

Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti
Chiaramente Scienza: *Energie dai Rifiuti ?*



Malintesi e realtà della produzione di energia da rifiuti

Stefano Consonni
Dipartimento di Energia - Politecnico di Milano

Venezia, 18 novembre 2008

Un caso emblematico di pregiudizi e malintesi

- Percezione di degrado dell'Ambiente
- Malintesa percezione del Rischio
- Valutazione assoluta e valutazione comparativa
- Malinteso rapporto tra Ambiente, Impresa e Profitto
- Oscurantismo e disinformazione scientifica
- Confusione tra ciò che é possibile tecnicamente e ciò che ha prospettive industriali
- Caccia all'untore e liste di proscrizione: la battaglia contro gli inceneritori ultimo capitolo della lotta tra il Bene e il Male



Discarica (Vienna, 1910)

(da J. Vehlow, Institute for Technical
Chemistry, Karlsruhe, Germany)



I rifiuti POSSONO ESSERE un grande problema



I rifiuti SONO in molti Paesi un grande problema



Cortesía grafica di
prof. Raffaello Cossu

Soluzione discarica ?

6



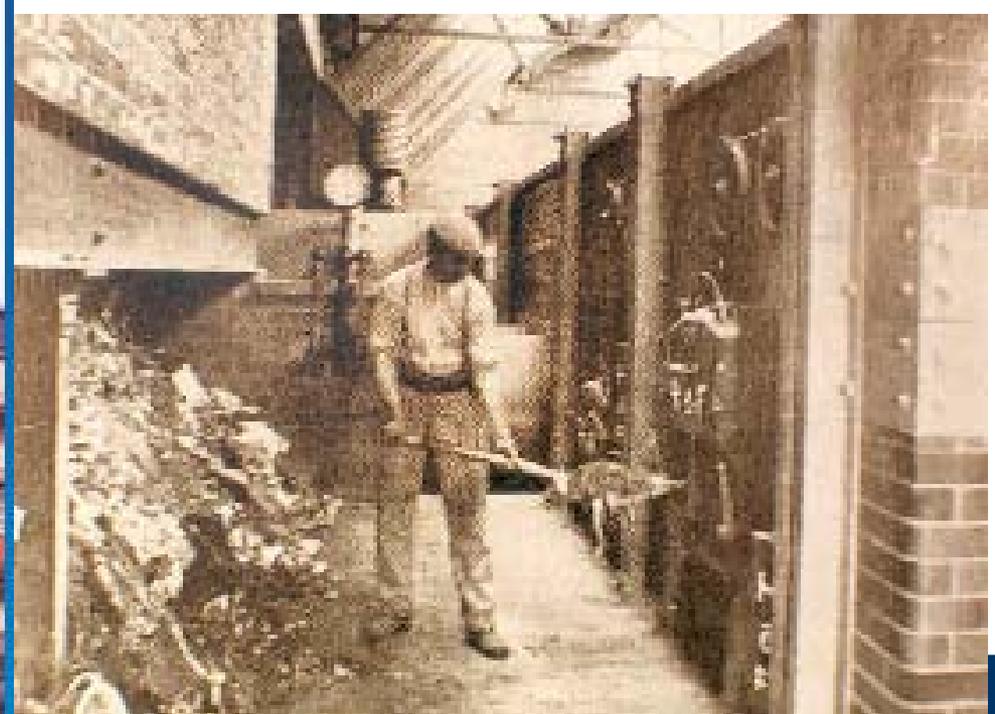
Cortesia grafica di
prof. Raffaello Cossu

Soluzione inceneritore ?

tratto da Søren Dalager,
Rambøll, Denmark



tratto da E. Fleck, Martin GmbH



Soluzione BANANA ?

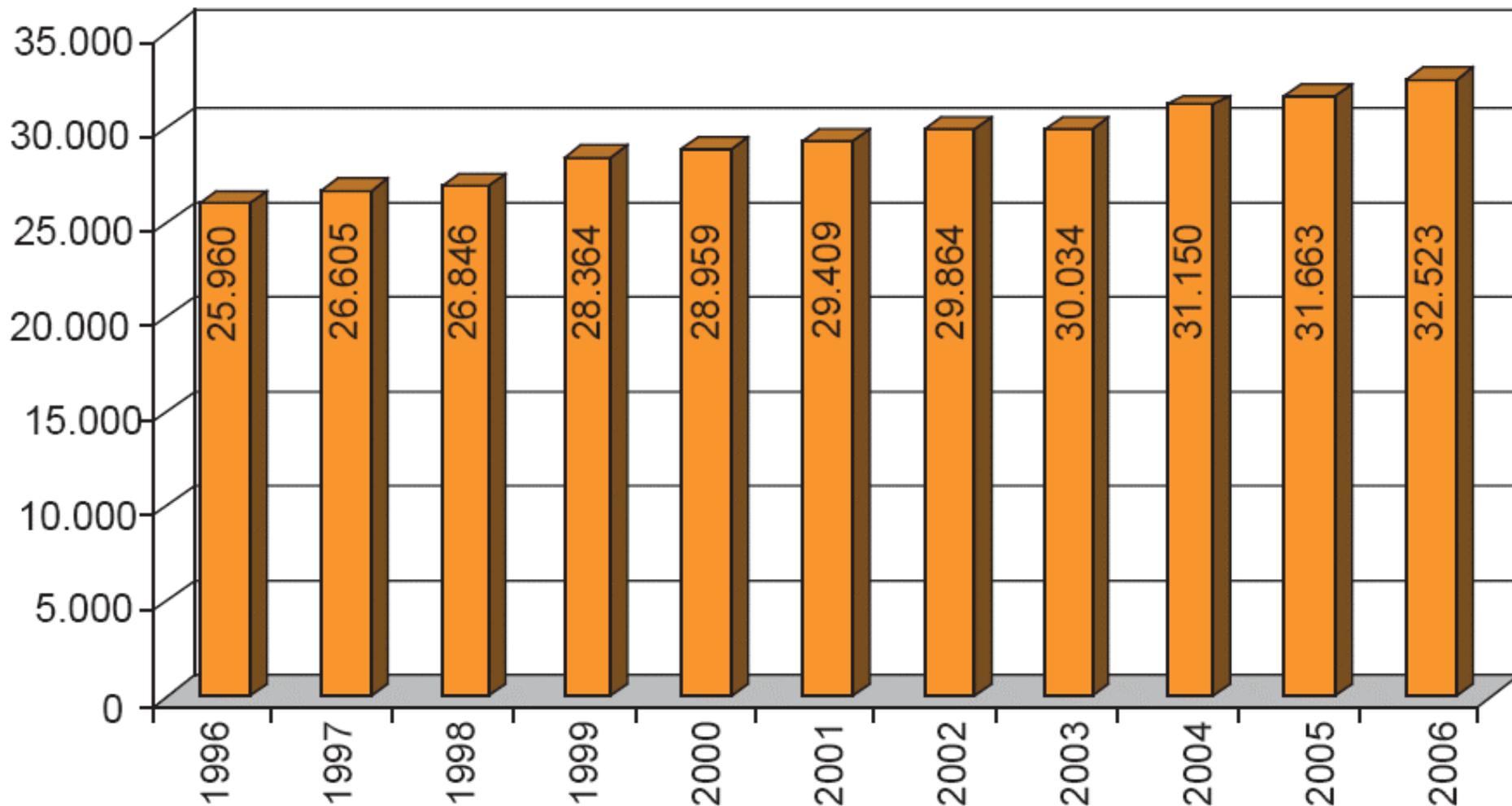


Build
Absolutely
Nothing
Anywhere
Near
Anybody

La produzione di rifiuti in Italia

9

produzione totale, migliaia di tonnellate



Fonte: rapporto rifiuti APAT 2007





***Ma allora cosa si
può fare ?***

Prima di tutto:

- 1) conosciamo la REALTÀ INDUSTRIALE***
 - 2) impariamo i fondamenti FISICI***
 - 3) ragioniamo sui NUMERI***
- COMPARATIVAMENTE***



