

Le conseguenze dello smaltimento sulla salute umana e sull'ambiente

Impatti ambientali a confronto

Federico Valerio

Chimica Ambientale

Istituto Nazionale Ricerca sul Cancro

Genova



**RISULTATI DI
RECENTI STUDI
SUGLI EFFETTI SANITARI
PRODOTTI DALL'INQUINAMENTO
AMBIENTALE**

IARC Monografia n.109

“Ambient air pollution” 2013

- «**Esistono prove sufficienti (*sufficient evidence*) che l'inquinamento atmosferico sia cancerogeno per gli esseri umani. L'inquinamento atmosferico causa il cancro del polmone**».
- «**Esistono prove sufficienti (*sufficient evidence*) che il particolato atmosferico sia cancerogeno per gli esseri umani. Il particolato atmosferico causa il cancro del polmone**».

Rassegna delle evidenze sugli effetti sanitari dell'inquinamento dell'aria.

Organizzazione Mondiale Sanità-Europa

2013



Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project

Technical Report



This publication arises from the project REVIHAAP and has received funding from the European Union.



Figure 1: Areas where cohort members lived, measurements were taken, and land-use regression models for prediction of air pollution were developed
 NO₂=nitrogen dioxide. NO_x=nitrogen oxides (the sum of nitric oxide and nitrogen dioxide). PM=particulate matter.

Livelli soglia polveri sottili PM_{2,5}

I dati chiaramente suggeriscono l'assenza di livelli di concentrazione di PM_{2,5} al di sotto dei quali non ci siano danni alla salute.

- **Thresholds.** For studies of short-term exposure, there is substantial evidence on associations observed down to very low levels of PM_{2.5}. The data clearly suggest the absence of a threshold below which no one would be affected. Likewise long-term studies give no evidence of a threshold. Some recent studies have reported effects on mortality at concentrations below an annual average of 10 µg/m³.

Livelli soglia polveri sottili PM_{2,5}

Recenti studi hanno verificato effetti sulla mortalità, a concentrazioni medie annuali inferiori a **10 microgrammi/m³**

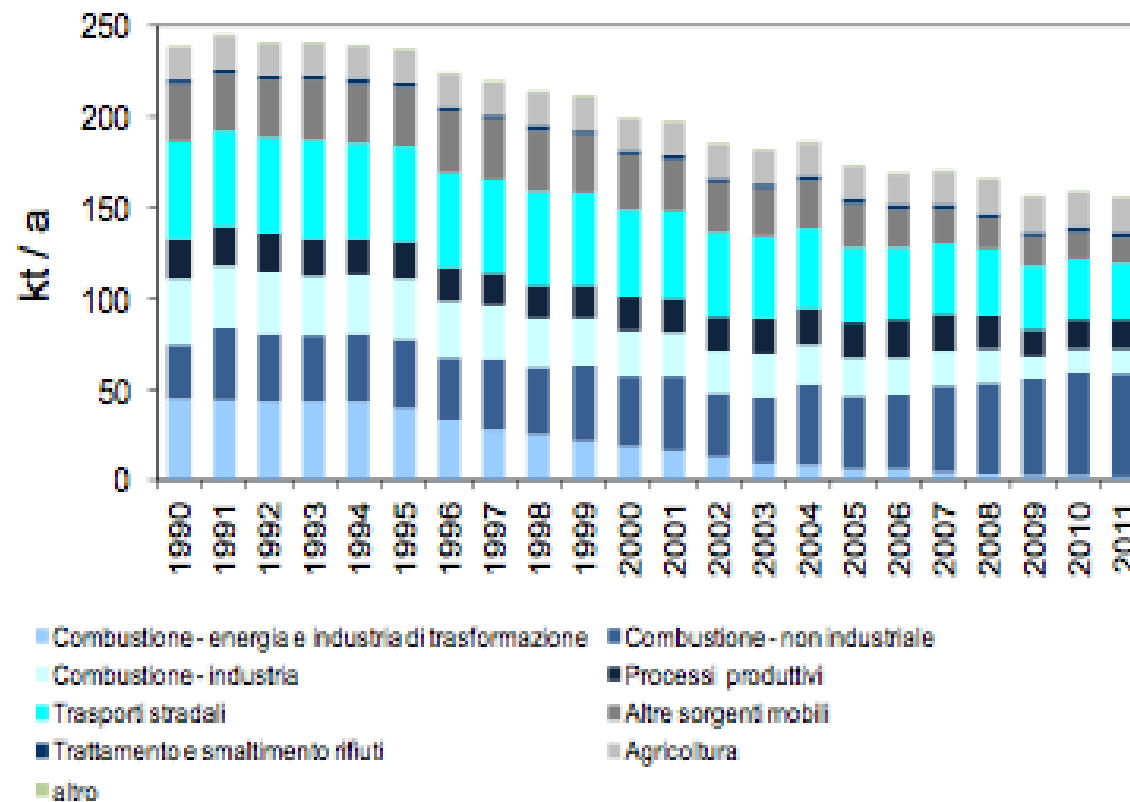
- **Thresholds.** For studies of short-term exposure, there is substantial evidence on associations observed down to very low levels of PM_{2.5}. The data clearly suggest the absence of a threshold below which no one would be affected. Likewise long-term studies give no evidence of a threshold. Some recent studies have reported effects on mortality at concentrations below an annual average of 10 µg/m³.

