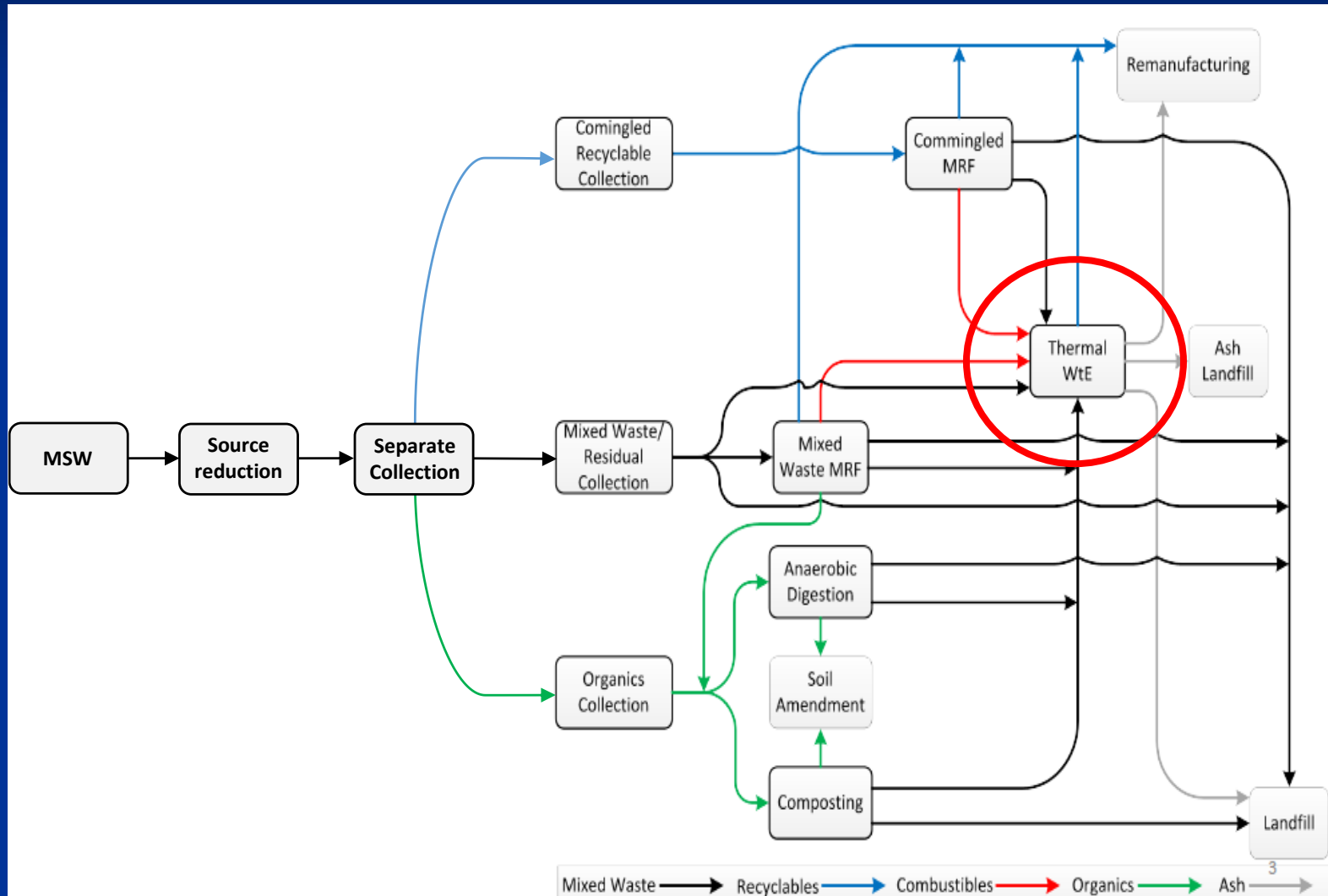
Graph by CEWEP, Source: EUROSTAT  
Last update March 2021



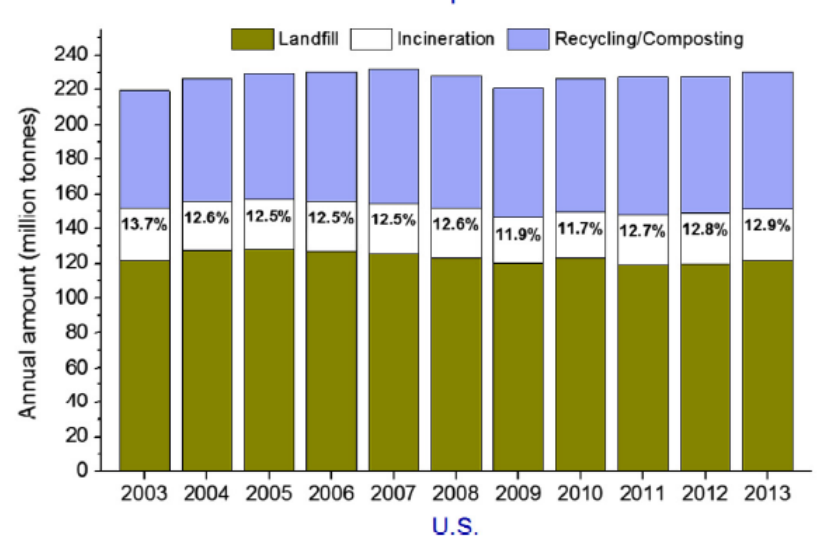
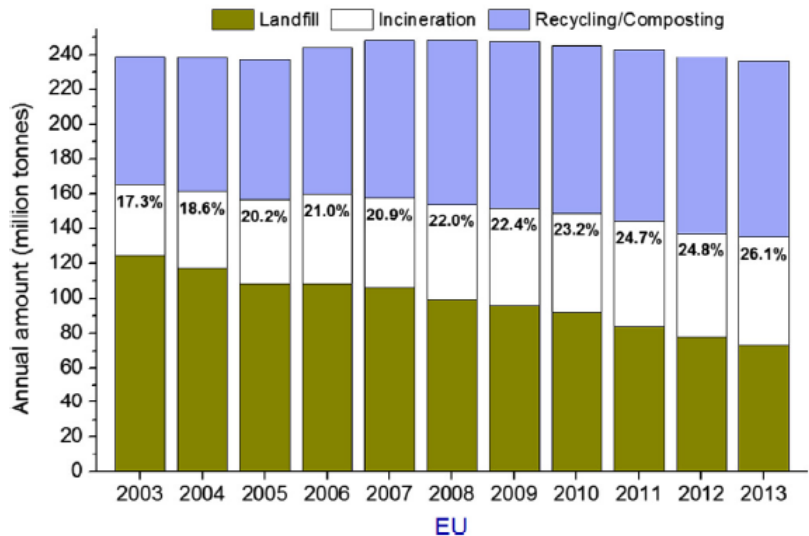
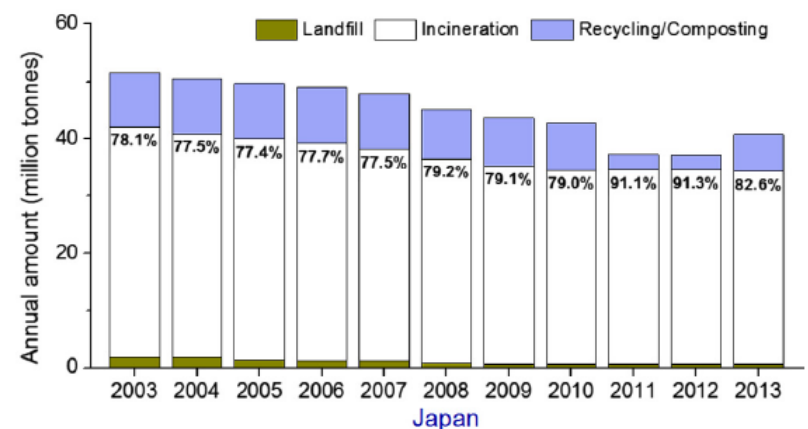
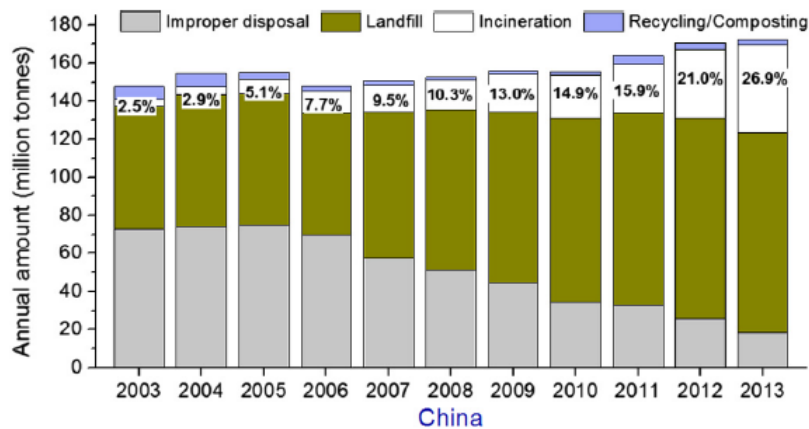
Percentages are calculated based on the municipal waste reported as generated in the country

