

# **CONDUZIONE DEGLI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI**

**Prima parte – Le basi del processo**

**Relatore: Fulvio Borrino**

# Le origini

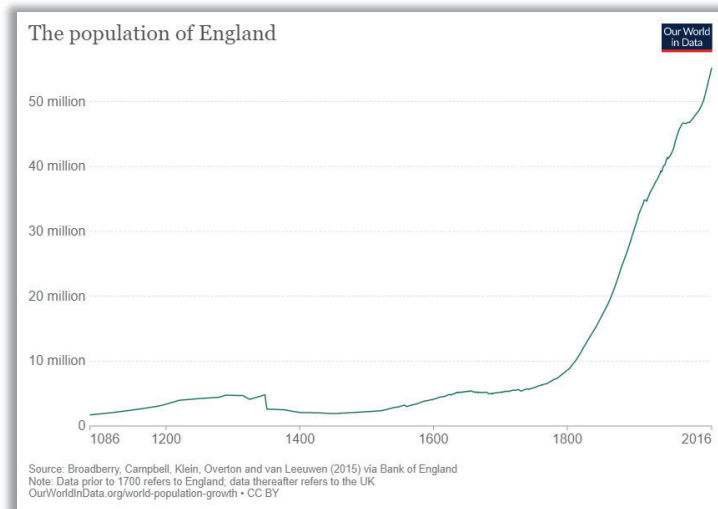
Une grande ville est le plus puissant des stercoraires  
*Les Misérables*, 1862 (V. Hugo)



<https://www.theguardian.com>

# Le origini

Ingegneria ~~ambientale~~ *sanitaria*



## Mortalità per tifo e febbre paratifoide (dati da Katko 1997)

Paese	Periodo	Mortalità (all'anno per milione di abitanti)
Inghilterra e Galles	1941-1950	1,5
Svezia	1941-1947	4,0
Svizzera	1941-1949	5,3
Finlandia	1941-1950	43 <i>7 depuratori</i>

*oggi in Finlandia sono attivi più di 100 depuratori*

# Le origini

Edward **Ardern**, William T. **Lockett**

*Experiments on the Oxidation of Sewage without  
the Aid of Filters*

(1914) J. Soc. Chem. Ind., 33, 523

(1914) Part II. J. Soc. Chem. Ind., 33, 1122

(1915) Part III. J. Soc. Chem. Ind., 34, 937



# Le origini

Nel **1913**, seguendo i suggerimenti del loro ex professore Gilbert John Fowler, iniziarono ad aerare in bottiglie reflui grezzi nei laboratori del Manchester River's Department di Davyhulme, ottenendo la nitrificazione completa in cinque settimane di aerazione. Dopo decantazione, estrassero l'acqua limpida e non più maleodorante e introdussero altro refluo, mescolandolo con i fanghi decantati. Ripetendo più volte il processo, osservarono che la quantità del fango decantato aumentava e che i tempi di nitrificazione si riducevano a meno di 24 ore:

«per poterci riferire ad essi e non esistendo un termine migliore, i solidi depositati che risultano dalla completa ossidazione del refluo sono stati denominati *activated sludge*»

# Le origini

Le indagini precedenti hanno stabilito:

1. Che il materiale solido risultante dalla prolungata aerazione dei liquami, che è stato chiamato fango attivato, ha la proprietà di aumentare enormemente l'effetto di purificazione da parte della semplice aerazione del liquame, in altri termini intensifica grandemente il processo di ossidazione.
2. Che l'entità dell'effetto di accelerazione dipende da quanto il fango attivato è mantenuto in intimo contatto con il liquame trattato e dalla sua proporzione rispetto a quest'ultimo.
3. Che per mantenere il fango alla sua massima efficienza, è necessario che in nessun momento si verifichi accumulo dei solidi non ossidati del liquame. Non è necessario che il liquame sia tenuto in contatto con il fango attivato fino a quando si realizzino tali condizioni, dal momento che la sua attività può essere mantenuta dalla sola aerazione del fango attivato.
4. Che la temperatura esercita una considerevole influenza sul processo di ossidazione. L'effetto depurativo diminuisce seriamente a temperature costantemente inferiori a 10 °C ...

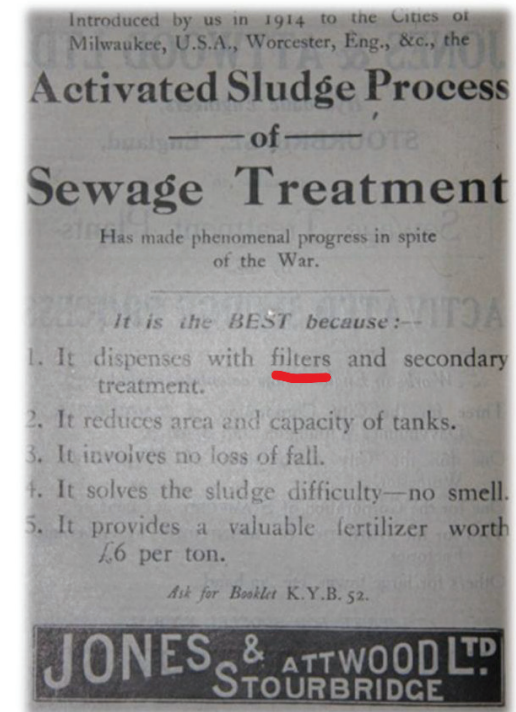
# Le origini

4. ... Fino a 20-24 °C non è stata osservata alcuna reale differenza nell'effetto di chiarificazione o nella purificazione generale benché la nitrificazione proceda più rapidamente a temperature maggiori. Ad alte temperature l'effetto di chiarificazione subisce qualche interferenza durante il primo periodo di aerazione, con un conseguente ritardo nell'instaurarsi della nitrificazione.
5. Che nelle condizioni dell'esperimento un effluente ben ossidato può essere ottenuto dall'aerazione del tipico liquame di Manchester in contatto con il fango attivato per un periodo di sei, otto ore. La purificazione percentuale misurata dalle comuni prove di laboratorio è almeno uguale a quella ottenuta mediante trattamento del liquame con efficienti filtri batterici.
6. Che il fango attivato differisce considerevolmente in caratteristiche e composizione dall'ordinario fango del liquame. È in condizioni ben ossidate e di conseguenza assolutamente innoquo, può essere facilmente distribuito su filtri percolatori e possiede un elevato contenuto di azoto

# Le origini

Nel 1914, Fowler fa brevettare il processo dalla ditta **Jones & Attwood**, che lo assume come direttore di progetto e gestisce le proteste della municipalità di Manchester (di cui Fowler era ancora consulente) rinunciando ai diritti di brevetto sul nuovo impianto della città

Nel 1916, Fowler si trasferisce in India e lascia a Jones & Attwood il compito di diffondere il processo con una coraggiosa politica commerciale: pagamento a impianto realizzato e avviato



<https://www.gracesguide.co.uk>

# Batteri, guerre e brevetti

Nel 1915, Leslie Frank ottiene un brevetto negli USA e ne cede i diritti ai cittadini americani, provocando la risposta di Jones & Attwood, che nel 1919 fondano a Westminster la Activated Sludge Limited e aprono una serie di contenziosi legali contro vari municipi americani, tra cui Chicago, Milwaukee e Cleveland: la prima sentenza è del 1933 (Milwaukee) ed è a loro favorevole

Molte città preferiscono fermare gli impianti e aspettare la scadenza dei brevetti, attesa per la fine degli anni '40

Nello stesso UK la diffusione è lenta, sia per gli effetti economici della Grande Guerra, sia per i recenti investimenti pubblici in impianti basati sui filtri biologici (1890-1910)

# Batteri, guerre e brevetti

- 1916 primo processo continuo a Worcester
- 1916 primo impianto con aerazione meccanica a Sheffield
- 1917 primo impianto USA a Houston
- 1922 primo impianto danese a Soelleroed
- 1926 primo impianto tedesco a Essen-Rellinghausen
- 1927 primo impianto olandese ad Apeldoorn
- 1927 primo manuale (*The Activated Sludge Process* di Arthur Martin)
- 1934 Girolamo Ippolito traduce *Epurazione delle acque di fognature urbane* di K. Imhoff
- 1935 primo impianto italiano di Potenza
- 1936 a Sheffield viene introdotta la denitrificazione
- 1974 rimozione biologica del fosforo descritta da Barnard (Sud Africa)
- 1989 impianto a membrane immerse (MBR) descritto da Yamamoto

# Una soluzione con poche alternative

Stagni biologici	fino a 30 m <sup>2</sup> /abitante
Fitodepurazione	fino a 20 m <sup>2</sup> /abitante
Letti percolatori	0,4-1,3 m <sup>2</sup> /abitante
<b>Fanghi attivi</b>	<b>0,2 m<sup>2</sup>/abitante</b>
Dischi biologici (1960)	0,2 m <sup>2</sup> /abitante
Biofiltri (1975)	0,1 m <sup>2</sup> /abitante



<https://www.periodpaper.com>

# Il Bel Paese

1961 Consorzio Provinciale per il Risanamento Idraulico del Magentino



1969 depuratore di Buscate  
1976 Legge Merli



Spedizione in abbonamento postale - Gruppo 1

Anno 117° - Numero 141

## GAZZETTA UFFICIALE

DELLA REPUBBLICA ITALIANA

PARTE PRIMA ROMA - Sabato, 29 maggio 1976 SI PUBBLICA TUTTI I GIORNI MENO I FESTIVI

### SOMMARIO

LEGGI E DECRETI

1975

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 31 ottobre 1975, n. 999.  
Modificazione allo statuto dell'Università degli studi di Lecce . . . . . Pag. 4123

1976

LEGGE 5 maggio 1976, n. 316.  
Conversione in legge del decreto-legge 16 aprile 1976, n. 106, recante la proroga del termine per la presentazione della dichiarazione dei redditi delle persone fisiche. . . . . Pag. 4124

LEGGE 10 maggio 1976, n. 317.  
Nomina in ruolo del personale docente incaricato a tempo indeterminato nelle scuole elementari statali, nonché disposizioni per il personale docente ed assistente con incarico a tempo indeterminato negli istituti statali per sordomuti. . . . . Pag. 4124

LEGGE 10 maggio 1976, n. 318.  
Interpretazione autentica dell'articolo 17, quinto comma, della legge 30 luglio 1973, n. 477, e modifica dell'articolo 12, primo comma, del decreto del Presidente della Repubblica 31 maggio 1974, n. 420, concernenti il personale non insegnante statale delle scuole materne, elementari, secondarie e artistiche e delle istituzioni educative . . . . . Pag. 4125

LEGGE 10 maggio 1976, n. 319.  
Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento. . . . . Pag. 4125

LEGGE 10 maggio 1976, n. 320.  
Conversione in legge del decreto-legge 22 aprile 1976, numero 127, concernente la riattivazione del bacino carbonifero del Sulcis . . . . . Pag. 4140

LEGGE 19 maggio 1976, n. 321.  
Riammissione in servizio di militari di truppa del Corpo delle guardie di pubblica sicurezza e dell'Arma dei carabinieri in congedo . . . . . Pag. 4140

LEGGE 19 maggio 1976, n. 322.  
Modifica delle norme sul matrimonio di alcune categorie di appartenenti ai corpi di polizia . . . . . Pag. 4140

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 1° aprile 1976.  
Nomina del commissario del Governo per la regione «Lazio» . . . . . Pag. 4141

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 13 maggio 1976.  
Nomina del vice direttore generale della Banca d'Italia. . . . . Pag. 4141

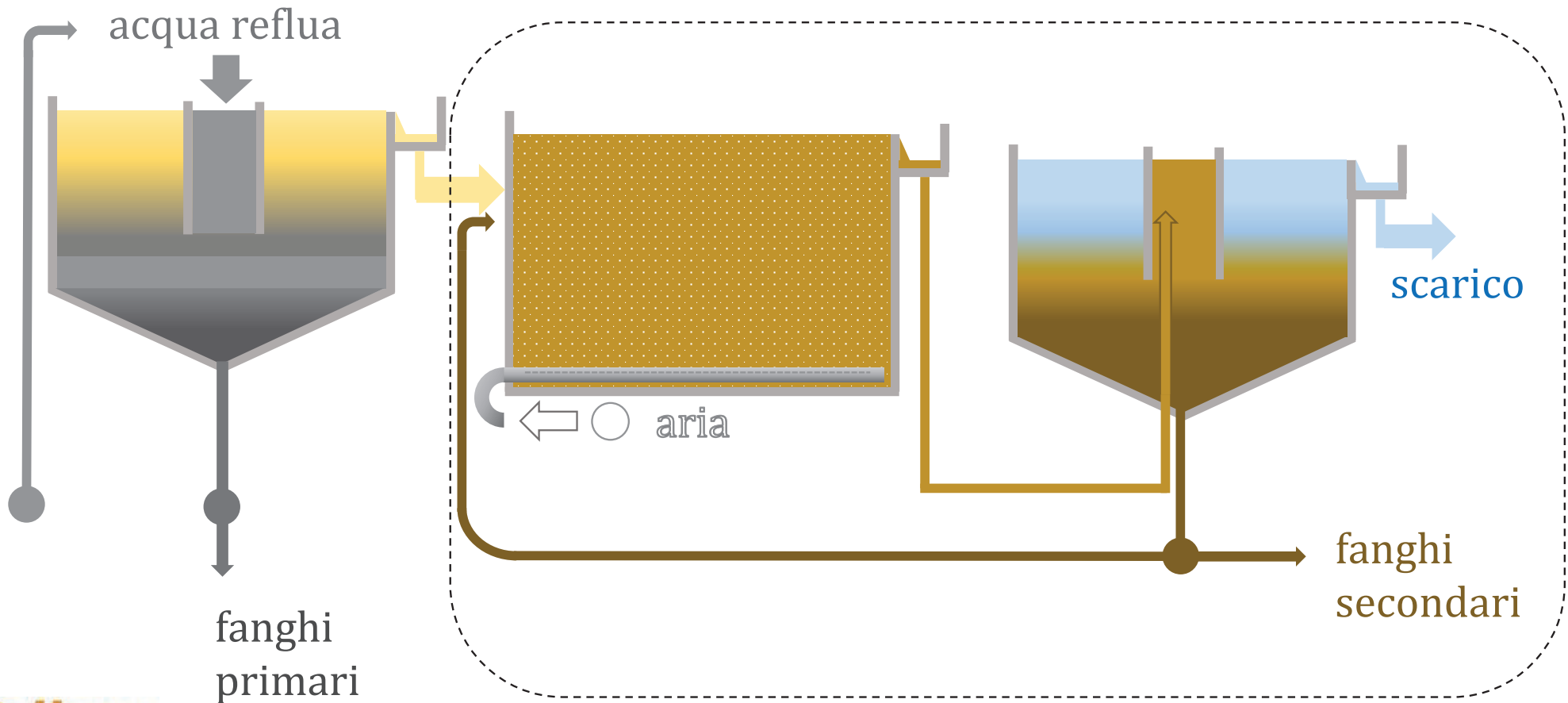
DECRETO MINISTERIALE 13 aprile 1976.  
Dichiarazione della condizione di ristrutturazione e riorganizzazione aziendale della S.p.a. S.A.C.I.C. - Società Alessandro Colli industria compensati, in Mortara . . . . . Pag. 4141