Valori limite PM_{2,5} nella Legge Italiana

Particolato Fine (PM_{2.5}) FASE I	Valore limite, da raggiungere entro il 1° gennaio 2015, 25 µg/m³	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI
Particolato Fine (PM_{2.5}) FASE II	Valore limite, da raggiungere entro il 1° gennaio 2020, valore indicativo 20 µg/m³	Anno civile	D.L. 155/2010 Allegato XI

Il rispetto dei valori limite delle PM_{2,5}
(20 microgrammi / m³ nel 2020)
non garantirà l'assenza di danni sanitari
nella popolazione esposta

Andamento della “produzione” italiana di PM_{10} dalle diverse fonti emissive (1990-2011)



Fonte: ISPRA

Emissioni nazionali di PM₁₀ per macrosettori 2010

Macro settore	Migliaia di tonnellate
Combustione energia e industria trasformazione	3,1
Combustione non industriale	90,8
Combustione industriale	12,4
Processi produttivi	15,7
Distribuzione combustibili fossili	0,7
Trasporti stradali	34,0
Altre sorgenti mobili	15,2
Trattamento smaltimento rifiuti	11,7
Agricoltura	18,4
TOTALE	202,1

5,8 % dal trasporto e dai trattamenti a caldo dei rifiuti

Come cambia, nel tempo, la valutazione del rischio diossine

Anno	Ente	Dose tollerabile giornaliera <i>pico-grammi/chilo peso</i>
1991	OMS	10
1998	OMS	1 - 4
2001	UE	2
2012	EPA	0,7

Domande e risposte

- Gli inceneritori possono produrre danni sanitari a chi vive nelle aree d'impatto delle loro emissioni?
- Diversi studi, ben progettati, hanno dimostrato che la complessa miscela di inquinanti presenti nelle emissioni di inceneritori di rifiuti urbani (sia di vecchia che di nuova realizzazione) è in grado di aumentare il rischio di tumori e di malformazioni, nelle popolazioni esposte

Recente studio (ben progettato) sull'impatto sanitario degli inceneritori

The logo for the journal Occupational and Environmental Medicine (OEM) is located in the top left corner of the article preview. It consists of the letters 'OEM' in a white, sans-serif font, set against a dark grey, textured rectangular background.

Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects

Sylvaine Cordier, Anne Lehébel, Emmanuelle Amar, et al.

Occup Environ Med 2010 67: 493-499

doi: 10.1136/oem.2009.052456

Studio mirato

- Gli inceneritori sono un'importante fonte locale di composti persistenti (diossine, furani...) che si accumulano lungo la catena alimentare.
- Le diossine interferiscono con lo sviluppo fetale
- La principale via di esposizione a diossine è il cibo
- La popolazione a maggior "rischio inceneritori" è quella fetale, le cui madri hanno abitato nelle aree di impatto dell'impianto e durante la gravidanza hanno consumato alimenti prodotti localmente

Come è cambiata l' emissione di diossine dagli inceneritori

Inceneritore	Capacità <i>ton/anno</i>	Anno misura	Concentrazione diossine <i>picogrammi Teq/m³</i>
Besanson (FR)	67.000	1997	16.300
Brescia (IT)	750.000	2010	3,3 ^
Acerra (IT)	615.000	2012	25 *

* *concentrazione garantita*

^ *misure in continuo*

VECCHIO E NUOVO

- La concentrazione di diossine nei fumi dei moderni inceneritori è inferiore di circa 5.000 volte rispetto a quella presente nelle emissioni dei “vecchi” inceneritori.
- Gli inceneritori moderni, per economia di scala, hanno capacità di trattamento circa 10 volte superiori a quelle dei “vecchi” inceneritori
- Su base giornaliera, un moderno inceneritore da 700.000 ton/anno emette diossine in quantità 500 volte inferiori di un vecchio inceneritore da 70.000 ton/anno