\*: 2018 data (last available)

# Il ruolo dei trattamenti termici in un sistema di gestione sostenibile



# Il ruolo dei trattamenti termici in un sistema di gestione sostenibile



# Il ruolo dei trattamenti termici in un sistema di gestione sostenibile

1. Riduzione della massa e volume dei rifiuti, preservando così spazio in discarica.
2. Recupero sostenibile dell'energia
3. **Recupero di materia** da residui solidi.
4. **Distruzione di un certo numero di contaminanti organici**, presenti nei rifiuti.
5. **Riduzione delle emissioni di gas a effetto serra** rispetto alla decomposizione anaerobica in discarica (e altro se è prevista una CCSU).
6. **Separazione dei componenti inorganici della frazione organica**, così da permetterne il riutilizzo o l'inertizzazione, prevenendo la dispersione e l'accumulo dei componenti pericolosi nell'ambiente e nei prodotti riciclati.

# Il ruolo dei trattamenti termici in un sistema di gestione sostenibile *(in Europa: rifiuti residuali: 2035)*

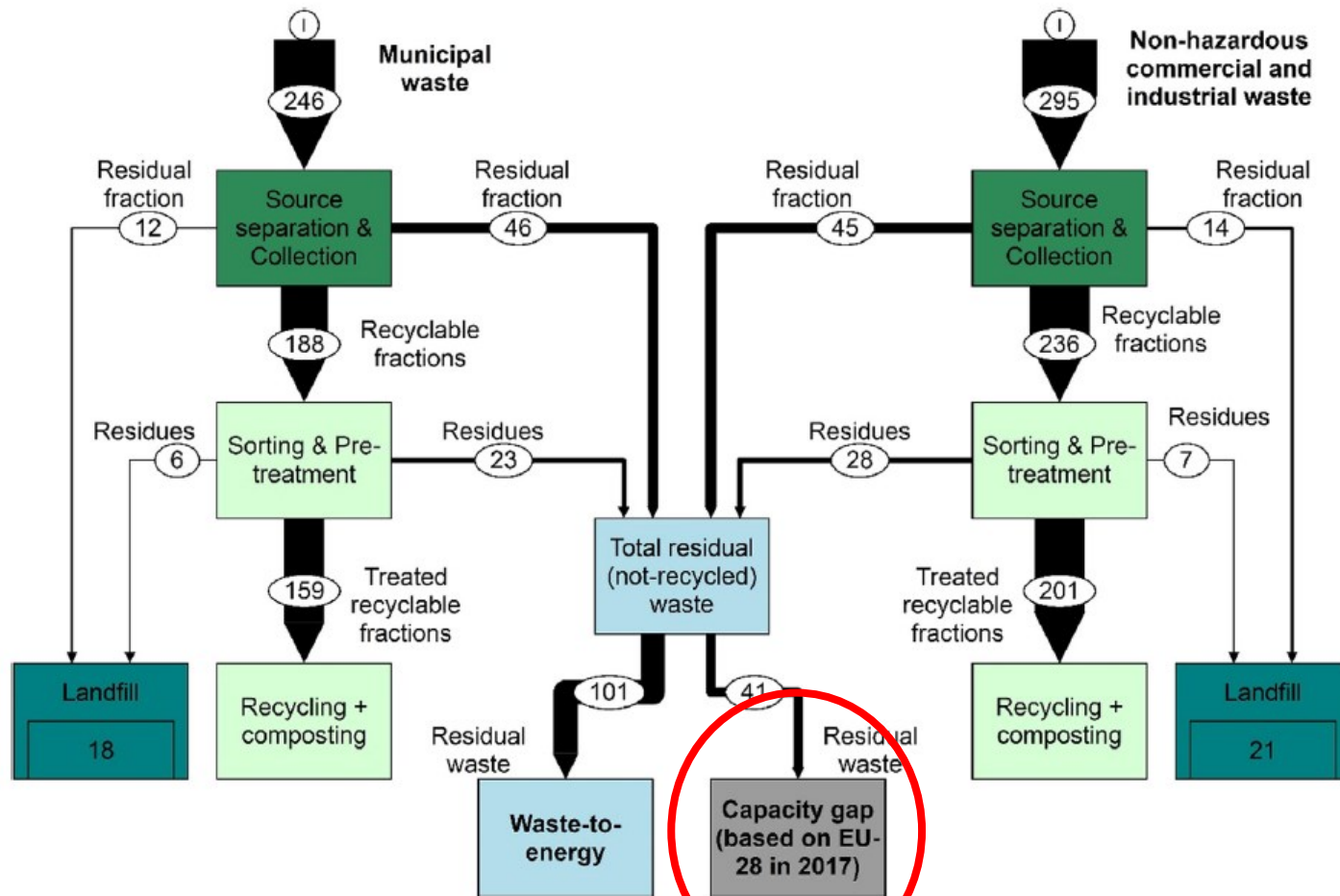
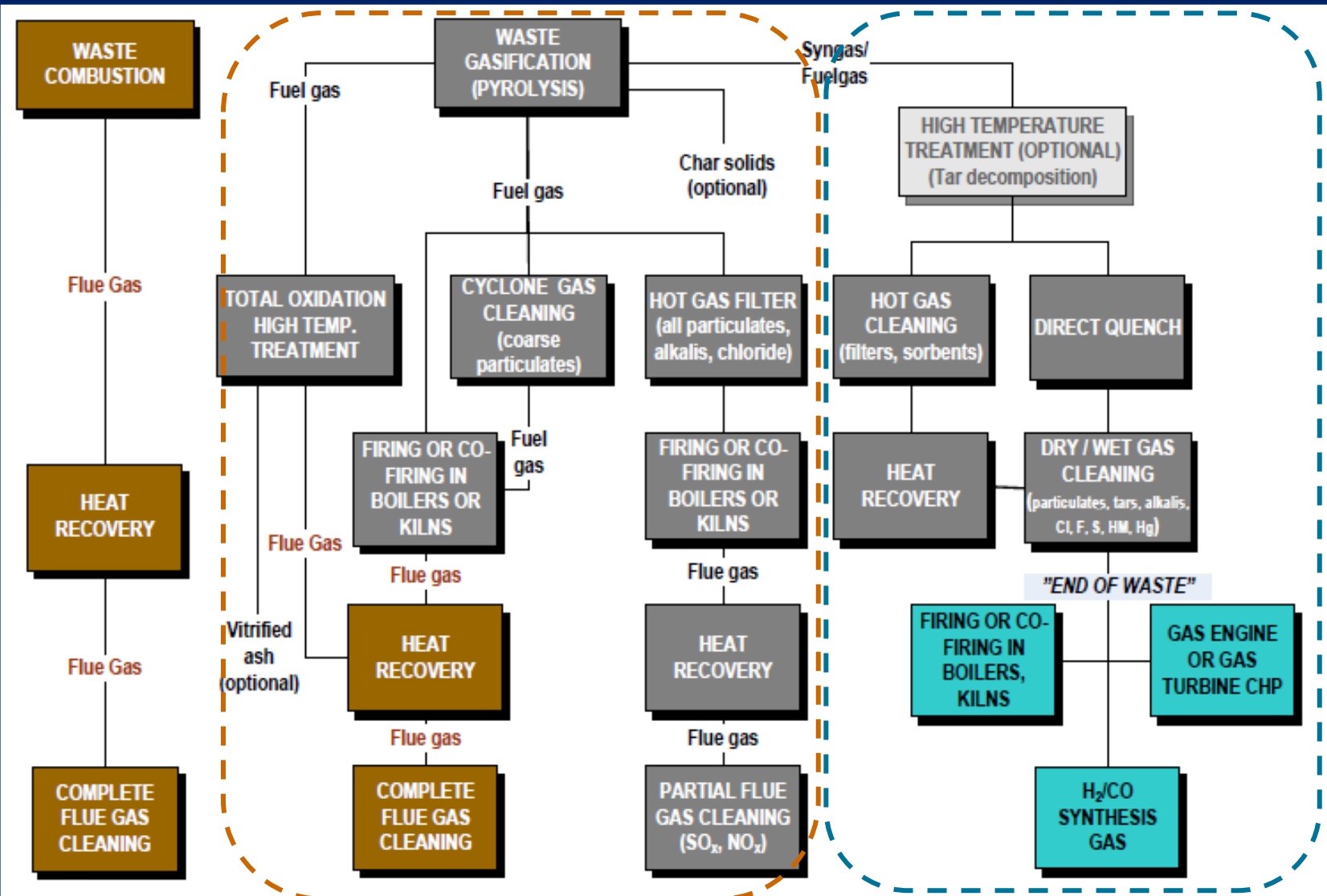


