6ª Giornata sull'efficienza energetica nelle industrie

14 maggio 2013

Aula Maggiore FAST

Milano

EFFICIENZA ENERGETICA NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI

Prof. Gianni Andreottola

Ing. Paola Foladori

Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Università degli Studi di Trento

LE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI

Le attività industriali e produttive possono originare acque reflue contenenti una vasta gamma di contaminanti associati a rischi per la salute e per l'ambiente se dispersi

Obiettivi principali, imposti già da tempo

- rimozione di solidi sospesi, colloidali e flottanti
- ossidazione di composti organici biodegradabili
- riduzione dei patogeni (alcune attività)

Obiettivi più recenti

- rimozione di azoto, fosforo (nutrienti)
- metalli pesanti
- sostanze organiche prioritarie (tossicità acuta, mutagenicità,…)
- sostanze organiche refrattarie e persistenti (pesticidi, fenoli, tensioattivi, …)
- composti inorganici disciolti (riutilizzo dell'acqua)

- ✓ Limiti di legge per lo scarico degli effluenti
- ✓ Necessità di trattamento delle acque reflue (impianti di depurazione)

IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI

1. **Trattamento end-of-pipe**: impianti di depurazione (processi biologici, chimici, fisico-chimici) per ridurre le emissioni di contaminanti.

2. **Cleaner production** (*pollution prevention*): riduzione delle emissioni di contaminanti alla fonte, modificando i processi produttivi o le materie di partenza, ottimizzando procedure di *washing/cleaning* con acqua, adottando sistemi *closed-loop* anziché *single-pass*

La soluzione più fattibile e sostenibile è intermedia:

✓Nella direzione di una *cleaner production* si riduce il costo del trattamento *end-of-pipe*, poiché riduce il volume di acqua da trattare il carico di contaminanti da rimuovere

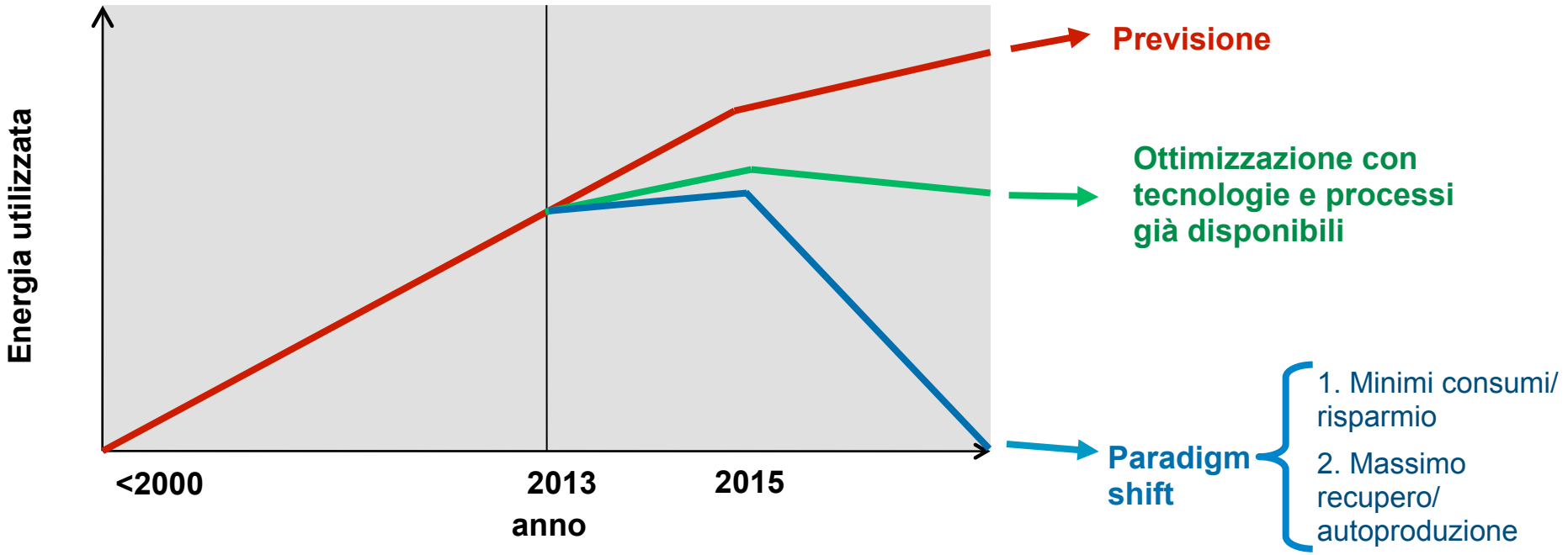
✓Una soluzione completamente a ciclo chiuso non è sempre possibile, e rimane necessario il trattamento *end-of-pipe* di ciò che residua