Diossine emesse e dose tollerabile

- Ipotizziamo che l'inceneritore di Acerra abbia le stesse prestazioni di quello di Brescia ed emetta 3,3 pg di diossine per ogni metro cubo di fumo emesso (*limite di legge: 100 pg/m³*)
- In 24 ore, l'inceneritore di Acerra emette 14,9 milioni di metri cubi di fumi e 49,17 milioni di picogrammi di diossine
- La dose tollerabile di diossine (*US EPA*) per un adulto di 74 kg è di 51,8 picogrammi al giorno
- L'emissione giornaliera di diossine dell'inceneritore di Acerra equivale alla dose tollerabile giornaliera di

949.227 adulti

Emissioni nazionali di diossine per macrosettori 2010

Macro settore	grammi Teq/anno
Combustione energia e industria trasformazione	8,5
Combustione non industriale	73,2
Combustione industriale	62,3
Processi produttivi	76,2
Trasporti stradali	6,6
Trattamento smaltimento rifiuti	35,4
TOTALE	262,1

13,5% dal trasporto e dai trattamenti a caldo dei rifiuti

- Polveri sottili e diossine, sono gli inevitabili “rifiuti” prodotti dalle combustioni.
- Per ridurre l’esposizione della popolazione a questi inquinanti, occorre eliminare tutte le combustioni non obbligate
 - **La combustione dei rifiuti non è una scelta obbligata**

Nella gestione dei
Materiali Post Consumo
quale sistema garantisce il minore
impatto ambientale e sanitario ?

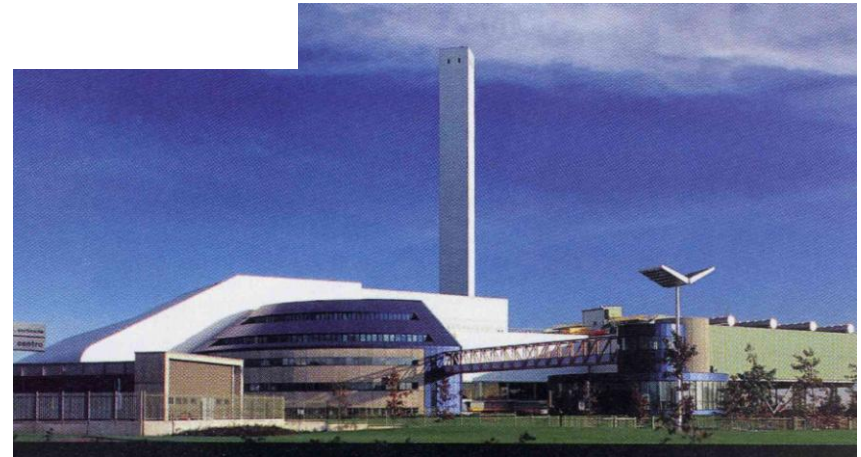
Sistemi di trattamento a confronto

- Sistemi a “freddo”
 - Trattamenti Meccanico Biologici
 - Compostaggio
 - Fermentazione Anaerobica
 - Trattamenti Biologici con Recupero di Materiali
 - Discarica



Sistemi di trattamento a confronto

- Sistemi a “caldo”
 - INCENERIMENTO
con recupero energetico



Sistemi di trattamento a confronto

- Sistemi a “caldo”
 - RICICLO



I “prodotti” delle reazioni

- Reazioni a caldo (>1000 ° C)
 - Anidride carbonica, acqua
 - Polveri fini e ultrafini (PM_{10} , $PM_{2,5}$), ossidi di azoto, composti organici (*diossine, idrocarburi policiclici aromatici..*)...
 - Ceneri pesanti, ceneri leggere
- Reazioni a freddo (< 70 ° C)
 - Anidride carbonica, acqua
 - Composti organici (*terpeni..*), polveri grossolane---
 - Compost e frazioni inerti
 - *Carica microbica, Odori*

Waste Management 30 (2010) 2354-2361

Waste Management 30 (2010) 2354-2361



Contents lists available at ScienceDirect

Waste Management

journal homepage: www.elsevier.com/locate/wasman



Environmental impacts of post-consumer material managements: Recycling, biological treatments, incineration

F. Valerio *

National Institute for Cancer Research, Department of Epidemiology and Prevention, Environmental Chemistry, Genoa, I.go R. Benzi No. 10, Genoa 16132, Italy

Cosa sappiamo

La maggior parte delle analisi LCA, condotte in diversi contesti internazionali e nazionali, concludono:

1. La discarica è la scelta peggiore
1. **Gli impatti ambientali** di minore entità si ottengono se a monte c'è una Raccolta Differenziata spinta e di qualità
2. Il riciclo permette un **risparmio di energia** nettamente superiore a quello ottenibile dall' incenerimento con recupero energetico e dal conferimento in discarica