DECRETO MINISTERIALE 30 aprile 1976.  
Classificazione tra le provinciali di una strada in provincia di Avellino . . . . . Pag. 4142

DECRETO MINISTERIALE 5 maggio 1976.  
Incameramento a favore dell'erario dello Stato della cauzione prestata dalla ditta Eastern Trades, in Milano. . . . . Pag. 4142

DECRETO MINISTERIALE 5 maggio 1976.  
Incameramento a favore dell'erario dello Stato della cauzione prestata dalla ditta De Langlade & Grancelli, in Genova . . . . . Pag. 4142

# Fanghi attivi convenzionali



# I limiti di emissione – acque urbane

Le prestazioni depurative sono oggi definite in Italia nell'allegato 5 alla parte terza del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

**Tabella 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane**

Potenzialità impianto in A.E. (abitanti equivalenti)	2.000 - 10.000		>10.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Parametri (media giornaliera) (1)				
BOD5 (senza nitrificazione) mg/L (2)	≤ 25	70-90 (5)	≤ 25	80
COD mg/L (3)	≤ 125	75	≤ 125	75
Solidi Sospesi mg/L (4)	≤ 35 (5)	90 (5)	≤ (35)	90

*è ammesso un certo numero di campioni non conformi*

**Tabella 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili.**

Parametri (media annua)	Carico generato dall'agglomerato in A.E.			
	10.000 - 100.000		> 100.000	
	Concentrazione	% di riduzione	Concentrazione	% di riduzione
Fosforo totale (P mg/L) (1)	≤ 2	80	≤ 1	80
Azoto totale (N mg/L) (2) (3)	≤ 15	70-80	≤ 10	70-80

# Aree sensibili

*laghi naturali, altre acque dolci, estuari e acque del litorale già eutrofizzati... laghi... corsi d'acqua... estuari... baie e... altre acque del litorale che si immettono in laghi / bacini / baie chiuse con scarso ricambio idrico... acque dolci superficiali destinate alla produzione di acqua potabile che potrebbero contenere... una concentrazione di nitrato superiore a 50 mg/l (decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, allegato 6 alla parte terza)*



# Abitante equivalente

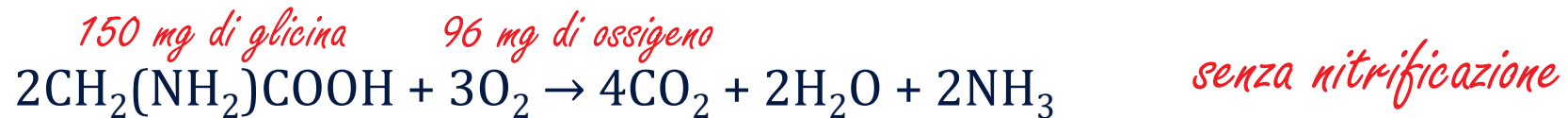
*il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni ( $BOD_5$ ) pari a **60 grammi** di ossigeno al giorno (decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, art. 74)*



# BOD<sub>5</sub>

Richiesta biochimica di ossigeno

È usata come misura indiretta della sostanza organica biodegradabile: ossigeno consumato in 5 giorni da un volume noto di refluo mantenuto a 20 °C al riparo dalla luce

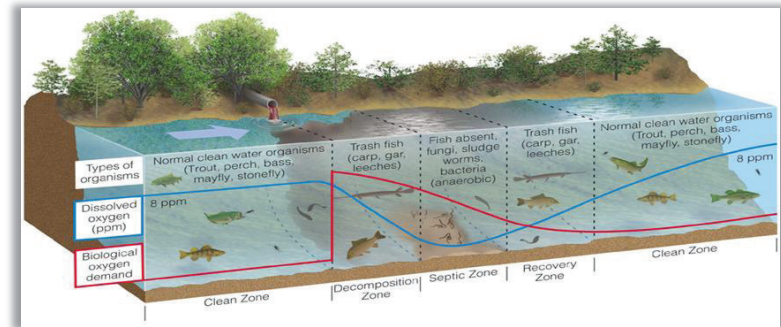


Per inibire la nitrificazione, si aggiunge alliltiourea

(per i reflui industriali, può essere necessario preparare un inoculo)

# BOD<sub>5</sub>

La prova venne adottata nel **1908** dalla *Royal Commission on Sewage Disposal* per stimare l'inquinamento organico del Tamigi, valutando in 5 giorni il tempo di transito dell'acqua dalle sorgenti alla foce



<https://daitoryo-movie.com>

I liquami devono essere diluiti prima della prova con una soluzione tampone a pH 7,2 che contenga i macronutrienti N, Ca, Cl, Fe, P, Mg, K, Na e S; devono poi essere saturati con O<sub>2</sub> mediante agitazione in bottiglia: la **prova** è valida se vengono consumati almeno 2 mg/l di O<sub>2</sub> e se rimane un residuo di almeno 1 mg/l di O<sub>2</sub>

# COD

La prova della richiesta chimica di ossigeno è stata proposta nel **1949** da W. A. Moore, R. C. Kroner e C. C. Ruchhoft (*Dichromate Reflux Method for Determination of Oxygen Consumed*, Anal. Chem. 1949, 21, 8, 953–957)

È una misura indiretta ma rapida della sostanza organica totale: il risultato è l'ossigeno equivalente al bicromato ridotto in 2 ore di riflusso dalle sostanze organiche del refluo



*la prova non è applicabile ad acque salmastre o marine, perché il bicromato ossida anche i cloruri*

# COD

I liquami con origine residenziale e/o industriale ben definita presentano un rapporto BOD/COD caratteristico

	BOD <sub>5</sub> /COD
- liquami urbani non trattati	0,4
- liquami urbani trattati	0,2-0,3
- reflui di industrie alimentari	0,6-0,8
- reflui di cartiere	0,4-0,5
- reflui di industrie tessili	0,2-0,4

Questo permette di ottenere stime indirette di BOD<sub>5</sub> in poche ore

# Solidi

Solidi **sospesi**: frazione dei solidi trattenuta da un mezzo filtrante di porosità  $0,45 \mu\text{m}$

La frazione non trattenuta rappresenta invece i solidi **disciolti**

La frazione di solidi sospesi che sedimenta in cono Imhoff in un intervallo di tempo definito rappresenta invece i solidi **sedimentabili**

Tipici tempi di sedimentazione sono 30 minuti e 60 minuti

*una definizione corretta del misurando dovrebbe quindi specificare il tempo di sedimentazione*



# Solidi

Le diverse frazioni di solidi sono costituite da sostanze organiche (combustibili) e da sostanze minerali (incombustibili): si parla di solidi **volatili** e di solidi **fissi** (ceneri della combustione) rispettivamente



<https://www.globalspec.com>

*nei trattamenti biologici viene degradata la sola frazione organica, con conseguente aumento della percentuale dei solidi fissi: si parla di "mineralizzazione", ma in realtà la massa dei solidi fissi resta costante*

# Azoto totale

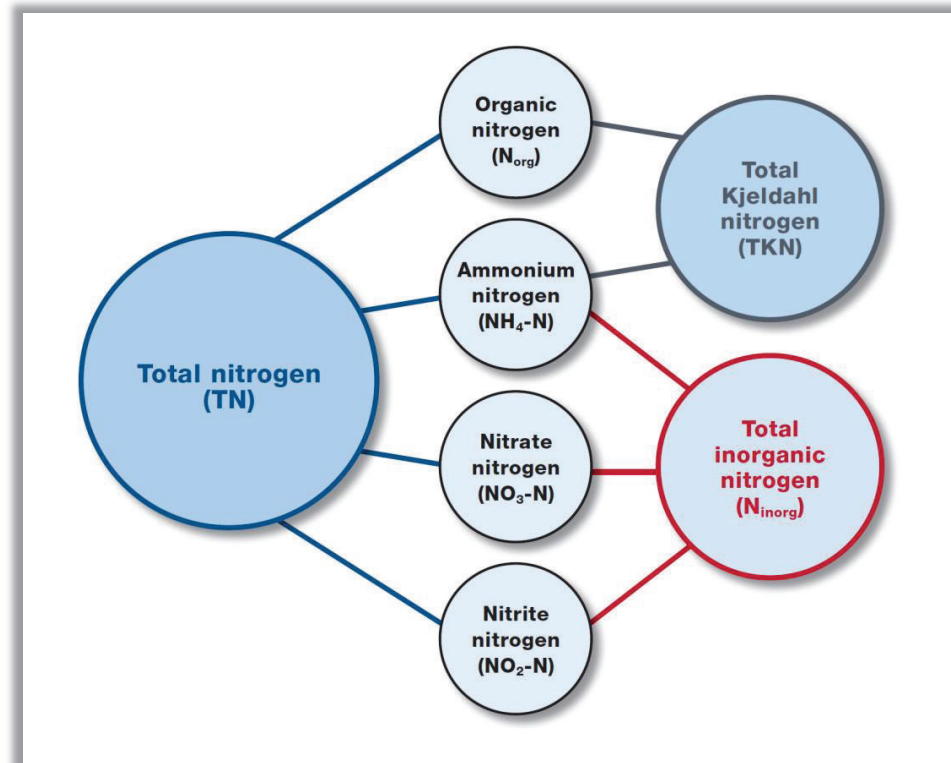
È la somma dell'azoto inorganico (ammoniaca, nitriti e nitrati) e di quello organico (proteine, urea, ecc.)

# Fosforo totale

È la somma del fosforo inorganico (fosfati) e di quello organico (fosfolipidi, ATP, ecc.)

7	14,0067
<b>N</b>	±3,+5, +4,+2
	3,0
$1s^2 2s^2 2p^3$	336
$3 \cdot 10^{-2}$	17,3
Azoto	0,81
15	30,9738
<b>P</b>	±3,+5,+4
	2,1
$(Ne)3s^2 3p^3$	254
$1 \cdot 10^{-1}$	17,0
Fosforo	1,82

# Le forme dell'azoto



<https://it.hach.com>

# I reflui urbani

250 litri/giorno per abitante, di cui 200 litri scaricati

Composizione media (Francia, da *Pons et al.*: Wastewater Characteristics in Europe - a Survey - EWA 2004)

COD	630 mg/l
BOD <sub>5</sub>	270 mg/l
Solidi sospesi	300 mg/l
N <sub>tot</sub>	50 mg/l
P <sub>tot</sub>	9 mg/l



# I reflui urbani

Fraction parameter	Dissolved ( $< 0.45 \mu\text{m}$ )	Colloidal ( $0.45\text{--}1.0 \mu\text{m}$ )	Supra colloidal ( $1.0\text{--}5.0 \mu\text{m}$ )	Suspended ( $5.0\text{--}45 \mu\text{m}$ )	Settleable ( $> 45 \mu\text{m}$ )	Raw inflow
Turbidity (NTU)	1 ( $\pm 0.5$ )	11 ( $\pm 9$ )	3 ( $\pm 1$ )	113 ( $\pm 20$ )	50 ( $\pm 23.4$ )	179
COD (mg O <sub>2</sub> /l)	162 ( $\pm 45$ )	30 ( $\pm 12$ )	6 ( $\pm 3$ )	165 ( $\pm 32$ )	139 ( $\pm 77$ )	501
BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	81 ( $\pm 28$ )	10 ( $\pm 2$ )	3 ( $\pm 2$ )	62 ( $\pm 23$ )	58 ( $\pm 27$ )	213
N <sub>kjeldahl</sub> (mg N/l)	44.5 ( $\pm 4.8$ )	2.0 ( $\pm 1.6$ )	0.5 ( $\pm 0.5$ )	6.3 ( $\pm 5.2$ )	4.5 ( $\pm 4.2$ )	57.8
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	37.8 ( $\pm 2.1$ )	0.1 ( $\pm 0.1$ )	0.4 ( $\pm 0.4$ )	0.3 ( $\pm 0.2$ )	0.8 ( $\pm 0.5$ )	39.3
P <sub>total</sub> (mg P/l)	5.8 ( $\pm 0.8$ )	0.3 ( $\pm 0.1$ )	0.3 ( $\pm 0.2$ )	1.8 ( $\pm 1.4$ )	1.1 ( $\pm 0.7$ )	9.2
P <sub>ortho</sub> (mg P/l)	5.0 ( $\pm 0.6$ )	0.1 ( $\pm 0.1$ )	0.1 ( $\pm 0.1$ )	0.3 ( $\pm 0.2$ )	0.2 ( $\pm 0.1$ )	5.7
Conductivity (mS/cm)	1.1 ( $\pm 0$ )	0.0 ( $\pm 0$ )	0.0 ( $\pm 0$ )	0.0 ( $\pm 0$ )	0.0 ( $\pm 0$ )	1.1
BOD/N ratio (-)	2.0	2.1	2.2	2.9	3.7	3.7
Turbidity (NTU)	1% ( $\pm 0$ )	7% ( $\pm 6\%$ )	2% ( $\pm 1\%$ )	62% ( $\pm 11\%$ )	28% ( $\pm 11\%$ )	-
COD (mg O <sub>2</sub> /l)	33% ( $\pm 12\%$ )	6% ( $\pm 3\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	33% ( $\pm 4\%$ )	27% ( $\pm 12\%$ )	-
BOD <sub>5</sub> (mg O <sub>2</sub> /l)	39% ( $\pm 14\%$ )	4% ( $\pm 1\%$ )	2% ( $\pm 2\%$ )	29% ( $\pm 9\%$ )	26% ( $\pm 9\%$ )	-
N <sub>kjeldahl</sub> (mg N/l)	78% ( $\pm 11\%$ )	4% ( $\pm 3\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	10% ( $\pm 2\%$ )	7% ( $\pm 9\%$ )	-
NH <sub>4</sub> -N (mg N/l)	96% ( $\pm 1\%$ )	0.5% ( $\pm 1\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	2% ( $\pm 1\%$ )	-
P <sub>total</sub> (mg P/l)	64% ( $\pm 14\%$ )	3% ( $\pm 1\%$ )	3% ( $\pm 2\%$ )	19% ( $\pm 2\%$ )	11% ( $\pm 12\%$ )	-
P <sub>ortho</sub> (mg P/l)	88% ( $\pm 9\%$ )	2% ( $\pm 2\%$ )	2% ( $\pm 0\%$ )	5% ( $\pm 2\%$ )	3% ( $\pm 2\%$ )	-
Conductivity (mS/cm)	97% ( $\pm 1\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	1% ( $\pm 0\%$ )	1% ( $\pm 1\%$ )	0% ( $\pm 1\%$ )	-

