



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI UDINE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE CHIMICHE

Intervento

***TRATTAMENTO ANAEROBICO DI
REFLUI MOLTO CONCENTRATI***

Ing. Daniele GOI

Milano - Ottobre 2002

INTRODUZIONE

REFLUI MOLTO CONCENTRATI

Acque cariche di inquinanti con diversa:

Origine (attività produttive, misti, altro)

Matrice prevalente (organica o inorganica)

Concentrazione (mg/L di S_i , X_i)

Possibilità di trattamento (Fis., Chim., Biol.)

TRATTAMENTO BIOLOGICO ANAEROBICO

Tecnologia di tipo biologico

Possibilità di impiego su reflui di varia natura

GENERALITÀ SUI PROCESSI ANAEROBICI

Definizioni:

Processi biologici di depurazione dell'acqua che si sviluppano in assenza di ossigeno dove:

*il **metabolismo** microbico prevede l'utilizzo dell'ossigeno legato alle molecole dei composti organici ed inorganici presenti nel liquame;*

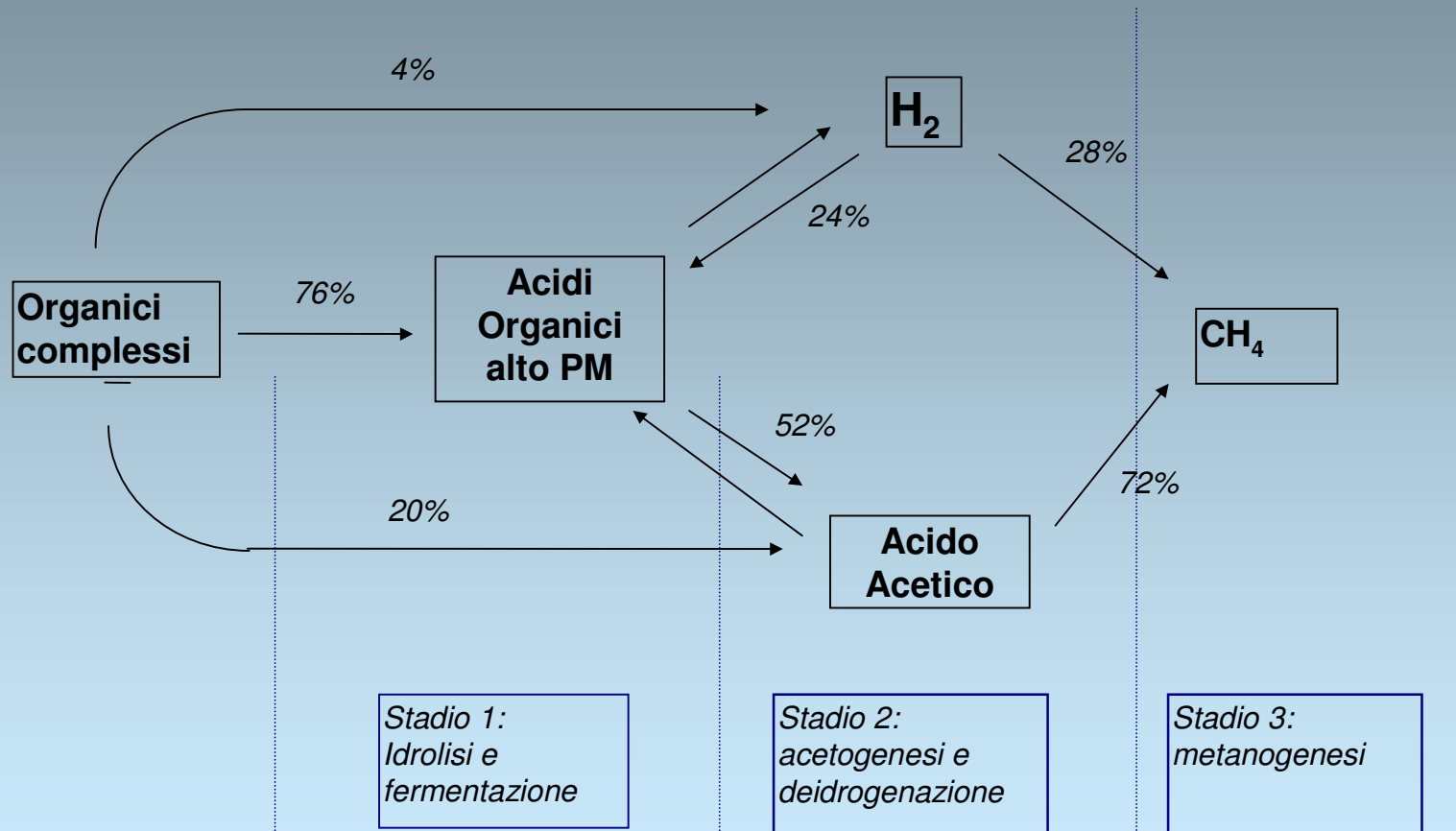
*la **degradazione del substrato** inquinante avviene attraverso la produzione di biogas (principalmente CH_4 ed CO_2);*

*la **formazione di fanghi** (varie colonie batteriche) si contiene a valori notevolmente ridotti;*

Caratteristiche del metabolismo anaerobico

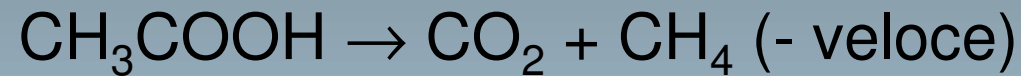
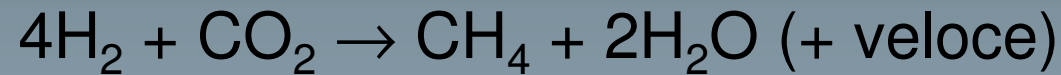
<i>PROCESSO</i>	<i>PRODOTTI DEL PROCESSO</i>	<i>GRUPPI BATTERICI</i>
IDROLISI	monosaccaridi e monomeri solubili di altro tipo	lipolitici, proteolitici, cellulitici
ACIDOGENESI	acidi grassi, idrogeno, alcoli, anidride carbonica	fermentanti acidogenici
ACETOGENESI	acido acetico e idrogeno	fermentanti acetogenici
METANOGENESI	metano e anidride carbonica	metanogeni

degradazione del substrato



Fasi limitanti

Metanigena



(rimozione efficiente fino alla saturazione)



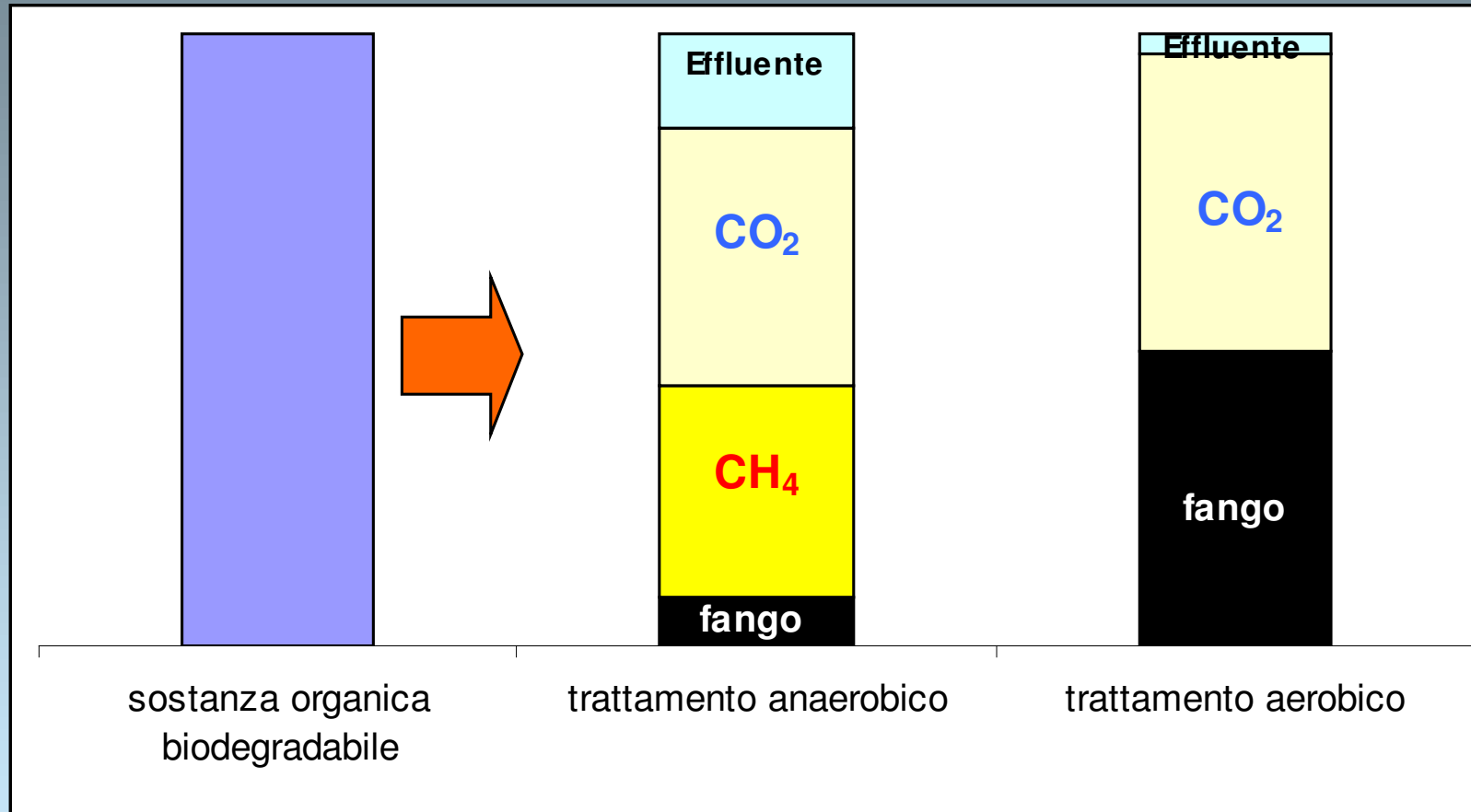
PROCESSO VALIDO SOLO COME PRETRATTAMENTO ?