Cosa sappiamo

3. Il riciclo permette un **risparmio di emissioni di inquinanti tossici** maggiore di quello ottenibile con l'incenerimento con recupero energetico
4. Compostaggio e digestione anaerobica dei materiali biodegradabili sono da preferirsi all'incenerimento con recupero energetico, quando compost e digestato sono utilizzati in agricoltura

Vantaggi del Riciclo

I materiali differenziati annualmente
da due famiglie tipo
(1000 chili) e riciclati
fanno risparmiare:

- 3.140 chilowattore di energia
- 183 chili di inquinanti (1,4 DCB* eq)

Fonte: Politecnico di Milano, 2007

* 1,4 dicloro benzene

Molto meglio (*3 volte*) di un
“termovalorizzatore” che, incenerendo una
1000 chili di rifiuti,
fa risparmiare:

- 1.039 chilowattore
- 65 chili di inquinanti (*1,4 DCB eq*)

Fonte: Politecnico di Milano, 2007

E cosa ne facciamo della frazione indifferenziata residuale alla raccolta differenziata spinta?

Quale trattamento di questa frazione (*35% della produzione totale*) garantisce il minor impatto ambientale e sanitario?

Trattamento Biologico con Recupero di Materia (TBRM)

**What is the best disposal option for the
“Leftovers” on the way to Zero Waste?**

By

Dr. Jeffrey Morris

