

Analisi delle principali tecnologie per il recupero di energia dai rifiuti

relatori:

Adelmo Benassi (*)

Adelio Peroni (*)

(*) Soci ATIA-ISWA, Consulenti, docenti incaricati presso Università di Modena e Reggio Emilia

Produzione dei rifiuti in Italia

Rifiuti Urbani (RU)

Anno	Produzione RU (t/a x 1000)	RD (%)	RD (t/a x 1000)	Restante (t/a x 1000)
2009	32.110	33,6	10.776	21.334
2008	32.471	30,6	9.936	22.535
2004	31.149	22,7	7.764	23.985

Produzione dei rifiuti in Italia

Rifiuti Speciali (RS)

Anno	RS non pericolosi (t/a x 1000)	RS pericolosi (%)	RS da C&D (t/a x 1000)
2006	73.409	10.561	52.083
2008	72.360	11.291	54.752

Nota: non si hanno dati attendibili su raccolte separate degli RS

Produzione dei rifiuti in Italia

(speciali e urbani)

Anno	RS non pericolosi (t/a x 1000)	RU (%)	Totale (t/a x 1000)
2008 (*)	138.403	32.471	170.874

(*) Produzione annua media per abitante: 2.8 t/a

Impianti per RU e parte RSNP

Gli impianti in Italia nel 2009

Tipo	Numero impianti	Capacità autorizzata (t/a x 1000)	Rifiuti trattati (t/a x 1000)
Incenerimento	49		4.600
Compostaggio	281	6.800	3.700
TMB	120	13.400	7.600
CDR	58	6.300	
Digestione anaerobica		9.100	4.400

Impianti per RU e parte RSNP

Discarica controllata

Anno	Numero impianti	Rifiuti conferiti (t/a x 1000)
2009	224	15.418
2005	340	17.225