Altre fasi

**POSSONO ESSERE LIMITANTI IN RELAZIONE AL
PROCESSO E ALLA TIPOLOGIA DEL REFLUO**

Cinetiche e costanti di resa

Parametro	unità misura	valore
<i>Cost. di crescita max.: batteri acidogenetici</i>	d ⁻¹	1-3
<i>Cost. di crescita max.: batteri metanogenetici</i>	d ⁻¹	0.3-0.5
<i>Cost. di resa max.: batteri acidogenetici</i>	gVSS/gCOD	0.15-0.20
<i>Cost. di resa max.: batteri metanogenetici</i>	gVSS/gCOD	0.03-0.04



particolarità del processo anaerobico

➔ L'opera di queste strutture batteriche procede in sequenza percorrendo a catena tutte le fasi caratteristiche

➔ Condizioni termiche di funzionamento:

Psicrofile, $T < 30^{\circ}\text{C}$

Mesofile, $T \cong 30\text{-}40^{\circ}\text{C}$

Termofile, $T > 40^{\circ}\text{C}$

➔ Condizioni di carico:

Basso carico: $2\text{-}5 \text{ kgCOD/m}^3 \text{ d}$

Alto carico: $6\text{-}20(\dots) \text{ kgCOD/m}^3 \text{ d}$

➔ HRT e SRT

Variabili: $5\text{-}15 \text{ d}$; $5\text{-}15 \text{ h}$

Prime realizzazioni impiantistiche:

Stabilizzazione fanghi di impianti di depurazione acque

Reflui molto concentrati e particolarmente biodegradabili



industria alimentare

Reflui acquosi di particolare refrattarietà



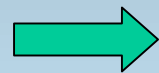
studi di trattabilità anaerobica

Nuovi approcci impiantistici:

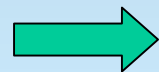
Strutturazioni tecnologiche migliorative del processo



Introduzione nuove tipologie reattori



Miglioramento assetti fluidodinamici



Controllo fasi di processo

TIPOLOGIE DI REATTORI ANAEROBICI

Sistemi anaerobici a basso carico (*Low rate anaerobic system*)

Sistemi anaerobici a contatto (*AC: Anaerobic Contact*)

Filtri anaerobici (*AF: Anaerobic Filter*)

Percolatori anaerobici (*DSFF: Downflow Stationary Fixed Film*)

Letti fluidizzati/espansi anaerobici (*FB/EB: Fluidized/Expanded Bed*)

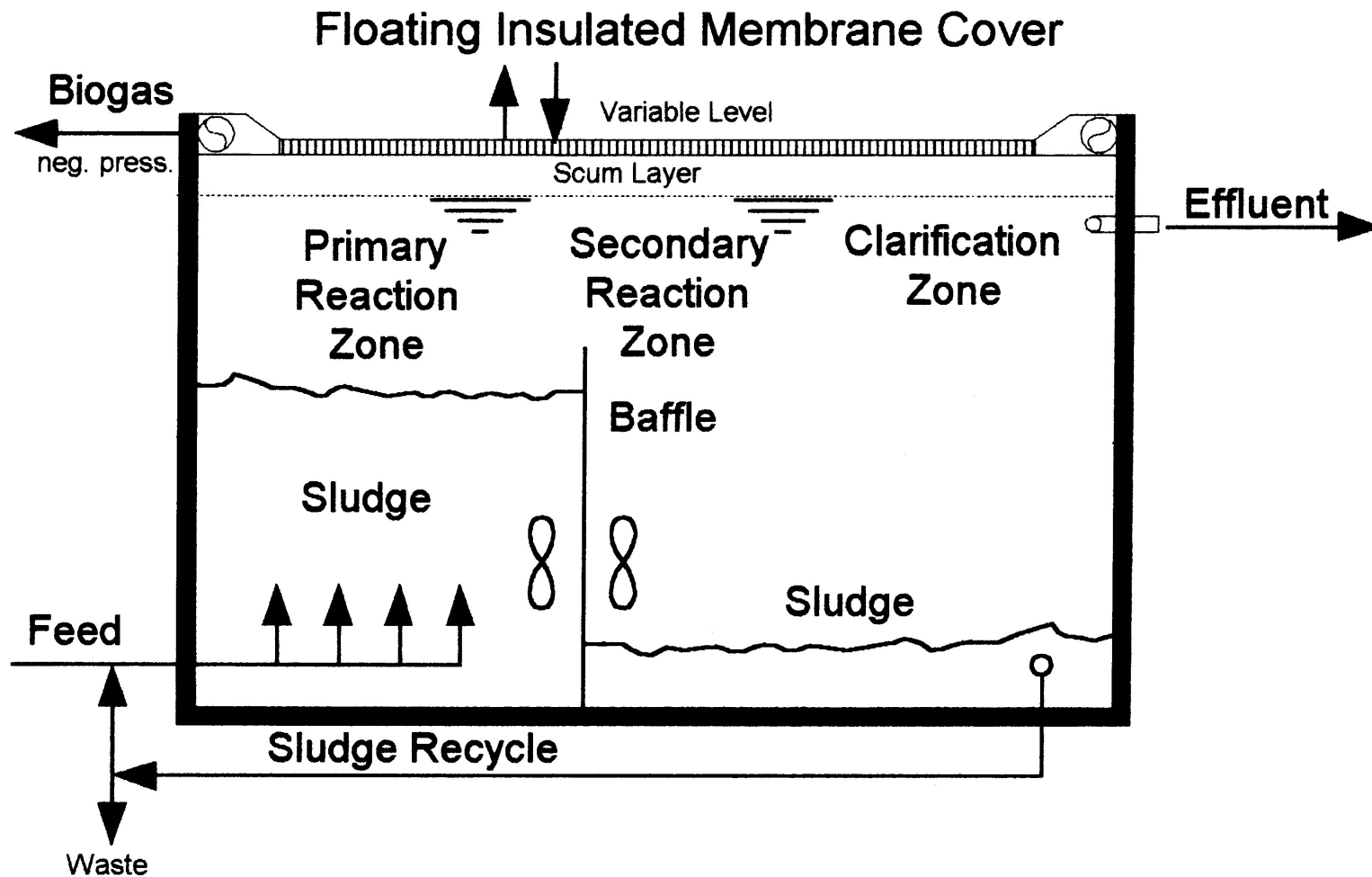
UASB (*UASB: Upflow Anaerobic Sludge Blanket*)

EGSB (*EGSB: Expanded Granular Sludge Bed*)

Sistemi ibridi e multifase (*es. UASB/AF*)

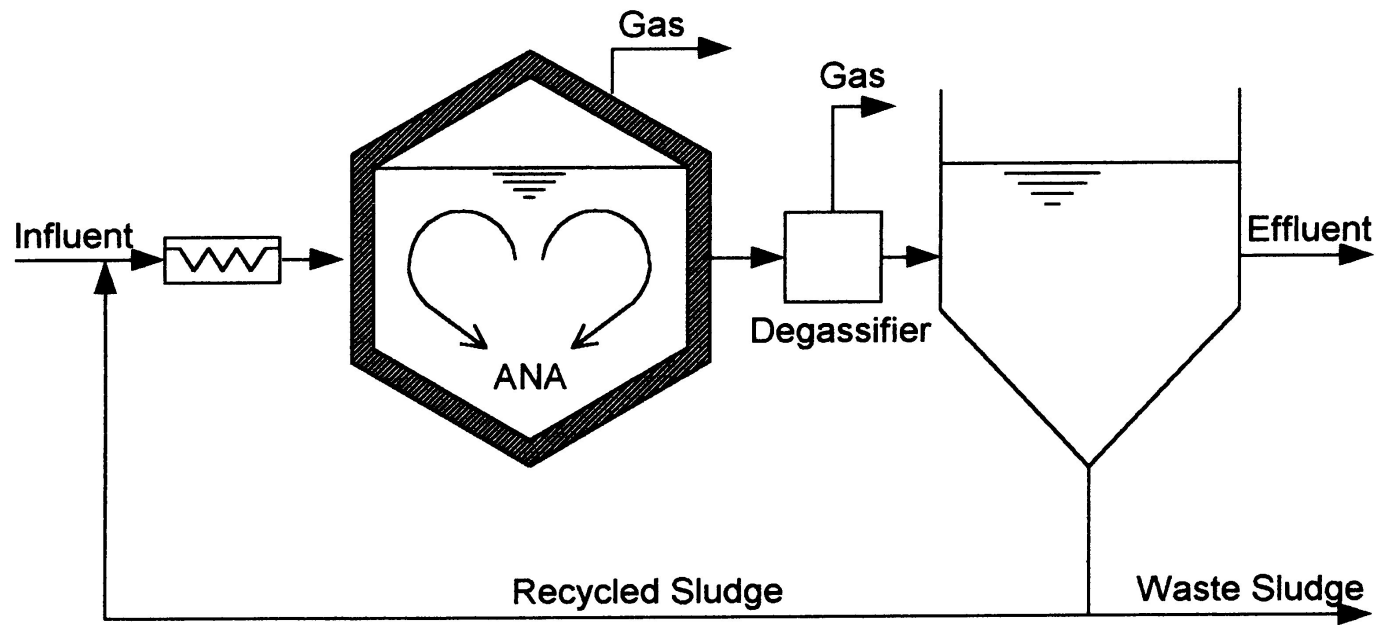
SISTEMA ANAEROBICO A BASSO CARICO

(da Grady, 1999)



