

WORKSHOP

I controlli di ARPA agli impianti di incenerimento dei rifiuti in Emilia - Romagna Stato attuale e prospettive

RIMINI

31 Maggio 2005

Centro Congressi SGR

Via Chiabrera 34/B

Produzione e recupero energetico da inceneritori di rifiuti



Relatore: Riccardo Maramotti
ARPA – Sezione di Piacenza

Riferimenti Bibliografici

- (1) “Schema di rapporto finale” relativo alle linee guida per l’individuazione delle migliori tecniche disponibili per gli impianti di incenerimento dei rifiuti.

(COMMISSIONE EX ART. 3, COMMA 2, DEL D.LGS 372/99)

- (2) “Incremento dell’efficienza di conversione energetica nei termovalorizzatori”

Autori: G. Amati, M. Collini, C. Saccani

DIEM – Facoltà di Ingegneria – Università di Bologna

e-mail : cesare.saccani@unibo.it

- (3) “Lezioni di fisica tecnica”

Autore: Marco Spiga

Facoltà di Ingegneria – Università di Parma

I rifiuti come fonti rinnovabili di energia

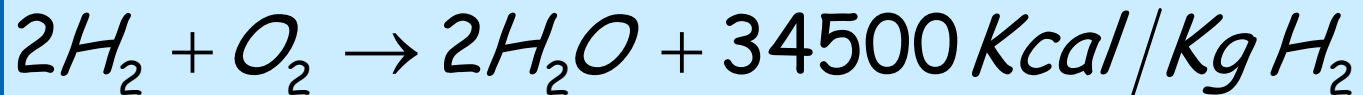
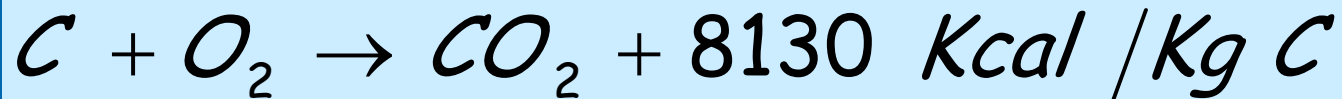
- I rifiuti urbani sono costituiti da frazioni eterogenee nelle quali sono presenti carbonio e idrogeno sia di origine rinnovabile (carta, legno, scarti organici, fibre tessili naturali, ecc.) sia di origine fossile (plastiche, resine e fibre sintetiche, ecc.)

- Il loro “grado di rinnovabilità”,
facendo riferimento ad una composizione
media tipica della realtà nazionale,
risulta essere compreso nel campo del
60 – 70 %*

*Rif.Bibliog.(1)

Processo di combustione

- Le ossidazioni del carbonio e dell'idrogeno sono reazioni esotermiche



potere calorifero superiore

Il calore prodotto nel processo di combustione può essere sfruttato per la produzione di energia elettrica o termica.

Con la combustione dei rifiuti ai fini della produzione di energia, si sostituisce quindi un combustibile fossile pregiato con

un combustibile ad alto contenuto rinnovabile

QUALE ENERGIA?

ENERGIA ELETTRICA

- Rendimenti di conversione in energia inferiori rispetto a quelli degli impianti termoelettrici tradizionali
- Indipendenza dalla richiesta di terzi poiché l'energia netta prodotta (esclusi i fabbisogni per la gestione dell'impianto) può essere immessa nella rete nazionale di distribuzione
- Incentivi per l'impiego di fonti rinnovabili di energia