Moderno impianto di termoutilizzazione

BRESCIA

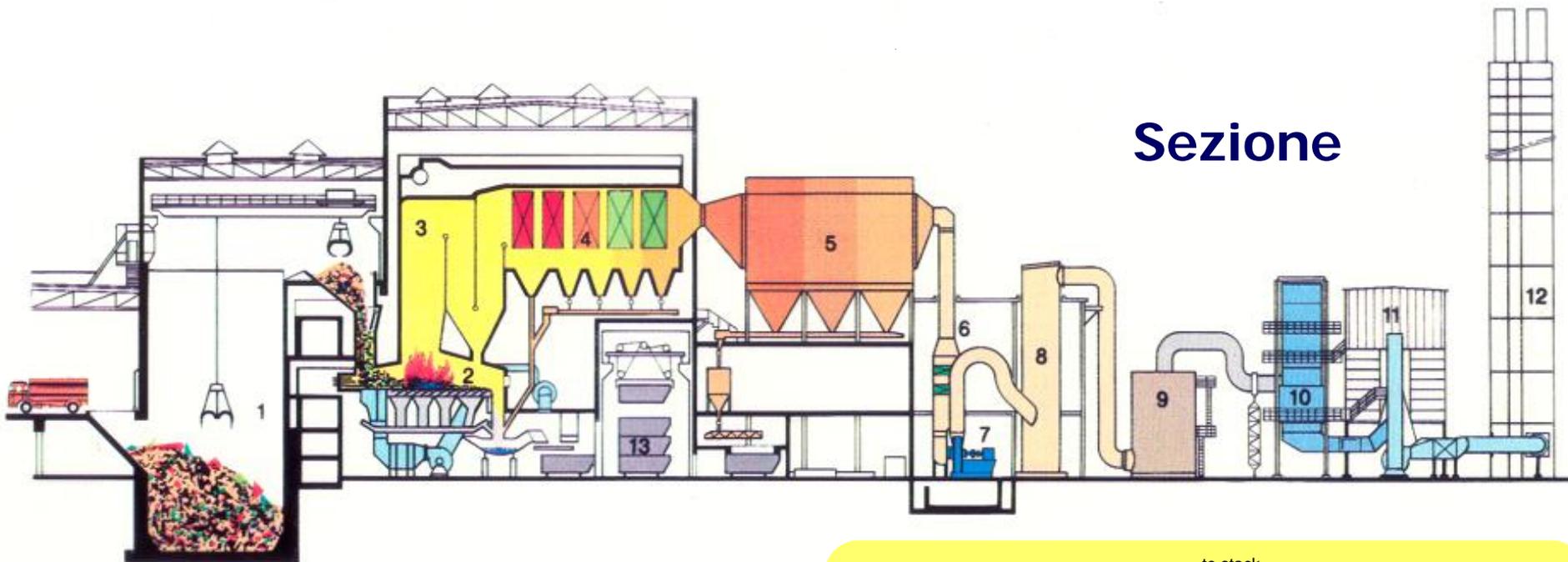


PARIGI



VIENNA

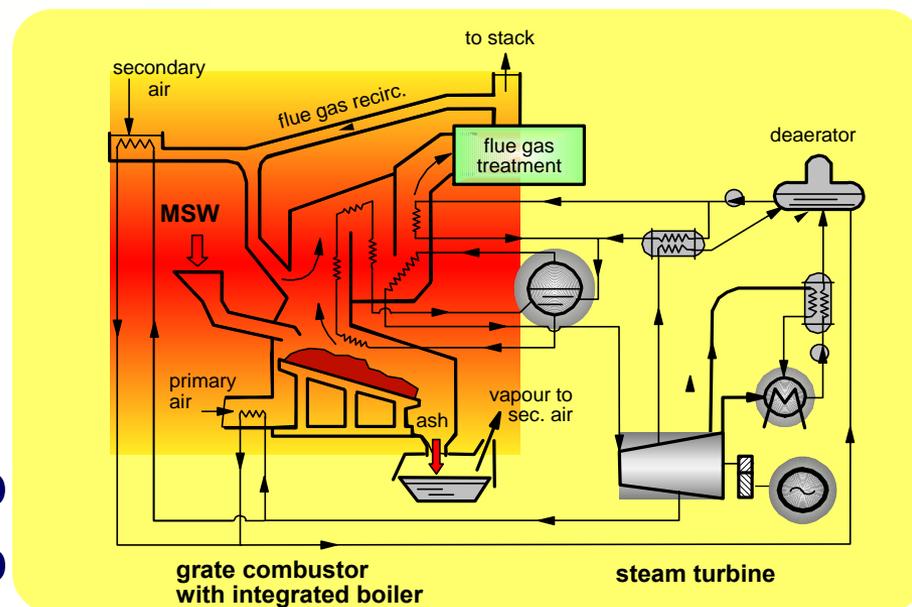




Sezione

I moderni termoutilizzatori sono **CENTRALI TERMO-ELETTRICHE** alimentate con il particolare “combustibile rifiuto”

Ciclo termico





Riduzione

Riutilizzo

Riciclaggio

Recupero energetico

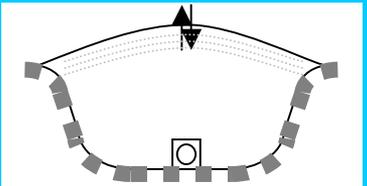


BENEFICI
risparmio di risorse attraverso il recupero di:
- materiali
- energia

PROBLEMI

- adeguata gestione del sistema
- emissioni
- costi

discarica di servizio
(residui INERTI)



- Nei Paesi industrializzati si producono 1-2,5 kg per abitante per giorno di RSU, ovvero **400-900 kg per abitante per anno**
- Supponiamo che a valle della Raccolta Differenziata restino **250-600 kg/ab-anno di RUR** (Rifiuto Urbano Residuo) con $PCI = 10 \text{ MJ/kg}_{RUR}$
- L'energia liberabile da questo RUR equivale a **70-150 kg di petrolio equivalente per abitante per anno**
- Nei Paesi industrializzati il consumo totale di energia primaria è di 3.000-6.000 kg di petrolio equivalente per abitante per anno (3-6 Tep/ab-anno)
- **CONCLUSIONE: RSU potrebbero coprire il 2-3% dei consumi totali di energia primaria. Per i soli impianti fissi questa percentuale sale al 3-5%. Se si aggiungono i rifiuti speciali, si arriva quasi al 10%**



Motivazioni:

- **sterilizzazione** Incenerimento
- **riduzione volume (10-30 volte)**
- **inertizzazione dei residui a discarica**
- **recupero di energia** Termo-
- **riduzione impatto del ciclo di vita** utilizzo
(sostituzione centrali termoelettriche)

L'importanza del recupero di energia é andata via via aumentando con l'aumento del **Potere Calorifico** del rifiuto: dalle 700-900 kcal/kg di inizio secolo si é arrivati oggi a 2200-2800 kcal/kg_{RUR}

La combustione dei rifiuti

La combustione consiste nella ossidazione degli atomi che costituiscono il rifiuto – principalmente C e H – per generare composti completamente ossidati – principalmente CO_2 e H_2O .

Essendo le reazioni di ossidazione esotermiche, questo processo genera notevoli quantità di calore

prodotti di combustione

CO_2 , H_2O , N_2 , O_2 + CO , SO_2 , NO_x , HCl , HF , HBr , metalli, diossine, etc.



CALORE
(potere calorifico)



scorie
Ca, Mg, Si, P, Fe, Al, metalli, etc.



RUR



atomi C, H, O, N, S, Cl, F, Br, etc.

aria
 $\text{O}_2 + \text{N}_2$



In un moderno termoutilizzatore, la combustione di 1 kg di RUR genera circa:

- 0,180 kg di scorie deferrizzate riutilizzabili
- 0,080 kg di polveri inertizzate da smaltire in discarica
- 7 kg di prodotti di combustione (fumi), di cui:
 - 6,999 kg di $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + \text{N}_2$
 - 0,001 kg di inquinanti (NO_x , CO , SO_x , HCl , etc.)^(*)
 - 0,000010 kg di polveri
- 2.400 kilocalorie

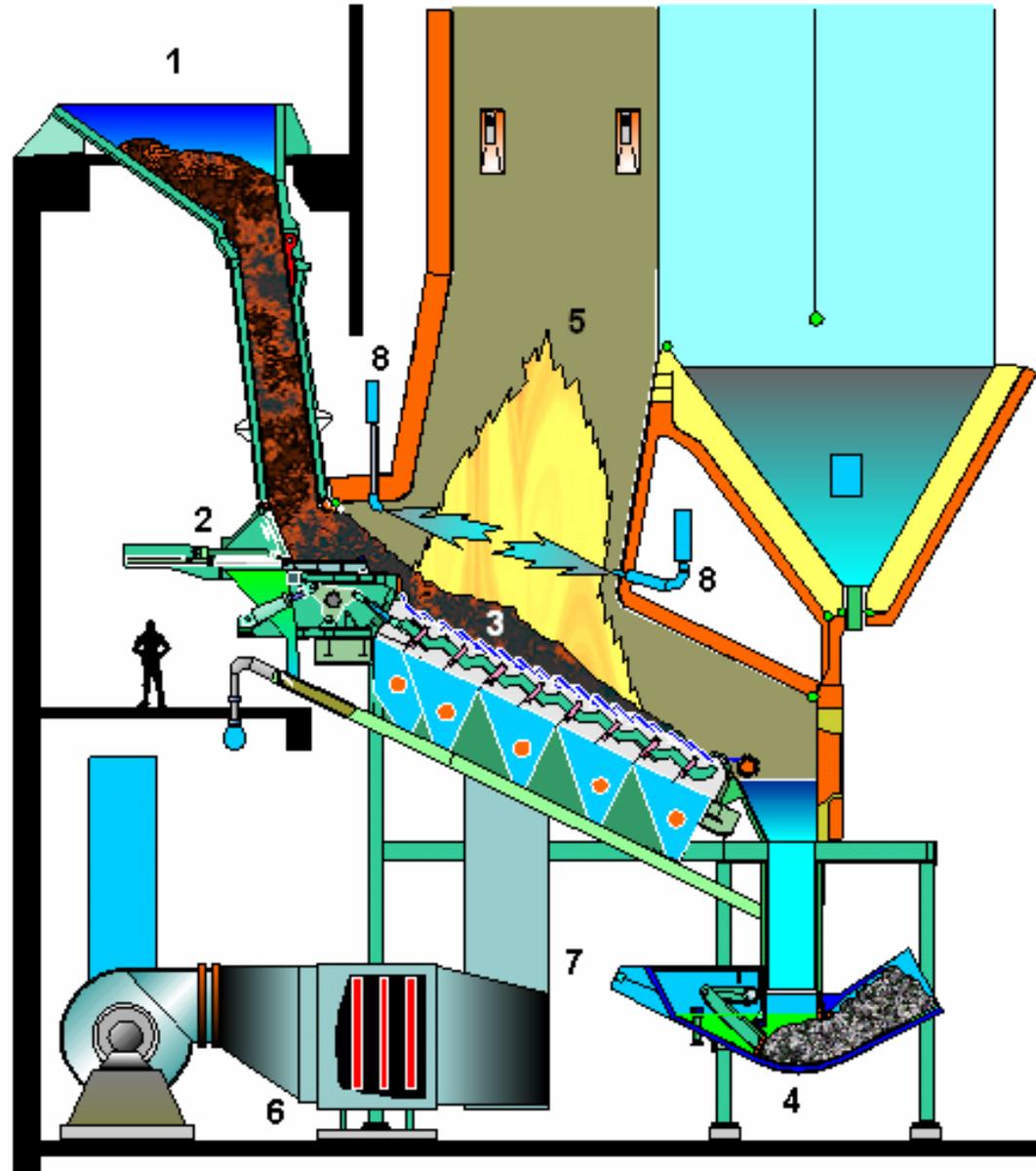
Per un grande impianto, dalle 2400 kcal si producono 0,8 kWh_{el}