*rimossi*

*nell'eventuale*

*sedimentatore*

*primario*

Water Science and Technology Vol 50 No 12 pp 125-132 - 2004 IWA Publishing

# I limiti di emissione - acque industriali

**Tabella 3. Valori limiti di emissione in acque superficiali e in fognatura. <sup>(1)</sup>**

Numero parametro	PARAMETRI	Unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in rete fognaria (*)
1	pH		5,5-9,5	5,5-9,5
2	Temperatura	°C	(1)	(1)
3	colore		non percettibile con diluizione 1:20	non percettibile con diluizione 1:40
4	odore		non deve essere causa di molestie	non deve essere causa di molestie
5	materiali grossolani		assenti	assenti
6	Solidi speciali totali (2) (2-bis)	mg/L	≤ 80	≤ 200
7	BOD5 (come O2) (2)	mg/L	≤ 40	≤ 250
8	COD (come O2) (2)	mg/L	≤ 160	≤ 500
29	Solfati (come SO4) (3)	mg/L	≤ 1000	≤ 1000
30	Cloruri (3)	mg/L	≤ 1200	≤ 1200
31	Fluoruri	mg/L	≤ 6	≤ 12
32	Fosforo totale (come P) (2)	mg/L	≤ 10	≤ 10 <i>se lo scarico è in zone sensibili P ≤ 1 mg/l</i>
33	Azoto ammoniacale (come NH4) (2)	mg/L	≤ 15	≤ 30
34		Azoto nitroso (come N) (2)	mg/L	≤ 0,6
35		Azoto nitrico (come N) (2)	mg/L	≤ 20
36	Grassi e olii animali/vegetali	mg/L	≤ 20	≤ 40
37	Idrocarburi totali	mg/L	≤ 5	≤ 10

*solidi sospesi totali*

*se lo scarico è in zone sensibili*  
 $N_{tot} \leq 10 \text{ mg/l}$

# Campionamento degli scarichi

Scarichi di acque reflue urbane:  
*per il controllo della conformità dei limiti... vanno considerati i campioni medi ponderati nell'arco di **24 ore***

Scarichi di acque reflue industriali:  
*le determinazioni analitiche ai fini del controllo di conformità degli scarichi... sono di norma riferite ad un campione medio prelevato nell'arco di **tre ore***

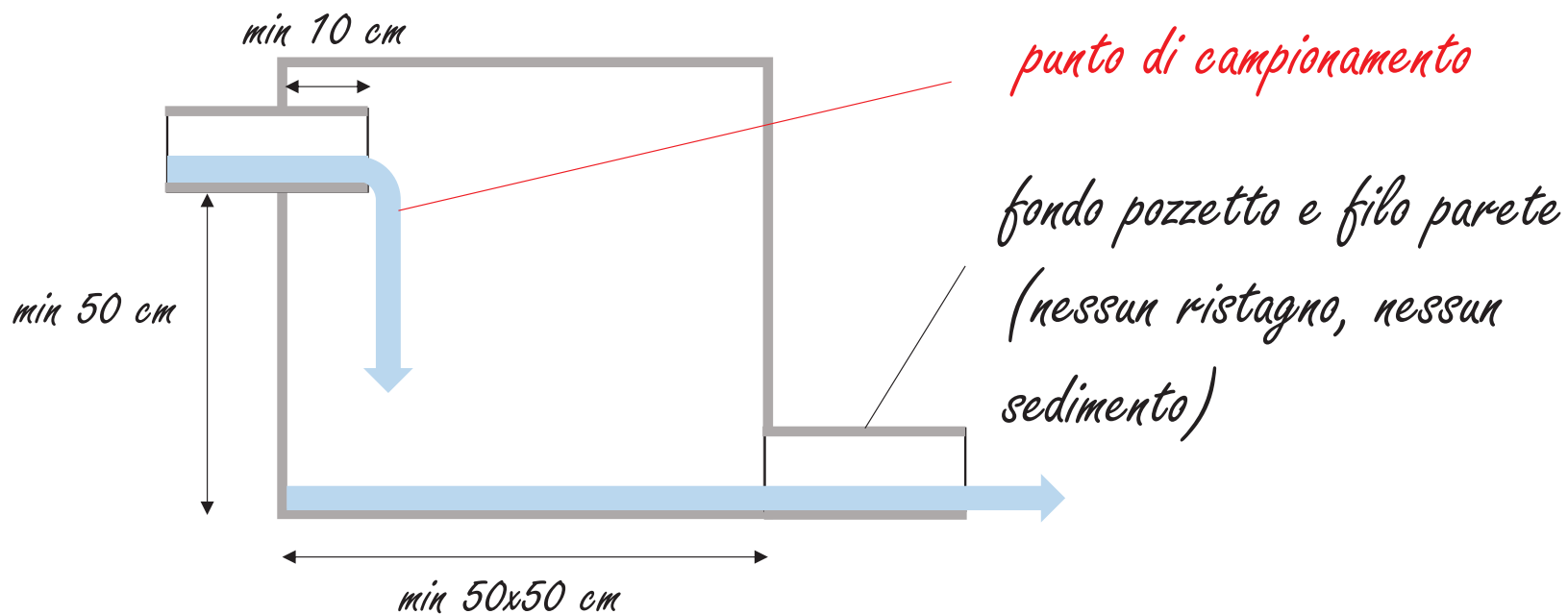


<https://www.usgs.gov>

(decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, allegato 5 alla parte terza)

# Campionamento degli scarichi

Pozzetto fiscale (quaderno Unichim 92/1977)



# I reflui industriali

## Consumo di acqua per processi industriali

(dati da: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, 2007, IWA)

Settore	Attività	Unità	m <sup>3</sup> /unità
Alimentare	Frutta e verdura in scatola	1 t di prodotto	4-50
	Dolciumi	1 t di prodotto	5-25
	Zucchero di canna	1 t di prodotto	0,5-10
	Macellazione	1 bovino o 2,5 suini	0,5-3
	Latticini (latte)	1 m <sup>3</sup> di latte	1-10
	Latticini (burro o formaggio)	1 m <sup>3</sup> di latte	2-10
	Margarina	1 t di prodotto	20
	Birrifici	1 m <sup>3</sup> di birra	5-20
	Panificazione	1 t di prodotto	2-4
	Bibite	1 m <sup>3</sup> di prodotto	2-5
Tessile	Cotone	1 t di prodotto	120-750
	Lana	1 t di prodotto	500-600
	Rayon	1 t di prodotto	25-60
	Nylon	1 t di prodotto	100-150
	Poliestere	1 t di prodotto	60-130
	Lavaggio lana	1 t di lana	20-70
	Tintura	1 t di prodotto	20-60
Pelletteria	Concia	1 t di pelle	20-40
	Calzature	1000 paia	5
Cartario	Fabbricazione della polpa	1 t di prodotto	15-200
	Sbiancamento della polpa	1 t di prodotto	80-200
	Fabbricazione della carta	1 t di prodotto	30-250

# I reflui industriali

## Parametri critici per lo scarico

(da: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, 2007, IWA)

Settore	Attività	BOD/COD	SS	Oli e grassi	Fenoli	pH	Metalli
<i>Alimentare</i>	Zucchero e alcool	x	x		x	x	
	Conservazione di carne e pesce	x	x			x	
	Caseifici	x	x	x		x	
	Macelli	x	x	x			
	Conservazione di frutta e verdura	x	x			x	
	Mulini di cereali	x	x				
	Bibite	x	x			x	
	Birrerie	x	x			x	
<i>Tessile</i>	Cotone	x				x	
	Lana	x		x		x	
	Sintetici	x				x	
	Tintura			x	x		x
<i>Conciario</i>	Concia vegetale	x	x	x		x	
	Concia al cromo	x	x	x		x	x
<i>Cartario</i>	Fabbricazione della polpa	x	x			x	x
	Fabbricazione della carta	x	x			x	x

# Inquinanti specifici

## Inquinanti specifici da ricercare per classe di attività industriale

(ARERA, *Tariffa di collettamento e depurazione dei reflui industriali autorizzati allo scarico in pubblica fognatura*, 2017)

ATTIVITÀ INDUSTRIALE	SOSTANZE SPECIFICHE
Allevamenti ittici	Cloruri, ammonio
Autodemolitori	Idrocarburi totali, tensioattivi totali, piombo, cadmio
Autolavaggi	Idrocarburi totali, tensioattivi totali, piombo, cadmio, ferro, mercurio, nichel, rame, zinco, solventi organici aromatici
Autofficine con lavaggio pezzi	Idrocarburi totali, tensioattivi totali
Cantine vitivinicole	Solfiti, solfuri, pH, Ntot, N-NO2, N-NO3, NH4, tensioattivi totali, nichel, piombo, rame, ferro, zinco, aldeidi, fenoli
Cartiere	Cloruri, ferro, alluminio, solfati, tensioattivi totali
Cave	Solfati (a seconda della geologia del territorio), cloruri
Distillerie	Metalli (piombo, cadmio, zinco, cromo, ecc.), cloruri, altri parametri in base al ciclo produttivo
Frantoi	Grassi e olii animali/vegetali, fenoli totali
Lavaggio cisterne e autocisterne	Tensioattivi totali e altri parametri in base al ciclo produttivo
Lavanderie industriali	Tensioattivi totali, solventi clorurati, cloruri, cloro attivo libero
Magazzini ortofrutticoli	Pesticidi fosforati, pesticidi totali, cloruri
Produzione di vetroceramici e/o ceramici	Piombo, cromo, cromo VI, cadmio, rame, zinco (e altri metalli in base al ciclo produttivo), arsenico, boro, fluoruri
Produzione e distribuzione di energia elettrica, gas, acqua e trattamento rifiuti	Cloruri e altri parametri specifici in base al ciclo produttivo (per impianti di trattamento rifiuti)
Produzione e lavorazione del metallo	N-NO2, N-NO3, cloruri, solfati, Metalli (piombo, cadmio, zinco, cromo, ecc.) e cianuri, in base al ciclo produttivo
Produzione pasti industriali	Grassi e olii animali/vegetali, cloruri, tensioattivi totali
Raffineria	Idrocarburi totali, fenoli totali, solventi clorurati

ATTIVITÀ INDUSTRIALE	SOSTANZE SPECIFICHE
Industrie agroalimentari in genere	Ntot, NH4, pH, tensioattivi totali
Industrie alimentari del pesce	Grassi e olii animali/vegetali, cloruri, pH, tensioattivi totali
Industrie alimentari della carne	Grassi e olii animali/vegetali, cloruri, pH, tensioattivi totali
Industrie alimentari di frutta e ortaggi	Grassi e olii animali/vegetali (se vi è lavorazione sott'olio), cloruri, pH, tensioattivi totali
Industrie alimentari di oli e grassi	Grassi e olii animali/vegetali, pH, tensioattivi totali
Industrie lattiero casearie	Grassi e olii animali/vegetali, cloruri, N-NO2, tensioattivi totali, Zinco, pH
Industrie conciarie	Ntot, NH4, Solfuri, cromo totale, cromo VI, solfati, cloruri, fenoli totali
Industrie del legno e derivati	Fenoli totali
Industrie delle materie plastiche	Idrocarburi totali, fenoli, aldeidi, piombo, zinco
Industrie di prodotti chimici	Idrocarburi totali, fenoli, solventi, metalli e altri parametri in base al ciclo produttivo
Industrie farmaceutiche	Ntot, NH4, Solventi clorurati, colore
Industrie galvaniche	Cromo totale, cromo VI, cadmio, zinco, cianuri, rame, nichel, tensioattivi totali
Industrie per l'alimentazione animale	Grassi e olii animali/vegetali, cloruri, pH, tensioattivi totali
Industrie tessili e dell'abbigliamento	Ntot, N-NO2, N-NO3, NH4, Tensioattivi totali, colore, rame, zinco, solfiti
Laboratori fotografici	Ntot, NH4, solfiti, ferro, zinco
Laboratori fotoincisione	Ntot, NH4, Cadmio, cromo totale, cromo VI, ferro, nichel, piombo, rame
Laboratori Stampa Serigrafica	Ntot, NH4, Zinco, rame

# I trattamenti preliminari

È sempre bene prevedere come primo trattamento l'eliminazione dei **materiali grossolani** per preservare l'impianto da problemi meccanici (stracci, ramaglia, ecc.)



# I trattamenti preliminari

Dove portata e/o composizione dei reflui mostrino forti variazioni e dove esista il pericolo di scarico saltuario di sostanze tossiche per i batteri, è raccomandabile prevedere vasche di equalizzazione



*prese d'aria di aeratori  
sommersi (prevenzione di  
odori molesti)*

# La misura della portata

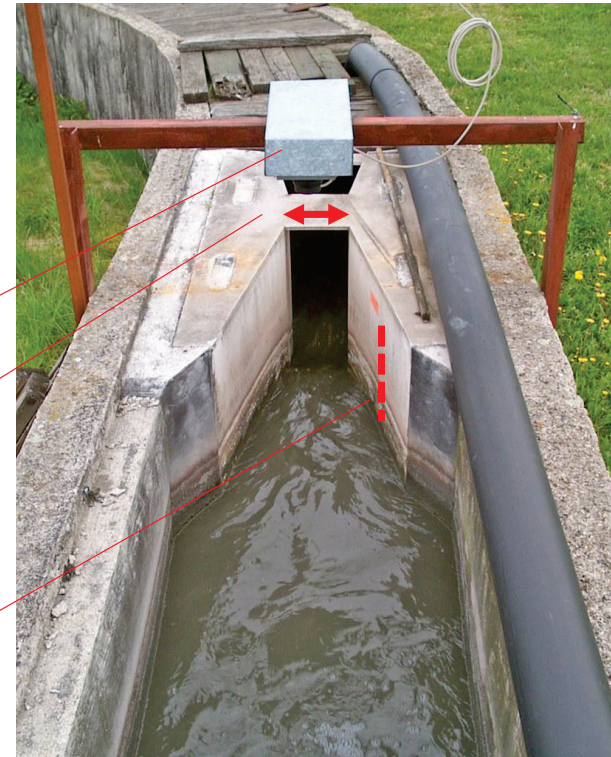
È inoltre **fondamentale** poter misurare la portata in ingresso