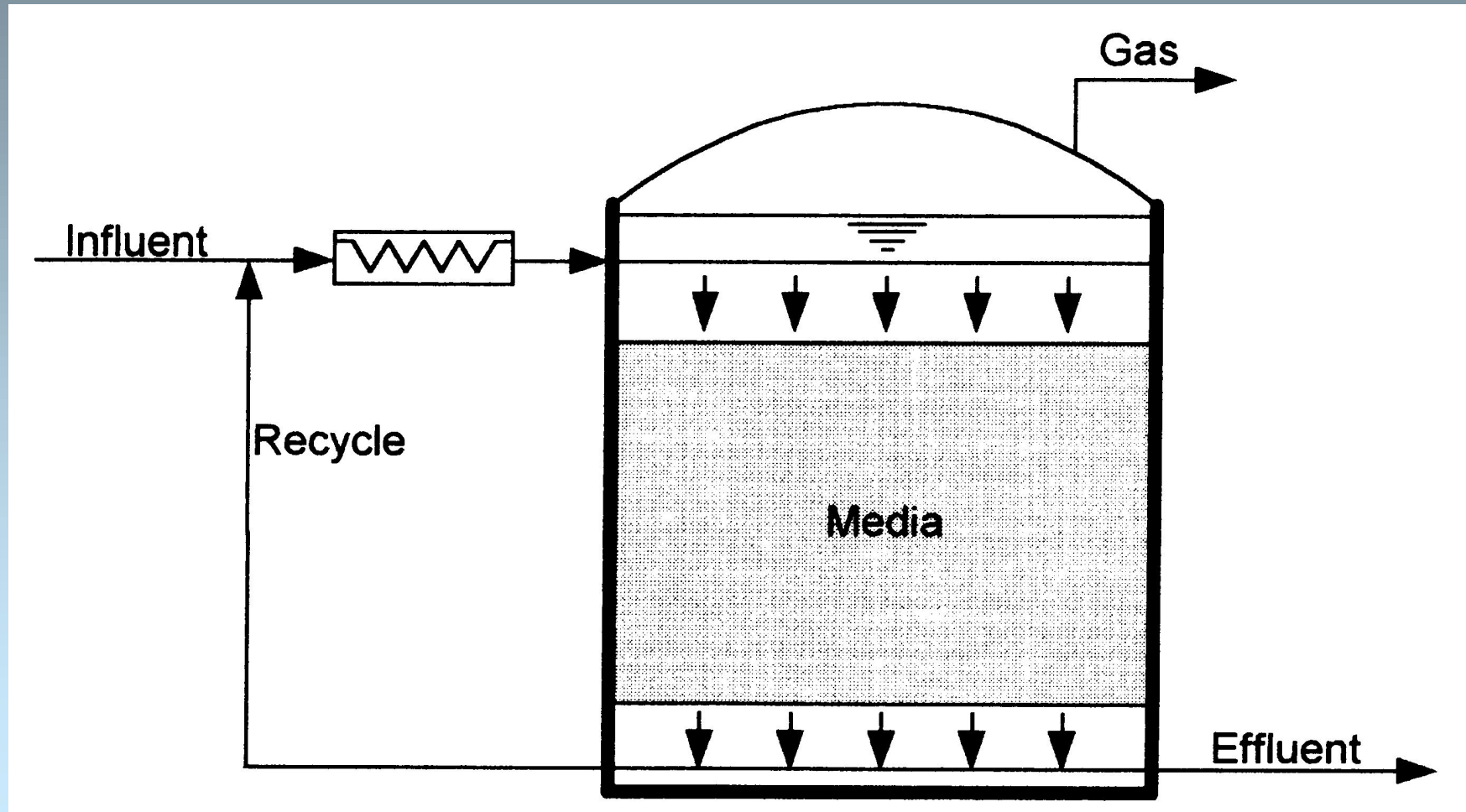
SISTEMA A CONTATTO (AC)

(da Grady, 1999)



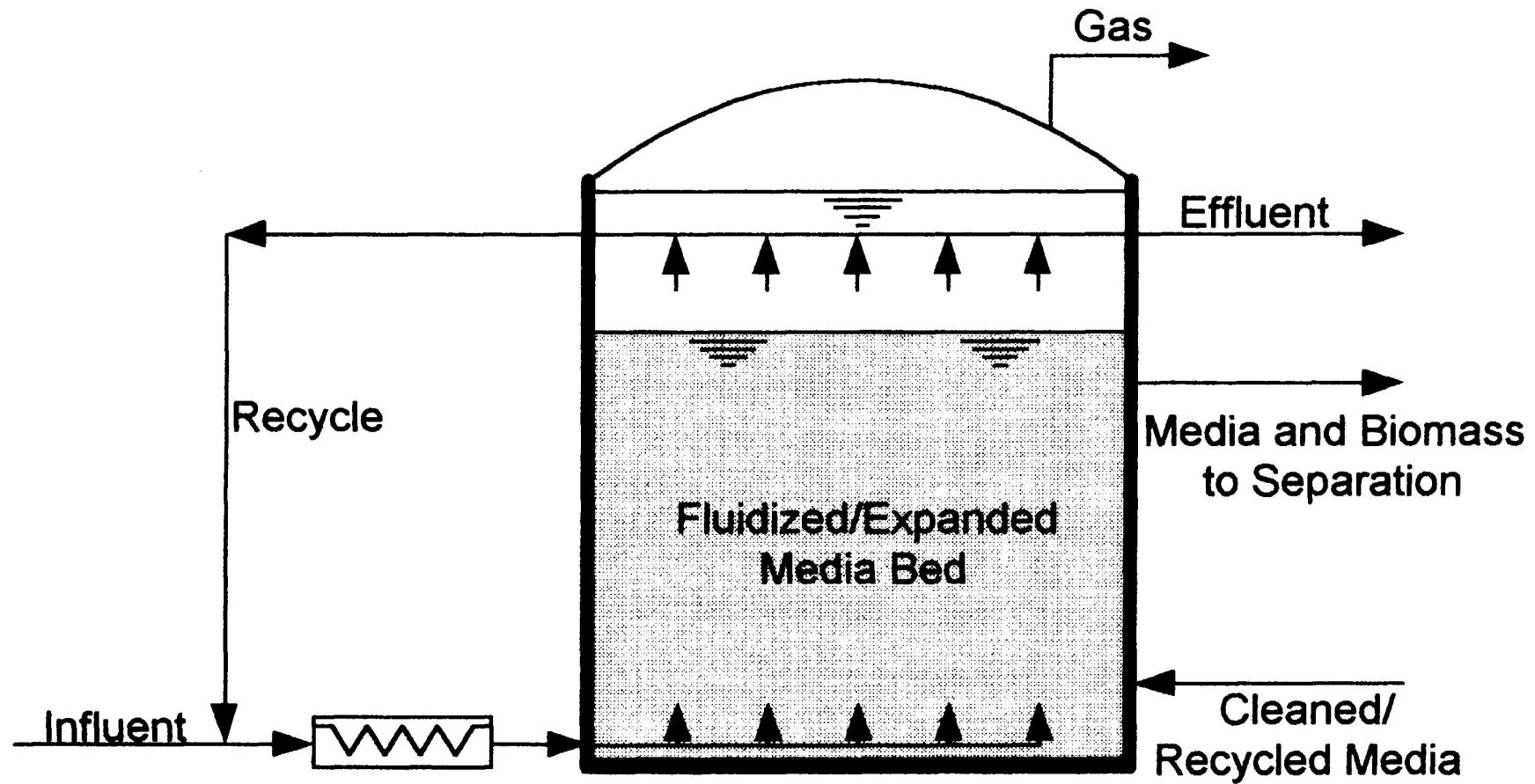
PERCOLATORI ANAEROBICI (DSFF)

(da Grady, 1999)



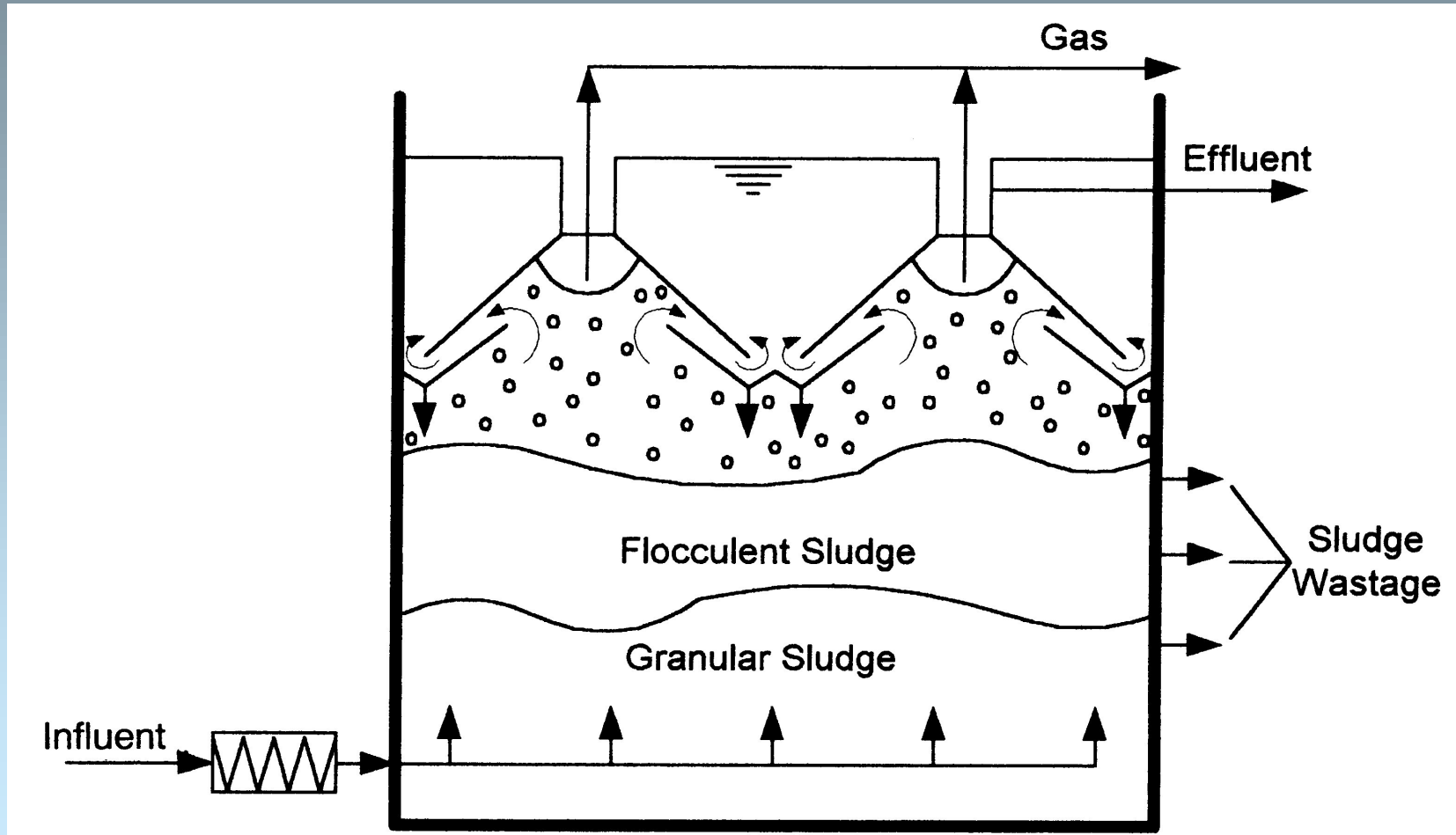
LETTI FLUIDIZZATI ED ESPANSI (FB/EB)