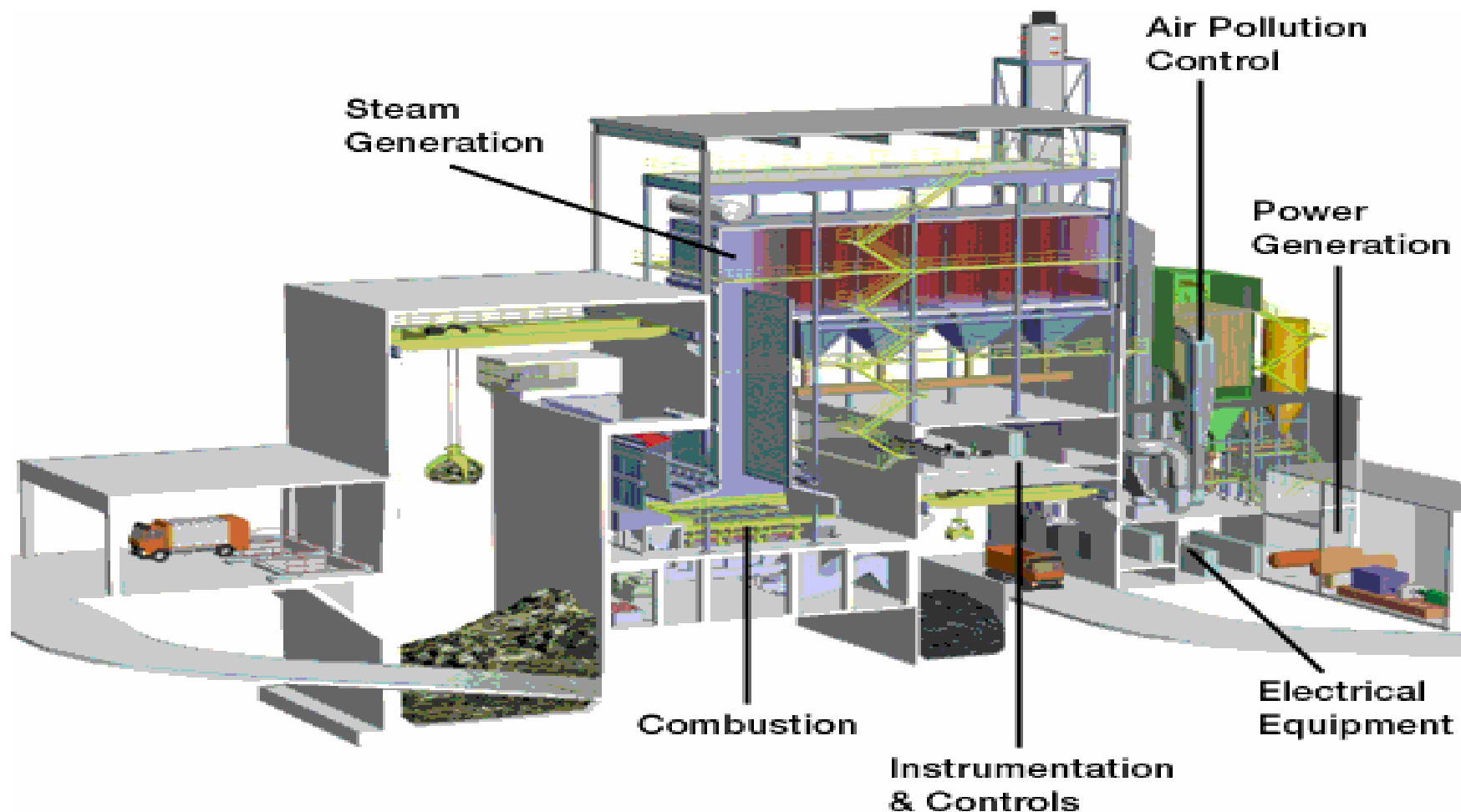
Impianti per RU e parte RSNP

Discarica controllata: note

- ✓ **La frazione biodegradabile negli RU varia dal 55% al 65%; nella frazione “restante” tale è del 50% circa, con RD al 60%**
- ✓ **Il dlgs 36/2003 stabilisce che non più di 115 kg/a per abitante di frazione biodegradabile possa essere smaltita in discarica e che il pci dei rifiuti conferiti sia inferiore a 13 MJ/kg**

Impianti termici a combustione

Schema tipico:



Impianti termici a combustione

Recupero dell'energia

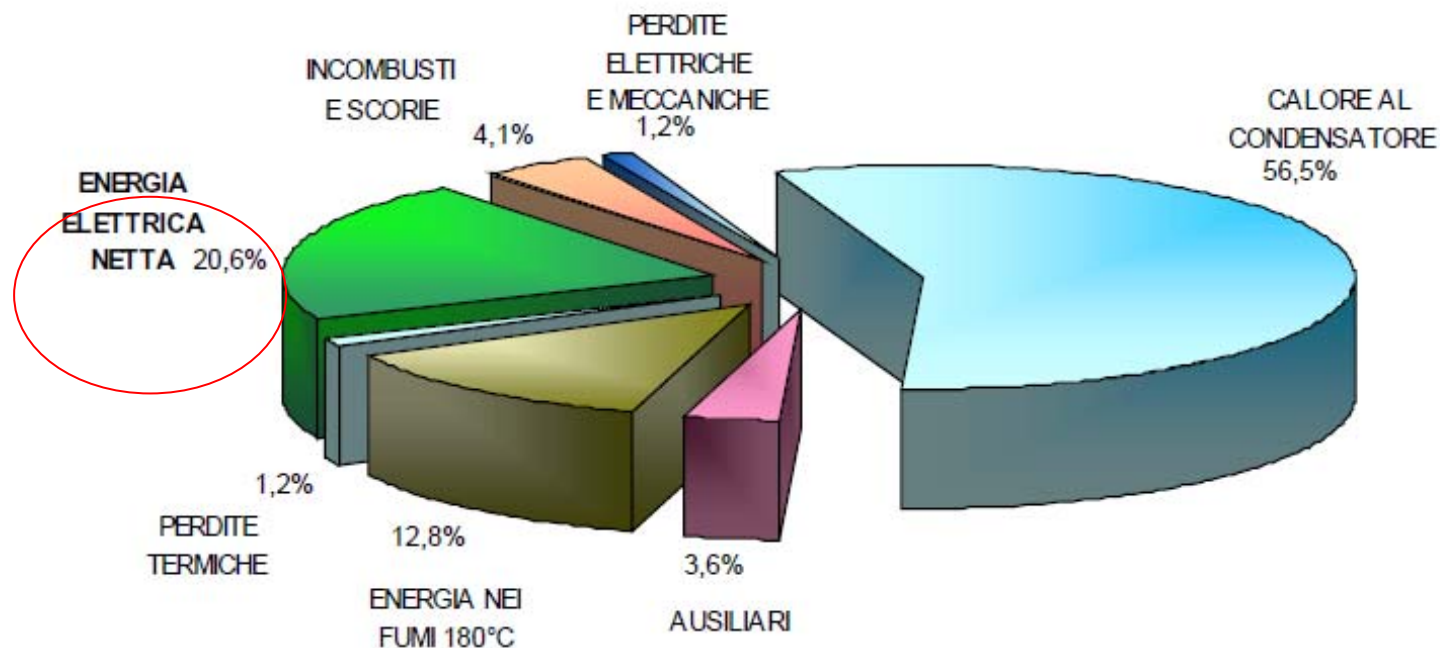
Parametri tipici del vapore dei cicli termici negli inceneritori con recupero di energia

- ✓ **Pressione ingresso turbina:** 30-50 bar assoluti
- ✓ **Pressione uscita turbina:** 0,2-0,7 bar assoluti (condensazione)
1,5-5 bar assoluti (contropressione)
- ✓ **Pressione spillamento** 2-5 bar assoluti
- ✓ **Temp. ingresso turbina:** 400 °C

Impianti termici a combustione

Recupero dell'energia

Produzione di energia elettrica: ripartizione dei flussi di energia in inceneritore con ciclo termico a condensazione.