^(*) per l'impianto Silla 2 di Milano, gli inquinanti sono circa 0,0004 kg per kg di RUR (0,4 g/kg_{RUR}), le polveri meno di 0,000001 kg per kg di RUR (0,001 g/kg_{RUR})

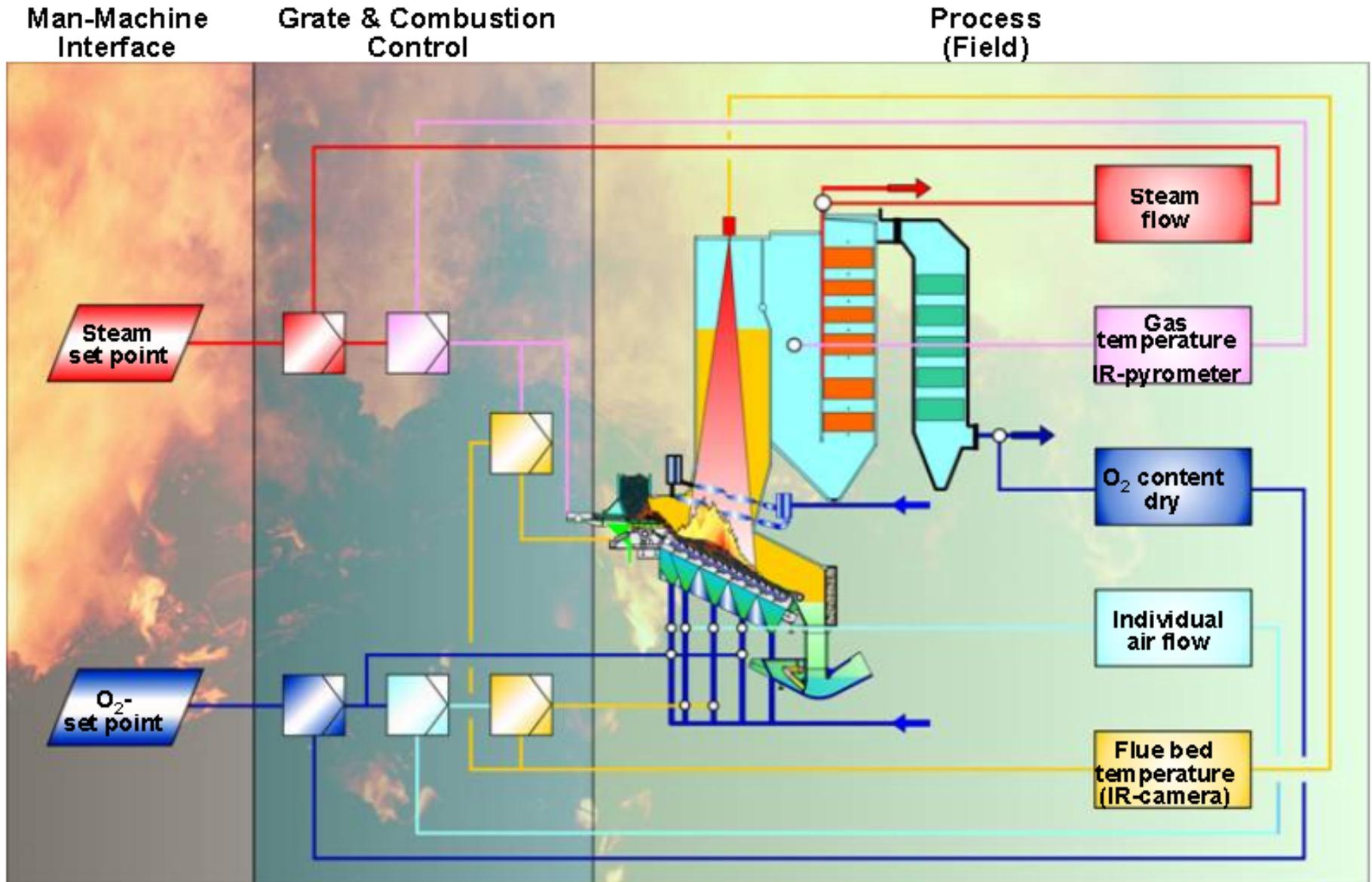
In assenza di trattamento dei fumi, gli inquinanti sarebbero 10-20 g/kg_{RUR}, le polveri 10-35 g/kg_{RUR}