Dr. Enzo Favoino

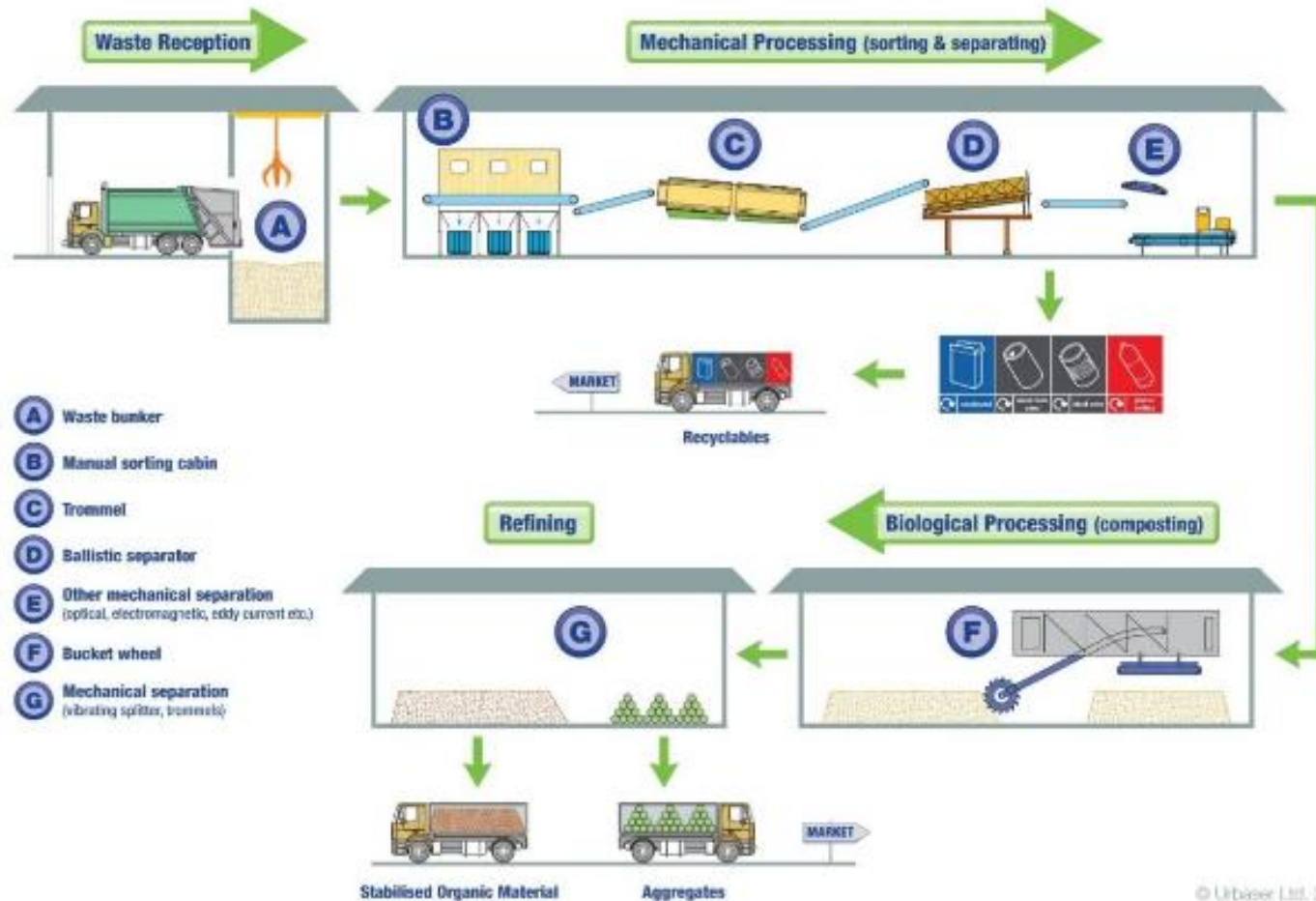
Eric Lombardi

Kate Bailey



www.ecocycle.org/specialreports/leftovers

Lo schema di un impianto TBRM

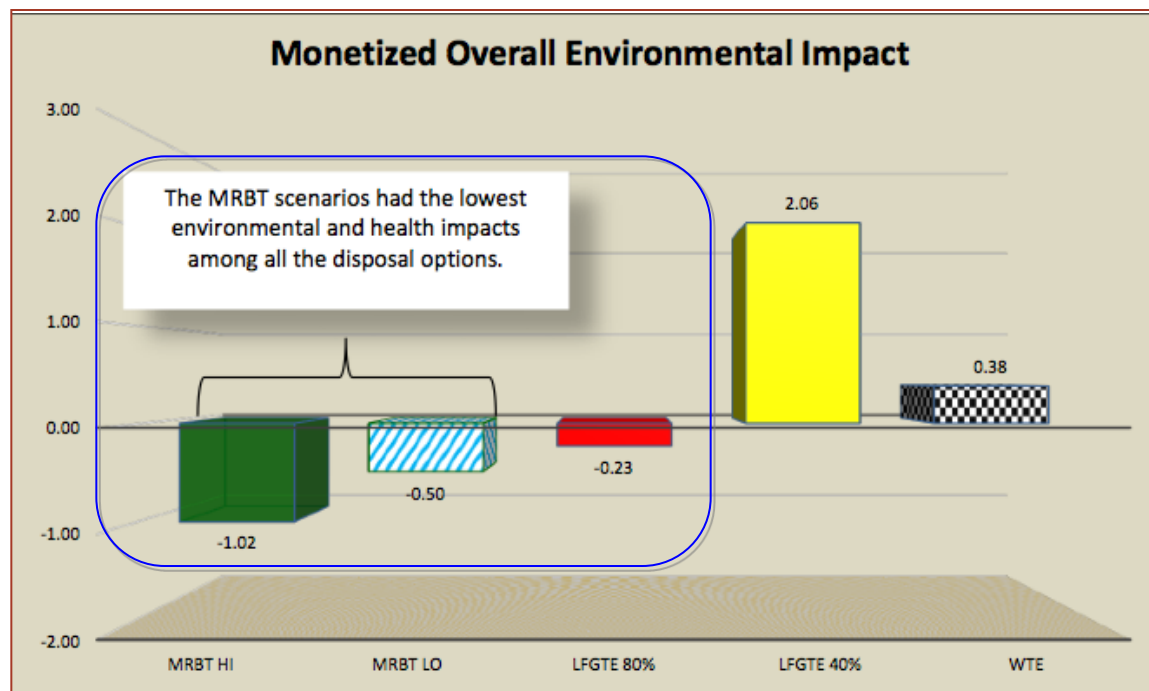


Trattamenti della frazione residua: impatti ambientali a confronto

- Quale è il metodo migliore per gestire la frazione residua dei nostri Materiali Post Consumo e ridurre al minimo l'impatto ambientale e i rischi per la salute?
1. **MRBT Hi** Trattamento meccanico biologico con elevato recupero dei materiali riciclabili e messa in discarica
 2. **MRBT Lo** Trattamento meccanico biologico con basso recupero dei materiali riciclabili e messa in discarica
 3. **LFGTE** Direttamente a discarica con recupero energetico dell' **80%** o del **40%** del biogas
 4. **WTE** Incenerimento con recupero energetico

Impatti ambientali a confronto

I trattamenti Meccanico Biologici con Recupero di Materia hanno il minor impatto riguardo a **cambiamenti climatici, piogge acide, eutrofizzazione dei mari, danni sanitari, danni respiratori (PM_{2,5}), rischio cancro, eco-tossicità.**



Diossine e TMB a freddo

Table 1

PCDD/F concentrations (pg/N m^3) along the air line of MBT biodrier plant of Montanaso Lombardo.