Impianti termici a combustione

Recupero di energia primaria

1.000 t di rifiuto restante, considerando prudenzialmente un pci di 10,5 MJ/kg, corrispondono a circa **250 TEP** con le quali si possono produrre:

- da 450 a 750 MWh di energia elettrica, in relazione alla taglia e al rendimento dell'impianto
- da 1.200 a 1.800 MWh in regime di cogenerazione (EE + ET)

Impianti termici a combustione

Confronto fumi grezzi - fumi depurati

	Grezzi	Depurati(*)	
HCl	500-1.500	10	mg/Nm ³
HF	10-30	1	mg/Nm ³
SO₂	100-250	50	mg/Nm ³
NO_x	300-400	70 (SCR) -150 (SNCR)	mg/Nm ³
Hg	0,1-0,2	0,05	mg/Nm ³
Σ metalli	90-130	0,05	mg/Nm ³
Polveri	2.500-3.500	10	mg/Nm ³
IPA	0,05-1,2		mg/Nm ³
PCDD/F	3-10	0,05	ng/Nm ³

Σ metalli=Sb+As+Pb+Cr+Cu+Co+Mn+Ni+V+Sn

(*) media giornaliera secondo WID 76/2000

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

Raccolte differenziate e *rifiuto restante*

Esempio di una città di 110.000 abitanti

- | | |
|--------------------|------------|
| - Rifiuti prodotti | 60.000 t/a |
| - RD 60 % | 36.000 t/a |
| - Rifiuto restante | 24.000 t/a |

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

Rifiuti da smaltire provenienti dalle piattaforme di valorizzazione di delle frazioni da RD

Esempio di una comunità di 110.000 abitanti serviti si stima il **15 %** del totale RD

- Rifiuti prodotti	60.000 t/a	
- RD 60 %	36.000 t/a	
- Rifiuto restante		24.000 t/a
- Da piattaforme val. (15% RD)		5.400 t/a
<i>Totale da trattare/smaltire</i>		<i>29.400 t/a</i>

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

Raccolte differenziate e *rifiuto restante*: potere calorifico inferiore

Frazioni merceologiche	Rifiuto restante %	PCI kcal/kg	PCI kJ/kg
Carta e cartone	21	3.000	12.570
Vetro	3	-160	-670
Metalli	3	-120	-503
Plastiche	18	9.000	37.710
Legno e tessuti	17	3.000	12.570
Oganico	12	1.500	6.285
Umidità	17	-600	-2.514
Altro	9	1.800	7.542
Totale	100		
		kcal/kg	kJ/kg
PCI del "restante"	2.955	12.383	

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

- ✓ Parte dei RSNP possono essere avviati al recupero di energia in impianti per RU.
- ✓ Le variabili che entrano in gioco:
 - prevalente vocazione produttiva del territorio che condiziona quantità e qualità (PCI) delle frazioni conferibili
 - “sensibilità” degli enti preposti alle autorizzazioni.

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

Inceneritore: smaltitore o recuperatore?

- ✓ Nelle BAT è stato inserito il concetto di efficienza energetica finalizzata a distinguere in impianti di **recupero** o di **smaltimento**
- ✓ La direttiva 2008/98 CE alla definizione di operazione di recupero R1 introduce la formula con la quale si calcola l'indice di efficienza energetica
 - **0,6** per impianti esistenti o autorizzati anteriormente al 1 gennaio 2009
 - **0,65** per realizzati o autorizzati successivamente al 31 dicembre 2008

Impianti termici a combustione:

Inceneritori per rifiuti urbani

Inceneritore: smaltitore o recuperatore?

La formula:

$$\text{Efficienza energetica} = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0.97 * (E_w + E_f)}$$

dove

- Ep energia annua prodotta sotto forma di energia termica o elettrica. È calcolata moltiplicando l'energia sotto forma di elettricità per 2.6 e l'energia termica prodotta per uso commerciale per 1.1 (GJ/anno);
- Ef alimentazione annua di energia nel sistema con combustibili che contribuiscono alla produzione di vapore (GJ/anno);
- Ew energia annua contenuta nei rifiuti trattati calcolata in base al potere calorifico netto dei rifiuti (GJ/anno);
- Ei energia annua importata, escluse Ew ed Ef (GJ/anno).