(da Grady, 1999)



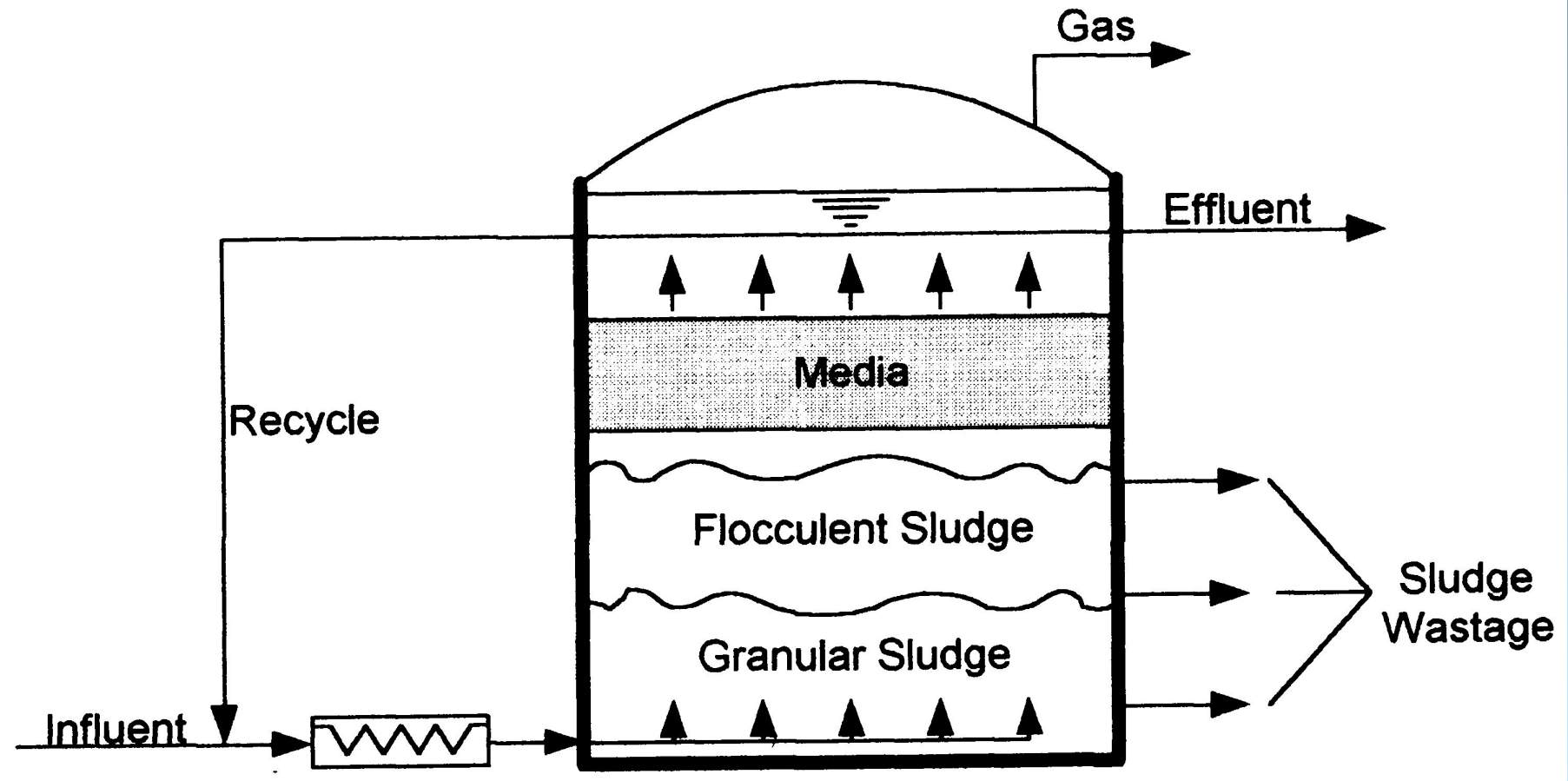
UASB

(da Grady, 1999)



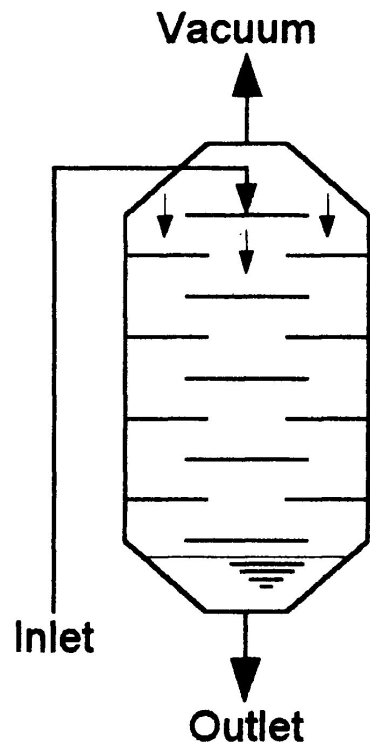
UASB IBRIDO (es. UASB/AF)

(da Grady, 1999)

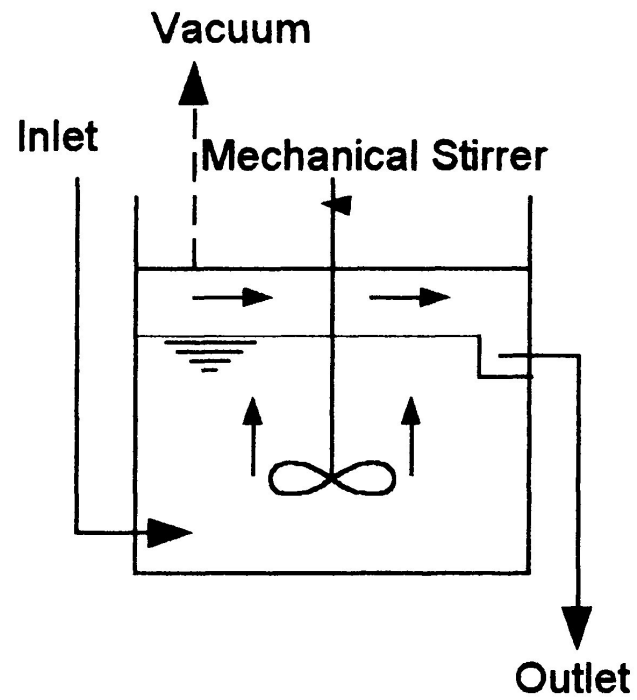


SEPARAZIONE DEL GAS

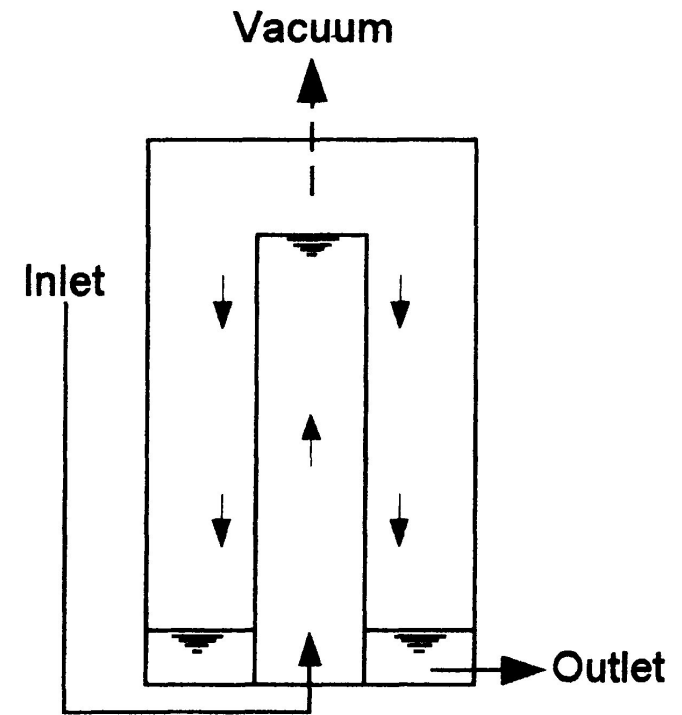
(da Grady, 1999)



A



B



C

FATTORI CHE INFLUENZANO IL PROCESSO

SRT (Solids Retention Time)

Carico organico volumetrico

Carico idraulico totale

Miscelazione

Temperatura

Tipologia del refluo

Nutrienti

pH

Tossicità

SRT (SOLIDS RETENTION TIME)

$$SRT = \frac{V \cdot X}{Q_W \cdot X_W}$$

- ➔ Controllo sulla tipologia dei microrganismi presenti
- ➔ Determina la velocità alla quale possono svilupparsi le reazioni biochimiche
- ➔ Determina la stabilità delle prestazioni del sistema
- ➔ Determina la capacità di sviluppo delle fasi di idrolisi e stabilizzazione del materiale particolato