TRATTAMENTO END-OF-PIPE = IMPIANTO DI DEPURAZIONE

❑sostenibilità ambientale (rimozione di contaminanti)

❑sostenibilità economica (tecnologie fattibili e affidabili, gestione sostenibile, efficienza energetica)

PROSPETTIVA NEI CONSUMI ENERGETICI (ELETTRICI) NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE



❑ Efficientamento energetico per due finalità:
-risparmio per l'azienda, che consuma meno energia elettrica
-benefici ambientali per minori emissioni di gas serra (impronta ambientale dell'azienda)

❑ Già in atto in varie nazioni programmi di risparmio energetico nel settore depurazione (California, Svezia, Olanda,…)
- riduzioni -20%, -50% con sistemi già oggi disponibili
- riduzioni -80% ottenibili solo con cambio di visione (*paradigm shift)* nelle filiere di trattamento

IMPLEMENTAZIONE DELL'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

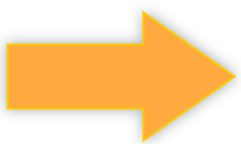
1. Valutazione dei consumi elettrici attuali dell'impianto di depurazione, meglio se per un periodo prolungato

2. Calcolo di parametri specifici di consumo
   - kWh/m^3 trattato (problematico)
   - kWh/kgCOD rimosso (< 1 con interventi di ottimizzazione intrapresi)
   - kWh AE^{-1} $anno^{-1}$ (per certe industrie)

3. Dettagliato Audit Energetico
   - principali apparecchiature elettromeccaniche
   - individuazione dei comparti più energivori
   - per un impianto di depurazione: pompaggi, soffianti, trattamento fanghi,…

4. Soluzioni di efficientamento energetico

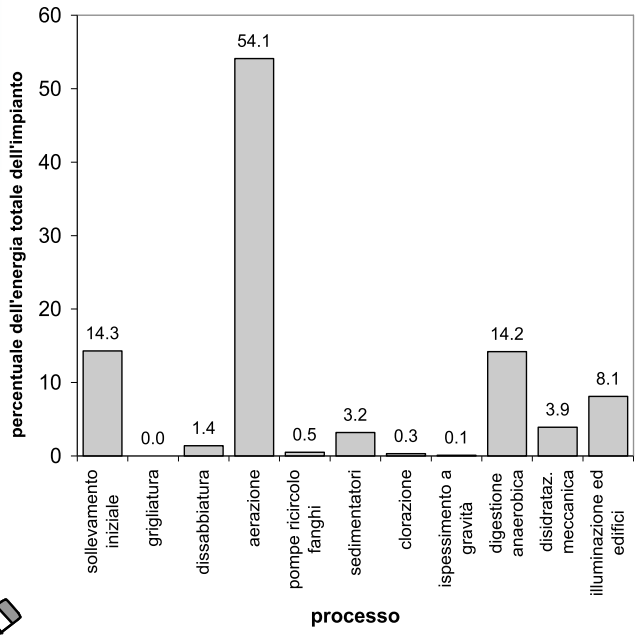
- componenti elettrici (quadri di rifasamento, variatori di velocità come inverter, soft-starter)
- componenti meccanici (motori ad alta efficienza)
- controllo del processo depurativo (ICA, Instrument+Control+Automation) (controllo aerazione, ricircoli, miscelazione,)