Impianti termici di pirolisi e gasificazione

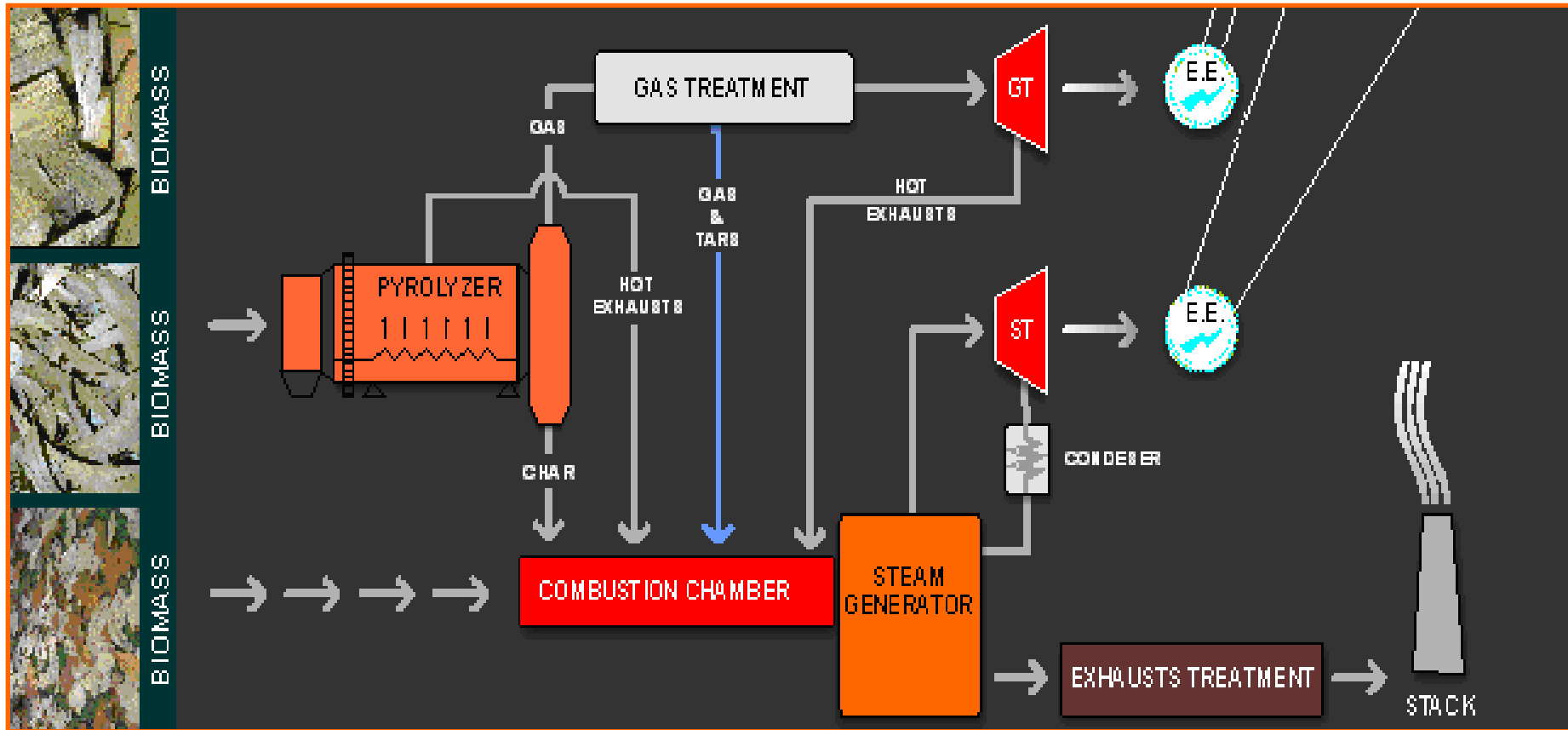
- ✓ **Pirolisi:** trattamento termico in assenza di ossigeno. Produce gas di sintesi (syngas), una miscela fluida di idrocarburi detta TAR e un solido carbonioso CHAR
- ✓ **Gasificazione:** "combustione" in presenza di ossigeno in quantità sottostechiometrica. Produce le stesse sostanze del pirolizzatore;

Impianti termici di pirolisi e gasificazione

- 1) Le tecniche di piro-gasificazione stanno acquisendo un certo peso nel settore del trattamento di alcune categorie di rifiuto in particolare nelle biomasse vegetali: legno, sottoprodotti dell'agricoltura, deiezioni animali a bassa umidità (pollina), oltre a processi di depolimerizzazione (plastiche, pneumatici, ...)
- 2) Il gas di sintesi (syngas) prodotto è generalmente utilizzato per la produzione di energia elettrica, in generatori di taglia compresa tra poche centinaia di kW e 0,5 MW, mediante motori a ciclo "Otto".