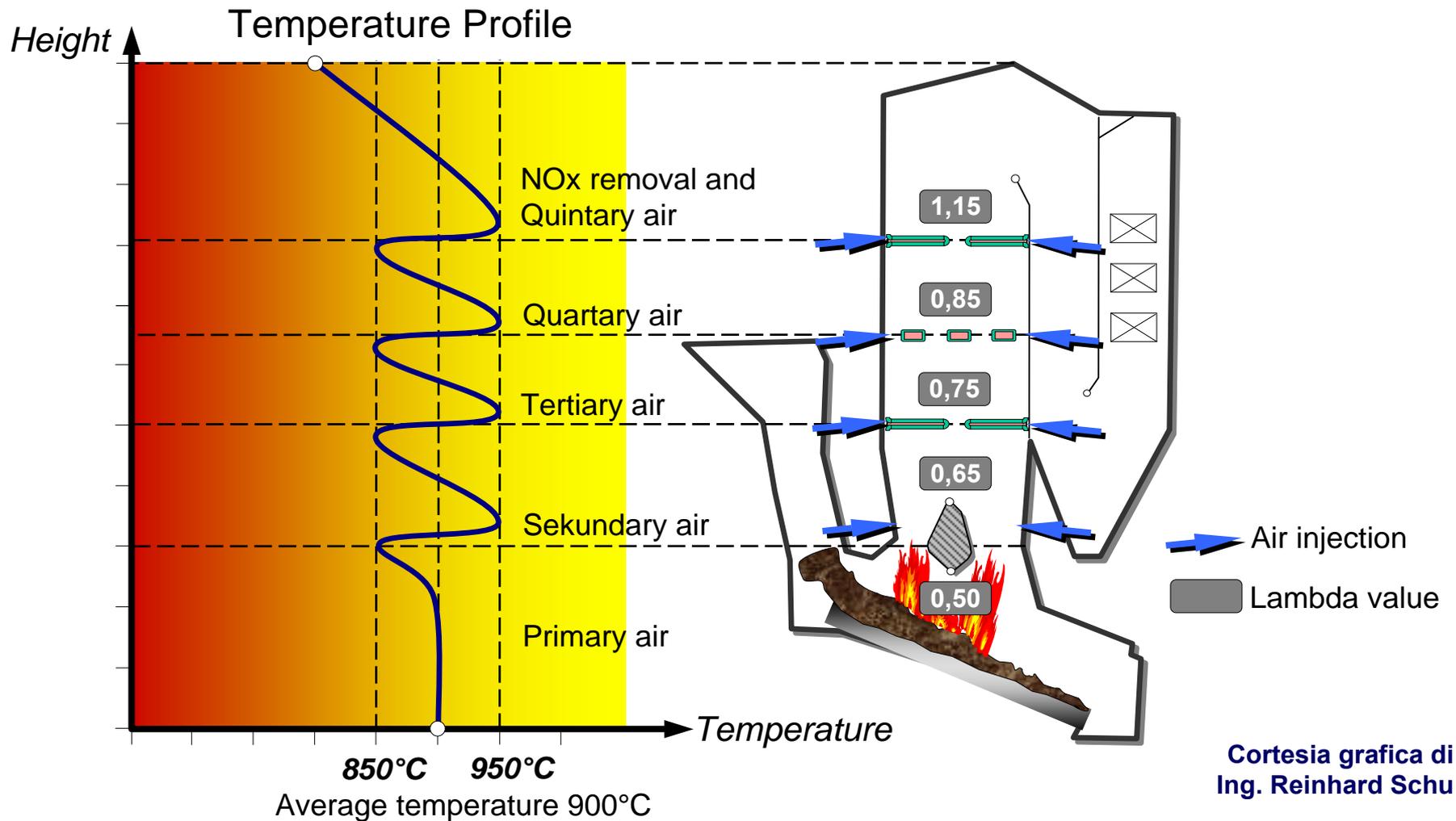
Pregiudizi da sfatare

- Non é vero che con la termoutilizzazione non servono discariche. Tuttavia, i volumi necessari sono ridotti di 10-30 volte, e il materiale da smaltire é INERTE.
- Non é vero che il rifiuto si trasforma in polveri. L'80% circa della massa dei rifiuti diventa gas (come la legna nel camino).
- Non é vero che la combustione dei rifiuti avviene ad altissima temperatura. Nei combustori a griglia la fiamma é a 1000-1200°C, contro i 2200-2400°C dei motori a benzina o Diesel.
- Non é vero che la combustione dei rifiuti richiede combustibile fossile.
- Non é vero che le specie tossiche generate nella combustione restano tali ("*nulla si crea, nulla si distrugge*").
- Non é vero che il termoutilizzatore "distrugge" più energia di quanta ne produca
- Non é vero che la termo-utilizzazione é antagonista di raccolta differenziata e riciclaggio.
- Non é vero che la qualità dei rifiuti inficia il controllo delle emissioni

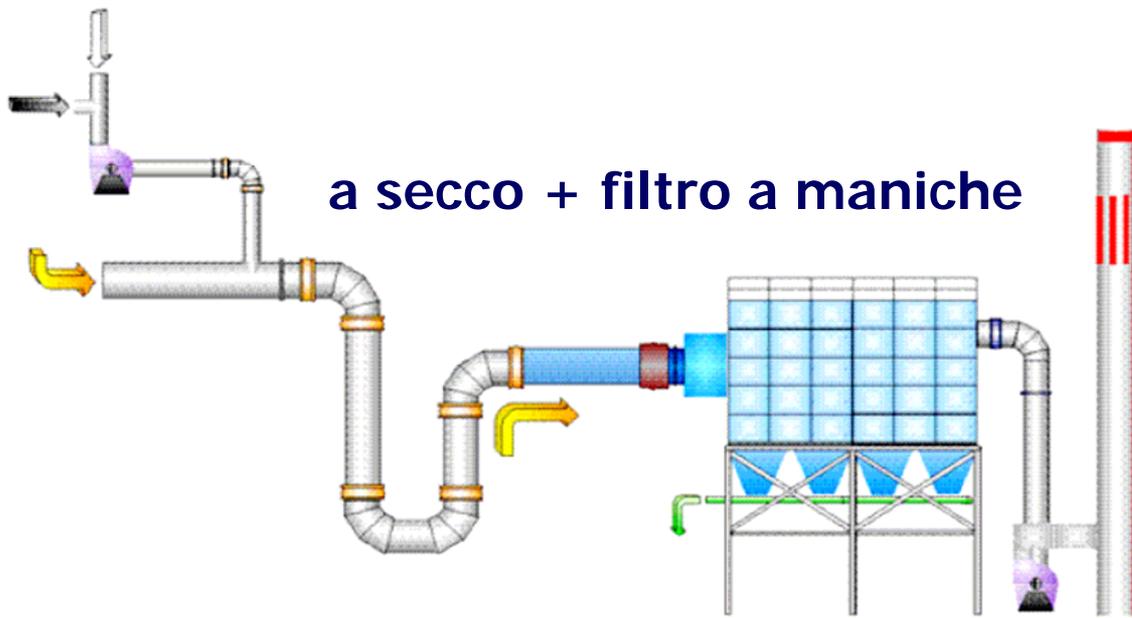




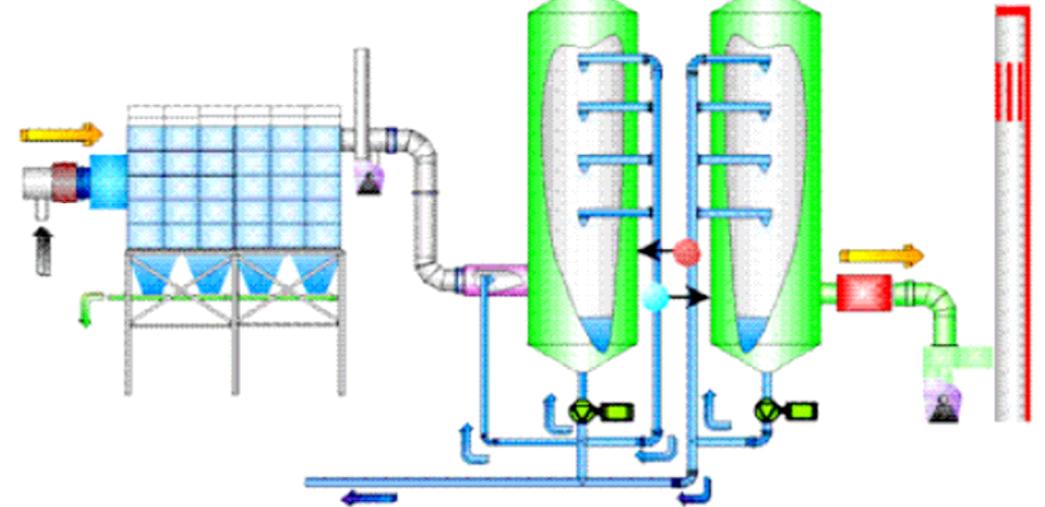




Profilo di temperatura ottenibile con l'ottimizzazione della iniezione di aria



filtro a maniche + umido



Complesso di processi chimico-fisici che:

- convertono e rimuovono specie inquinanti
- rimuovono polveri

rapporto
~ 1: 1.000

		anni 60-70	anni 80	anni 90	anni 00
Polveri	mg/Nm ³	300-1000	50-300	5-20	0,05-3
HCl	mg/Nm ³	1000	50	20-30	2-10
SOx	mg/Nm ³	600	300	50-100	0,1-2
NOx	mg/Nm ³	500	500	200-300	30-150
Hg, Cd	mg/Nm ³	0,5	0,1	0,08-0,1	0,001-0,005
Metalli pesanti	mg/Nm ³	50	5	3-5	0,02-0,2
Diossine	ng _{TEQ} /Nm ³	10-60	0,1-10	0,05-0,1	0,001-0,01