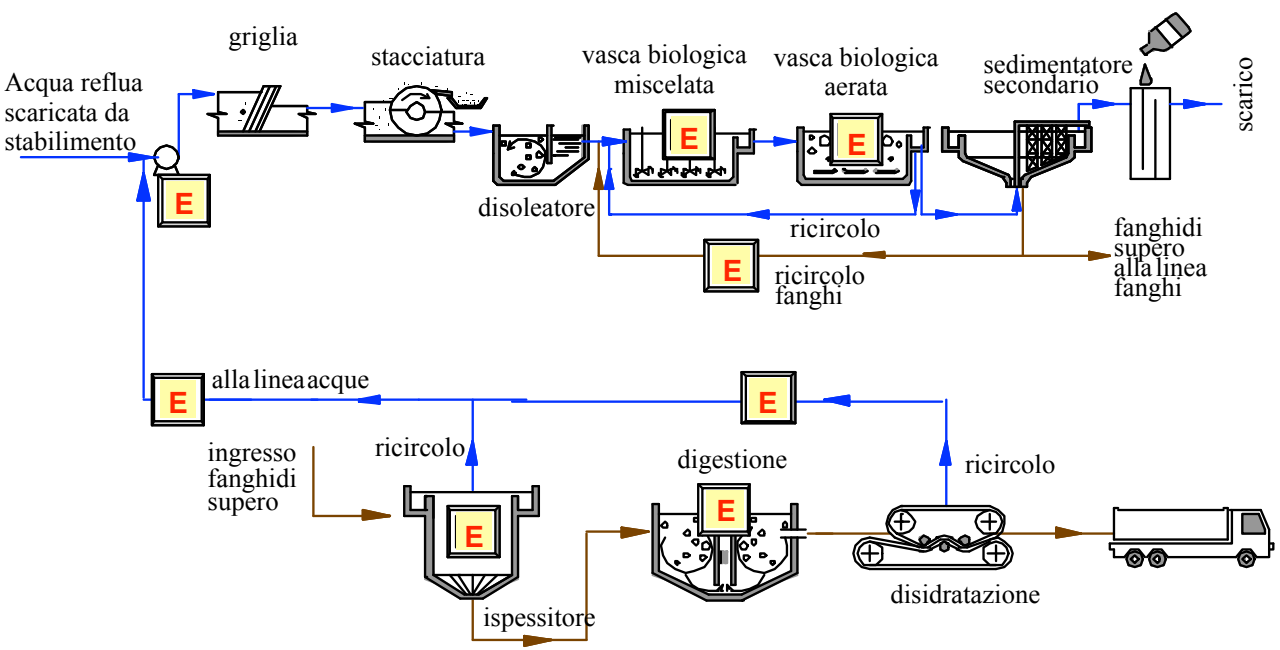


- **costi aggiuntivi**: tempo di pay back da mesi o pochi anni
- **influenza sul processo di depurazione:** uguale performance di depurazione, migliore conoscenza dei processi con sonde on-line, no eccessiva complessità gestionale

COMPARTI IN CUI EFFETTUARE EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

- I comparti di un impianto di depurazione che tratta acque reflue industriali sono molto diversi a seconda del tipo di acqua trattata
- E' molto diffuso il ricorso a processi biologici (tra cui fanghi attivi):
  - nell'industria agro-alimentare la filiera è simile alla figura (caseificio)
  - nell'industria cartaria il trattamento principale è il processi biologico di ossidazione
  - nel caso di industrie chimiche la filiera include filtrazione, ossidazione chimica, coagulazione/ flocculazione, carboni attivi,…





SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO
- SOLLEVAMENTI/POMPAGGI DELLE ACQUE REFLUE -

I sollevamenti/pompaggi incidono per un 10-30% dell'energia totale consumata nell'impianto

- ✓ **Prossimità al punto di lavoro ottimale** → massimo rendimento dell'apparecchiatura
- ✓ Dimensionare per raggiungere il punto di massimo rendimento per le portate più comuni
- ✓ **Evitare eccessivi sovradimensionamenti**:
  - preferibile pompe che lavorano in modo continuativo, evitare pompe di grandi dimensioni, con elevata frequenza di attacco/stacco → preferibile continuità delle portate sollevate ai comparti biologici e ai sedimentatori
  - utilizzare vasche di equalizzazione nel caso di forti fluttuazioni di portata e concentrazioni → si evita di dimensionare le macchine per i picchi di carico
- ✓ **Pompe a velocità variabile** (inverter per regolare il numero di giri del motore e quindi la potenza:

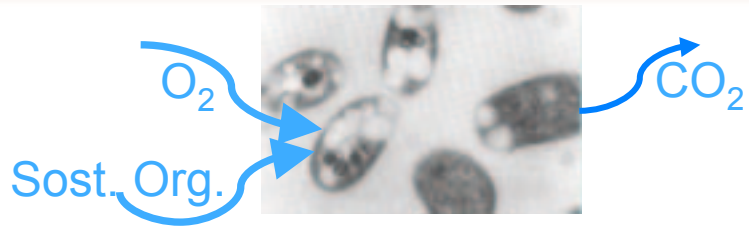
  potenza assorbita per pompaggio = $P(n^3)$

  portata = $Q(n)$

  Con una riduzione di n del 20%, la potenza assorbita diminuisce del 50%.
- ✓ **Pompe dotate di soft-starter**: avviare il motore con una rampa omogenea per ridurre le correnti di spunto all'avviamento (superiori di 1 ordine di grandezza della corrente nominale)
- ✓ **Manutenzione delle pompe**

SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO
- AERAZIONE NEI COMPARTI BIOLOGICI DI OSSIDAZIONE -

L'aerazione nell'ossidazione incide per un 30-60% dell'energia totale consumata nell'impianto



Problematiche

- ✓ E' situazione comune che l'aerazione avvenga con portata di aria costante → variazioni continue dell'OD in vasca a seconda dei carichi in ingresso
- ✓ Se il dimensionamento del sistema di aerazione è effettuato per il fabbisogno di picco, si ha uno spreco di energia quando la richiesta è più bassa (p. es.: periodi di non produzione).
- ✓ Livelli di O_2 in vasca troppo alti (>> 2 mgO_2/L) rappresentano un dispendio energetico
- ✓ Risparmio energetico → RIDURRE la fornitura di aria e di O_2 in base al reale fabbisogno del processo biologico

Valori indicativi

- ✓ trasferimento di O_2 in condizioni reali > 2 kgO_2/kWh → scelta di diffusori a bolle fini
- ✓ consumo elettrico specifico = 0.6-1.3 $kWh/kgBOD_5$ rimosso

Soluzioni

Sistemi di controllo on-line, SCADA, per il monitoraggio dei processi di depurazione e il controllo delle apparecchiature elettromeccaniche (soffianti)

Regolazione portata d'aria mediante misure on-line in vasca di ossidazione

- ✓ Modulare le portate d'aria delle soffianti in base a misure on-line in vasca di ossidazione e quindi in funzione delle fluttuazioni di carico
- ✓ Misura di ossigeno disciolto (O_2) in vasca, applicabile in tutti gli impianti
- ✓ Misura di azoto ammoniacale all'uscita dalla vasca (NH_4), applicabile nel caso di industrie che devono rimuovere l'azoto (concerie, caseifici, percolati, industrie pectine, lavorazione proteine, fertilizzanti, …). *NB: alti costi energetici per il processo energivoro di nitrificazione + denitrificazione.*
- ✓ Tempo di pay-back di 2-3 anni.

SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO
- RICIRCOLI E MISCELAZIONE NEI PROCESSI BIOLOGICI -

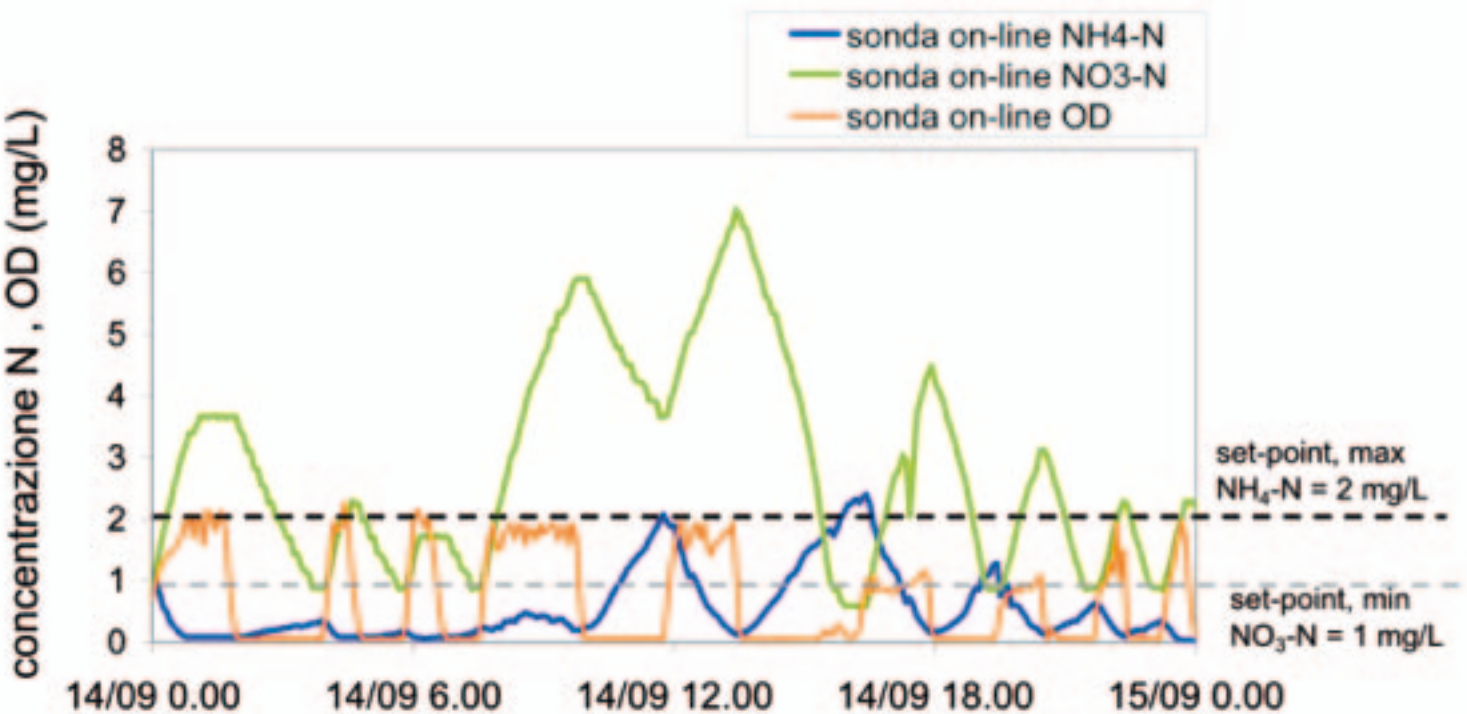
Ricircoli e miscelazioni incidono per un 10-30% dell'energia totale consumata nell'impianto