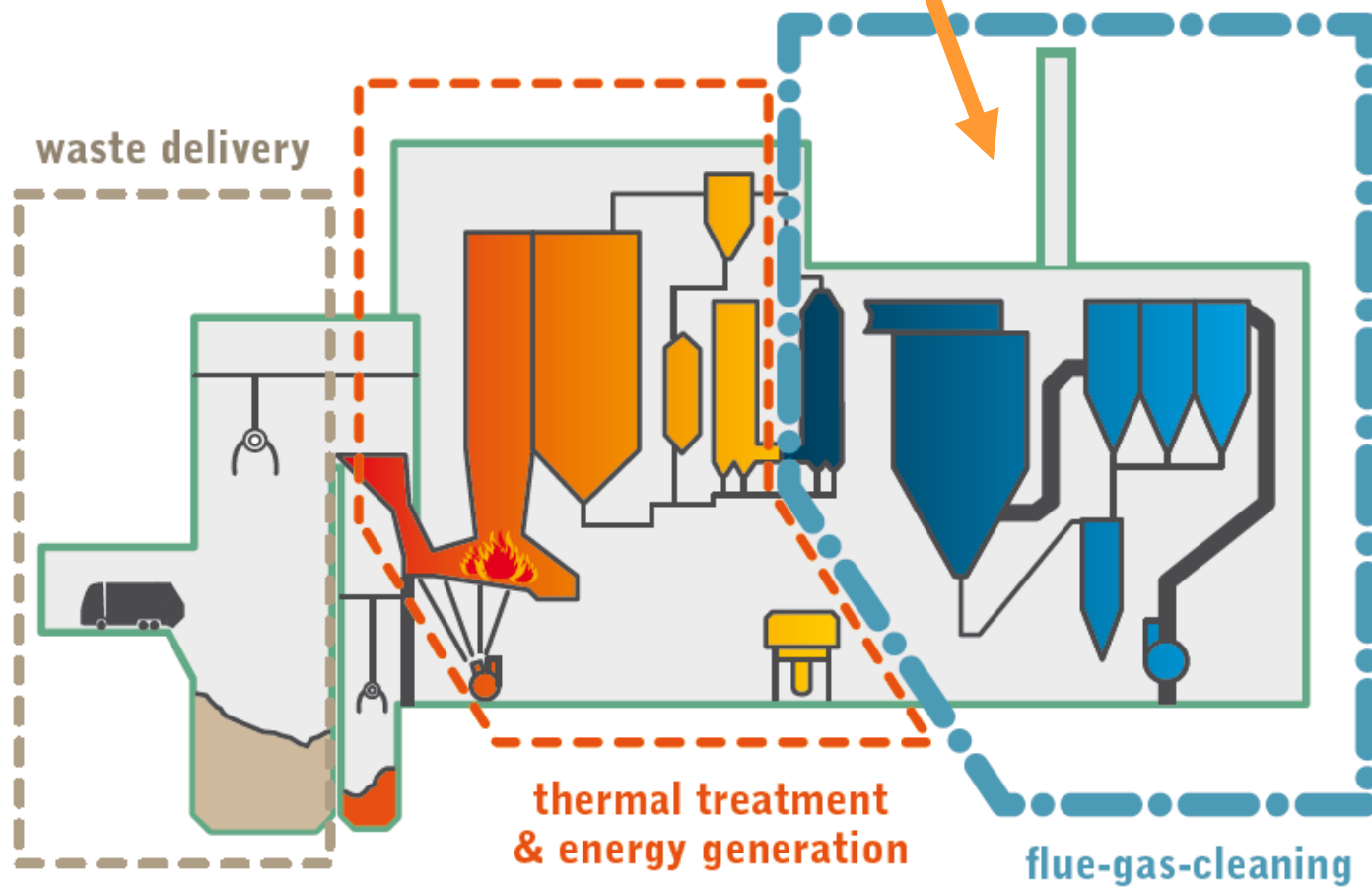
Fig. 1. Potential destination of solid wastes in European Union in 2035, under the hypothesis of output based recycling share of 65%. Data are expressed in Million Tonnes (Adapted from [Cewep, 2019](#)).