Uno strumento semplice e robusto è il canale di Parshall

*eventuale lettura automatica del livello*

*taglia del canale*

*punto di misura del livello*

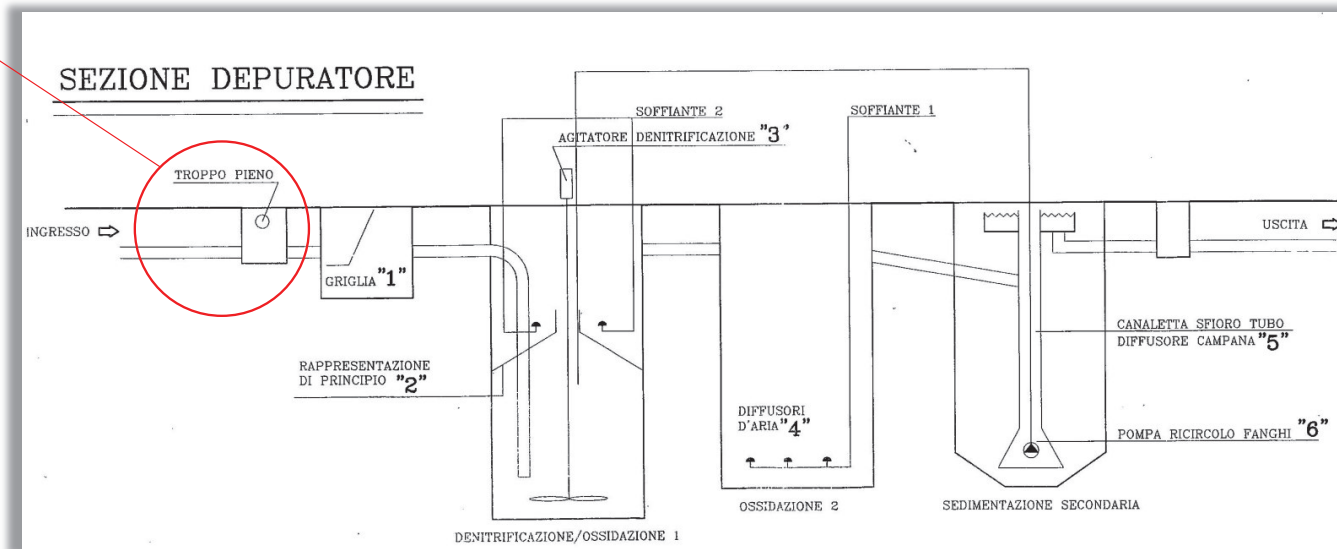


<https://www.flickr.com>

# I trattamenti preliminari

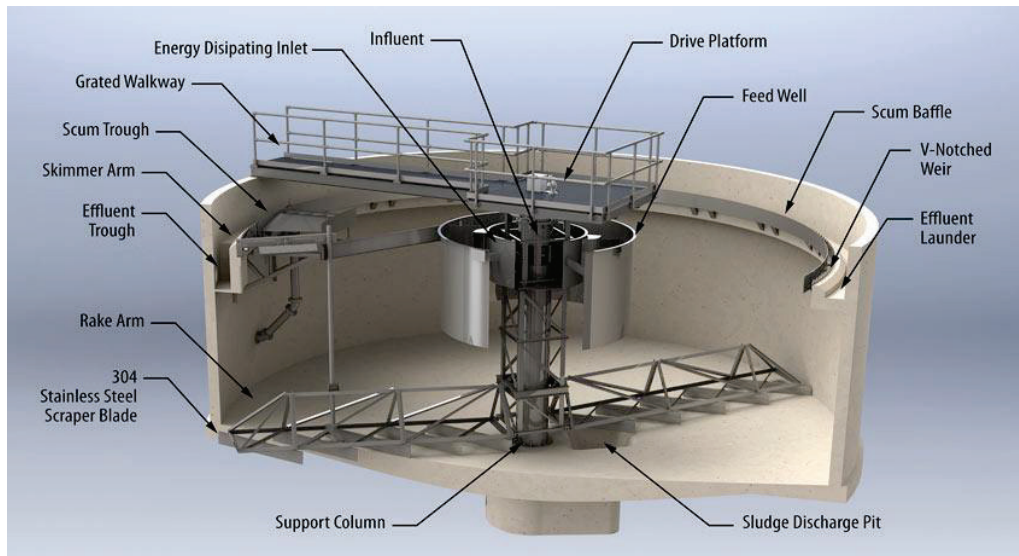
In testa ad alcuni impianti (acque domestiche e urbane) è previsto uno **scolmatore** per limitare la portata idraulica in ingresso

*quando il fango "scompare" improvvisamente, controllare lo scarico dello scolmatore*



# Il trattamento primario

## Sedimentatore primario



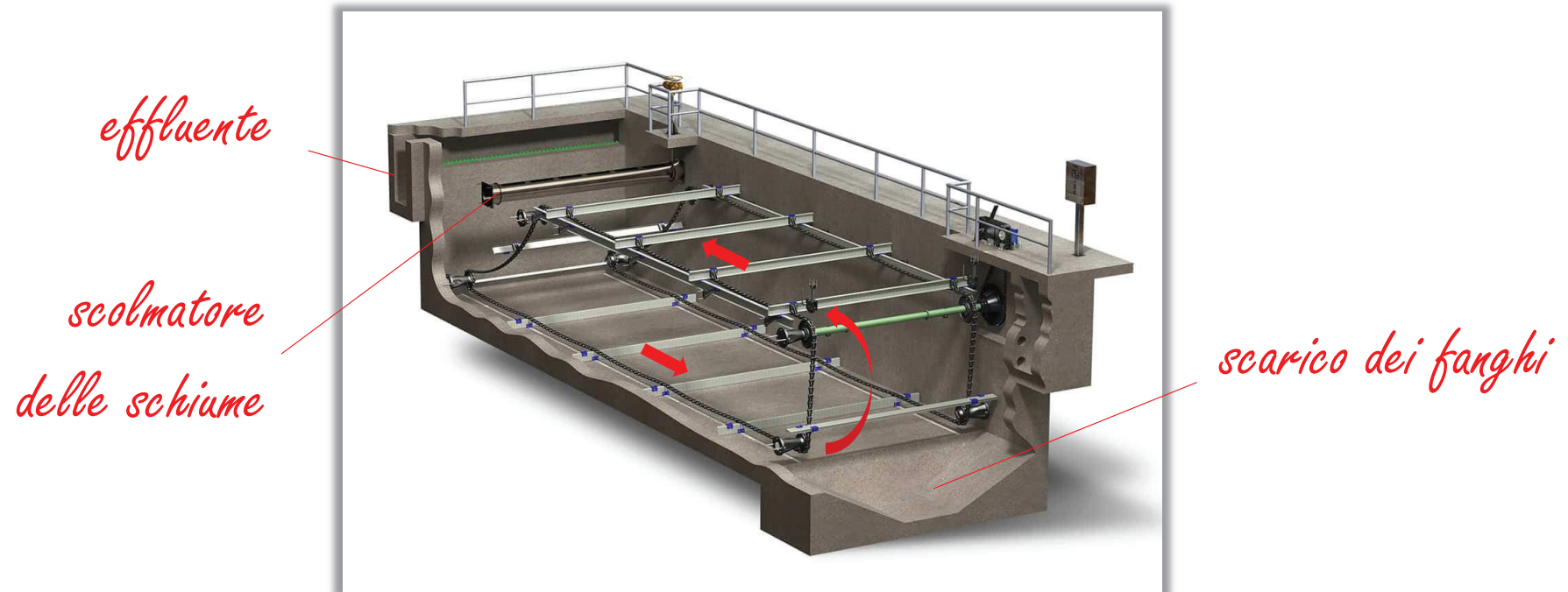
<https://www.monroeenvironmental.com>



*sedimentatore senza schiumatore !*

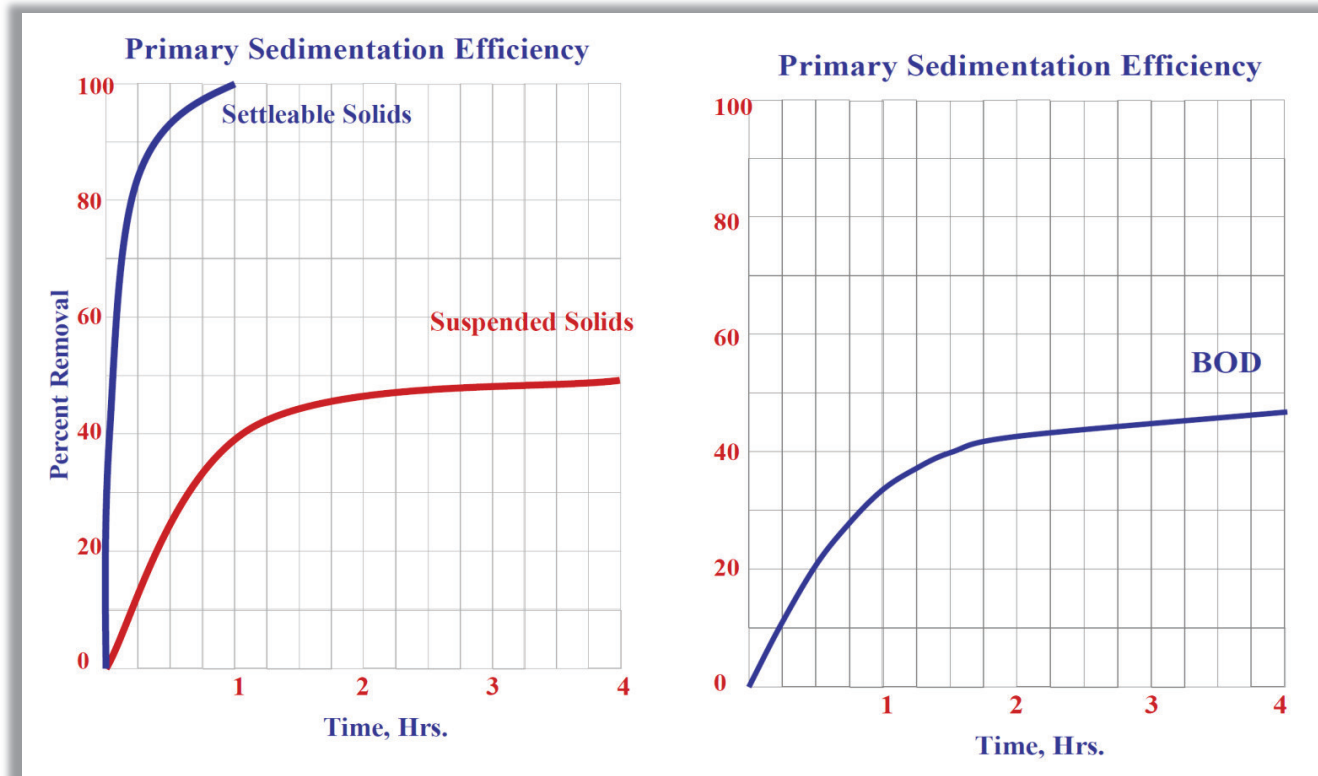
# Il trattamento primario

Si possono evitare le geometrie circolari, ma non gli schiumatori



<https://www.brentwoodindustries.com>

# Il trattamento primario



<https://www.michigan.gov>

*se il vostro impianto  
ha poco carico  
organico, escludete  
il sedimentatore  
primario*

# I grandi impianti

Il sedimentatore primario è sempre presente nei grandi impianti, perché permette sostanzialmente di dimezzare il volume e la superficie occupati dalle vasche di trattamento



<https://www.contrattidifume.it>

# I rifiuti del processo

## 19 08 Rifiuti prodotti dagli impianti per il trattamento delle acque reflue, non specificati altrimenti

19 08 01 residui di vagliatura *materiali grossolani (0,03 kg/m<sup>3</sup>)*

19 08 02 rifiuti da dissabbiamento *liquami di città costiere*

### 19 08 05 fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane

19 08 06 \* resine a scambio ionico saturate o esaurite } *addolcitori*

19 08 07 \* soluzioni e fanghi di rigenerazione degli scambiatori di ioni }

19 08 08 \* rifiuti prodotti da sistemi a membrana, contenenti sostanze pericolose *lavaggi chimici*

19 08 09 miscele di oli e grassi prodotte dalla separazione olio/acqua [solo commestibili] } *disoleatori*

19 08 10 \* miscele di oli e grassi... [non commestibili]

19 08 11 \* fanghi prodotti dal trattamento biologico delle acque reflue industriali [P]

19 08 12 fanghi prodotti dal trattamento biologico delle acque reflue industriali [NP]

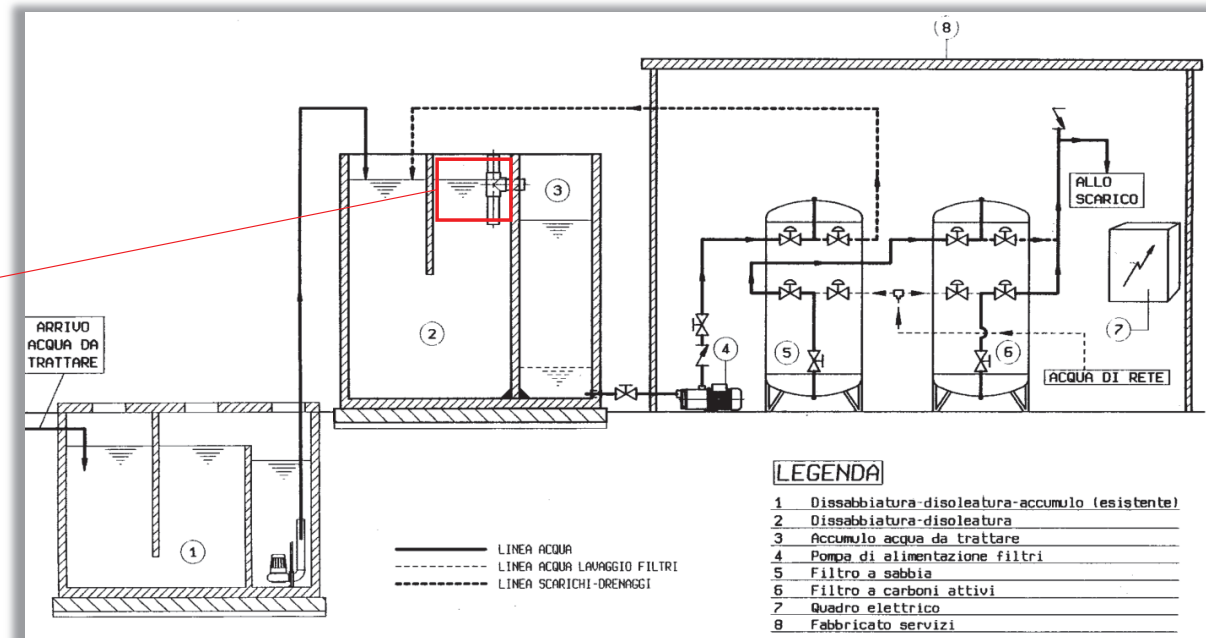
19 08 13 \* fanghi prodotti da altri trattamenti delle acque reflue industriali [P] } *impianti chimico-fisici*

19 08 14 fanghi... diversi da quelli di cui alla voce 19 08 13 [NP]

19 08 99 rifiuti non specificati altrimenti

# Disoleatori

I CER 19 08 09 e 19 08 10 sono prodotti dalla pulizia periodica di impianti di disoleazione industriali o di quelli installati a monte di piccoli impianti di trattamento (es. reflui di mense)