TEMPERATURA

- ➔ Determina le migliori condizioni di funzionamento nei vari campi di funzionamento del processo
- ➔ Determina le migliori condizioni metaboliche per la fauna microbica metanogena
- ➔ Interessa le fasi idrolitiche e acetogenetiche
- ➔ Le variazioni repentine possono influire negativamente sulla stabilità del processo
- ➔ Difficile applicabilità in condizioni psicrofile
- ➔ Difficile stabilità in condizioni termofile

TIPOLOGIA DEL REFLUO

➡ Influisce sull'intero processo in base a S_S , X_S :

- S_S S_S rapidamente biodegradabile (*vari reattori*)
- S_S S_S lentamente biodegradabile (*UASB, r. ad alto carico*)
- X_S particolato biodegradabile (*r. a basso carico, AC, AF, DSFF*)

➡ Influisce sulla formazione della biomassa granulare (UASB)

pH

- ➔ Le prestazioni dei microrganismi metanogeni dipende molto dalle condizioni di pH.
- ➔ Se il sistema non è ben bilanciato un eccesso di produzione di acidi grassi (VFA) può far calare il pH con conseguente calo dell'attività metanigena (intervengo sul VOL).
- ➔ La principale fonte di alcalinità in un sistema anaerobico stabile è il bicarbonato che può essere anche aggiunto
- ➔ Aggiunte di altri composti chimici (NaHCO_3 , Na_2CO_3 , NaOH , CaOH , NH_3) con estrema cautela
- ➔ Regolazione della concentrazione di CO_2 nella fase gas

TOSSICITÀ

→ Alcuni composti tossici possono inibire il metabolismo della fauna microbica anaerobica

Cationi metallici: Ca, Mg, Na, K

Ammoniaca: NH_3 - NH_4^+

Solfuri, Solfati, VFA(indiss)(?)

Metalli pesanti

Organici xenobiotici (?)

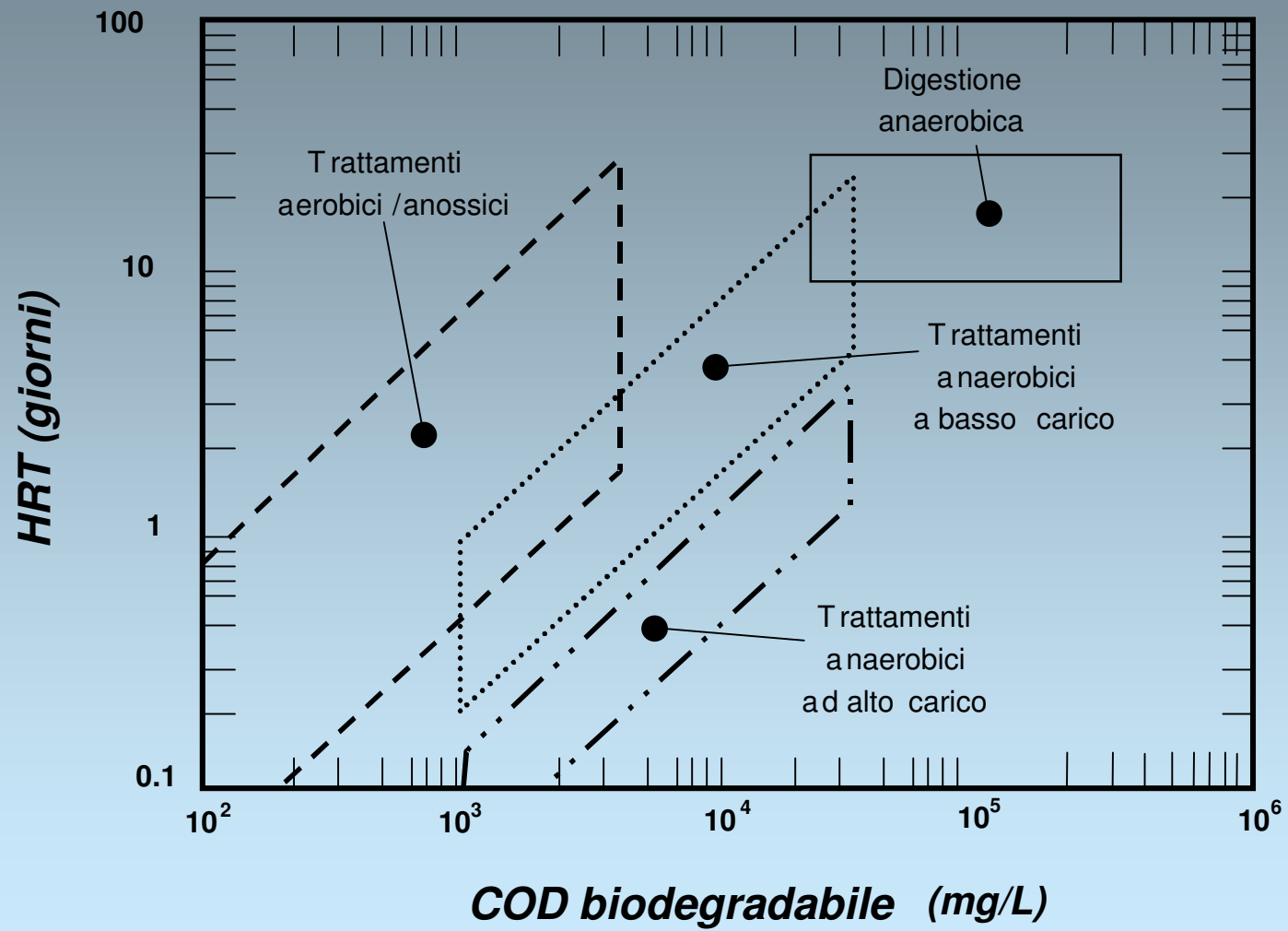
SCELTE E VALUTAZIONI

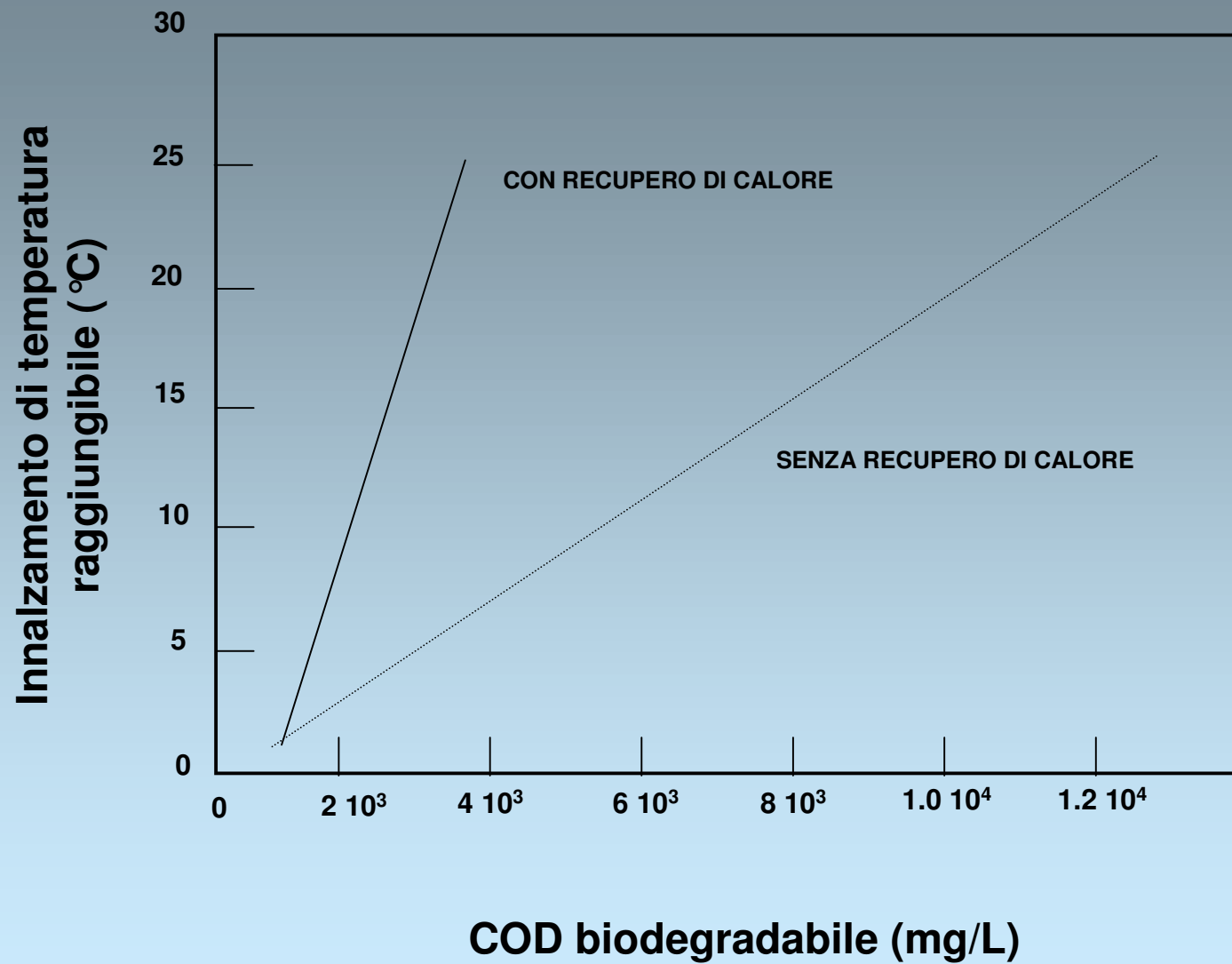
Per applicazioni a scala reale:

➔ Concentrazione $\text{COD}_{\text{Biodegradabile}}$ { Analisi preliminare

➔ Tipologia refluo { Prove produzione di metano (bench)
Prove di tossicità (bench)