Sampling data	Human-TCDD equivalent (pg/m^3)			
	Ambient air	Before biofilter	After biofilter	RDF chimney
20-25/11/2002	0.181	0.129	0.033	0.015
4-6/03/2003	0.094	0.044	0.036	n.a

Fattore di emissione di diossine e furani PCDD/F :
0,33-0,36 ng TEQ/ton (stima)

FATTORI DI EMISSIONE DIOSSINE

INCENERITORI e TMB

(nanogrammi Teq/tonnellata rifiuto trattato)

Inc. Vienna	Inc. Brescia	TMB Lombardia
44	10	0,36

Trattamenti a freddo e biodegradazione di contaminanti tossici presenti nei MPC

- Le comunità microbiche attive nel compostaggio e nella digestione anaerobica degradano e detossificano:
 - Diossine e Furani (PCDD/F)
 - Idrocarburi Policiclici aromatici
 - Pesticidi (diazinon, clorpirifos)
 - Erbicidi (triazine)
 - Penta cloro fenolo
 - Alchil benzen sulfonati
 - Ftalati

Si può recuperare energia dai
Materiali Post Consumo senza
aumentare le emissioni inquinanti?

Fattori di emissione da impianti di cogenerazione e teleriscaldamento

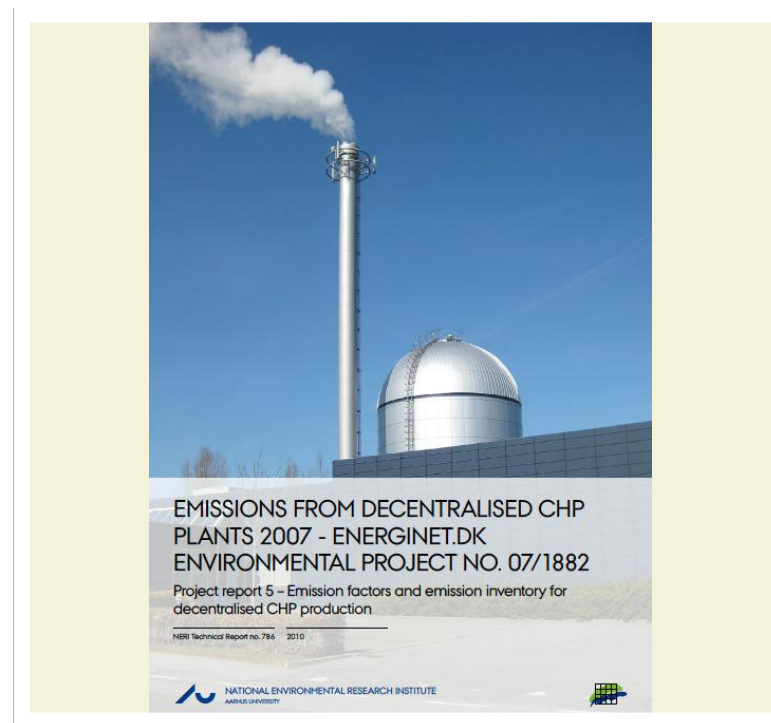
Danimarca 2006-7

Misure sperimentali su emissioni di impianti adeguati ai limiti in vigore in Danimarca nel 2007