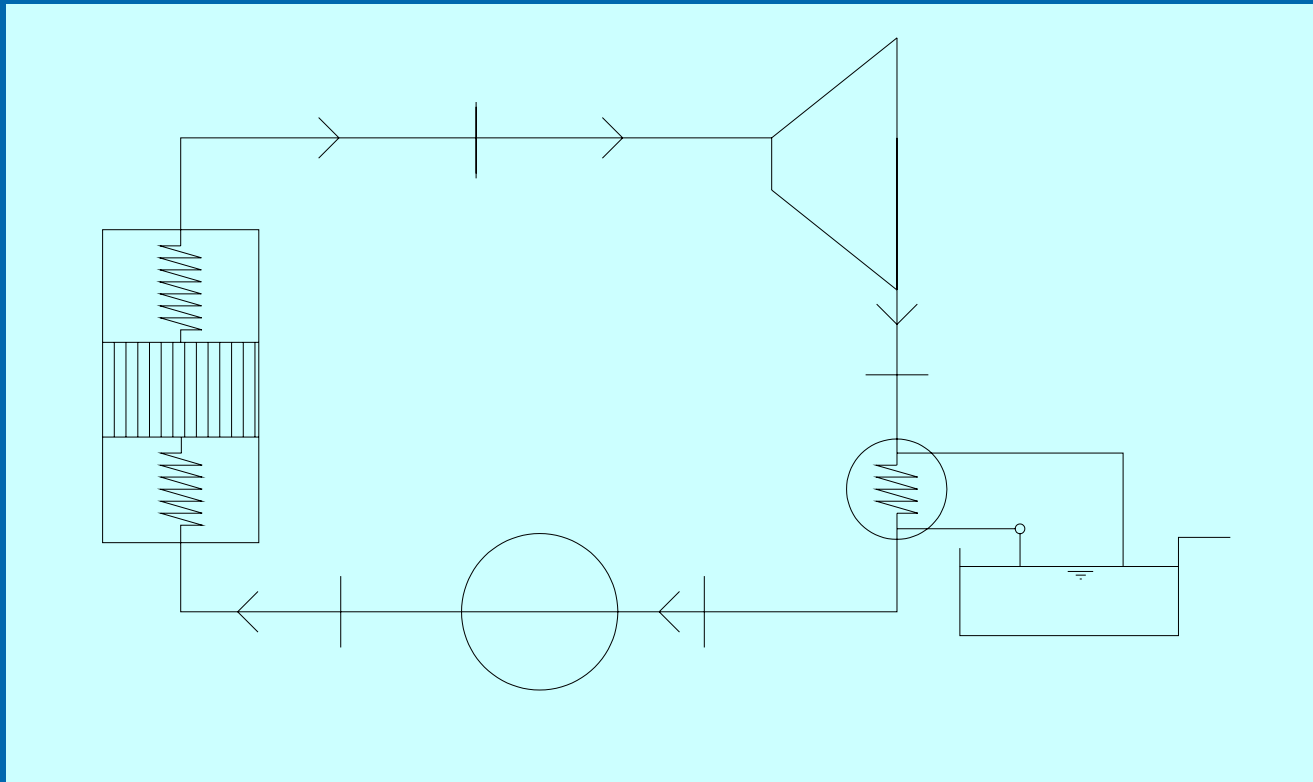
ENERGIA TERMICA (VAPORE)

- Rendimenti di conversione in energia molto simili a quelli degli impianti tradizionali alimentati con combustibili fossili
- La richiesta è soggetta a forti variazioni sia su base stagionale (teleriscaldamento), sia nel medio periodo (fornitura diretta di vapore per usi industriali)

Produzione di energia elettrica

- Il processo è del tutto simile a quello delle centrali termoelettriche tradizionali (ciclo Rankine).
- Principali componenti dell'impianto:
 - ❖ Economizzatore scalda il liquido ad alta pressione in uscita da una pompa fino a portarlo alla temperatura di vaporizzazione
 - ❖ Bollitore vaporizza completamente il liquido saturo
 - ❖ Surriscaldatore riscalda il vapore saturo secco fino alla temperatura di processo. (380 – 450 °C ; 40 – 65 bar)
 - ❖ Turbina il vapore surriscaldato trasferisce lavoro utile all'albero e produce energia elettrica tramite un alternatore.
 - ❖ Condensatore condensa il vapore saturo esausto cedendo calore all'ambiente esterno.