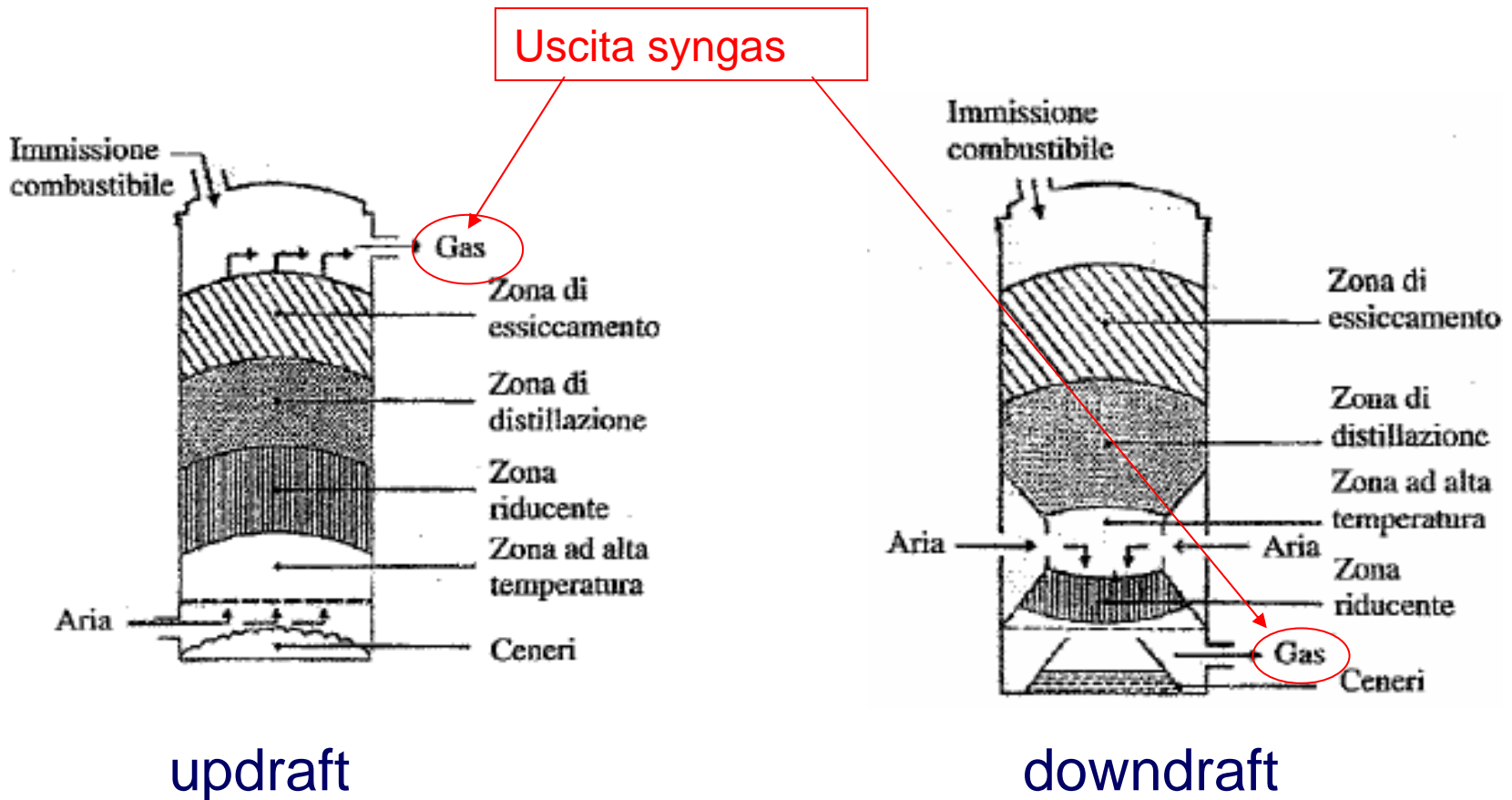
Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Schema di principio: pirolisi



Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Schema di principio: gasificazione



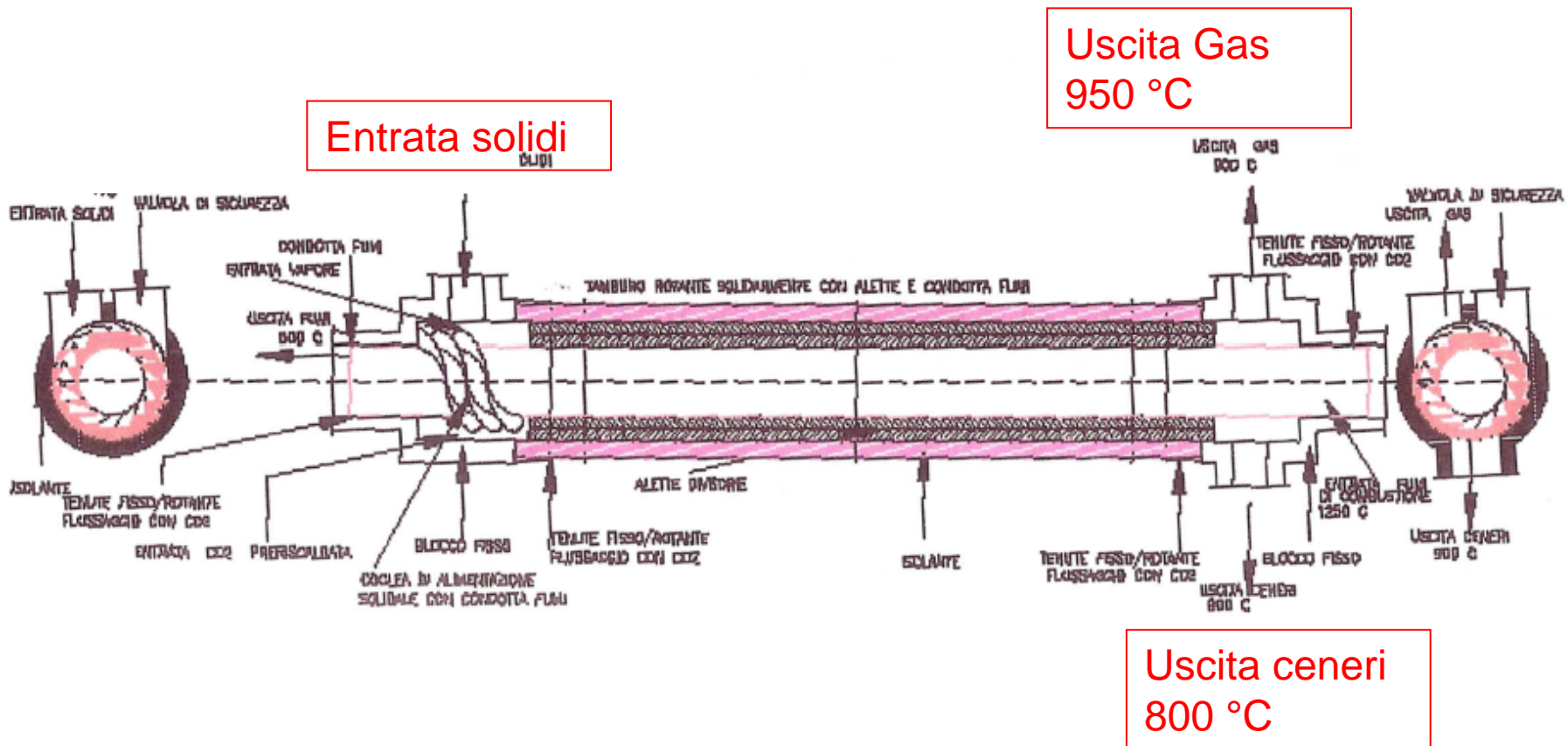
Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Gasificatore a tamburo rotante: dati generali