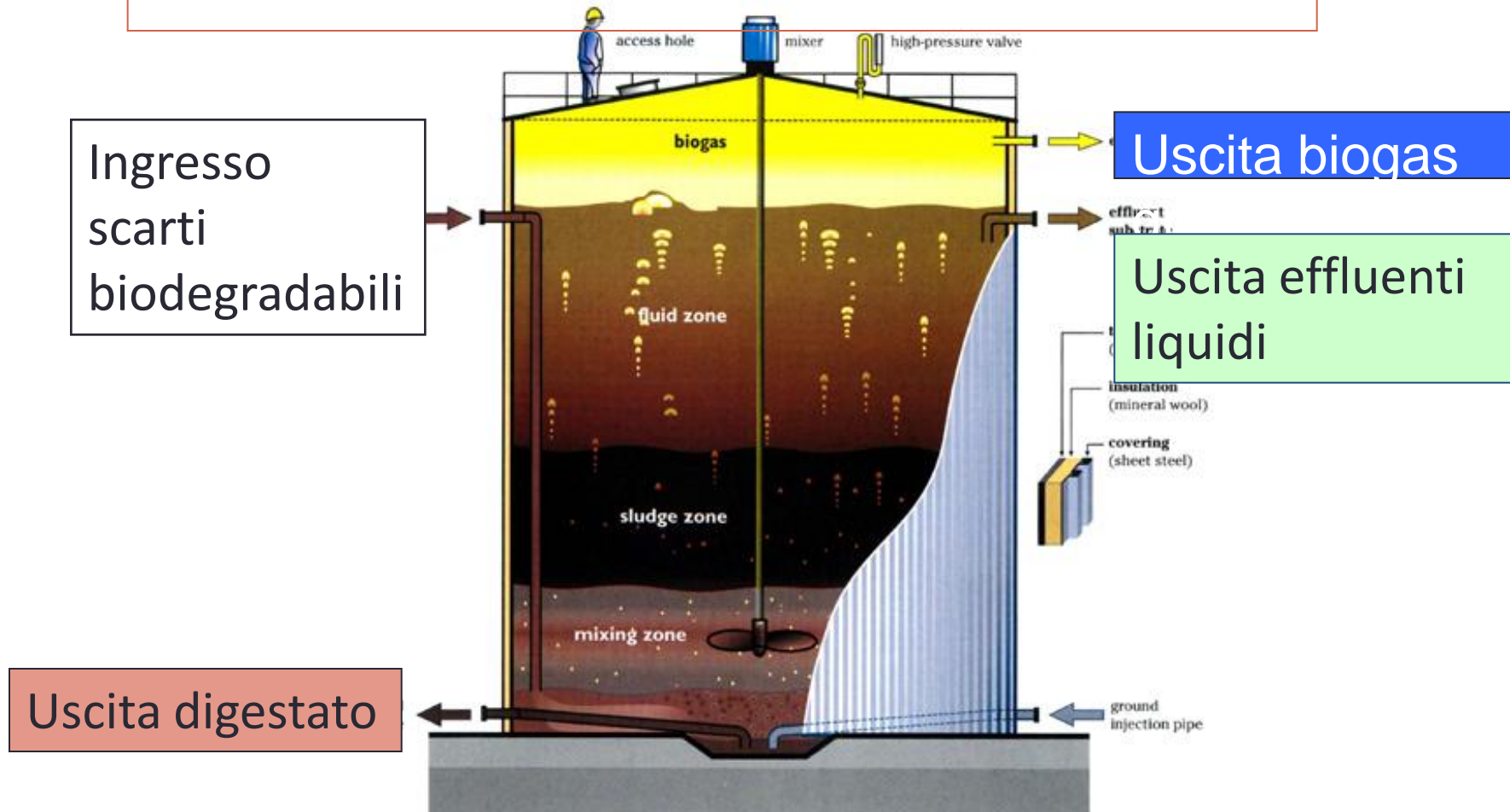
10 inceneritori rifiuti urbani

9 impianti a gas naturale

3 impianti biogas da digestione anaerobica



BIODIGESTORE: schema



Composizione (% in volume) di gas naturale e biogas grezzo

Componente	Gas naturale	Biogas grezzo
Metano (CH ₄)	81 - 87	53 - 70
Etano (C ₂ H ₆)	< 6	<0,1
Anidride carbonica (CO ₂)	1,5 - 4,5	30 - 47
Azoto (N ₂)	0,3 - 14	0,2
<i>Idrogeno solforato (H₂S)</i>	<i>< 140 mg/m³</i>	<i>0 - 1.400 mg/m³</i>
<i>Cloro</i>	<i>0 ^</i>	<i>5 - 850 mg/m³</i>

^ gas naturale mare del Nord

Fattori di emissione per impianti a cogenerazione < 25MWe

Emissione	unità	Motori a gas naturale	Motori a biogas	Inceneritori
NO _x	g/GJ	135*	202	102
PM ₁₀	mg/GJ	189	451	1.126
PM _{2,5}	mg/GJ	161	206	1.084
Hg	mg/GJ	< 0,098	< 0,12	< 1,8
PAH (BaP)	ug/GJ	<13	< 4,2	< 2
PCDD/F	ng/GJ	< 0,57	< 0,96	< 5,0

Cosa sappiamo

Impianti a cogenerazione,
con potenza elettrica installata < 25 MW,
alimentati con rifiuti urbani,
a parità di energia prodotta,
hanno impatti ambientali maggiori
(PM_{10} , $PM_{2,5}$, Hg, PCDD/F)
rispetto ad impianti alimentati con biogas e
gas naturale