Schema funzionale del ciclo Rankine



- 1 - 2 COMPRESSIONE ADIABATICA (nella pompa)
- 2 - 3 ESPANSIONE ISOBARA (nel generatore di vapore)
- 3 - 4 ESPANSIONE ADIABATICA (in turbina)
- 4 - 5 CONDENSAZIONE ISOBARA (nel condensatore)

Produzione di energia termica

- Nel caso di un generatore per la produzione di vapore ad uso teleriscaldamento o fornitura industriale, le condizioni operative (pressione e temperatura) sono molto inferiori a quelle richieste per la produzione di energia elettrica. (120 °C ; 1,5 – 2 bar)

Efficienza di conversione energetica

- L'efficienza di conversione dell'energia di combustione dei rifiuti in energia elettrica è aumentata a partire dall'anno 1997 con l'introduzione del D.Lgs. 05.02.97 n°22, noto come Decreto Ronchi.
- Secondo l'articolo 4 di tale Decreto, a partire dal 1° gennaio 1999, la realizzazione e la gestione di nuovi impianti d'incenerimento possono essere autorizzate solo se il relativo processo di combustione è accompagnato da recupero energetico con una quota minima di trasformazione del potere calorifico dei rifiuti in energia utile, calcolata su base annuale, stabilita con apposite norme tecniche.

- Negli impianti realizzati dopo il '97, le fasi di combustione e di recupero calore sono fortemente integrate.
- Il generatore di vapore non è più uno scambiatore di calore posto a valle, ma diviene una vera e propria caldaia a combustione (a griglia o a letto fluido) raffreddata dai tubi di generazione.
- In tal modo è possibile conseguire rendimenti superiori mantenendo al tempo stesso le condizioni operative necessarie per la distruzione dei composti tossici eventualmente prodotti.

➤ Indicando con:

Q_{rifiuti} la potenza termica all'anno da incenerimento di rifiuti (MWh / anno)

P_{el} la potenza elettrica prodotta (MWh / anno)