rapporto
~ 1: 5.000

Bilancio Ambientale

27

Danno per l'Ambiente



Beneficio per l'Ambiente

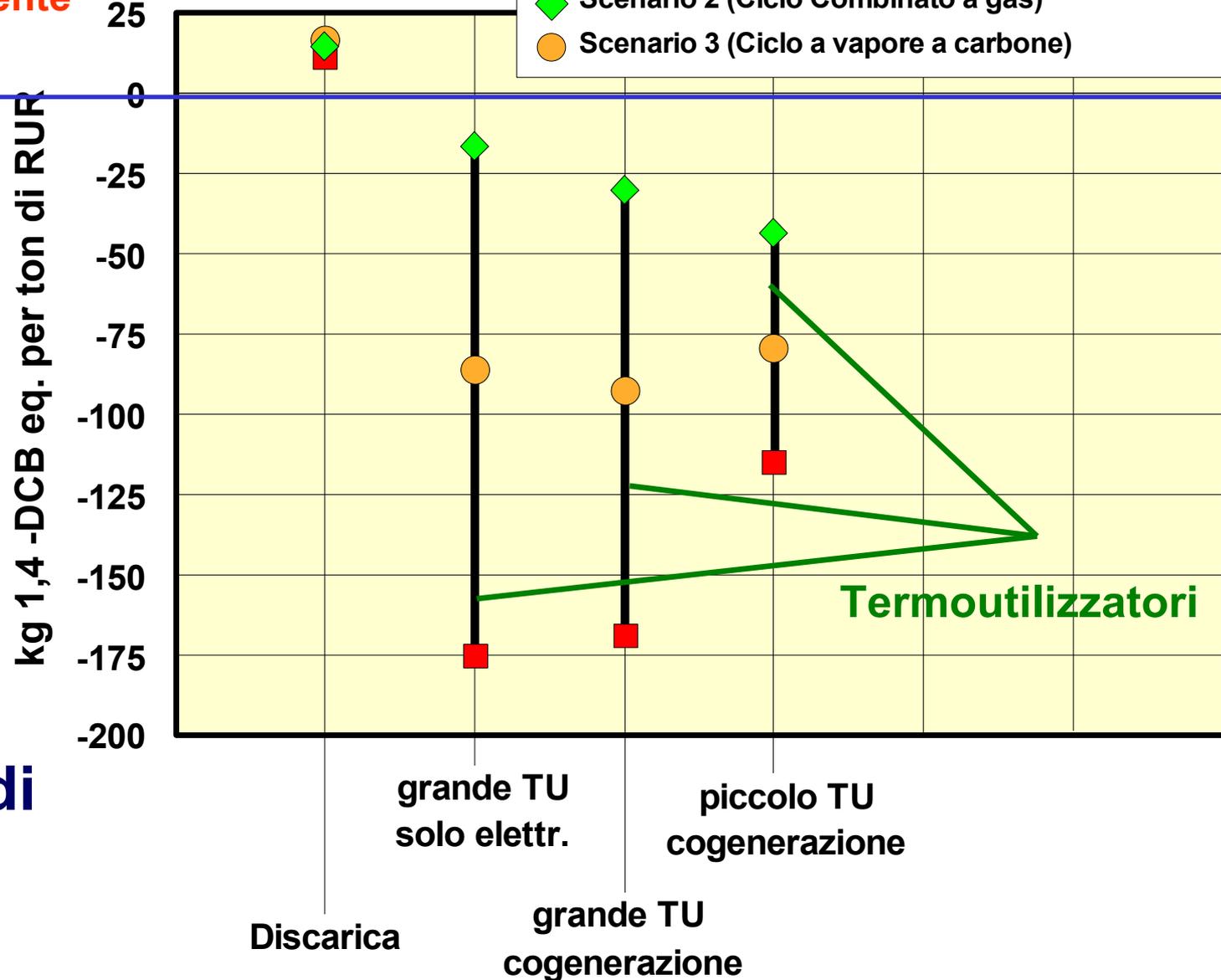


kg 1,4 -DCB eq. per ton di RUR

25
0
-25
-50
-75
-100
-125
-150
-175
-200

- Scenario 1 (Ciclo a vapore, 50% gas + 50% olio)
- ◆ Scenario 2 (Ciclo Combinato a gas)
- Scenario 3 (Ciclo a vapore a carbone)

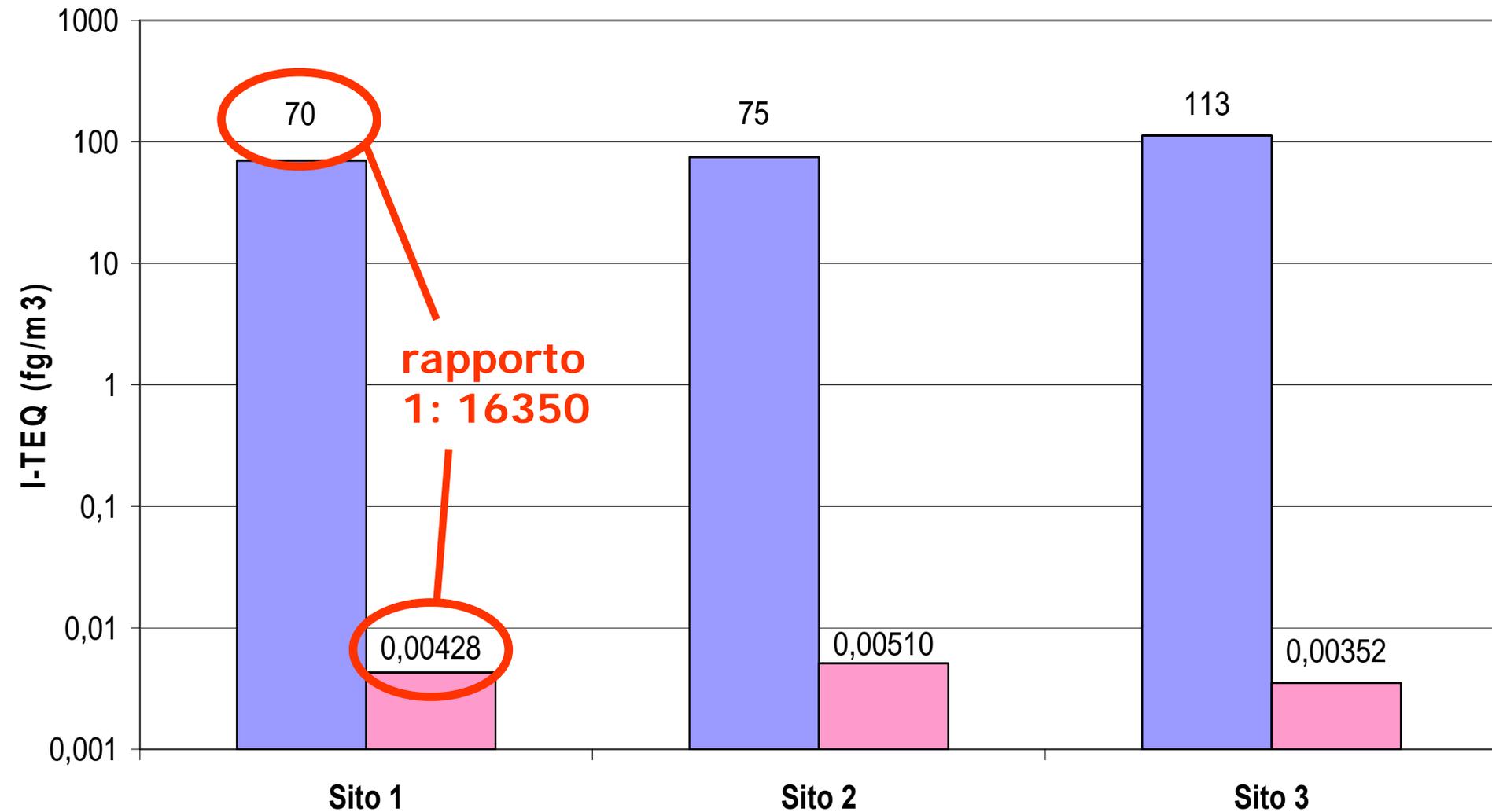
Indicatore di Tossicità umana



Attività	Fattore di emissione I-TEQ
Inceneritore non a norma (1997)	3-50 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{RSU}}$
Inceneritore a norma (2005)	0,6 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{RSU}}$
Inceneritore con Migliore Tecnologia Disponibile (MTD)	0,005-0,15 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{RSU}}$
Combustione domestica di legna non trattata (es: caminetto)	1-30 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{legna}}$
Combustione incontrollata di biomasse	5-30 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{biomassa}}$
Combustione incontrollata di rifiuti	60-100 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{rifiuti}}$
Combustione industriale oli pesanti	0,1 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{olio}}$
Combustione industriale oli leggeri/gas	0,02 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{olio}}$
Cementificio combustibili convenzionali	0,15-5 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{clinker}}$
Forno ad arco per acciaio	4,5 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{acciaio}}$
Fusione secondaria alluminio	1-150 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{Al}}$
Fusione secondaria piombo	0,5-80 $\mu\text{g I-TEQ t}^{-1}_{\text{Pb}}$

rapporto
1: 300

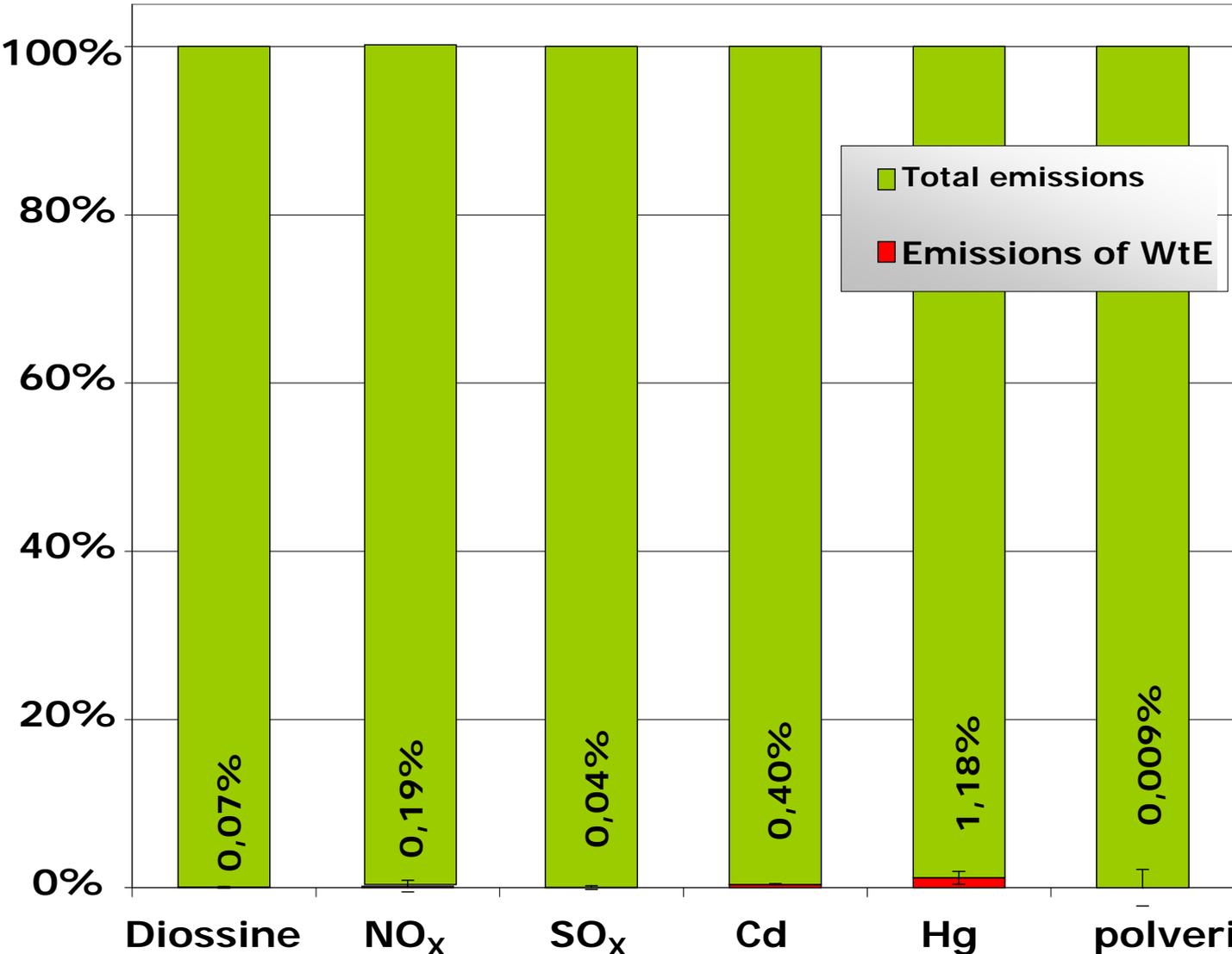
Diossine: contributi ai valori di fondo nell'area di un grande inceneritore