➔ Tipologia reattoristica { Prove su impianto pilota





STUDI SULL'ATTIVITÀ DEL FANGO

Prove sperimentali preliminari sulla produzione di metano:

➡ *Utili a dare una valutazione preliminare della possibilità di impiegare la tecnologia anaerobica su un dato refluo*

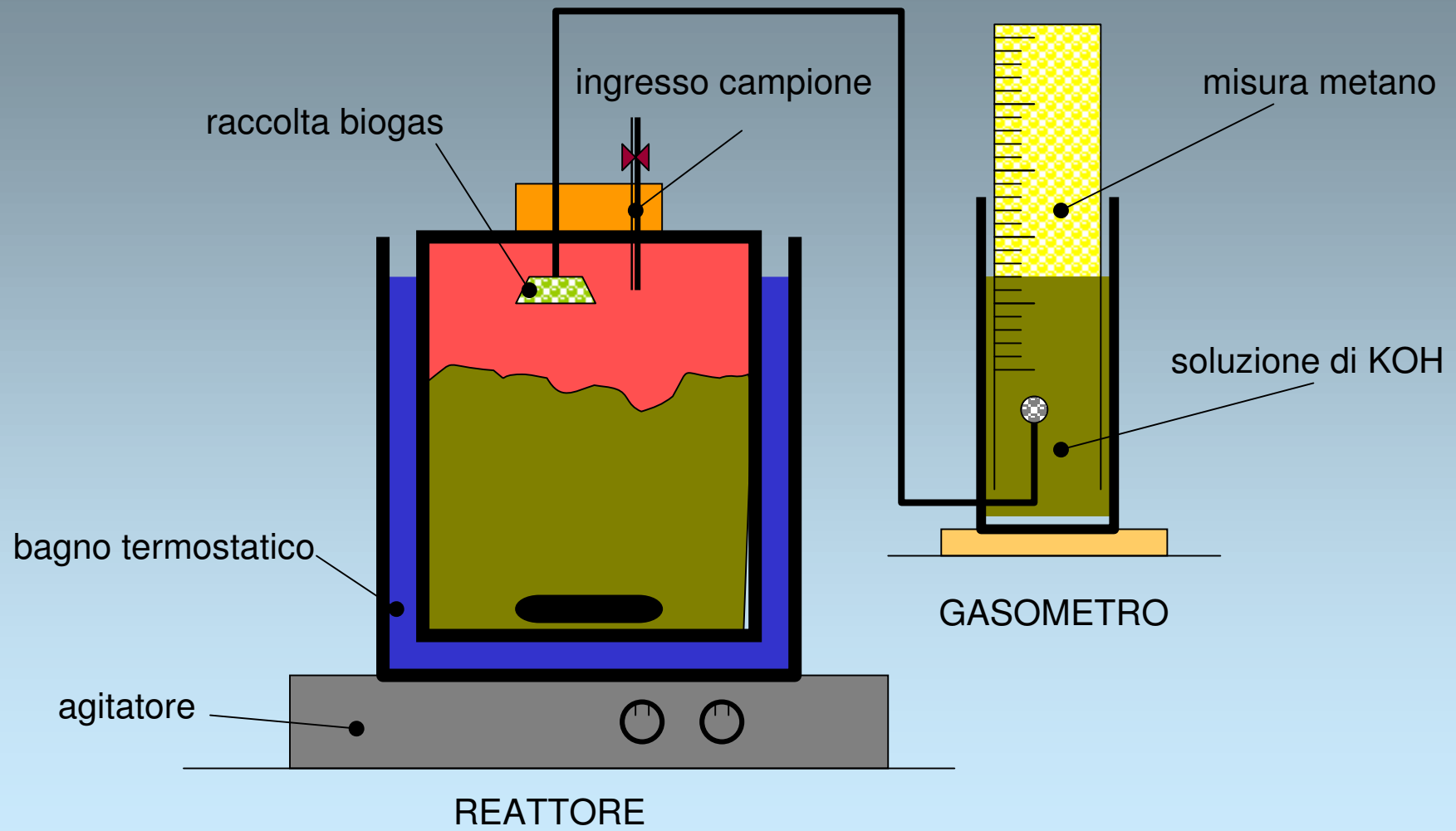
(Valutazione globale dell'attività degradativa)

➡ *Utili a determinare gli effetti tossici o inibenti di taluni composti o di un intero refluo*

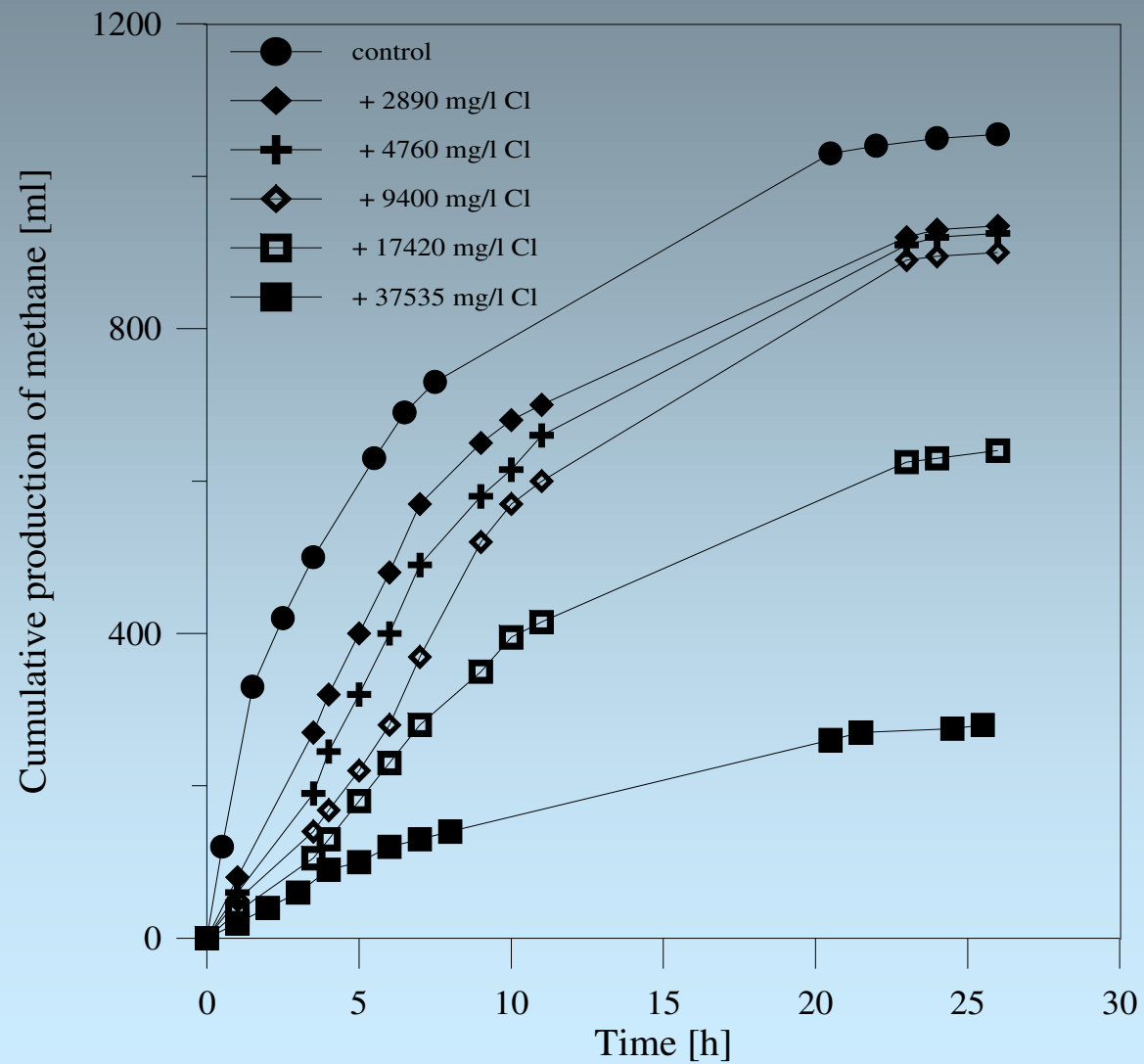
(Valutazione della tossicità)