# Il ruolo dei trattamenti termici in un prossimo futuro (*Waste-to-Fuel e Waste-to-Chemicals*)



# Aspetti ambientali

## Waste-to-Energy Plant





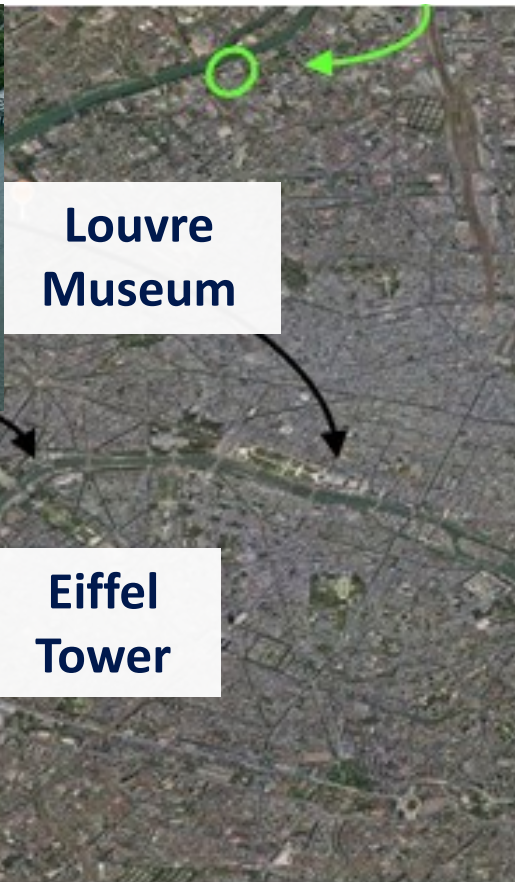
Spittelau WTE, Vienna



# Parigi: 3 TMV vicini all'ipercentro con 25.000 ab/km<sup>2</sup>



460.000 MSW ton/y



Louvre  
Museum

Eiffel  
Tower



630.000 MSW ton/y



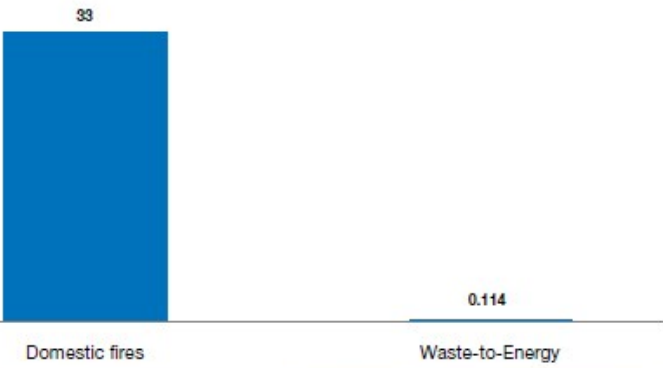
730.000 MSW ton/y



# Confronto emissioni: diossine e particolato

## Dioxins?

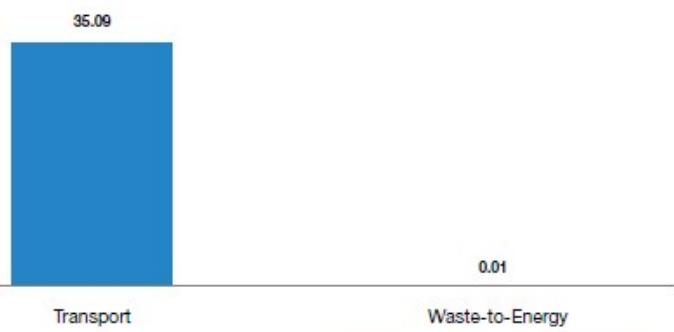
Dioxins Emissions in g TEQ per year



Dioxins Emissions in Flanders

## Particulate Matter/PM10?

PM10 Emissions in 1000 tons per year

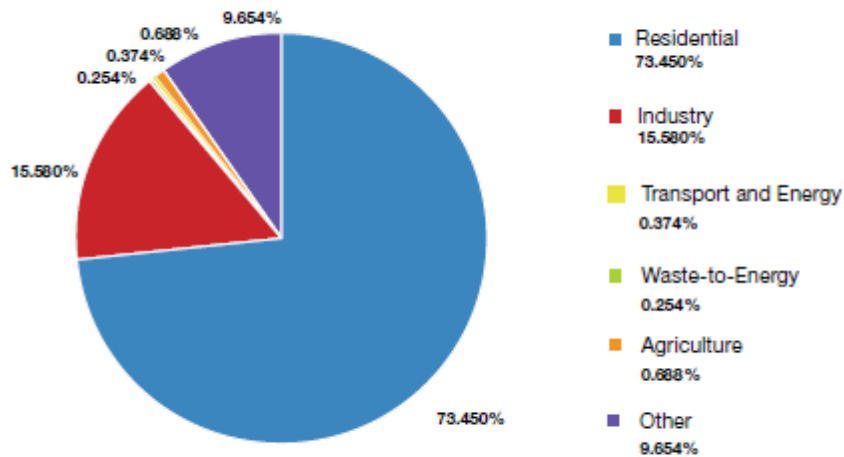


PM10 Emissions in Germany

(Source: ESWET, 2016)

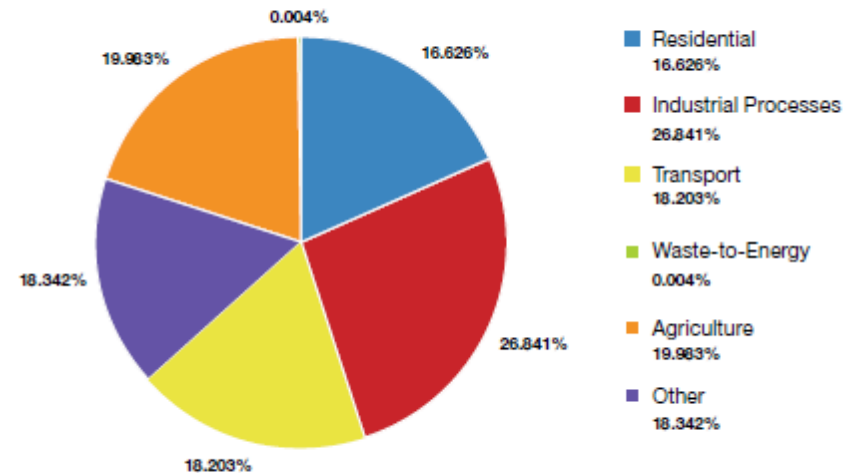
# Confronto emissioni: diossine e particolato

## Dioxins Emissions in Flanders



Source: Flemish Environment Agency, Emissions to Air Annual Report 1990-2010, 2010 values.