Cortesia grafica di
prof. Michele Giugliano

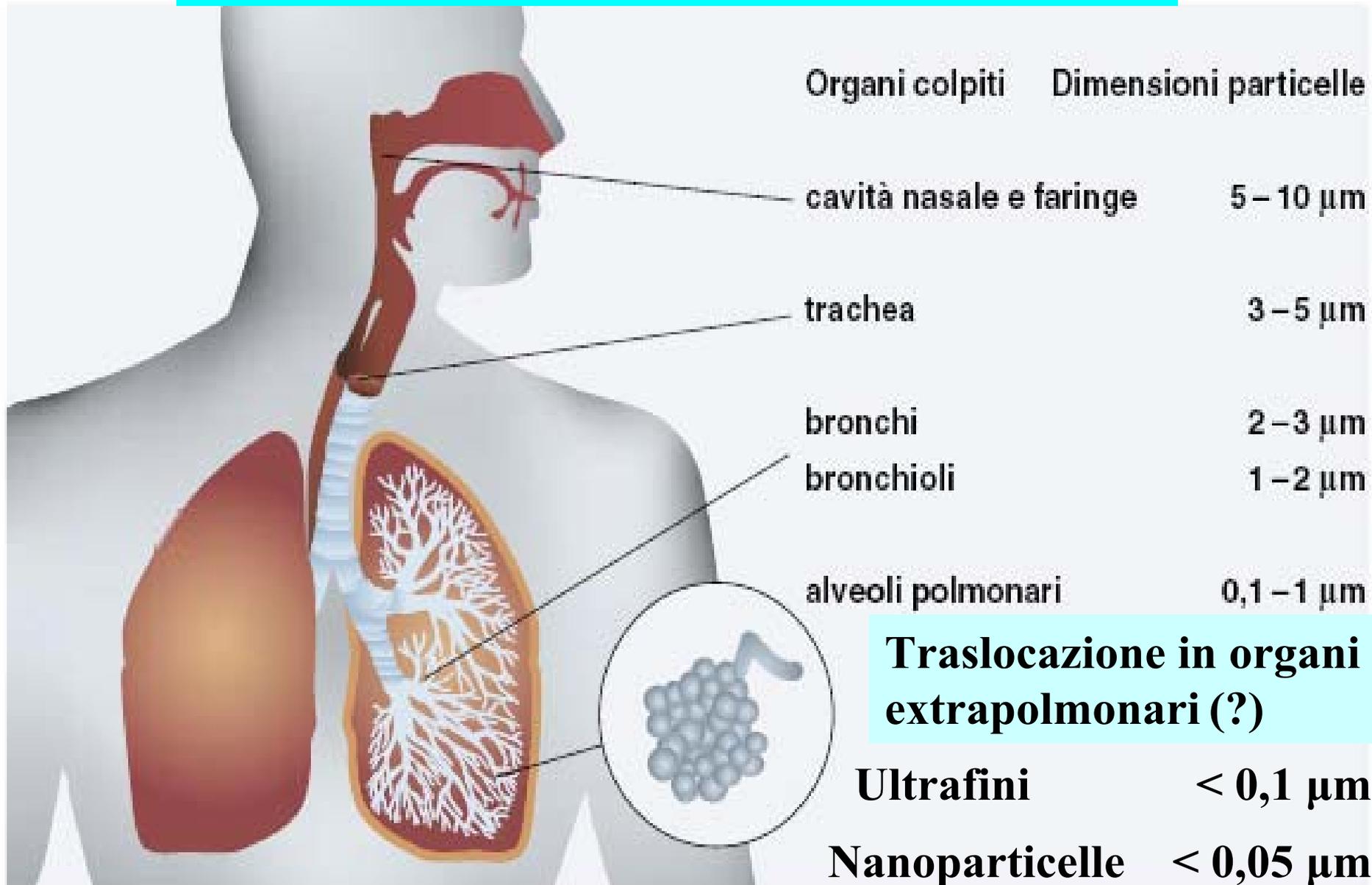


Contributo dei termoutilizzatori alle emissioni totali in Austria (anni 2000)



Cortesia grafica di prof. Bernd Bilitewski

LA QUESTIONE DELLE NANOPARTICELLE



Organi interessati dal PM fine e ultrafine

Particelle ultrafini in emissioni ed in aria ambiente

Aria ambiente	Numero particelle ultrafini per cm³
Ambienti rurali ed oceanici	100 - 1.000
Ambiente urbano	10.000 - 100.000
Strade con grande traffico	100.000 - 200.000
Emissione	Numero particelle ultrafini per cm³
Combustione <u>ben controllata</u> di legna Motori Diesel	~ 40.000.000
Combustione <u>ben controllata</u> di rifiuti	~ 3.000 - 70.000



- I moderni termoutilizzatori sono sofisticati impianti termo-elettrici molto diversi dagli inceneritori realizzati fino agli anni 60-70.
- Le emissioni sono talmente ridotte che é difficile apprezzarne il contributo all'inquinamento atmosferico
- L'impatto ambientale risulta ampiamente positivo per tutti gli indicatori
- Non esistono indicazioni di effetti tossici o patologie associate all'esercizio dei moderni termoutilizzatori
- La termoutilizzazione può contribuire in modo significativo al bilancio energetico nazionale

Ciononostante, il pregiudizio contro i termoutilizzatori causa tuttora gravissime disfunzioni e problemi ambientali, oltre che spreco di risorse ed extra-costi

Per una gestione dei rifiuti sostenibile

- La questione Rifiuti esiste e può essere dirompente
- Abbiamo i mezzi e le capacità per dominarla realizzando una **coordinata strategia di RECUPERO DI MATERIA e RECUPERO DI ENERGIA**
- Conoscenza, informazioni corrette e onestà intellettuale sono indispensabili per maturare strategie e proposte di soluzione
- Strategie e proposte di soluzione non possono essere al servizio di una ideologia
- Fondamentale la presa di coscienza delle **DIMENSIONI** e dei **TEMPI** dei problemi da affrontare
- Valutare sempre **COMPARATIVAMENTE**

**Grazie
dell'attenzione !**

I termoutilizzatori a griglia sono obsoleti ?