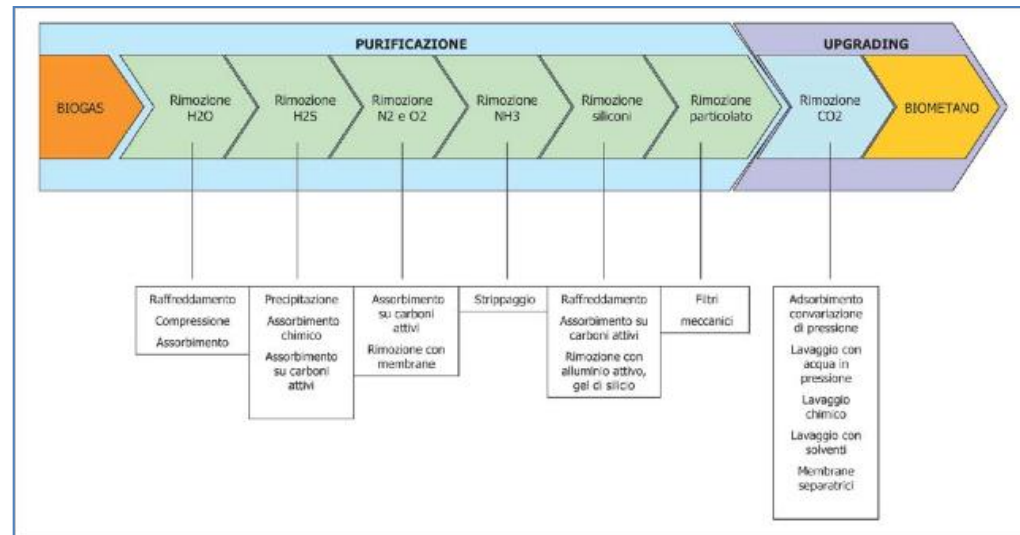
Da Biogas a BIOMETANO

• RAFFINAZIONE

- Si riduce la concentrazione di componenti problematici per il trasporto nella rete di distribuzione e per gli usi finali: *acqua, composti solforati, azoto, siliconi, particolato*

• ARRICCHIMENTO del CH₄

- Rimozione della CO₂



Biometano: cosa sarebbe utile sapere

Le emissioni di un impianto a cogenerazione,
alimentato con **biometano**
prodotto con la digestione anaerobica di
frazione organica
da raccolta differenziata di qualità,
sono simili a quelle di analogo impianto
alimentato a gas naturale?

Composizione (% in volume) gas naturale e biometano

componente	Gas naturale	Biometano
Metano (CH ₄)	> 81	> 96
Gas inerti (CO ₂ + N ₂)	1,5 - 4,5	< 3
<i>Zolfo totale</i>	<i>< 150 mg/m³</i>	<i>< 10 mg/m³</i>
<i>Cloro</i>	<i>0</i>	<i>< 1 mg/m³</i>

	<i>u.m.</i>	Gas naturale	Biometano
Potere calorifico	<i>Mega Joule/m³</i>	39,9	30,2- 47,2

IL BIOMETANO E' DANNOSO
PER LA SALUTE?

TANTO QUANTO IL GAS NATURALE

G.M. Naja et al. Stima dei rischi potenziali del biogas.
Renewable Energy 36 (2011) 3445-3451

A confronto dell'uso domestico di gas naturale,
l'iniezione nella rete di biometano, prodotto dalla
fermentazione anaerobica di:

- Frazione organica di rifiuti urbani da raccolta differenziata
- Rifiuti urbani ed assimilati smaltiti in discarica
- Scarti agricoli e di ristoranti

non aggiunge rischi chimici e microbiologici
agli utilizzatori.

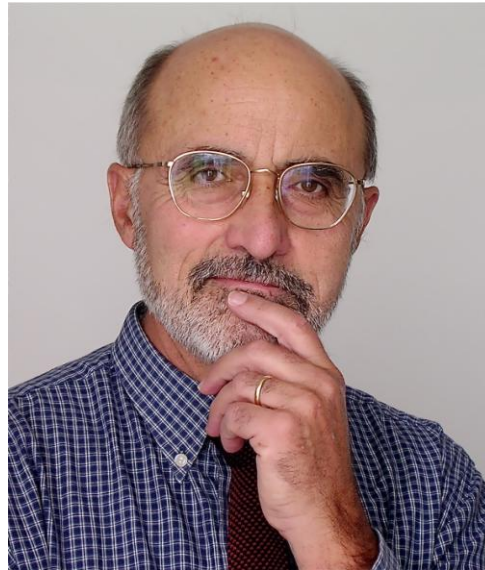
Conclusioni 1

- I dati presentati confermano l'opportunità che, nel trattamento dei MPC, a tutela dell'ambiente e della salute, si rispetti la gerarchia proposta dall' UE (Ridurre Recuperare, Riciclare, Compostare...) puntando al **massimo recupero di materia**

Conclusioni 2

- Il principio di precauzione e il buon senso suggeriscono l'opportunità di ridurre al minimo ogni forma di combustione diretta dei MPC e di privilegiare, quale fonte d'energia rinnovabile, la produzione di **biometano** dalle frazioni organiche e la sua immissione nella rete di distribuzione del gas, in sostituzione del gas naturale

Grazie per l' attenzione



E per saperne di più:

<http://federico-valerio.blogspot.com>