l'efficienza di conversione energetica è espressa da

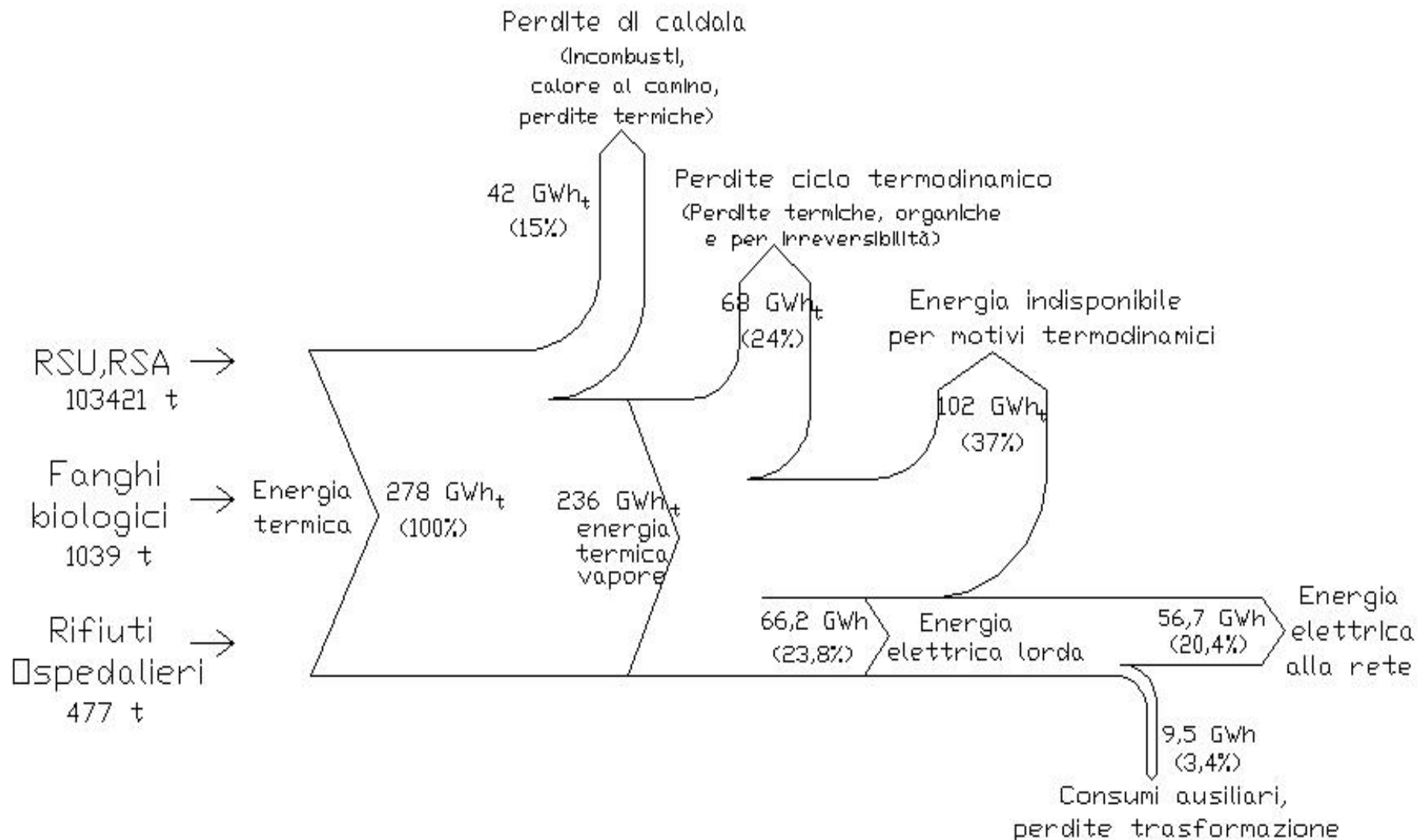
$$\eta = \frac{P_{\text{el}}}{Q_{\text{rifiuti}}}$$

➤ Con riferimento all'anno 2003, è stato effettuato un calcolo **dell'efficienza di conversione** per un elevato numero di inceneritori presenti su tutto il territorio nazionale.

- **Inceneritori realizzati prima del '97**
efficienza di conversione = 10%*
- **Inceneritori realizzati dopo il '97**
(sono tutti dotati di sezione di recupero)
efficienza di conversione = 22%*

* Riferimenti bibliografici (2)

Diagramma di flusso energetico – Impianto di Piacenza



- I valori riportati nel diagramma sono riferiti **all'anno 2003** e sono stati determinati a partire dai quantitativi noti di rifiuti trattati dall'impianto e dall'energia elettrica lorda e netta prodotta.
- E' stato inoltre assunto:
 - Rendimento di caldaia dell'85%
 - Potere calorifico inferiore dei rifiuti = 9500 KJ/kg
 - Ciclo termodinamico **ideale**
di riferimento operante
tra 390 °C e 15 °C

$$\eta_{ideale} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad T_1 < T_2$$

efficienza di conversione energetica $\eta = 23,8\%$

- I Valori di efficienza di conversione (10% e 22%, dati rif.bibl.(2)) determinati per l'anno 2003 per gli inceneritori realizzati prima e dopo il '97, sono particolarmente bassi rispetto a quelli potenzialmente raggiungibili.
- Per quantificare la mancata efficienza sono stati analizzati i possibili cicli a vapore applicabili agli impianti e ante e post '97.