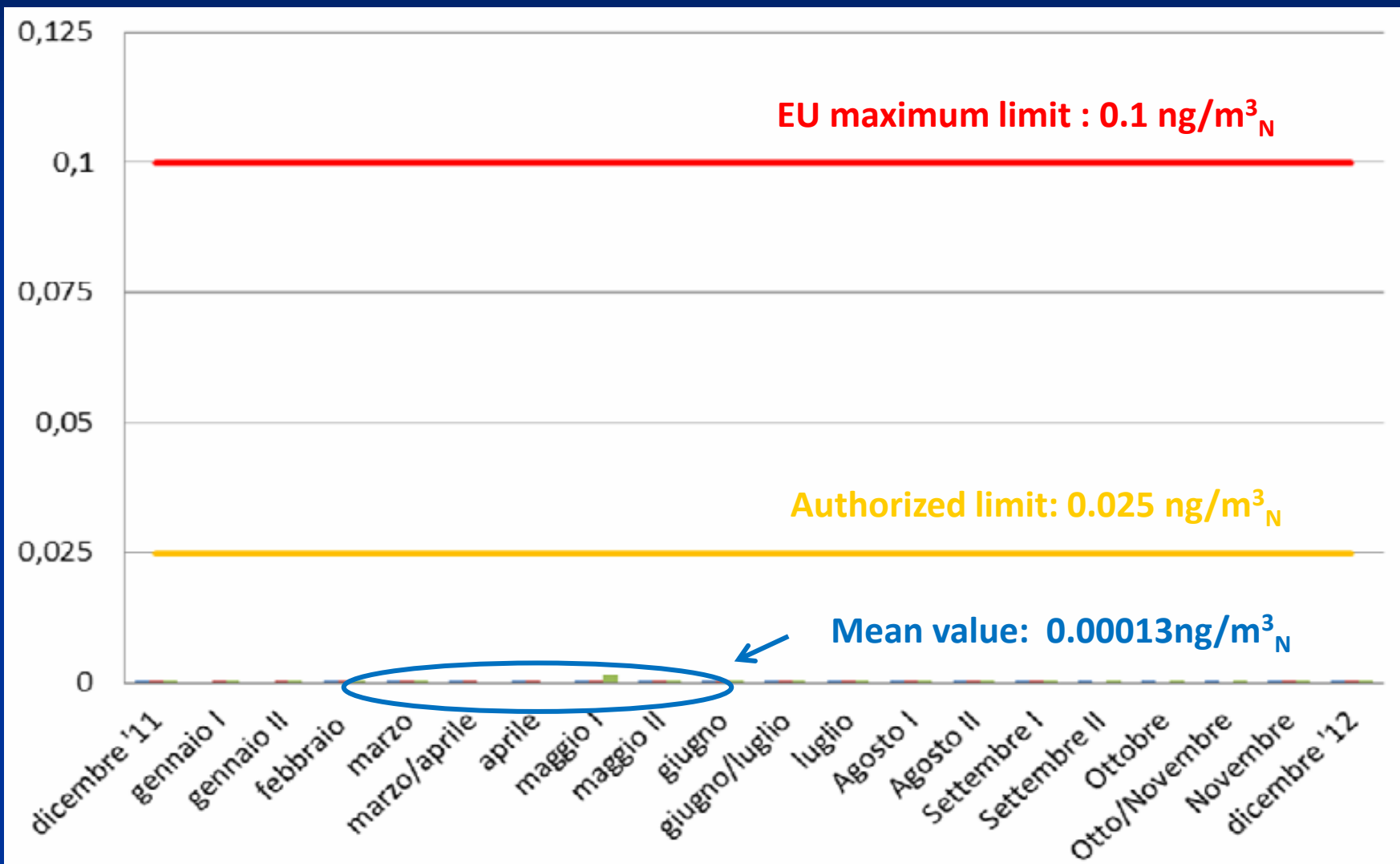
## PM10 Emissions in Germany



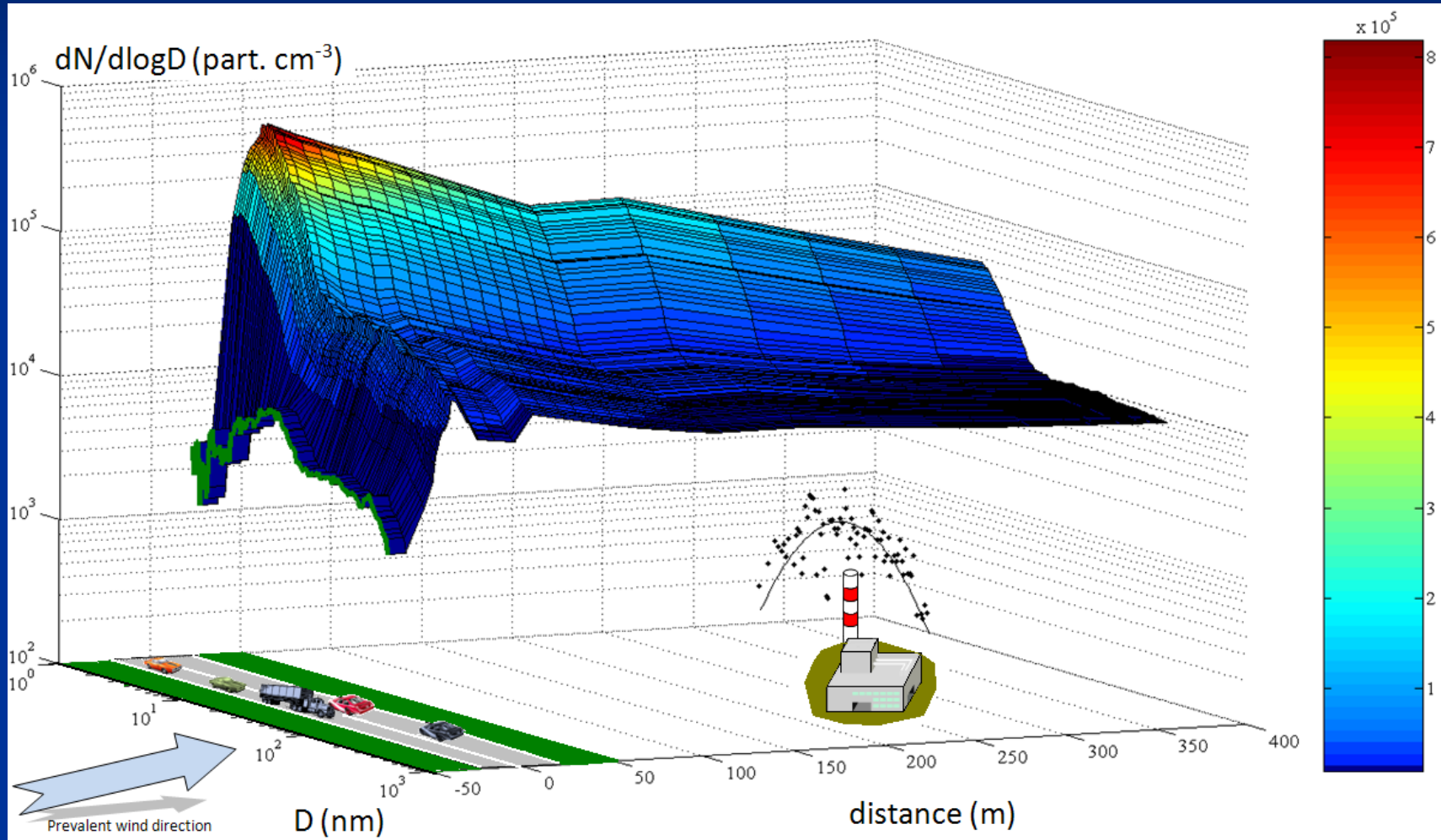
Source: German Environmental Agency, National Trend Tables 1990-2010, 2010 values.