Case study: Assetto generale delle prove

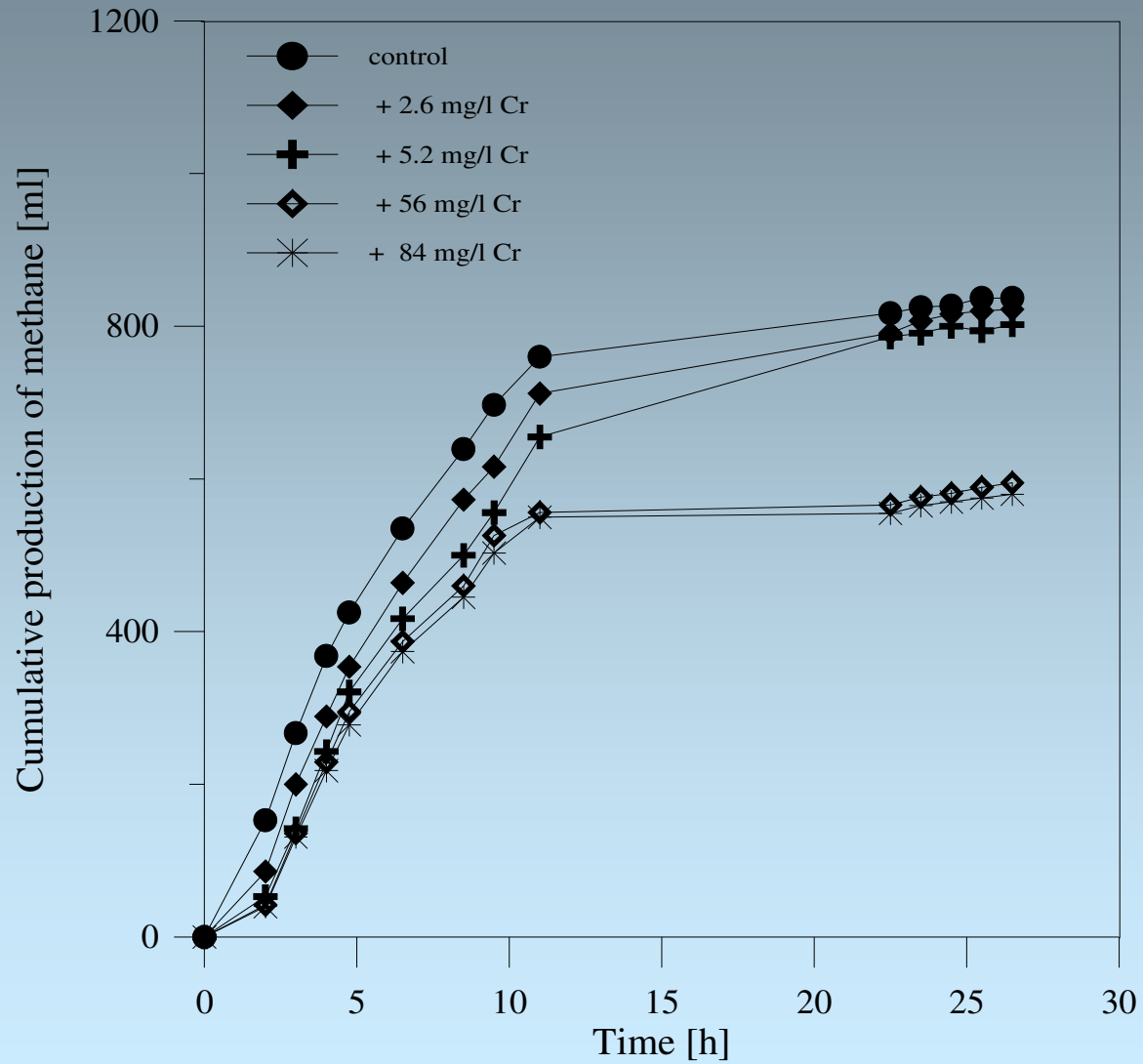
- ➔ *Reattori batch di 2L, Temperatura 37 °C, tempi:1 d*
- ➔ *Substrato base sintetico (acetato-glucosio-nutrienti-tracce)*
- ➔ *Inoculo: fango da reattore UASB scala reale (10-20 g/L)*
- ➔ *Campioni da testare: soluzioni sintetiche o reflui reali*



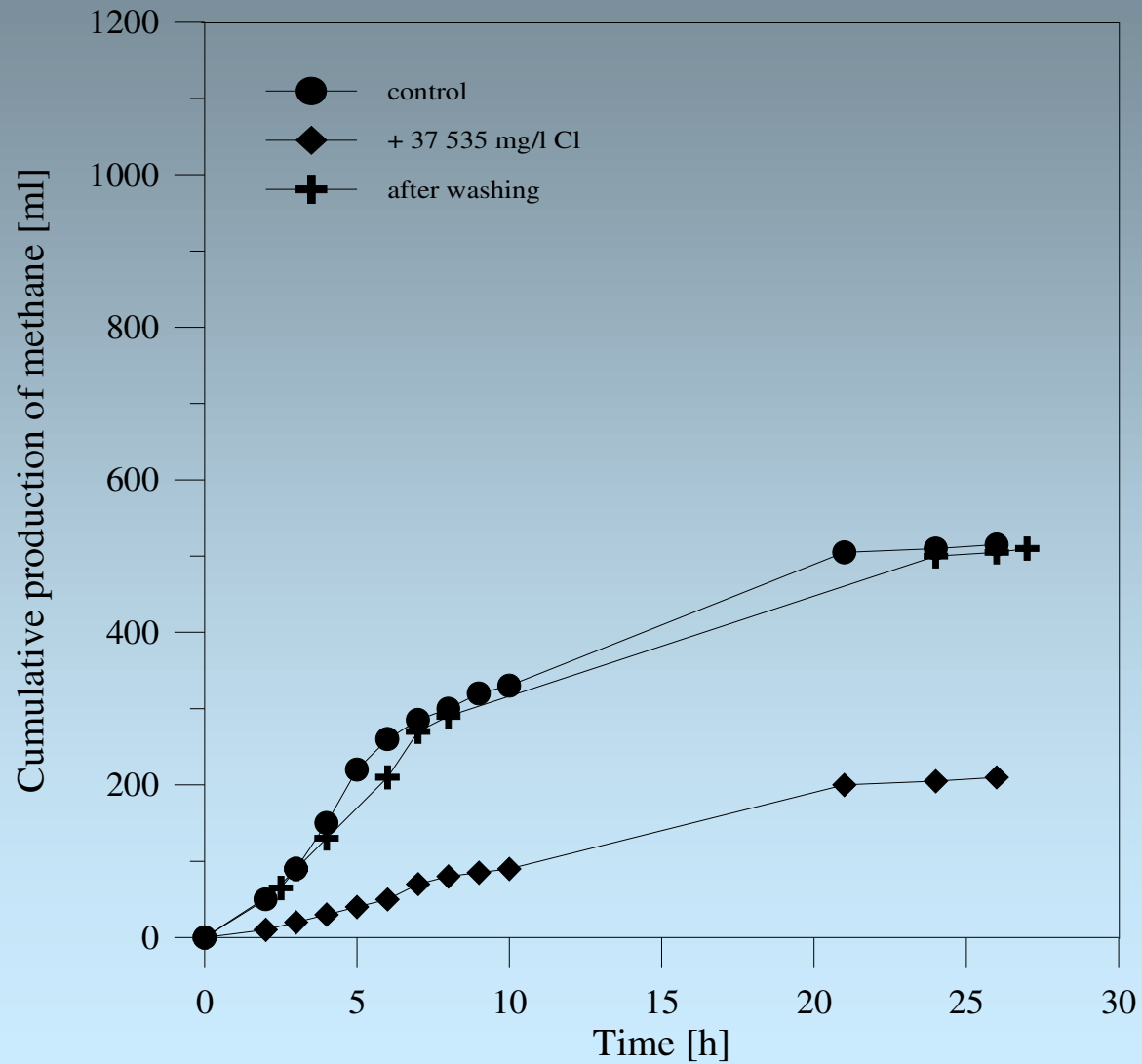
Curve cumulate della produzione di metano (caso NaCl)



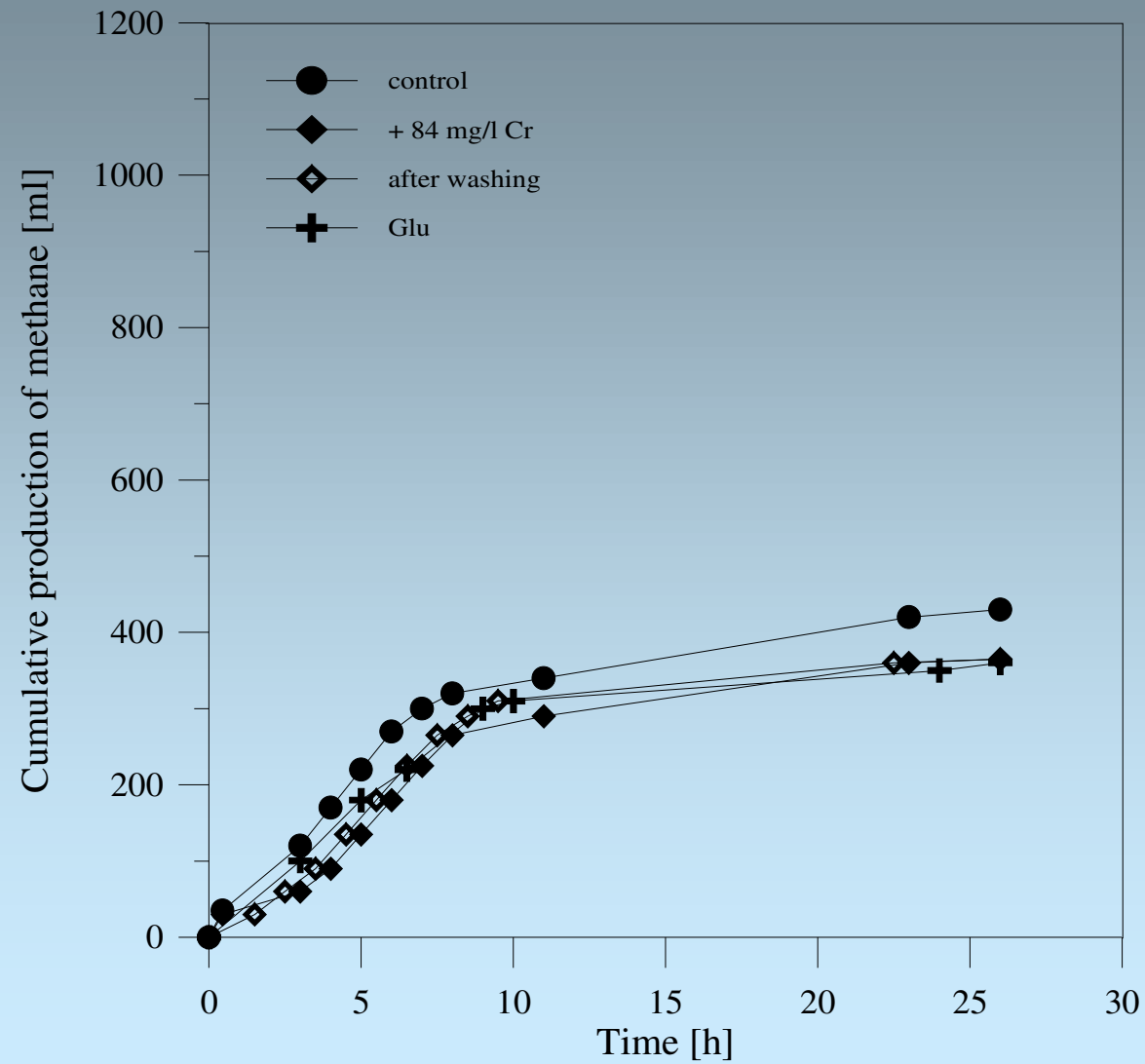
Curve cumulate della produzione di metano (caso CrCl_3)