- ✓ **Rifiuto trattato: cippato di legno**
- ✓ **aggiunta al cippato carbonato di calcio per neutralizzare gli acidi nel gasificatore**
- ✓ **zona di gasificazione costituita da un tamburo rotante sub orizzontale**
- ✓ **deumidificazione (dal 35% al 20%) mediante i fumi che percorrono in controcorrente il cilindro**
- ✓ **temperatura di inizio processo 500 °C, temperatura uscita syngas 950 °C**
- ✓ **purificazione catalitica del syngas**

Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Gasificatore a tamburo rotante



Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Gasificatore a tamburo rotante: dati operativi

- ✓ **Input: cippato di legno** **9.000 t/a**
- ✓ **Output: ceneri, sali di calcio, residui da abbattimento delle emissioni circa** **550 t/a**
- ✓ **Energia elettrica prodotta** **7.000 MWh/a**

Impianti termici di pirolisi e gasificazione

Gasificatore a tamburo rotante: ripartizione costi di investimento

- ✓ **Opere civili compresi allacciamenti utenze** **10 %**
- ✓ **Opere elettromeccaniche** **75 %**
- ✓ **Ingegneria** **15 %**

Impianto mobile di gasificazione per residui agricoli e verde da RD e CZR

Potenza 20 kW

- ✓ **Input:**
 - 225 t/a di sostanza organica
- ✓ **Output:**
 - Carbone 4 t/a
 - EE 150 MWh
- ✓ **Impianto su “skid” (3m x 2m)**
- ✓ **funzionamento**
7.500 h/a

Impianti di micro gasificazione per residui agricoli e verde da RD

Potenza 50 kW



Input:

- 700 t/a di sostanza organica



Output:

- Carbone 12 t/a
- EE 375 MWh



Impianto in container
(11m x 2,6m)



funzionamento
7.500 h/a

Potenza 100 kW



Input:

- 1.400 t/a di sostanza organica



Output:

- Carbone 24 t/a
- EE 750 MWh



Impianto in 2 container
2x(3m x 2m)



funzionamento
7.500 h/a

Depolimerizzazione dei pneumatici



Input:

- 10.000 t/a di pneumatici triturati (pezzatura 3-4 cm) organica



Output:

- Acciaio 2.000 t/a
- Carbon black 3.500 t/a
- Olio per grandi motori 4.500 t/a



Potenza elettrica generabile 2,5 MW



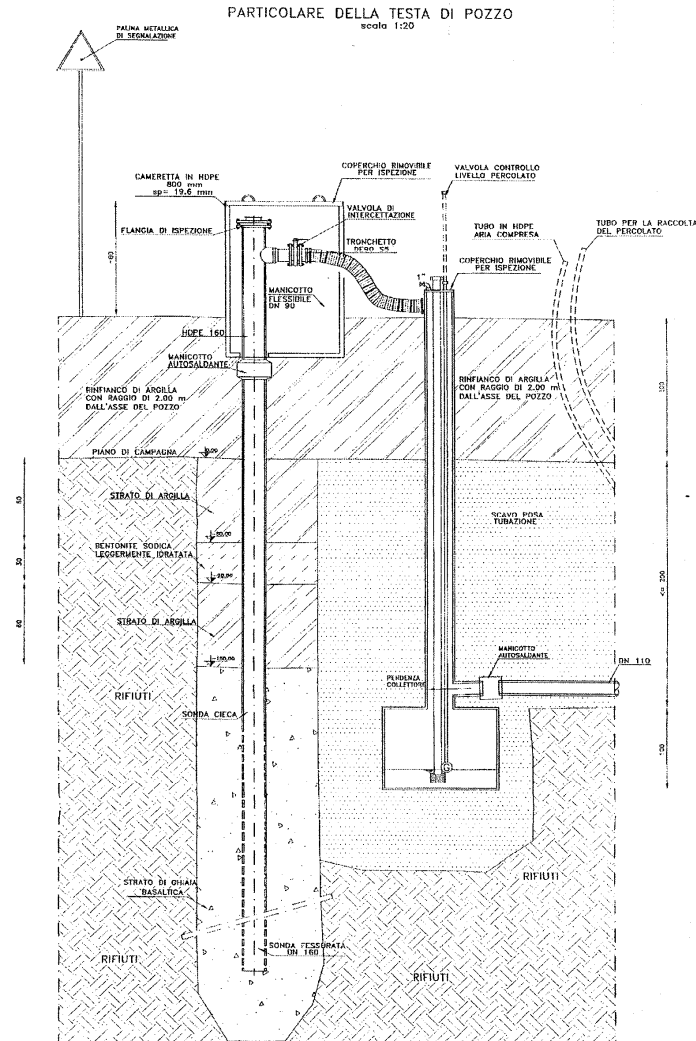
funzionamento 7.000 h/a

Impianti simili vengono utilizzati per la polimerizzazione delle plastiche

Impianti biologici

La fermentazione anaerobica in discarica

Schema di pozzo di estrazione del biogas



Impianti biologici

La fermentazione anaerobica in discarica

Composizione indicativa del biogas di discarica:

Metano (CH ₄)	51%
Diossido carbonio (CO ₂)	38 %
Monossido di carbonio (CO)	0,5 %
Azoto (N ₂)	5 %
Ossigeno (O ₂)	1 %
Acqua (H ₂ O)	1 %
Componenti in tracce inclusi mercapatani	1,5 %

Impianti biologici

La fermentazione anaerobica in discarica

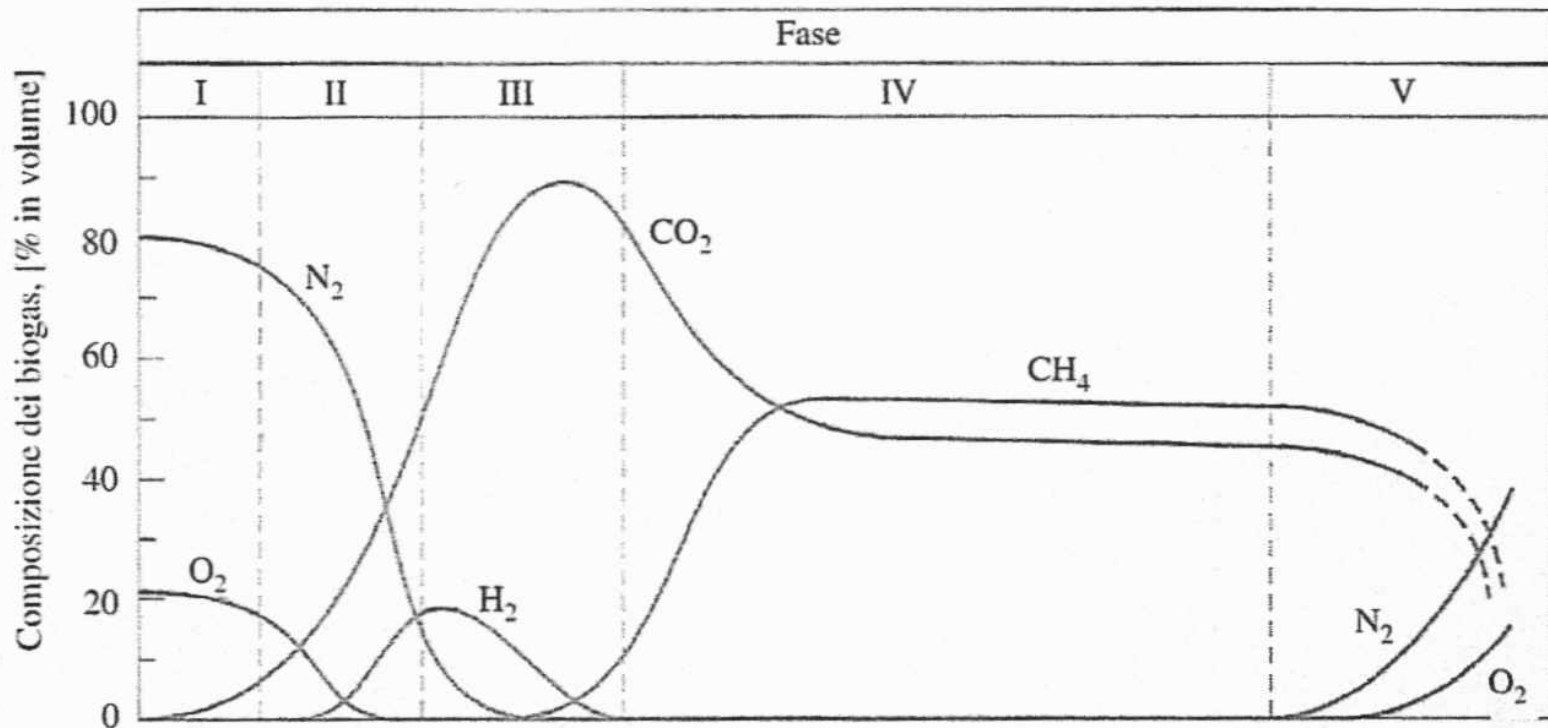
Caratteristiche fisiche del biogas di discarica:

Temperatura (°C)	35 - 50
Densità (kg/Nm ³)	1,00 – 1,05
PCS (MJ/Nm ³)	14,8 – 20,5
Umidità (%)	100

Impianti biologici

La fermentazione anaerobica in discarica

Evoluzione nel tempo della produzione di biogas di discarica:



Impianti biologici

La fermentazione anaerobica in impianti dedicati

- ✓ Sono dedicati al trattamento dei residui agroalimentari e frazioni putrescibili da RD o separazione RU
- ✓ Producono biogas utilizzabile per la generazione di energia elettrica e, eventualmente, termica in cogenerazione
- ✓ Il residuo solido è costituito da frazione organica stabilizzata o compost che, secondo alcune normative regionali, necessita di ulteriore trattamento *aerobico*.

Impianti biologici

Il trattamento a secco: filiera d'impianto

- ✓ **Ricezione e preparazione**
- ✓ **Digestione anaerobica**
 - ❖ *sfruttamento energetico del biogas*
- ✓ **Stabilizzazione in bio tunnel**
- ✓ **Platee di maturazione**

Impianti biologici

Il trattamento a *secco*: dati operativi

Input:

- rifiuti da agro industria,
FOP da separazione e RD **50.000** t/a

Output:

- sovvalli **5.000** t/a
- compost di qualità **21.000** t/a
- Energia elettrica **13.000** MWh/a

Impianti biologici

Il trattamento a *umido*: filiera d'impianto



Ricezione



Pretrattamento

❖ *rompi sacchi e vagliatura (sopravaglio allo smaltimento),*



Digestione anaerobica del sottovaglio, in sospensione acquosa (idropulper) previa triturazione e separazione dei metalli.

❖ *sfruttamento energetico del biogas*



Stabilizzazione aerobica del digestato al quale si aggiungono rifiuti da verde ornamentale

Impianti biologici

Il trattamento a *umido*: dati operativi

Input:

- rifiuti da agro industria,
FOP da separazione e RD **50.000** t/a

Output:

- sovalli **5.000** t/a
- compost di qualità **20.000** t/a
- Energia elettrica **13.000** MWh/a

Ripartizione degli investimenti per gli impianti di recupero energetico

	Discarica	WTE	Digestione anaerobica a secco	Digestione anaerobica a umido
Opere civili	75%	20 %	40%	35 %
Opere elettromecc.	15%	65 %	45 %	50 %
Ingegneria e spese generali	10 %	15%	15 %	!5 %

I sistemi premiali (1)

- La legislazione italiana in materia di FER inizia con il primo piano energetico, seguito dalla legge 382/82, quindi dalle leggi 9 e 10/91, infine con provvedimento CIP N°6
- Il caso CIP 6 e le “energie assimilate alle rinnovabili”
- Casi straordinari
- Dopo il CIP 6 il caso degli inceneritori

I sistemi premiali (2)

Scenari di riferimento

- ✓ Normativa ondivaga
- ✓ Incertezze nel programmare le iniziative operative
- ✓ Modificazioni frequenti delle valenze economiche, tecniche e prestazionali in gioco
- ✓ Il ruolo degli enti locali territoriali

I sistemi premiali (3)

Normativa nazionale

- ✓ **Dlgs 79/99**: obbliga i produttori e importatori di EE di immettere una quota minima di EE prodotta da fonti rinnovabili con produzione propria o acquistando titoli: i **certificarti verdi** (CV)
- ✓ **Dlgs 387/03**: recepimento della direttiva 2001/77 CE che promuove l'incentivazione della produzione di EE da fonti rinnovabile e definisce quali sono le fonti rinnovabili
- ✓ **Legge 296/2006** (L. fin. 2006): stabilisce che gli incentivi vanno esclusivamente alla EE prodotta con fonti energetiche rinnovabili come definita da direttiva 2001/77 CE
- ✓ **Legge 244/07** (L. fin. 2008): incentivi mantenuti anche per la parte non biodegradabile dei rifiuti per impianti in costruzione o in esercizio al 31.12.2008 e a quelli connessi alle situazioni di emergenza dichiarata dal Presidente del Consiglio dei ministri