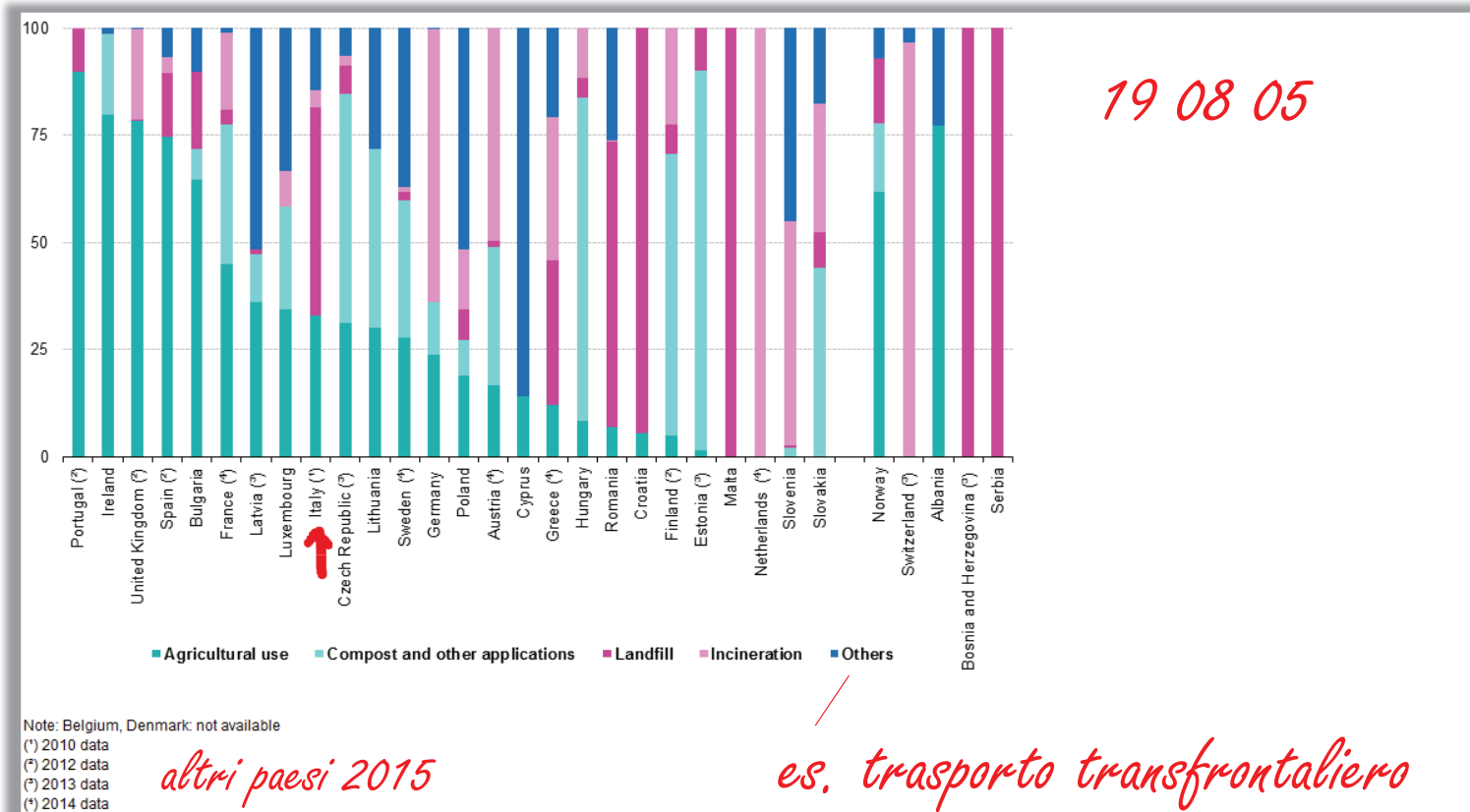
# La gestione dei fanghi

	Fanghi liquidi da trattare			Fanghi disidratati		
	sostanza secca (%)	massa (g di SS/abitante giorno)	volume (litri/abitante giorno)	sostanza secca (%)	massa (g di SS/abitante giorno)	volume (litri/abitante giorno)
Fanghi attivi convenzionali	1-2	60-80	3,1-8,2	20-40	38-50	0,10-0,25
Fanghi attivi ad aerazione prolungata	0,8-1,2	40-45	3,3-5,6	15-35	40-45	0,11-0,29
SBR (Sequencing Batch Reactor)	0,8-1,2	40-45	3,3-5,6	15-35	40-45	0,11-0,29
Fanghi attivi con denitrificazione	1-2	60-80	3,1-8,2	20-40	38-50	0,10-0,25
Fanghi attivi con denitrificazione e rimozione biologica del fosforo	1-2	60-80	3,1-8,2	20-40	38-50	0,10-0,25
Fanghi attivi con filtrazione terziaria	1-2	65-85	3,2-8,5	20-40	43-55	0,11-0,28

(dati da: Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal, 2007, IWA)

*valori anche superiori al  $BOD_5$  in ingresso, perché comprendono la produzione di fanghi primari*

# La gestione dei fanghi



<https://ec.europa.eu/eurostat>

# Il trattamento dei fanghi

Dal decreto legislativo 27 gennaio 1992, n. 99:

*È ammessa l'utilizzazione in **agricoltura** dei fanghi... solo se... a) sono stati sottoposti a trattamento; b) sono idonei a produrre un effetto concimante... ; c) non contengono sostanze tossiche e nocive e/o persistenti, e/o bioaccumulabili in concentrazioni dannose... possono essere applicati su e/o nei terreni in dosi non superiori a 15 t/ha di sostanza secca nel triennio*

*Si considerano trattati i fanghi sottoposti a trattamento **biologico**, **chimico** o **termico**, a deposito a lungo termine ovvero ad altro opportuno procedimento, in modo da ridurre in maniera rilevante il loro potere fermentiscibile e gli inconvenienti sanitari della loro utilizzazione*

# Il trattamento dei fanghi

Chimico → miscelazione con calce fino a pH 12 (aumento del fango)

Termico → riscaldamento a 70 °C per 30-60 minuti (energivoro)

Biologico → aerobico o anaerobico (riduzione della s.s. del 40%)

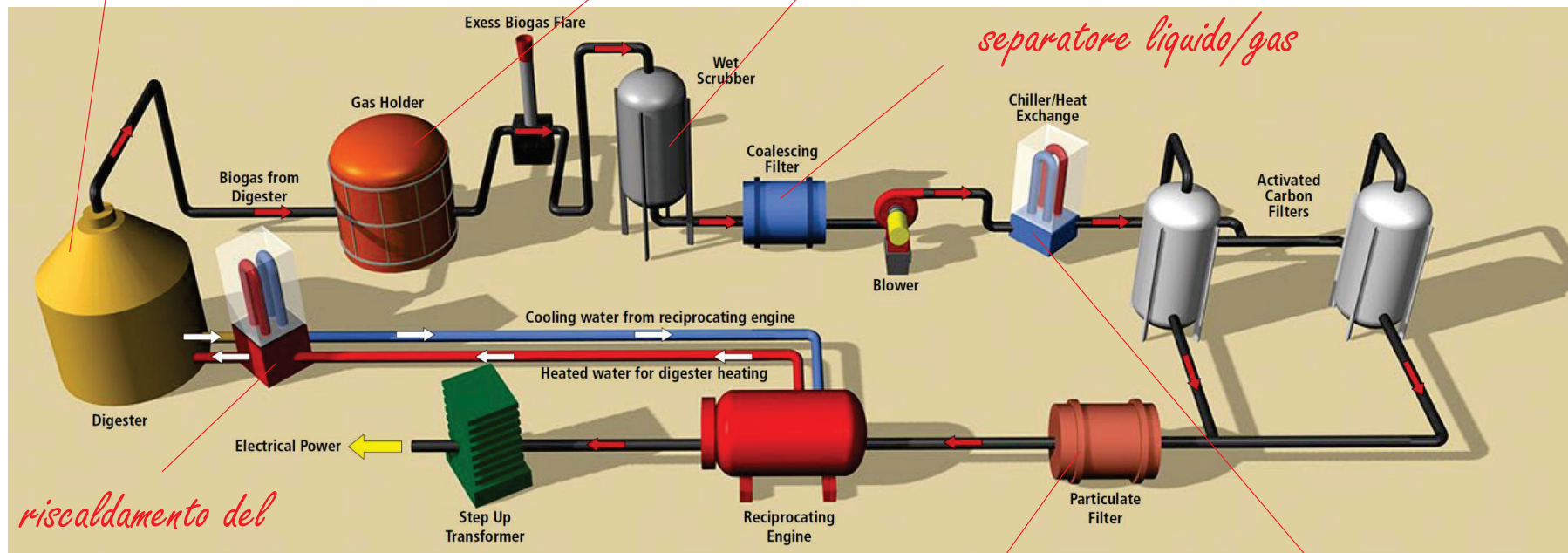
Il processo aerobico è applicato in impianti < 20000 AE perché è energivoro (aerazione prolungata per 15-20 giorni e riscaldamento per garantire temperature superiori a 10 °C)

Il processo anaerobico richiede un costoso e complesso impianto dentro l'impianto

30 giorni a 30 °C  
15 giorni a 50 °C

65% metano, 30% anidride carbonica

rimozione di  $H_2S$  (per combustione produce  $H_2SO_4$ )



separatoro liquido/gas

riscaldamento del  
digestore

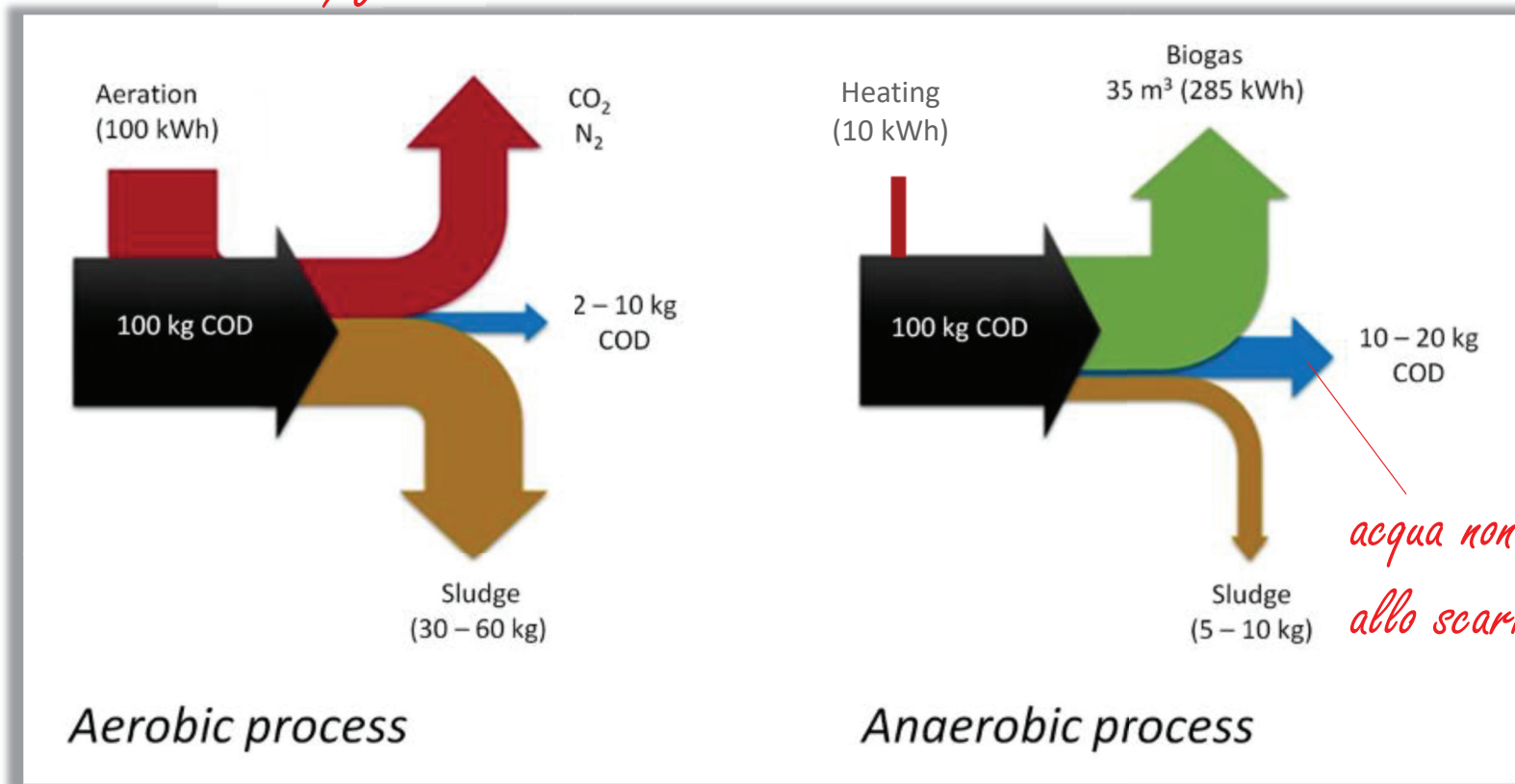
WRC Report No. TT 651/15 ISBN 978-1-4312-0725-1

rimozione delle particelle di carbone

raffreddamento (ad alte temperature  
il carbone attivo non è efficiente)

*in ore/giorni*

*in settimane*



*acqua non conforme  
allo scarico*

<https://lifemultiad.eu>

## Surnatante del fango anaerobico

<i>Solidi totali</i>	<i>(mg/l)</i>	<i>4000-14000</i>
<i>Solidi sospesi</i>	<i>(mg/l)</i>	<i>2000-6000</i>
<i>di cui volatili</i>	<i>(mg/l)</i>	<i>600-3000</i>
<i>BOD<sub>5</sub></i>	<i>(mg/l)</i>	<i>2000-9000</i>
<i>H<sub>2</sub>S</i>	<i>(mg/l)</i>	<i>70-440</i>
<i>N-NH<sub>3</sub></i>	<i>(mg/l)</i>	<i>240-620</i>
<i>pH</i>		<i>7,0-7,6</i>

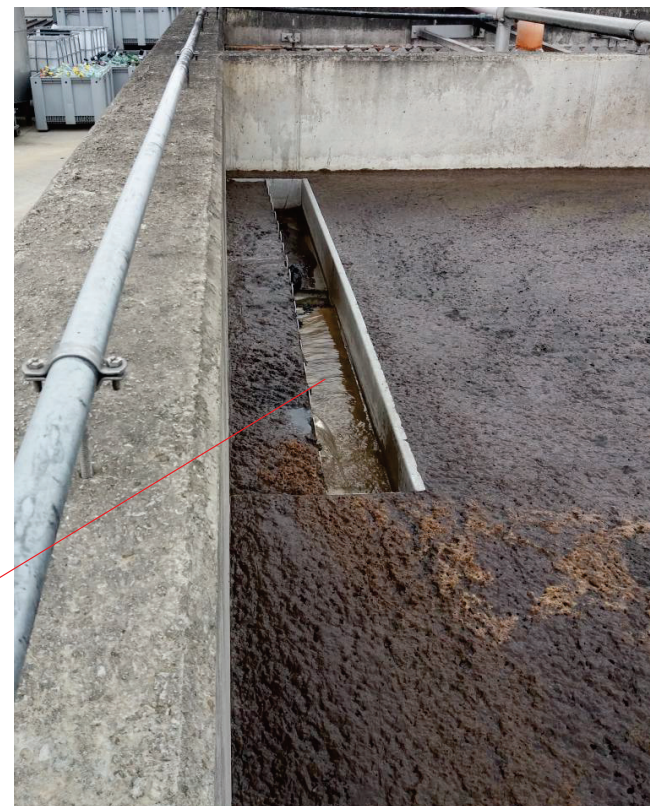
Dati tratti da R. Vismara, Depurazione Biologica, Hoepli, terza ed.