(Fonte: ESWET, 2016)

# Emissioni del TMV di Acerra: diossine

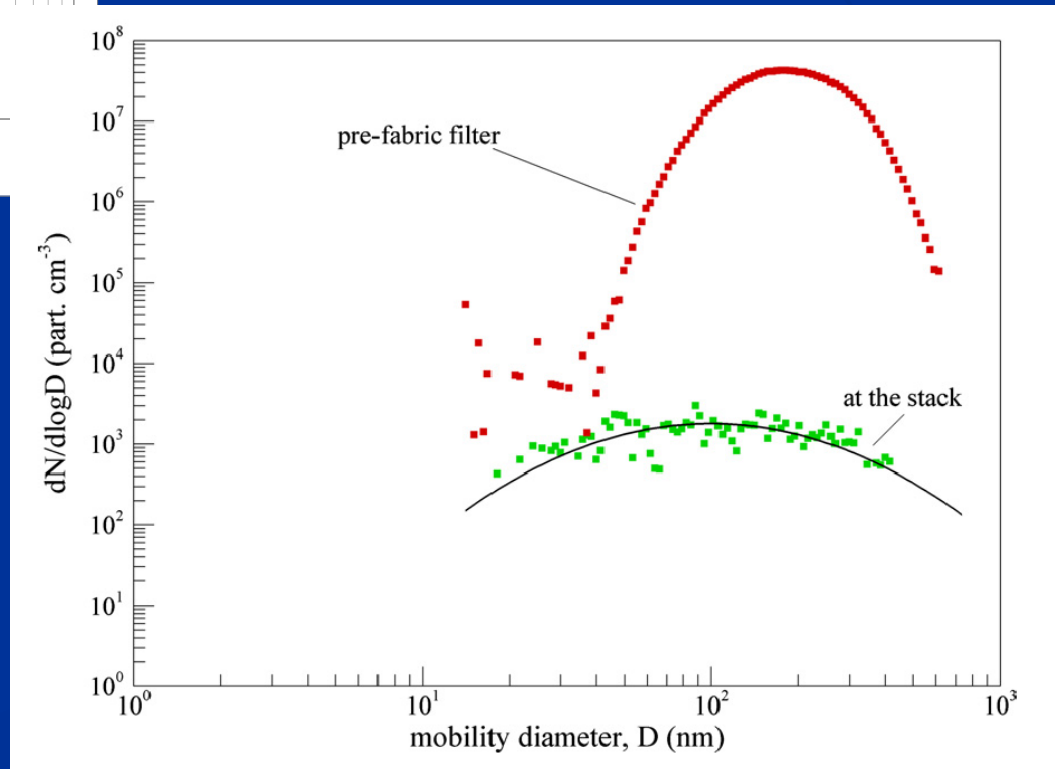
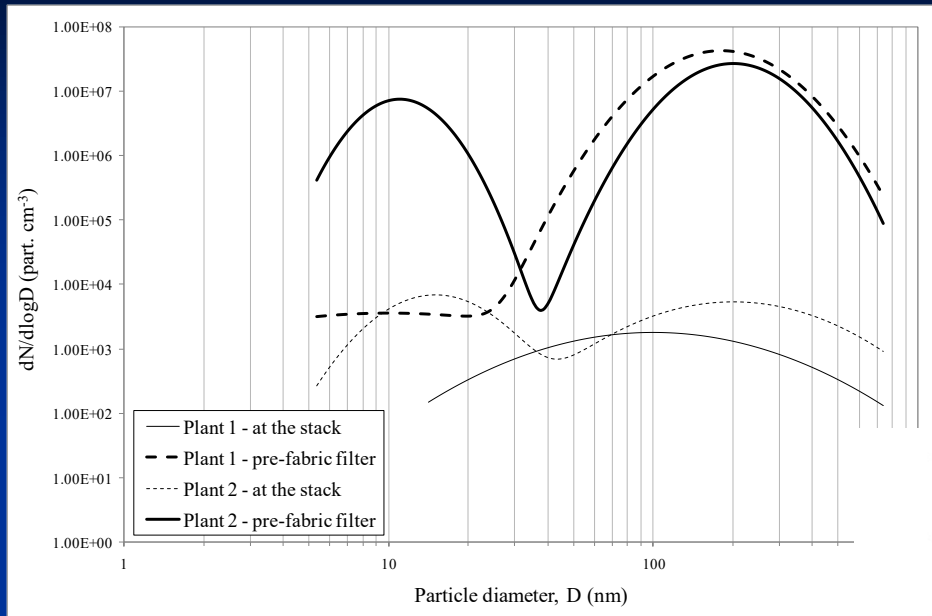


# Confronto emissioni: nanopolveri da TMV e traffico auto



Source: Buonanno et al., WM\_2009

# Nanopolveri da TMV: ruolo dei filtri a manica



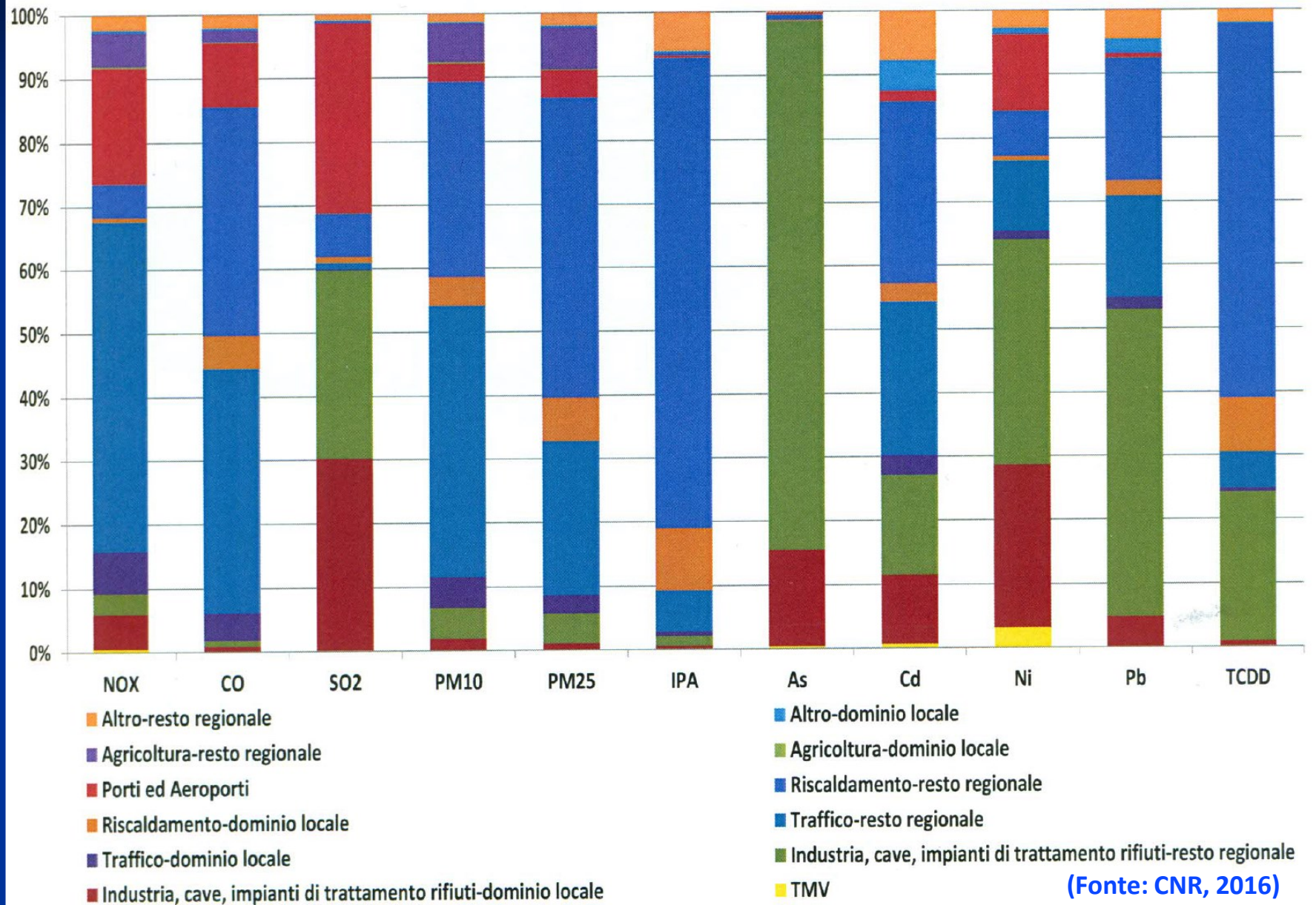
# Concentrazioni e flussi di massa di inquinanti: TMV di Acerra

