



Politecnico di Milano

***TRATTAMENTO TERMICO DEI
FANGHI E RECUPERO
ENERGETICO***

Prof. Umberto Ghezzi



Agenda

1. Problema dei fanghi
2. Contenuto energetico dei fanghi
3. Tipi di trattamento termico
4. Co-combustione
5. Pirolisi gassificazione
6. Tecnologie convenzionali
7. Recupero energetico con letto fluido
8. Cogenerazione
9. Considerazioni ambientali
10. Bilancio CO₂
11. Conclusioni



1. Problema dei fanghi

- **Difficoltà per smaltimento in agricoltura.**
- **Alternative: trattamento termico.**
- **Il trattamento termico permette una drastica riduzione di volume od anche la eliminazione completa.**
- **Anche possibile un recupero energetico.**



2. Contenuto energetico dei fanghi

- In genere fanghi da depuratore sottoposti a trattamento meccanico per aumentare il grado di secco.
- Si ottiene un grado di secco dello ordine del 25 ÷ 30% (SST 25÷30%).
- Il contenuto energetico è nella sostanza secca costituito per il 70 ÷ 75% da organico volatile e per il 25 ÷ 30% da inerte.
- Contenuto energetico del secco fanghi digeriti 2.000 ÷ 2.500kcal/kg, fanghi non digeriti 3.000 ÷ 3.500 kcal/kg.
- Un kg di fango al 25% di secco contiene 0,25 kg di SST e 0,75 kg di H₂O.
- Per evaporare un kg di H₂O dal fango necessarie 600 ÷ 800 kcal.



3. Tipi di trattamento termico (1/2)

- Si hanno diverse opzioni:
 1. Essiccamento
 2. trattamento termico vero e proprio.

Essiccamento

- Si toglie H₂O dal fango per via termica per portarlo al grado di secco voluto (fino al 90%).
- Il consumo energetico per kg di fango in alimentazione dipende dal grado di secco desiderato.
- In essiccatore necessarie circa 800 kcal per evaporare 1 kg di H₂O.
- Il fango essiccato può poi avere diverse destinazioni (ad esempio ulteriore trattamento termico).

3. Tipi di trattamento termico (2/2)

Trattamento termico vero e proprio.

- Il fango viene usato – nei limiti del possibile – come combustibile.
- Deve avere un conveniente grado di secco (dell'ordine almeno del 40%) per autosostenere il processo termico.
- Il potere calorifico inferiore del fango grezzo deve essere almeno dell'ordine di $500 \div 600$ kcal/kg se non si vuole usare combustibile addizionale.
- **Diverse opzioni:**
 - > cocombustione (cementifici, inceneritori)
 - > pirolisi gassificazione
- **sistemi classici di combustione (forni a piani multipli, letto fluido).**



4. Co-combustione

- In cementifici richiede fango essiccato allo 80 ÷ 90%.
- E' usato come combustibile sostitutivo.
- In inceneritori per RSU può essere inviato anche con percentuale di secco dell'ordine del 25 ÷ 30%.
- Percentuale ponderale di fango in alimentazione dell'ordine max 10 ÷ 12%.
- Queste soluzioni interessanti ma presentano problematiche autorizzative, sono legate al mercato e non sempre appaiono le più convenienti

5. Pirolisi gassificazione

- Danno origine ad un gas di sintesi che può venire successivamente utilizzato ad es. in combustione.
- Richiedono in genere alimentazione con elevato grado di secco (80 ÷ 90%).
- Numero di impianti limitato e con differenti tecnologie.
- Tecnologia interessante ma ancora in fase di standardizzazione.
- Non facile dare un giudizio complessivo.



6. Tecnologie convenzionali

- Forni a piani multipli.
 - > Molto usati fino a tempi recenti.
 - > Buone prestazioni ma abbastanza complessi.
 - > Materiale in alimentazione con diversi gradi di secco.
- Letti fluidi.
 - > Attualmente i sistemi più utilizzati per trattamento termico dei fanghi (diverse decine di installazioni).
 - > Tipologie abbastanza standardizzate.
 - > Possibile alimentare con fanghi a differente grado di secco ed anche con fango non autosostentante usando combustibile addizionale.
 - > Esempio di possibile recupero energetico con letto fluido.