# Trasportare e smaltire acqua costa...

Il primo trattamento dei fanghi (per i piccoli impianti, l'unico) è l'ispessimento, che è puramente meccanico

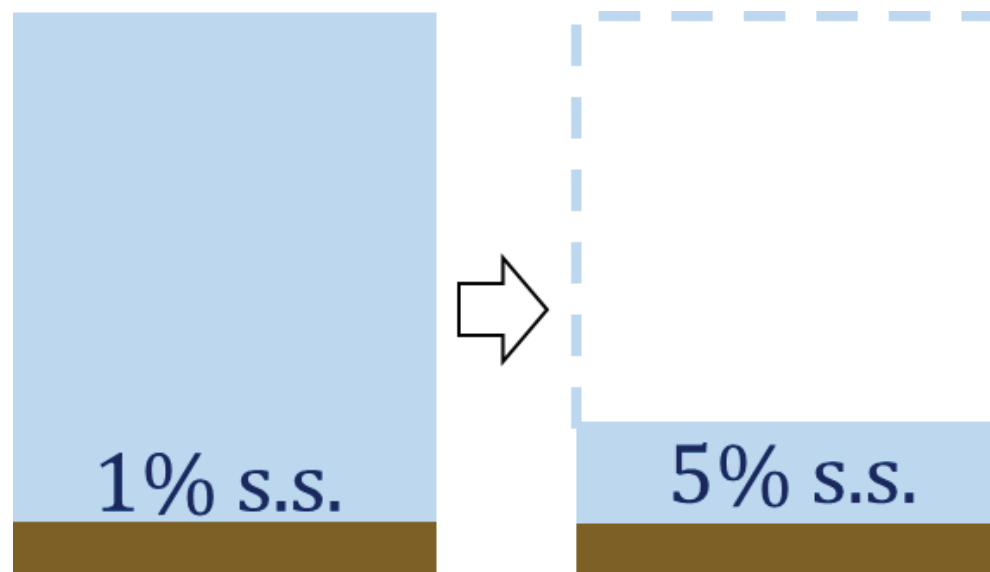
La tecnica più economica è quella per gravità: sedimentazione prolungata (12-24 ore) con compressione degli strati profondi che genera la risalita dell'acqua

*il surnatante, ricco di N e P,  
torna in testa all'impianto*



## ... ma costa anche separarla

Nell'ispessitore si ha un modesto aumento della sostanza secca (il fango ispessito è ancora liquido), ma una consistente riduzione del **volume**



# Ispessitori statici e sedimentatori

Sostanzialmente, le differenze sono legate al diverso obiettivo: concentrare un solido o rimuovere i solidi sedimentabili

Lo schema impiantistico è identico ma rispetto a un sedimentatore di pari volume, un ispessitore avrà un diametro inferiore, un'altezza maggiore, raschiatori del fango più robusti e una motorizzazione elettrica più potente

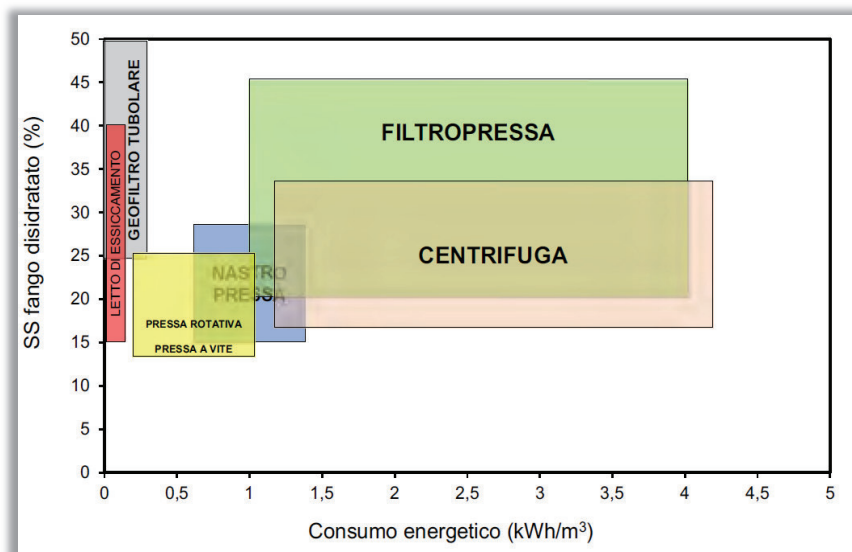


<https://www.mclanahan.com>

# Ispessitori dinamici

Dopo la stabilizzazione, per ottenere un fango palabile occorre applicare sistemi energivori:

- nastropresse ( $\approx 20\%$  s.s.)
- centrifughe ( $\approx 25\%$  s.s.)
- filtropresse ( $\approx 30\%$  s.s.)



S. Visigalli, L. Spinosa, R. Canziani - Tecnologie di disidratazione dei fanghi  
- Ingegneria dell'Ambiente Vol. 6 n. 4/2019

# Nastropressa



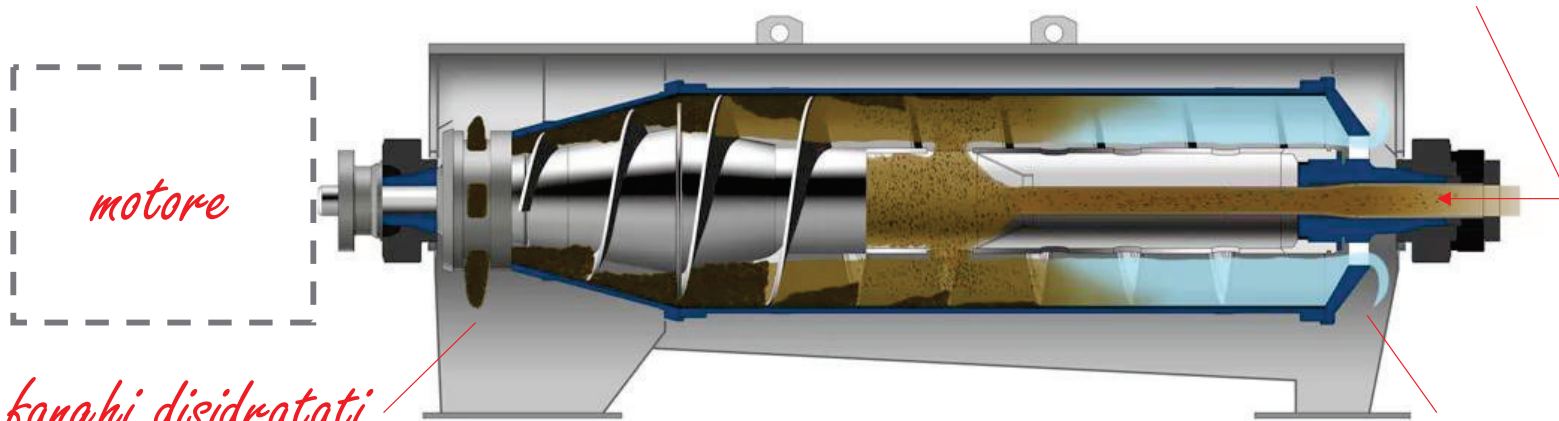
<https://global.gkd-group.com>



# Centrifuga



*ingresso dei fanghi*

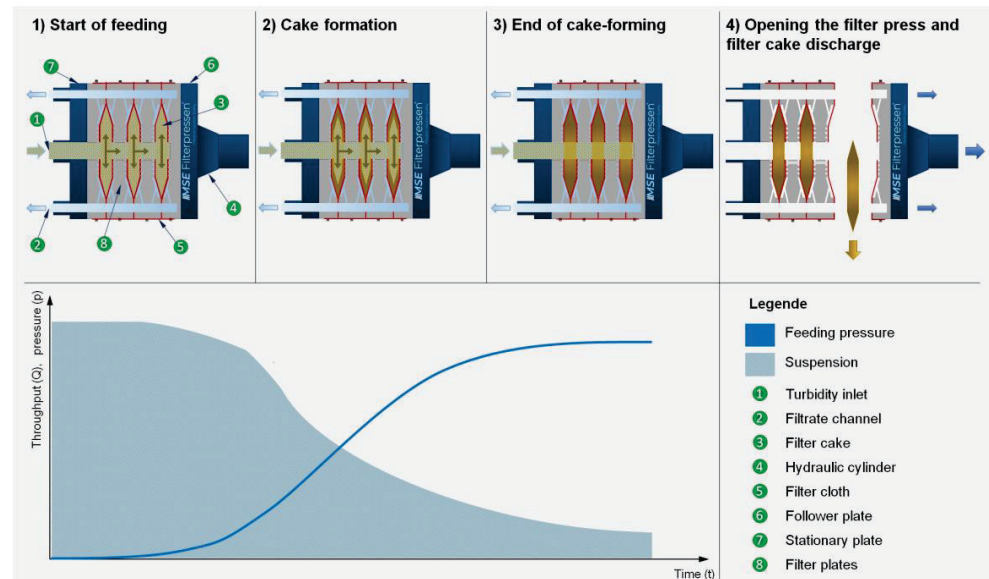


*scarico dei fanghi disidratati*

<https://www.flottweg.com>

*scarico del liquido*

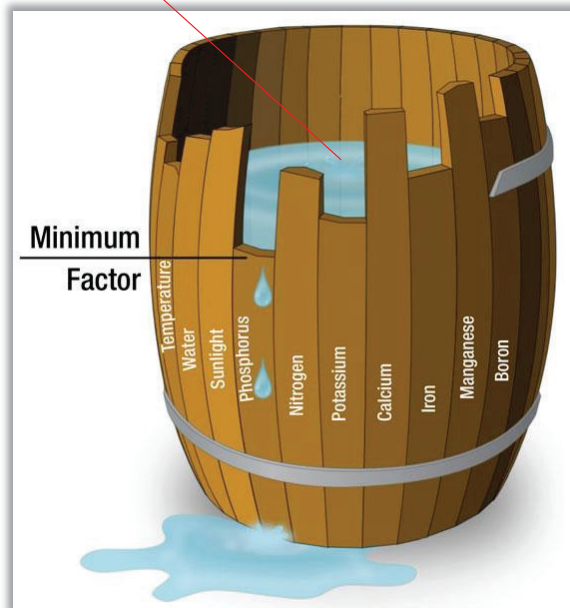
# Filtropressa



<https://mse-filterpressen.com>

# Il barile di Liebig

*resa di una monocoltura*

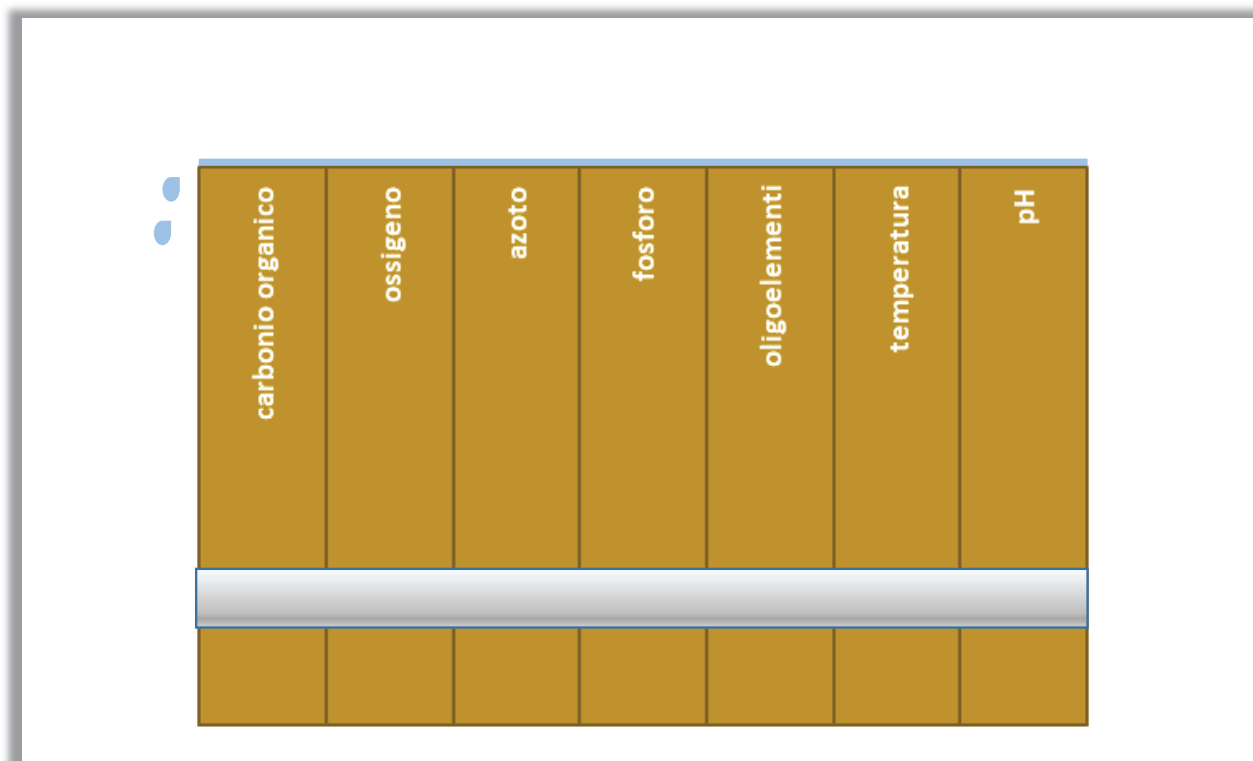


<https://www.growertalks.com>

Benché nelle bottiglie di Ardern e Lockett non cresca una monocoltura, anche per ai fanghi attivi si applica la legge di Liebig:

il fattore di crescita più scarso determina la resa del processo, cioè il grado di depurazione e la produzione di fanghi

# I fattori di crescita dei fanghi



*ovviamente,  
l'acqua non è mai  
un problema nelle  
vasche di un  
depuratore*

# L'ossigeno

È il fattore chiave del processo di Arden e Lockett

Al termine dell'ossidazione biologica deve rimanere un residuo di ossigeno disciolto di 1 mg/l

Negli impianti continui, si cerca di mantenere valori di:

- 2-3 mg/l per reflui poveri di azoto
- 3-5 mg/l per reflui ricchi di azoto *(è necessario nitrificare)*

*valori più elevati non influiscono negativamente sulla depurazione, ma costituiscono uno spreco di energia elettrica*

# La temperatura

Quando la temperatura dell'acqua scende sotto i 10 °C è da valutare la fermata stagionale dell'impianto: a 20 °C la velocità di depurazione è doppia e a 30 °C quadrupla rispetto a quella a 10 °C



<https://www.ascoconstruction.com>

*con l'aumento della temperatura si riduce però la solubilità dell'ossigeno*

# Il pH

L'intervallo ottimale di pH per la crescita batterica è tra 6,5 e 7,5

Per i batteri nitrificanti, l'intervallo ottimale è però tra 7,8-8,2

A pH inferiori a 6, i funghi cominciano a competere con i batteri

Se il pH nelle vasche di trattamento non si mantiene nell'intervallo ottimale, è **indispensabile** correggere il pH del refluo in ingresso (possibilmente in una vasca di equalizzazione)