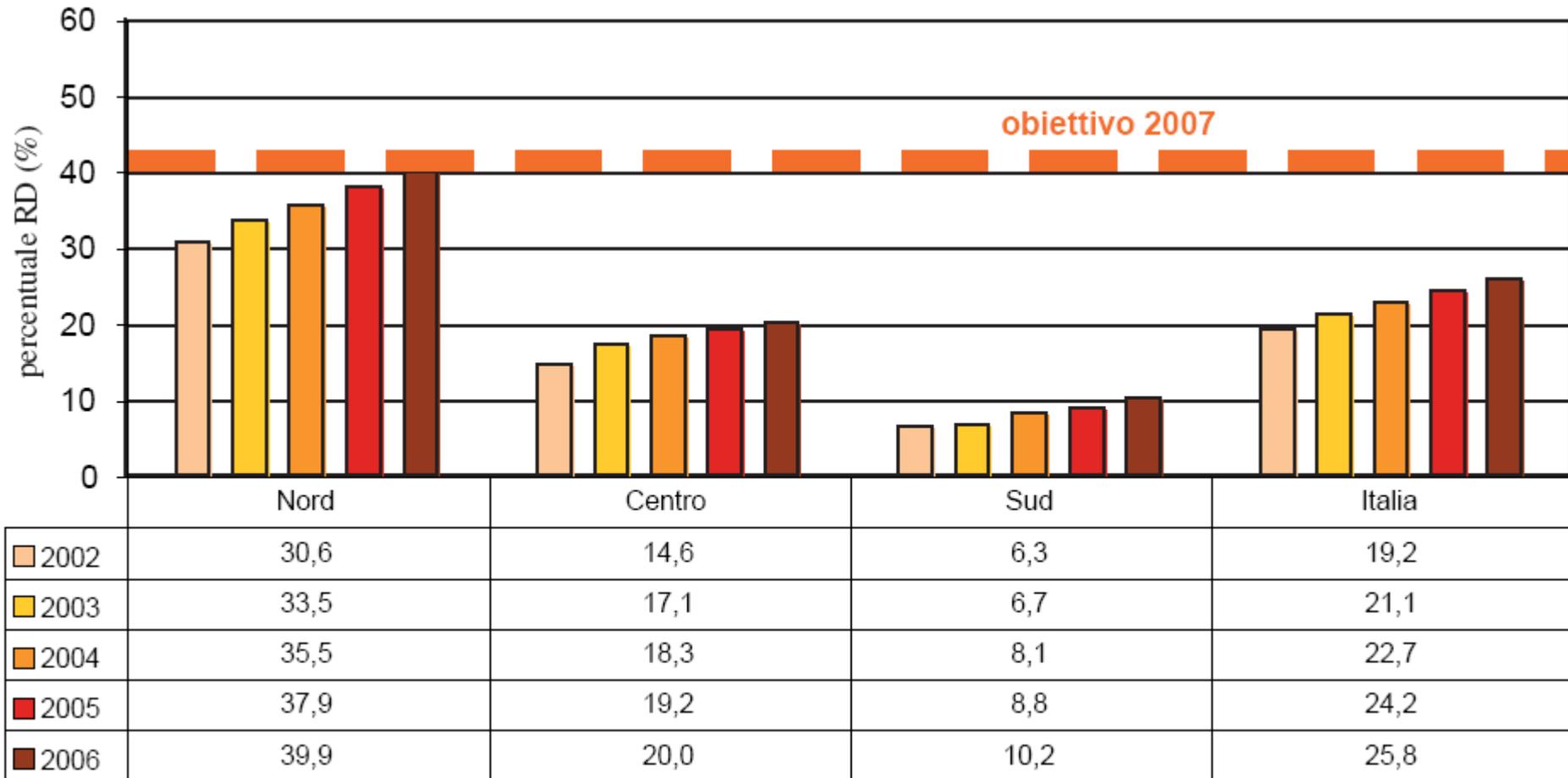
- Letti fluidi, pirolisi, gasificazione, "dissociazione molecolare", Combustibile Derivato dai Rifiuti, etc.
- Ma NON BASTA che le soluzioni proposte siano tecnicamente fattibili
- Le soluzioni tecnologiche alternative devono reggere il confronto con le soluzioni convenzionali in termini gestionali, ambientali, energetici, economici