7. Recupero energetico con letto fluido (1/3)

- Si considera una piattaforma che tratta 60.000 ton/anno di fango al 25% di secco con pci SST ca. 3000 kcal/kg.
- Il fango grezzo ha pci = 300 kcal/kg.
- Si ritiene insufficiente e si procede a portare con essiccamento il secco al 40% - PCI grezzo ca. 800 kcal/kg.
- Fango in alimentazione al letto fluido pari a 37.500 ton/anno (al 40% SST).
- Operando per 7.500 ore/anno portata oraria in alimentazione pari a 5 ton (5 ton/ora).
- Flusso termico in alimentazione $Q = 5.000 \times 800 = 4.106 \text{ kcal/h} = 4,65 \text{ MWtermici}$.



7. Recupero energetico con letto fluido (2/3)

- Combustione a letto fluido con produzione fumi ad 850 ° C.
- Recupero calore per scambio termico fino a 250° C.
- Rendimento di recupero 70%.
- Tenendo conto di altri rendimenti (combustione, perdita di calore, ecc) rendimento complessivo di recupero pari al 65%.
- Calore recuperabile QR.
- $QR = 4,65 \times 0,65 = 3 \text{ MW}_{\text{termici}}$
- Possibilità di recupero
- Produzione energia elettrica
- Teleriscaldamento
- Cogenerazione (produzione di energia elettrica e recupero calore).

7. Recupero energetico con letto fluido (3/3)

- Uso del calore recuperato.
 - > Produzione di energia elettrica.
- Ciclo termico con rendimento $\eta = 0,2$ (2%) facendo riferimento al calore recuperato.
- Potenza elettrica PE
- $PE = 0,2 \times 3.000$ ca. 600 KW
 - > Produzione annua energia elettrica.
- $P = 600 \times 7.500$ ca. $4.5 \cdot 10^6$ KWh
 - > Impiego del calore per teleriscaldamento
- Rendimento del recupero su calore disponibile (potenza 3 MWt) ca. 0,85.
 - > Potenza termica disponibile Pt
- $Pt = 3.000 \times 0,85 = 2.550$ KW ca. $2.2 \cdot 10^6$ kcal/h
 - > Possibilità di riscaldare (30 kcal/m^3 35 W/m^3) circa 73.000 m³
- Corrispondono a circa 250 appartamenti da 100 m² di superficie.



8. Cogenerazione

- Soluzione da valutare bene.
 - > Può essere complessa per impianti di taglia medio piccola.
- Una possibilità può essere
 - > **Mesi caldi:** solo produzione di energia elettrica (in rete)
 - > **Mesi freddi:** produzione di energia elettrica e spillamento vapore per teleriscaldamento

oppure

- impiego di energia elettrica per pompe di calore da usare per teleriscaldamento.



9. Considerazioni ambientali

- Il fango da depurare è da considerare come fonte rinnovabile per cui il bilancio della CO₂ in seguito a combustione è nullo.
- Facendo riferimento alla energia elettrica prodotta od al calore recuperato si può valutare quanta CO₂ si produce in meno rispetto allo impiego di un combustibile fossile.
- Per un bilancio globale è necessario tenere conto del costo energetico complessivo del processo, ma tenendo conto che comunque il fango va trattato si ha un effetto ambientale positivo.



10. Bilancio CO2

- Con un combustibile fossile (ca. CH₂) si producono circa 3 kg di CO₂ per kg di combustibile.
- Nel presente caso vengono recuperati 3 MW termici ca. $2.6 \cdot 10^6$ kcal/h equivalenti a circa 260 kg/h di combustibile fossile ca. 1.950 ton/anno di combustibile.
- Si ha quindi un recupero di circa 6.000 ton/anno di CO₂ con l'impiego diretto del calore.
- Nel caso di produzione di energia elettrica si può fare riferimento ad una centrale termoelettrica avente un rendimento di circa il 40% per cui, per produrre un KWh sono necessarie circa 2.150 kcal. (2,5 KWh termici).
- Per produrre $4.5 \cdot 10^6$ KWh sono necessarie circa 1.000 ton di combustibile fossile.
- Il risparmio annuo di CO₂ è quindi circa di 3.000 ton.

11. Conclusioni

- Il fango di depurazione è un prodotto energeticamente povero, ma un recupero energetico è possibile specie nel caso in cui il pci della sostanza secca (SST) sia elevato (ca. 3.000 kcal/kg o maggiore).
- I trattamenti termici che possono venire utilizzati per il recupero sono diversificati.
- Attualmente quello che vede il maggior numero di applicazioni è il letto fluido.
- Come recupero si può ottenere calore o produrre energia elettrica.
- Il fango è da considerare energia rinnovabile e fornisce un contributo alla riduzione della CO₂.





Politecnico di Milano

Grazie della cortese attenzione

Prof. Umberto Ghezzi