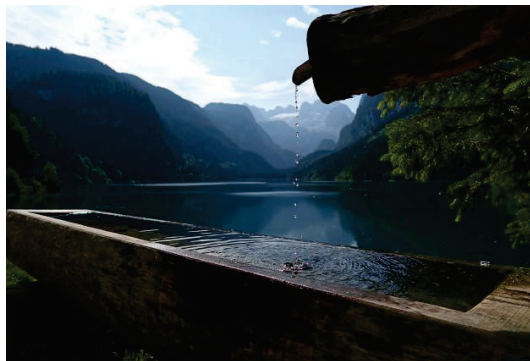


# pH e alcalinità

L'alcalinità di un'acqua è la misura della sua capacità di neutralizzare gli acidi e quindi di contrastare una riduzione di pH

È espressa tradizionalmente in mg/l di  $\text{CaCO}_3$

Nelle acque naturali con pH inferiore a 8,2 l'alcalinità è dovuta allo ione bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) disciolto



# L'alcalinità

La depurazione aerobica comporta la nitrificazione dello ione ammonio, una trasformazione chimica che produce acidità ed è quindi in grado di ridurre il pH del liquame trattato:

1 mg di azoto ammoniacale consuma 7,2 mg di  $\text{CaCO}_3$

Poiché al termine del processo è bene che lo scarico mantenga un'alcalinità residua di 70-80 mg/l di  $\text{CaCO}_3$ , un liquame con 40 mg/l di azoto ammoniacale dovrebbe possedere un'alcalinità pari a  $(7,2 \cdot 40) + 70 = 358$  mg/l di  $\text{CaCO}_3$

*l'esempio è valido per un processo senza denitrificazione*

# I macroelementi

Mentre è improbabile che si verifichi una carenza di Ca, Cl, K, Mg, Na o S, è possibile che non sia invece rispettato il fabbisogno di **azoto** e **fosforo**:

$BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1$  (sistemi ad alto carico)

$BOD_5 : N : P = 200 : 5 : 1$  (sistemi a basso carico)

A differenza dei reflui domestici, i reflui industriali possono facilmente presentare carenze di tali elementi

*evitare di integrare con composti azotati (es. urea) o fosforati (es. acido fosforico) non è mai un risparmio !*

# Gli oligoelementi

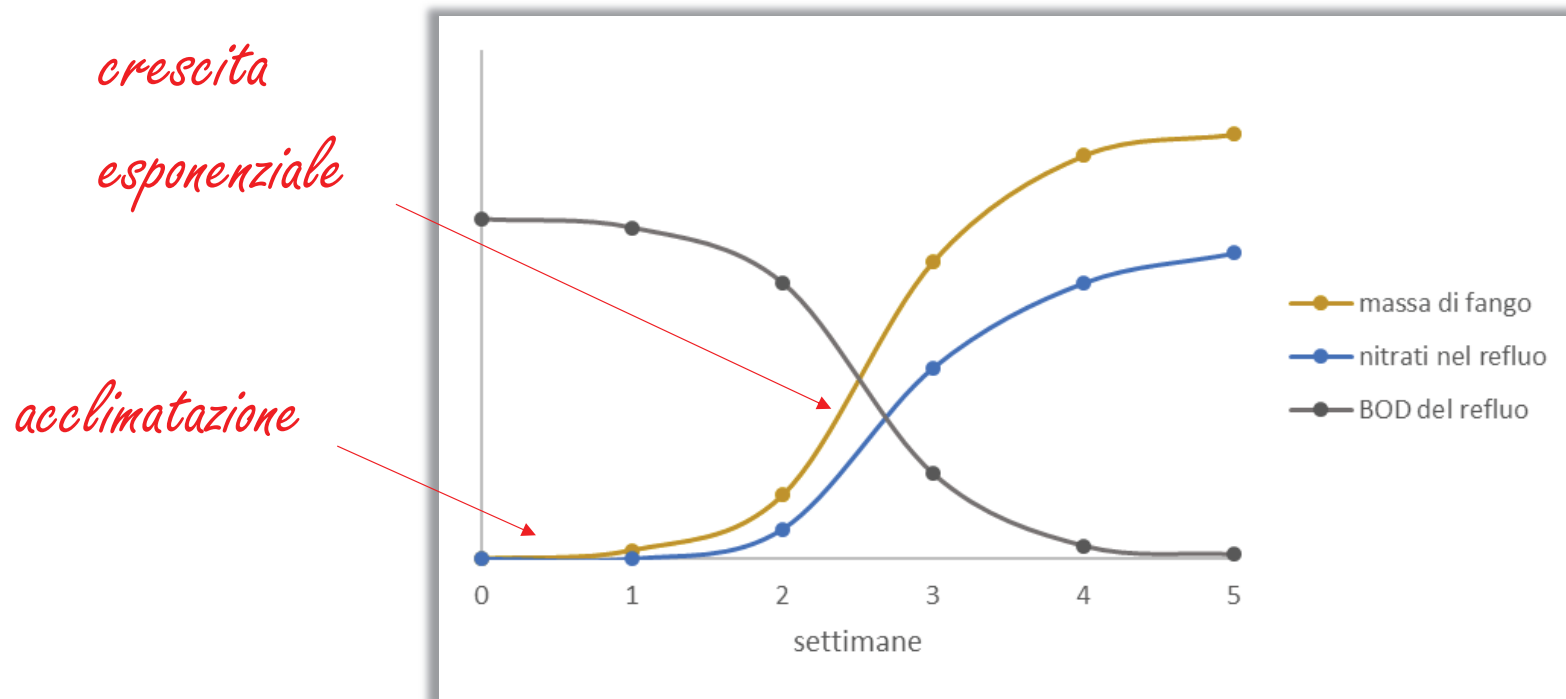
Sono elementi che sopra concentrazioni soglia piccole mostrano effetti tossici, ma che sono essenziali per la vita: As, B, Br, Co, Cr, Fe, F, I, Mn, Mo, Ni, Cu, Se, Sn, V e Zn

Anche in questo caso, le carenze maggiori possono presentarsi nei reflui industriali

*trattare gli scarichi industriali insieme a quelli dei servizi igienici può evitare problemi di biodegradabilità dei reflui*

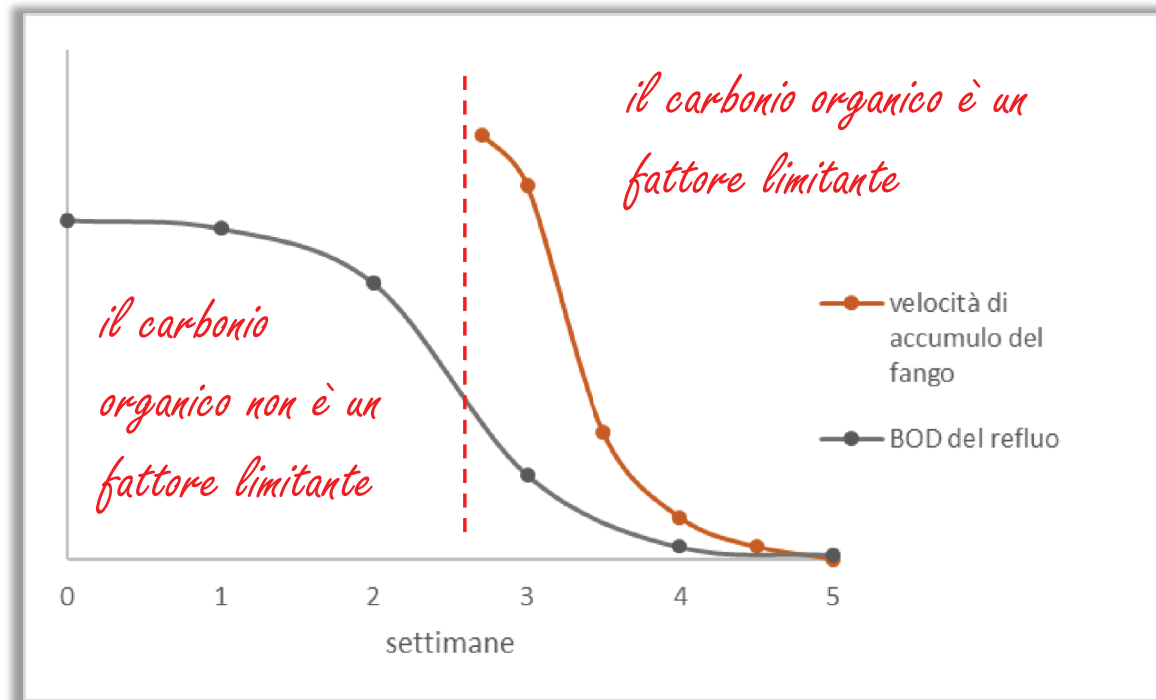
# Il carbonio organico

Primo ciclo di depurazione in una bottiglia di Ardern e Lockett



# Il carbonio organico

Nell'ultima fase, il carbonio organico disciolto e sospeso nel refluo diventa il fattore di controllo della crescita del fango



# Il carico del fango

In un impianto continuo ben condotto (pH e concentrazione di macroelementi corretti, aerazione efficiente) e in condizioni climatiche temperate, la quantità di carbonio organico biodegradabile introdotta è l'unico fattore limitante della crescita del fango e quindi l'unico fattore di controllo del rendimento depurativo

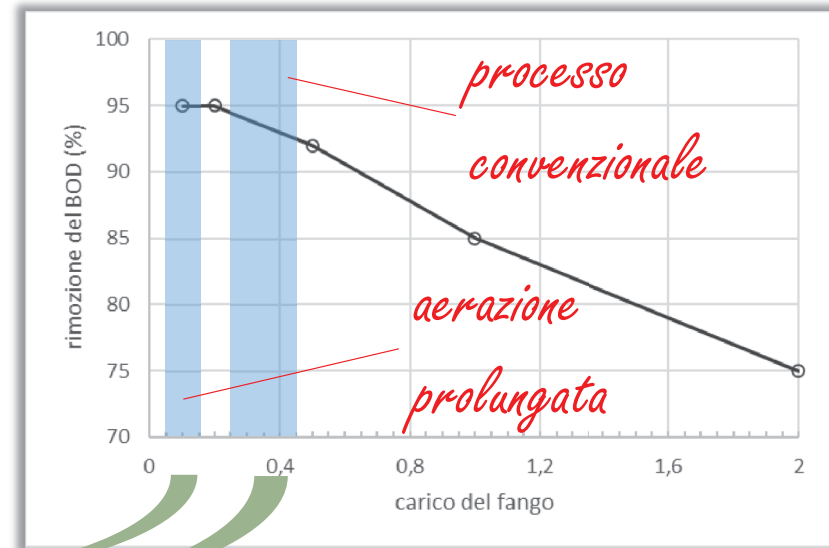
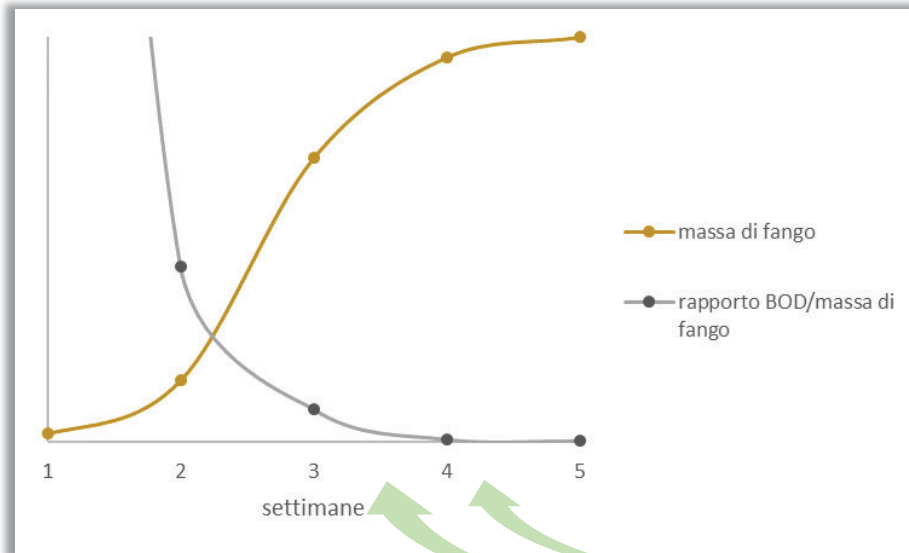
Per il dimensionamento degli impianti continui, come indice di tale fattore di crescita è stato definito il parametro **carico del fango** =

$$\frac{\text{kg di BOD}_5 \text{ alimentati giornalmente}}{\text{kg di fango in vasca di ossidazione}}$$

# Carico del fango - esempio

<i>Portata idraulica</i>	$5 \text{ m}^3/\text{h}$
<i>Ore di lavoro</i>	24
<i>Portata giornaliera</i>	$5 \cdot 24 = 120 \text{ m}^3/\text{d}$
<i>BOD<sub>5</sub> medio</i>	$2000 \text{ mg/l} = 2 \text{ kg/m}^3$
<i>BOD<sub>5</sub> alimentato in un giorno</i>	$2 \cdot 120 = 240 \text{ kg/d}$
<i>Solidi sospesi (misc. aerata)</i>	$4 \text{ g/l} = 4 \text{ kg/m}^3$
<i>Frazione volatile dei fanghi</i>	70%
<i>Volume vasca ossidazione</i>	$300 \text{ m}^3$
<i>Fanghi attivi in vasca</i>	$0,7 \cdot 4 \cdot 300 = 840 \text{ kg}$
<i>Carico del fango</i>	$240/840 = 0,29 \text{ d}^{-1}$