Volo supersonico

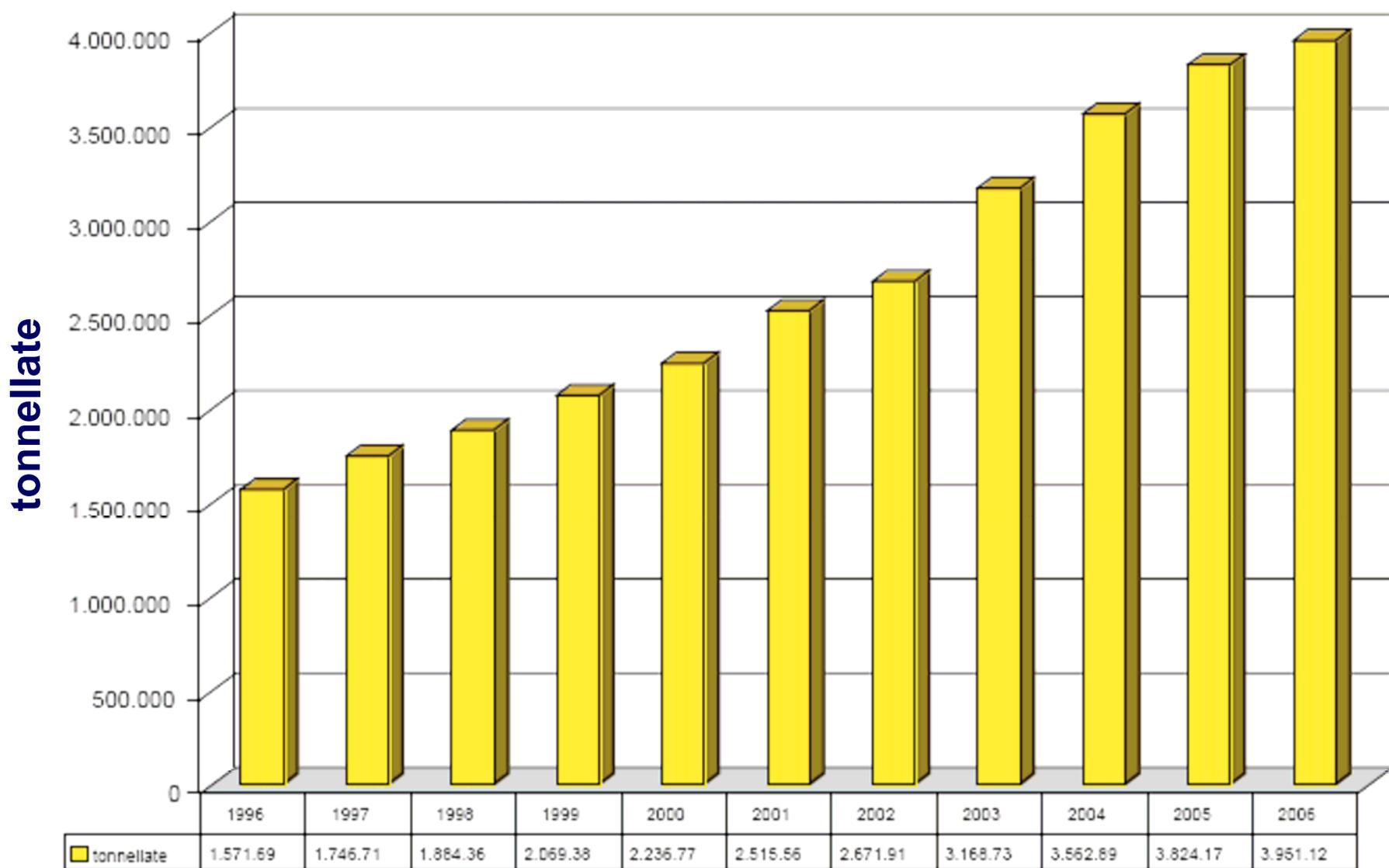


L'Uomo sulla Luna



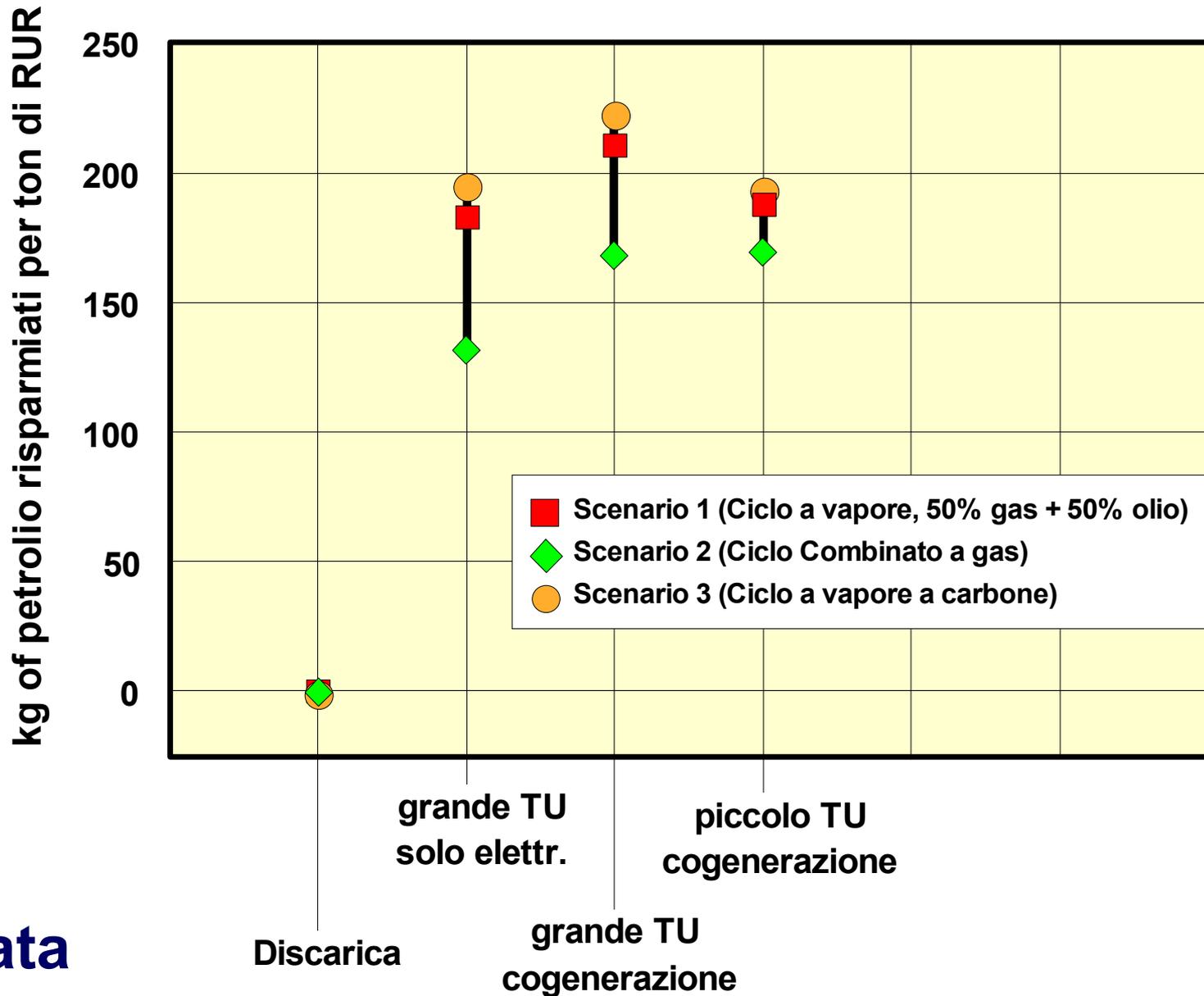


Fonte: rapporto rifiuti APAT 2007

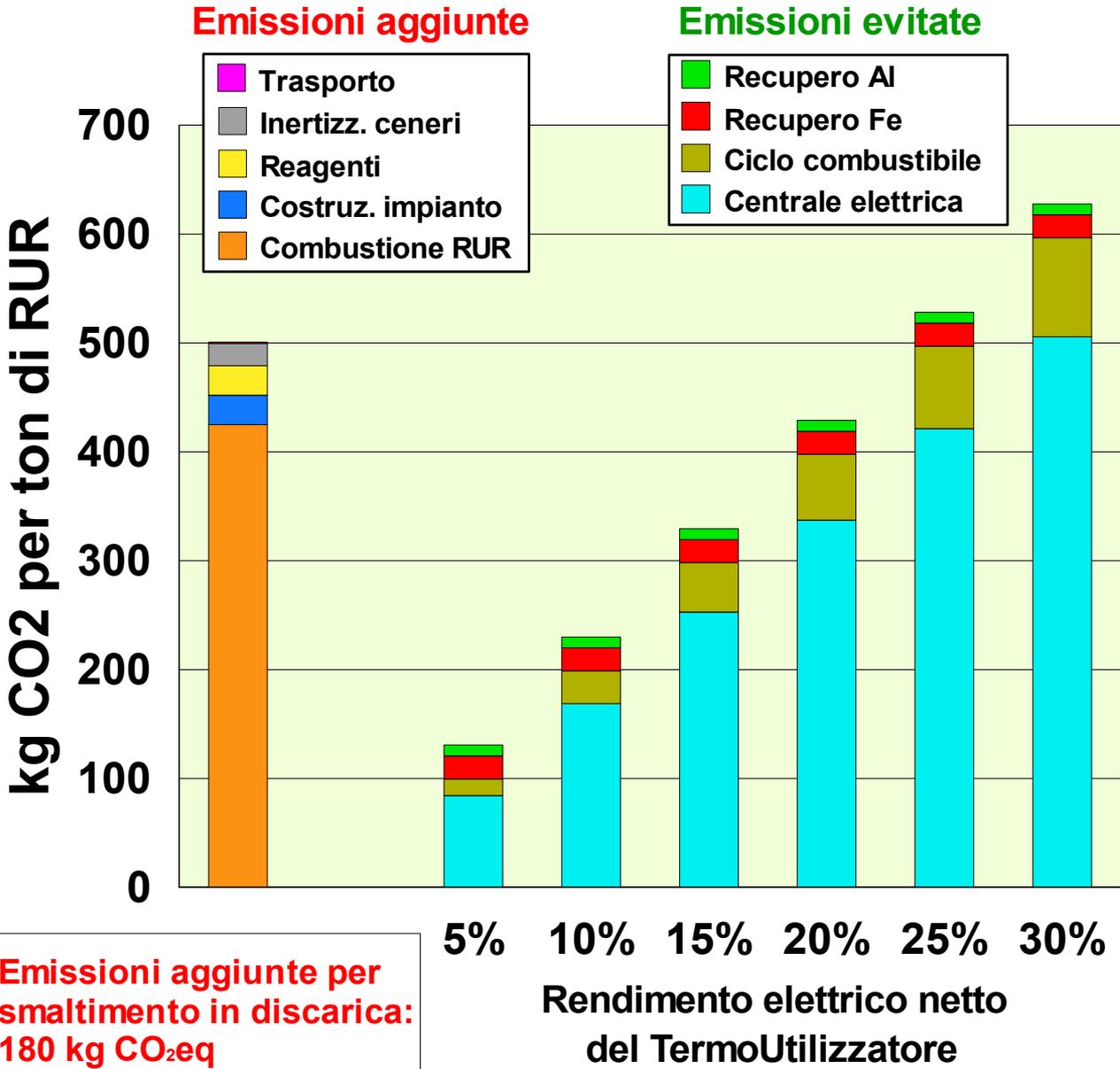


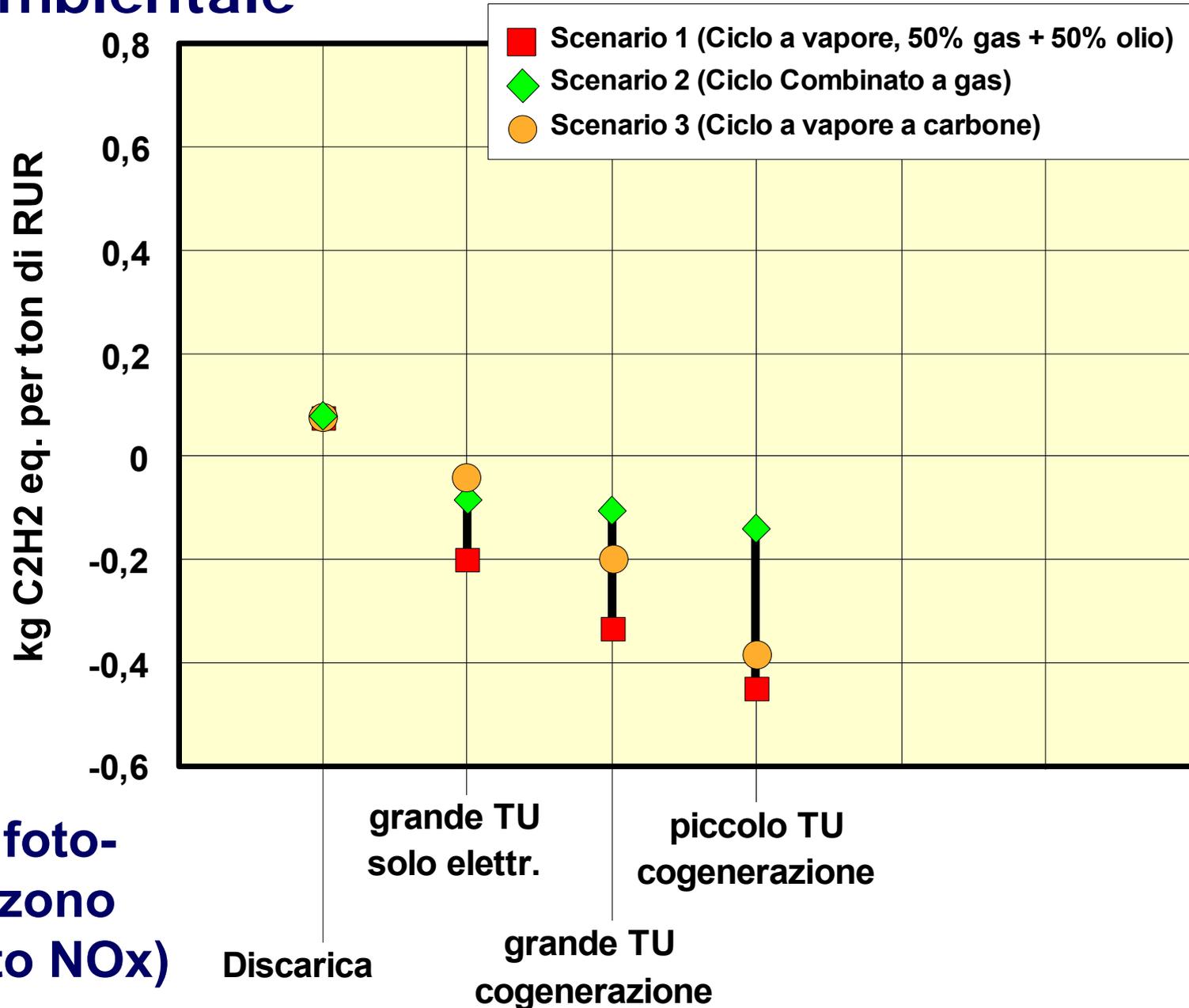
Fonte: rapporto rifiuti APAT 2007





**Energia
Primaria
Risparmiata**





Formazione fotochimica di ozono (aree con alto NO_x)

Emissioni di diossine:

impianto di Piacenza vs caminetto domestico a legna

- Rapporto di concentrazione nei fumi ~ 1:300
- Rapporto altezze camini ~ 1:20 →
✓ rapporto ricaduta al suolo ~ 1:500
- Rapporto totale ~ 1: 300 x 500 ~ 1: 150.000
- Combustione di 400 tonn/giorno nell'impianto Tecnoborgo comporta una ricaduta al suolo equivalente alla combustione in caminetto domestico di circa:
400.000 kg/giorno / 150.000 < 3 kg di legna/giorno