- ✓ Miscelazione: ottimizzazione potenze specifiche (< 4-8 W/m^3), posizionamento mixer in base a configurazione/geometria vasche, controllo ad intermittenza dei mixer (ancora poche esperienze dimostrative).
- ✓ Modulare le portate di ricircolo (impiegato nella rimozione dell'azoto) in base a misure on-line di azoto nitrico (NO_3) (industrie che devono rimuovere l'azoto) che permette di:
  - ridurre consumi elettrici
  - massimizzare rimozione di azoto

Esempio

- ✓ installazione di misuratori on-line di OD (O_2), NH_4, NO_3, …
- ✓ controllo di processo (PID, Proporzionale-Integrativo-Derivativo, reti neurali, logiche fuzzy, ecc…).

- ✓ maggiore conoscenza del processo: si dispone delle concentrazioni effluenti
- ✓ risparmio energetico del 20-40% rispetto ad aerazione della vasca non controllata
- ✓ elevati risparmi nei periodi di non lavorazione



SOLUZIONI PER IL RISPARMIO ENERGETICO

- ALTRE CONFIGURAZIONI AD ALTA EFFICIENZA DI TRATTAMENTO PER REFLUI INDUSTRIALI -

TIPOLOGIA		ASPETTI CARATTERIZZANTI
Sistemi SBR		- grande elasticità per carichi ad alta variabilità - consumi energetici favorevoli per semplicità impiantistica (no ricircoli, no sedimentatori) - aerazione & miscelazione: funzionamento solo per il tempo necessario al completamento delle reazioni (sonde on-line pH, redox, OD)
Sistemi a biomassa adesa (*Moving Bed Biofilm Reactors*)		- Efficientamento energetico limitato a componenti elettriche e meccaniche - Controllo di processo è più difficile: sistemi molto performanti all'aumentare dell'aerazione → antagonismo tra efficientamento energetico e di processo.
Bioreattori a membrana (MBR, Membrane BioReactors)		- Efficientamento energetico limitato a componenti elettriche e meccaniche - Controllo di processo è più difficile: serve molta aria per pulizia membrane → antagonismo tra efficientamento energetico e di processo.

- Più i trattamenti sono spinti e più consumano energia
- FUTURO: Water & Energy nexus

SOLUZIONI PER L'EFFICIENTAMENTO ENERGETICO
- DIGESTIONE ANAEROBICA -

- ✓ Un impianto di depurazione non è solo una soluzione "end-of-pipe", ma permette un recupero energetico dalle acque reflue e dai fanghi
- ✓ Filiera in un impianto per reflui industriali:

  Sedimentazione primaria + digestione anaerobica + trattamento aerobico fanghi attivi

  - ✓ digestione anaerobica mesofila (30-38°C) o termofila (50-58°C)
  - ✓ produzione di biogas (60% CH_4 + 40% CO_2)
  - ✓ produzione specifica di biogas di 0.2-0.4 Nm^3/kgSST alimentati
  - ✓ biogas prodotto impiegato per cogenerazione (energia elettrica + riscaldamento digestore) o altro (ancora poche applicazioni)
  - ✓ energia elettrica da biogas = circa 1 kWh/kgSST di fango alimentato nel digestore
  - ✓ è possibile coprire il 50-100% del consumo elettrico dell'impianto (futuro!) mediante elevato risparmio energetico + scelta di generatori ad alta efficienza di conversione
  - ✓ *Nella realtà italiana siamo in presenza di un elevato potenziale di produzione di biogas che non viene completamente sfruttato negli impianti.*

CONCLUSIONI

Crescente interesse per l'efficientamento energetico nel trattamento acque nel settore industriale

- ✓ costi crescenti dell'energia
- ✓ emissioni di gas serra
  → riscaldamento globale

Risposte:

- ✓ audit energetico
- ✓ strategie di risparmio energetico
- ✓ produzione/recupero di energia
- ✓ in futuro, nuove filiere energeticamente autonome (energy self-sufficient plants)

Grazie per l'attenzione!