Recupero attività metanogenetica (caso NaCl)



Recupero attività metanogenetica (caso CrCl_3)



PROVE SU IMPIANTO PILOTA

Prove sperimentali di assetto strutturale:

➡ *Utili a dare una valutazione globale preliminare sulla possibilità di impiegare una data struttura reattoristica*

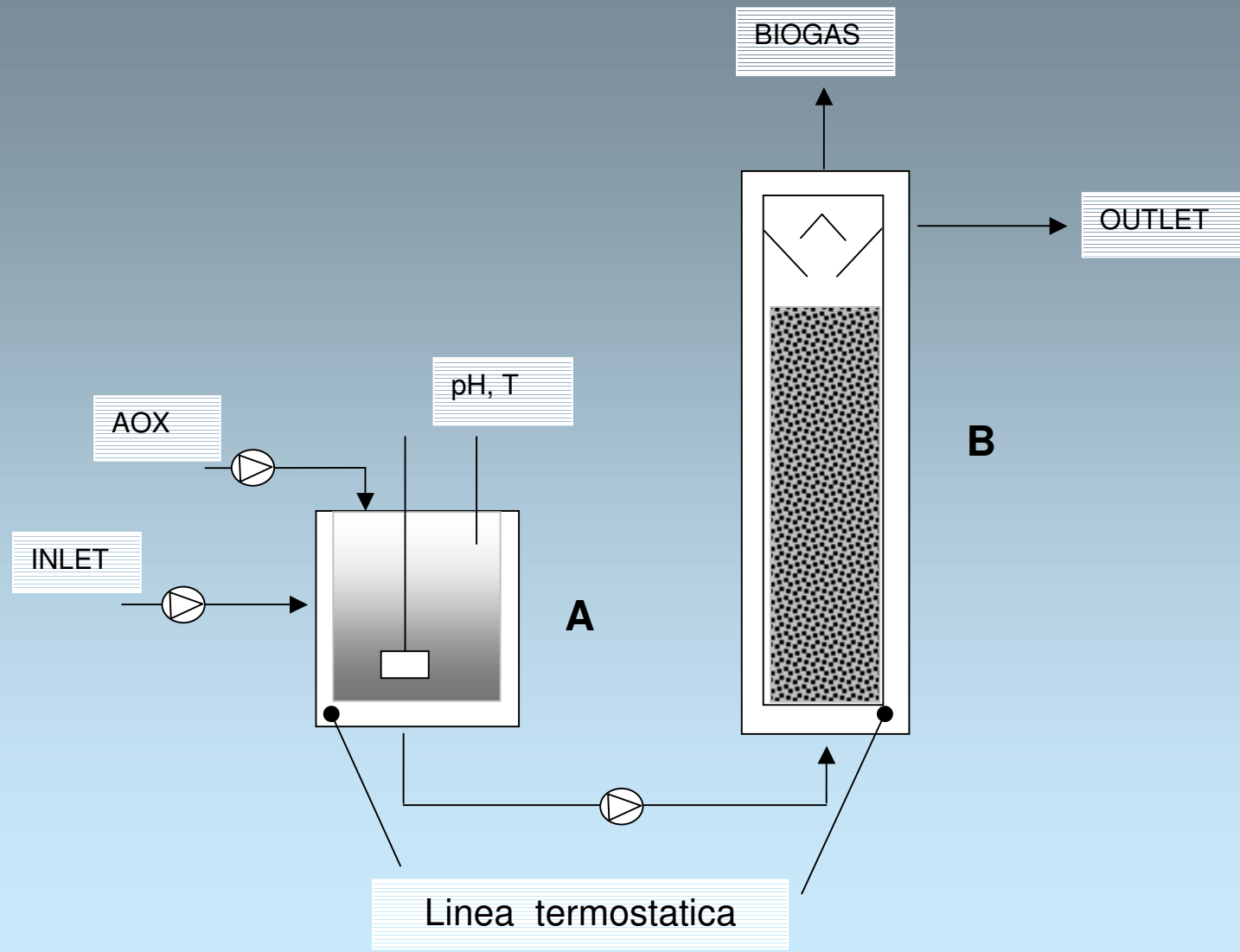
(Scelta della tipologia di reattore)

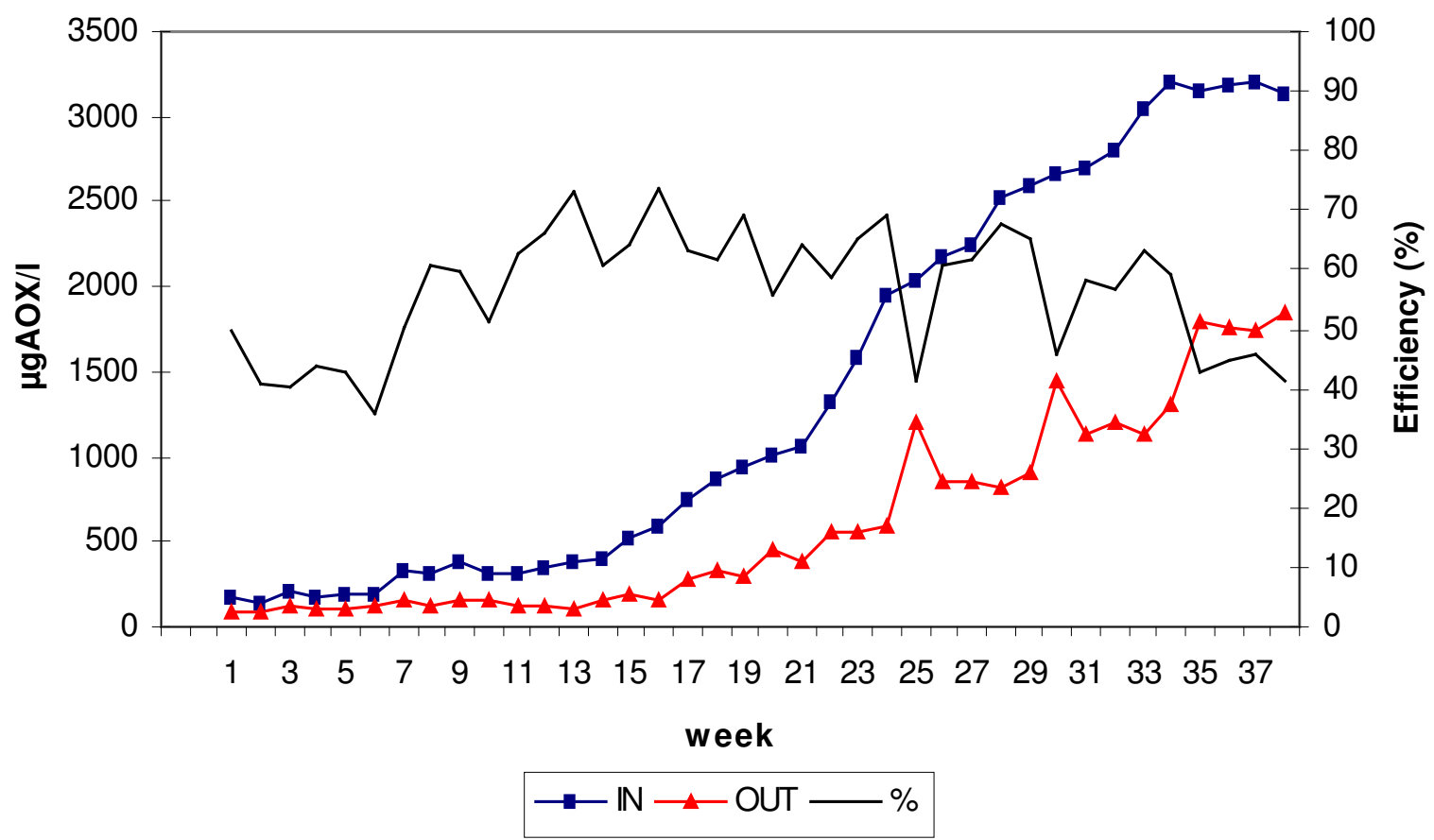
➡ *Utili a ricostruire a piccola scala le possibili compartimentazioni a livello impiantistico*

(Valutazione miglioramenti del processo)

**Case study: Prove su reattore pilota UASB
(Rimozione AOX in refluo misto civile-industriale,
introduzione del comparto di preacidificazione)**

- ➡ *Reattore pilota $V= 50L (20+30)$, $T= 35\text{ }^{\circ}\text{C}$,
 $VOL= 0.1\text{ kgCOD/m}^3\text{ d}$*
- ➡ *Substrato base: refluo misto (civile-industriale)*
- ➡ *Fango da reattore UASB (10-20 g/L)*
- ➡ *Soluzioni aggiuntive di AOX*





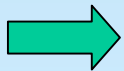
PROSPETTIVE DI SVILUPPO DELLA TECNOLOGIA ANAEROBICHE IN DEPURAZIONE ACQUE

I rallentamenti relativi alla diffusione dei sistemi anaerobici nella depurazione delle acque siano dovuti in maggior misura ad aspetti sociali ed economici piuttosto che tecnologici;

Le evoluzioni impiantistiche e applicative della tecnologia anaerobica in depurazione acque potrebbero sconvolgere interessi ed economie consolidate;

Il progresso della tecnologia anaerobica può potenzialmente influire su aspetti ambientali fondamentali quali il raggiungimento di un migliore bilancio ecologico:

***abbattimento di carichi inquinanti
+ produzione di energia da fonte rinnovabile***



**NUOVE OPPORTUNITÀ ALTERNATIVE-MIGLIORATIVE
DI DIFESA DALL'INQUINAMENTO AMBIENTALE**