## Sezione L.1: EMISSIONI

[m <sup>3</sup> /h]	Inquinanti									
	Tipologia	Limiti A.I.A.			Limiti D.Lgs 133/05			Ore di funz.to	Dati emissivi	
		Concentr. media giornaliera [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Concentr. media semioraria [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Flusso di massa [kg/h]	Concentr. media giornaliera [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Concentr. media semioraria [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Flusso di massa [kg/h]		Concentr. [mg/Nm <sup>3</sup> ]	Flusso di massa [kg/h]
Misurata fumi [Nm <sup>3</sup> /h]										
195.000	SOx	25	200	n.a.	50	200	n.a.	24	3,312	0,645
	HCl	7	60	n.a.	10	60	n.a.	24	4,482	0,873
	HF	0.3	4	n.a.	1	4	n.a.	24	0,142	0,0277
	NOx	85	400	n.a.	200	400	n.a.	24	69,390	13,52
	Polveri totali	3	30	n.a.	10	30	n.a.	24	1,478	0,2879
	CO	50	100	n.a.	50	100	n.a.	24	20,249	3,946
	TOC	5	20	n.a.	10	20	n.a.	24	3,218	0,627
	Cd, Tl	0.02	n.a.	n.a.	0.05		n.a.	24	0,00023	0,045 [g/h]
	Hg	0.02	n.a.	n.a.	0.05		n.a.	24	0,00154	0,3 [g/h]
	Sommatoria metalli <sup>2</sup>	0.2	n.a.	n.a.	0.5		n.a.	24	0,00695	0,00135
	IPA	0.01	n.a.	n.a.	0.01		n.a.	24	0,0006	0,0001169
	PCDD/F teq	0.025 [ng/Nm <sup>3</sup> ]	n.a.	n.a.	0.1 [ng/Nm <sup>3</sup> ]		n.a.	24	0,00047 [ng/Nm <sup>3</sup> ]	91,59 [ng/h]



# Confronto emissioni: TMV vs resto territorio



(Fonte: CNR, 2016)



# I danni della NON Gestione

quando «si decide di non decidere»

# I danni della non gestione



# I danni della non gestione



**Le piramidi azteche  
di ecoballe dei ...  
trattamenti a freddo**



# I danni nascosti da troppo tempo

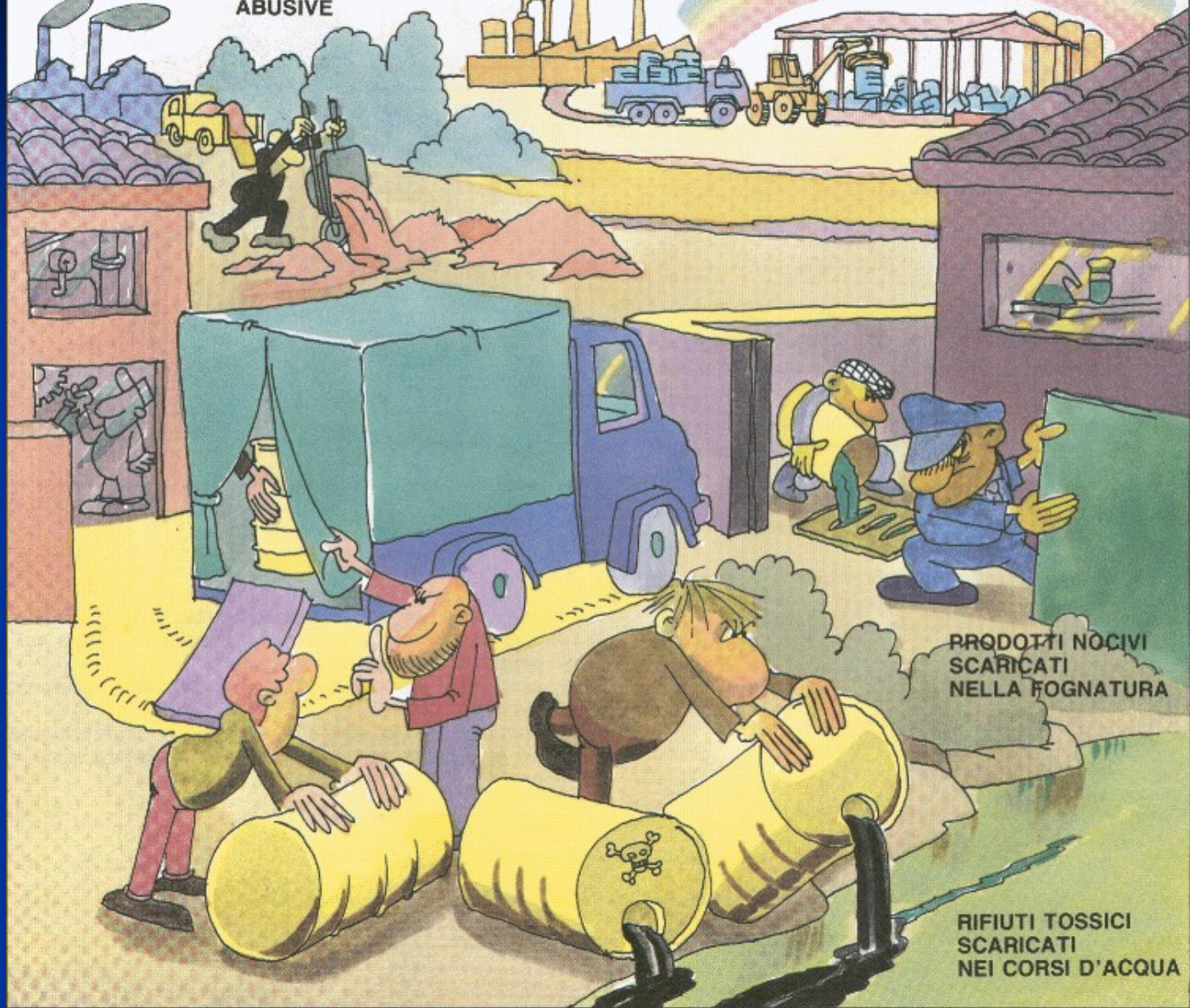


... anche se visibili ogni giorno



**FANGHI  
INDUSTRIALI  
ABBANDONATI  
IN DISCARICHE  
ABUSIVE**

**IMPIANTI PER IL TRATTAMENTO  
E LO SMALTIMENTO  
DEI RIFIUTI TOSSICI**



**PRODOTTI NOCIVI  
SCARICATI  
NELLA FOGNATURA**

**RIFIUTI TOSSICI  
SCARICATI  
NEI CORSI D'ACQUA**



# Risultati della COMMISSIONE PARLAMENTARE D'INCHIESTA SUL CICLO DEI RIFIUTI E SULLE ATTIVITA' ILLECITE AD ESSO CONNESSE

RELAZIONE FINALE

(Relatore: sen. Roberto BARBIERI)

Approvata nella seduta del 27 febbraio 2008

estratto da pag. 38 e segg.

dalla **Relazione Parlamentare sul ciclo dei rifiuti**

... la Campania deve costituire oggetto di riflessione per il metodo che si è seguito nel gestire i fondi pubblici ...