➤ Impianti realizzati prima del '97*

entrata in turbina: $p = 40$ bar $T = 380^\circ\text{C}$

uscita dalla turbina: $p = 0,15$ bar $T = 54^\circ\text{C}$

titolo della miscela $x = 0,89$

rendimento del ciclo: $\eta_{th} = 0,28$

efficienza di conversione: $\eta = 0,27$

➤ Impianti realizzati dopo il '97*

entrata in turbina: $p = 65$ bar $T = 450^\circ\text{C}$

uscita dalla turbina: $p = 0,1$ bar $T = 45^\circ\text{C}$

titolo della miscela $x = 0,85$

rendimento del ciclo: $\eta_{th} = 0,34$

efficienza di conversione: $\eta = 0,32$

* Riferimenti bibliografici (2)

- Ipotizzando per le due categorie d'inceneritori un **valore limite minimo di efficienza** di conversione pari rispettivamente al 27% e al 32%, si sarebbe prodotto nel 2003 un incremento di potenza elettrica pari a 1400 GWh/anno.*
- “L'incremento dell'efficienza di conversione energetica, oltre ad un vantaggio economico consistente, non costa nulla in termini di emissioni inquinanti, poiché viene recuperata energia da un combustibile che deve essere comunque bruciato.”*

* Riferimenti bibliografici (2)

➤ E' stato infine valutata l'incidenza, in termini di inquinamento da NO_x , della produzione di 1400 GWh se realizzata con impianto a turbogas di potenza nominale 254 MW e ipotizzando un'emissione di NO_x pari al valore limite di 57 mg/Nm^3 (direttiva 2001/80/CE)

La massa di NO_x è pari a 850 t/anno ed equivale all'inquinamento prodotto dalla circolazione di 160`000 automobili di media cilindrata alimentate a benzina verde.*

* Riferimenti bibliografici (2)

Incremento del rendimento del ciclo termodinamico

- L'aumento di rendimento in un ciclo Rankine, a parità di rendimenti meccanici, si ottiene:
 - aumentando la temperatura e la pressione del vapore in uscita dalla caldaia
 - riducendo la pressione al condensatore.

Negli inceneritori si opera con valori limitati della temperatura del vapore surriscaldato a causa di problemi di corrosione, dovuti alla presenza nei fumi di combustione di composti corrosivi la cui aggressività aumenta al crescere della temperatura.

➤ Principali agenti corrosivi:

- Acidi alogenati secchi
- Sali basso fondenti originati dalla reazione degli alogeni con gli alcali o con vari metalli.

➤ Fattori secondari:

- attacco da solfuri
- attacco di tipo elettrochimico che viene generato principalmente, nelle fasi transitorie e in presenza di umidità, dall'idrolisi dei composti clorurati e dalla formazione di acido cloridrico.

➤ Le principali metodologie per poter incrementare il contenuto energetico del vapore possono essere schematizzate come segue:

1. Incremento dei sistemi di protezione della caldaia dagli agenti corrosivi (trattamento di coating della caldaia)
2. Riduzione del carico di agenti corrosivi contenuti nei fumi caldi prima della sezione di scambio termico in caldaia (trattamento a caldo dei fumi)

Il termovalorizzatore di Piacenza



- La capacità d'incenerimento è pari a 130.000 t/anno di cui 105.000 t/anno autorizzate.

Il ciclo di produzione del vapore surriscaldato opera a 40 bar e 390°C.

- I fumi della caldaia nella sezione di depurazione vengono trattati con bicarbonato di sodio; questo trattamento richiede temperature dei fumi più elevate e di conseguenza vengono emessi in atmosfera a circa 170°C.

- Il condensatore è del tipo scambiatore ad aria. Rispetto ad un condensatore ad acqua la pressione allo scarico della turbina è maggiore e quindi si ha un minor recupero energetico dal vapore.

- Il comma 1, dell'articolo 3, del D.Lgs. 372/99 (Direttiva 96/61/CE) individua i principi generali per il rilascio dell'autorizzazione integrata ambientale. Uno di questi afferma che:

l'energia deve essere utilizzata in modo efficace

*E' la premessa per
ridurre l'inquinamento
risparmiare risorse energetiche
conseguire vantaggi economici consistenti
per la collettività*