Risorse utilizzate non per avviare tempestivamente un ciclo industriale integrato dei rifiuti, bensì per costruire apparati burocratici, formare consigli di amministrazione di società miste, assumere lavoratori da tenere in parcheggio: **politiche di rassegnato sostegno dell'esistente, nell'illusione che l'esistente sostenesse indefinitamente la politica.**

Si incomincia nel 1994: da allora, **mentre in Lombardia si costruiscono tredici termovalorizzatori, in Campania (...) si realizzano impianti di CDR che in realtà non fanno altro che imballare tal quale, si aprono call-center, si differenzia la raccolta del denaro pubblico fra percettori improvvisati manager dei rifiuti, si discute sull'impatto sanitario di un termovalorizzatore che non è neppure ultimato.**

## dalla **Relazione Parlamentare sul ciclo dei rifiuti**

Così, accanto al percolato che, nel frattempo, discariche mal gestite vomitano sui terreni, ammorbando l'aria e intossicando le acque, questo maneggio improprio di risorse pubbliche lascia trasudare (...) un impasto melmoso di burocrazia inefficiente, politica clientelare, malaffare criminale.

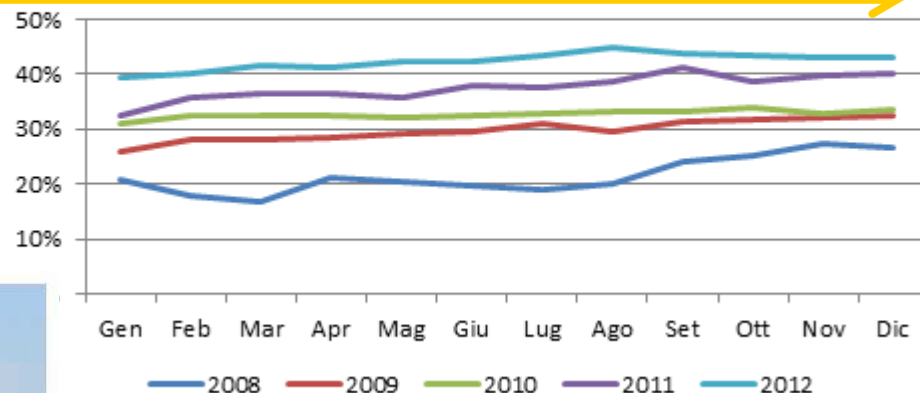
In definitiva, **non solo si è governato senza decidere**; non solo si è governato senza rispettare gli scopi cui erano destinate le risorse; **ma, soprattutto nella ricerca ideologica del consenso di tutti, preferendo la strada deresponsabilizzante dell'unanimità a quella ben più impegnativa delle scelte anche a maggioranza, confondendo il bene comune con gli interessi di ognuno**. Senza rendersi conto del peso, incomparabilmente diverso, delle conseguenze: aver trasformato strade e piazze in discariche ed inceneritori a cielo aperto (...) (aver provocato) profonde ferite sociali ... la cui portata è, questa sì, incalcolabile.

# Sistema di gestione in Campania (dopo anni di Zero decisioni)

Alta percentuale di raccolta differenziata (> 54%): 1400 kt/y

Un termovalorizzatore da 700 kt/y

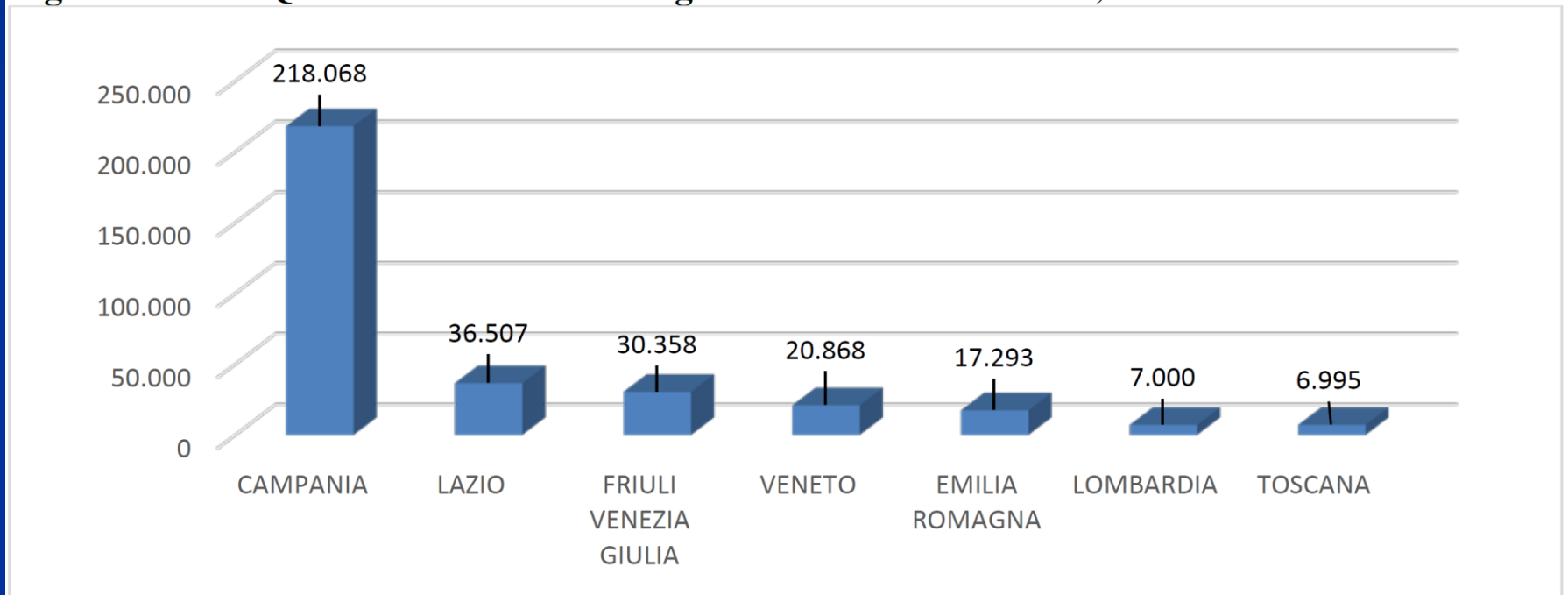
Regione Campania - Andamento r.d. dal 2008



Una disponibilità di volume di discarica limitata.  
Quindi necessità di (poco sostenibili) "waste ships" per oltre 210 kt/y

# Sistema di gestione in Campania (piena sostenibilità non ancora raggiunta)

Figura 3.3.10 – Quantitativi dei rifiuti regionali conferiti all'estero, anno 2020



Fonte: ISPRA

# GESTIONE DEI RIFIUTI IN SICILIA: COME USCIRE DALLA CRISI?

UN CONFRONTO  
CON LA REGIONE  
CAMPANIA



**AIDIC**

Associazione Italiana  
di Ingegneria Chimica



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO

**dj** dipartimento  
di ingegneria  
unipa

# Grazie per l'attenzione