# Il rapporto tra BOD e fango

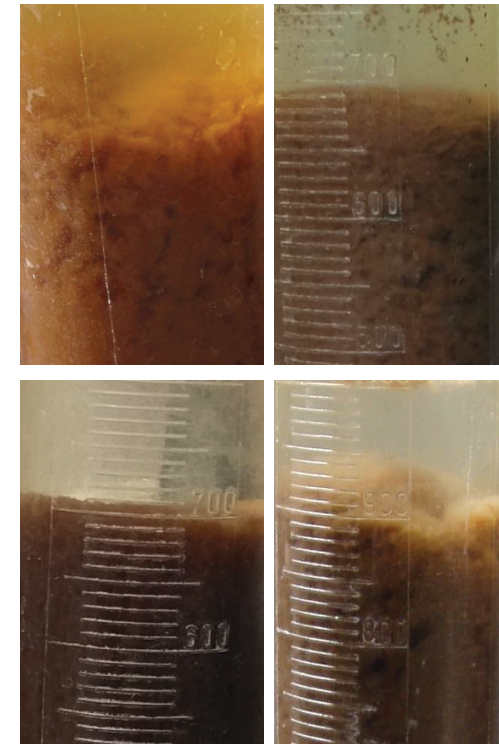
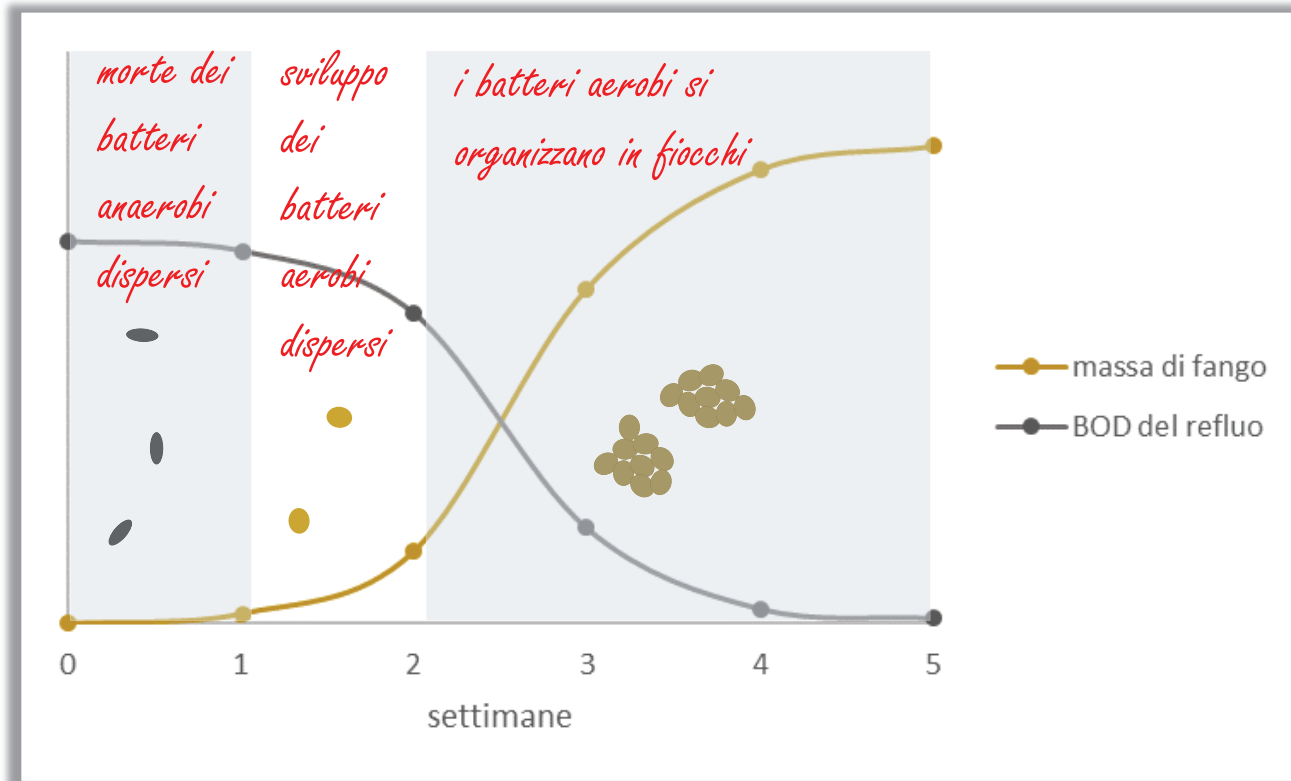


Dati per liquami domestici da ATV, *Lehr und Handbuch der Abwassertechnik*, Wiley & Sons, Berlin, 1990

Nella bottiglia di Arden e Lockett  
(processo discontinuo)

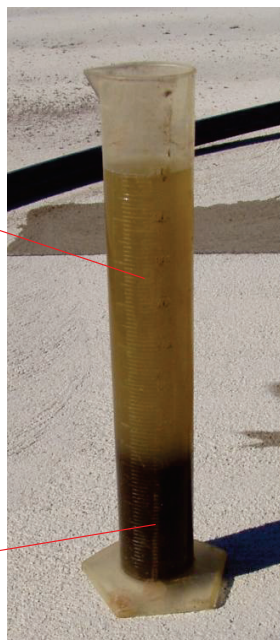
Negli impianti a fanghi attivi  
(processo continuo)

# Il fenomeno biologico



# Il fenomeno biologico

*sostanza organica  
disciolta e sospesa*



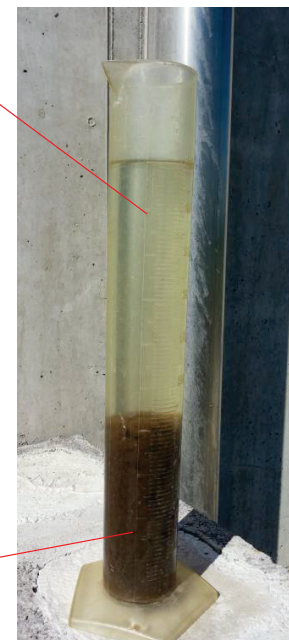
*solidi  
sedimentabili*

refluo in ingresso

*acqua depurata*



*fiocchi di fango  
attivo sedimentati*



*la sostanza  
organica è ancora  
molta, ma è  
separabile  
fisicamente*

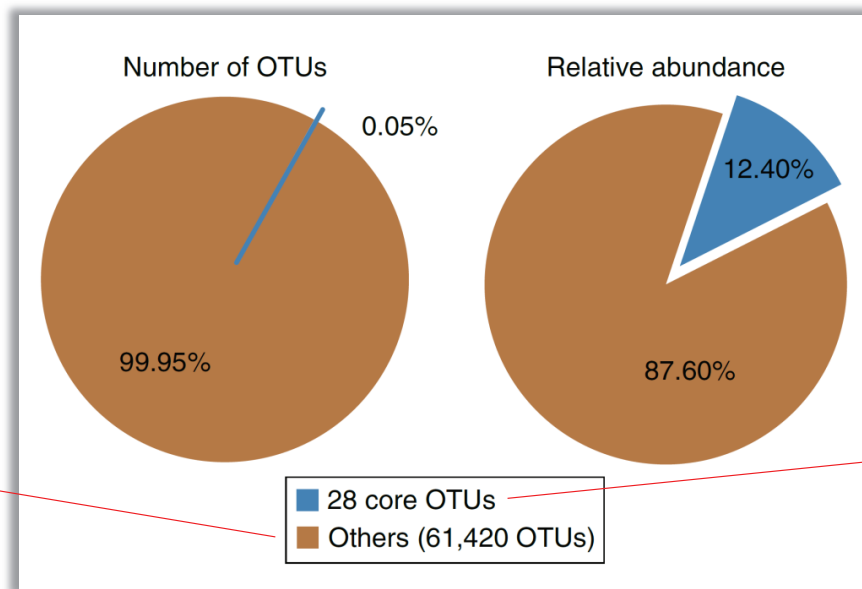
miscela aerata

# Il fenomeno biologico

Campagna d'indagine mondiale del *Global Water Microbiome Consortium* su 1200 campioni provenienti da 269 impianti sparsi in 6 continenti

*OTU = operational taxonomic unit*

*unità dipendenti dalla localizzazione*



*unità presenti in tutti gli impianti*

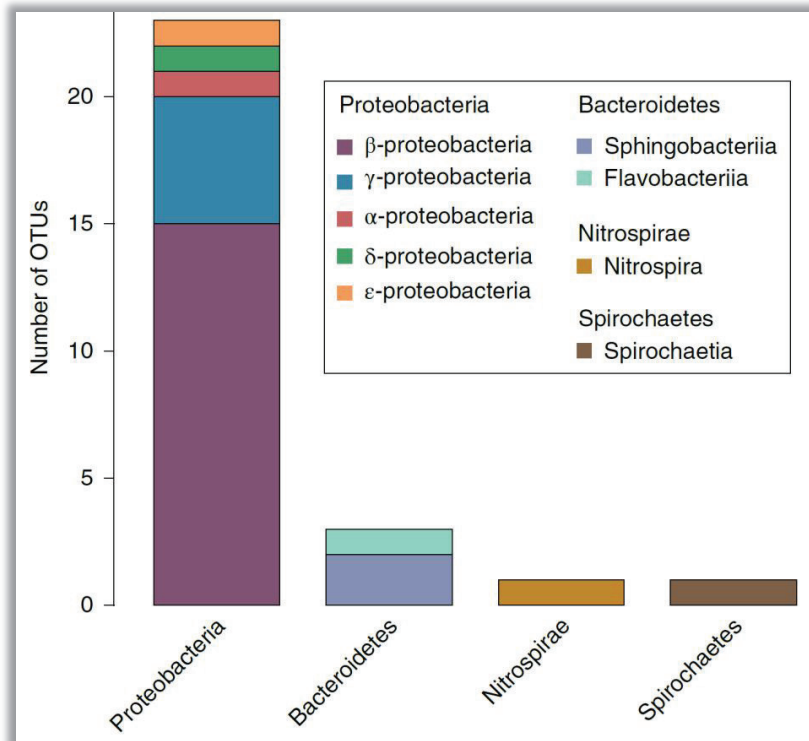
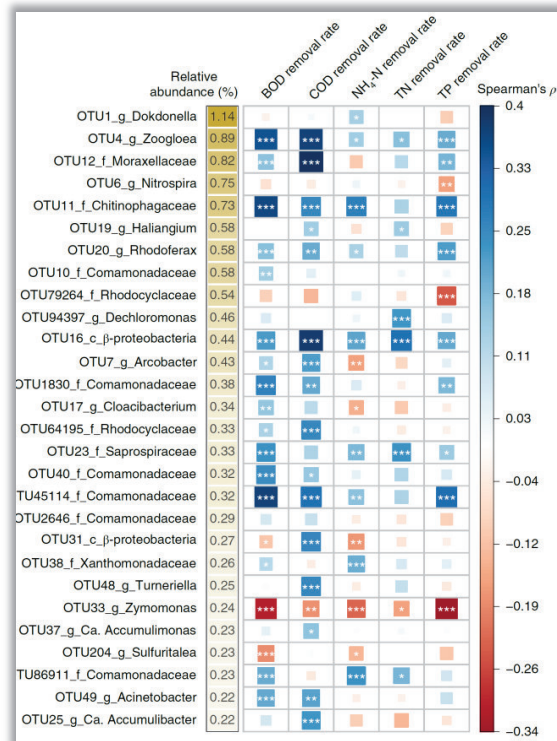
L. et al. Global diversity and biogeography of bacterial communities in wastewater treatment plants. *Nat. Microbiol.* 7, 1183–1195 (2019)

# Il fenomeno biologico

## Le 28 OTU ubiquitarie

*blu = forte  
correlazione positiva*

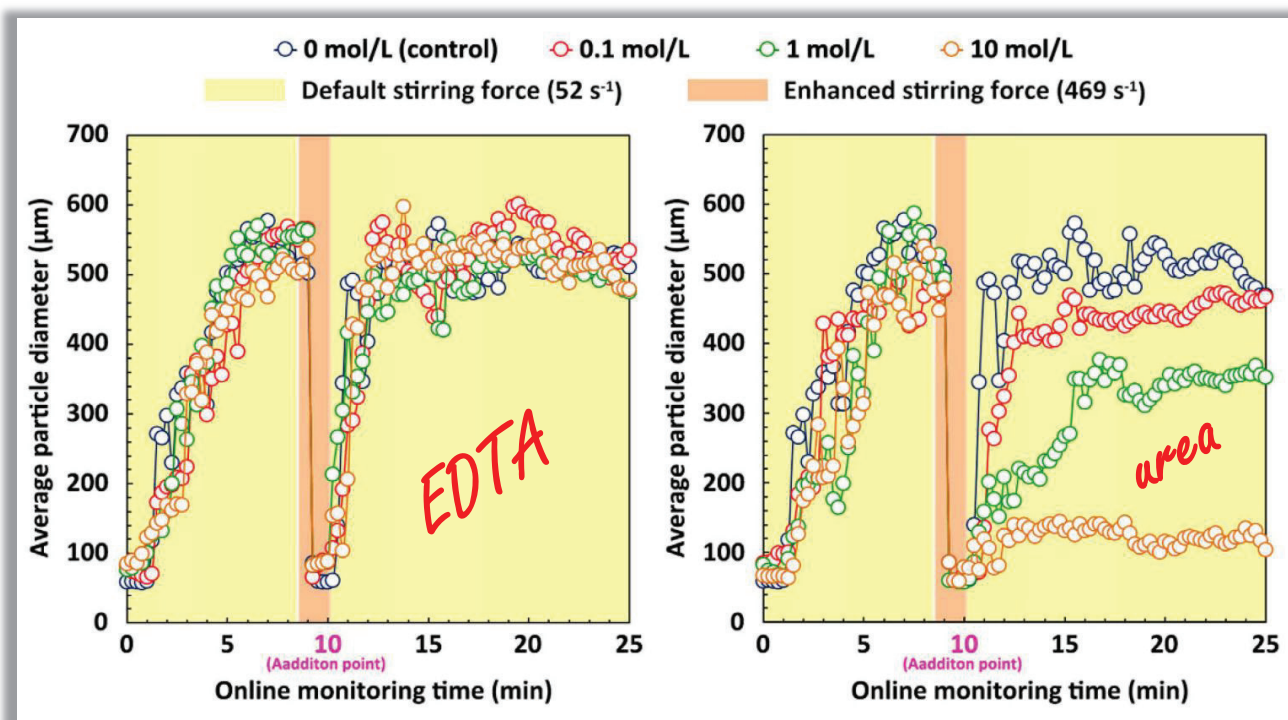
*rosso = forte  
correlazione negativa*



L. et al. Global diversity and biogeography of bacterial communities in wastewater treatment plants. Nat. Microbiol. 7, 1183–1195 (2019)

# Il fenomeno biologico

*l'EDTA  
complessa i  
metalli  
polivalenti*



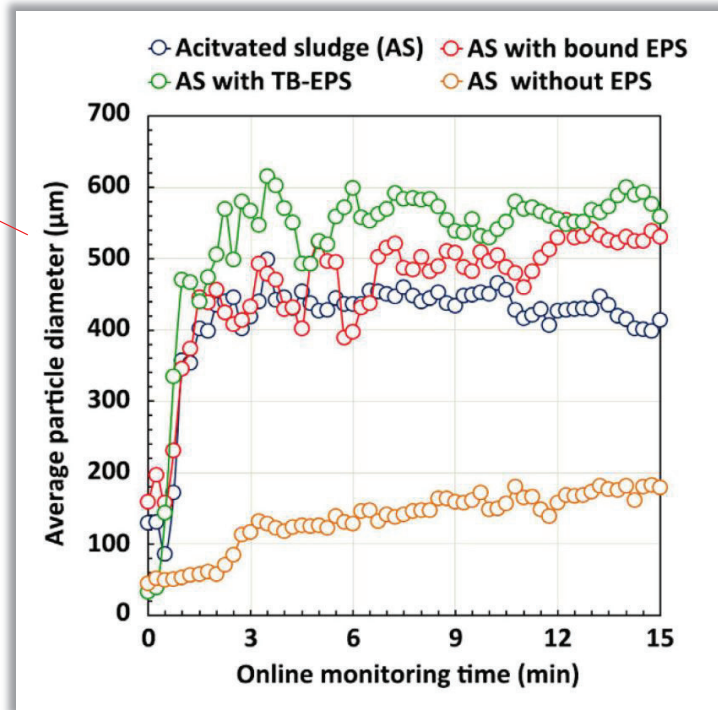
*l'urea  
interferisce  
con i legami  
idrogeno*

Guo, X. et al. Composition analysis of fractions of extracellular polymeric substances from an activated sludge culture and identification of dominant forces affecting microbial aggregation. Sci. Rep. 6, 28391; (2016)

# Il fenomeno biologico

## Ruolo delle sostanze polimeriche extracellulari (EPS)

*dimensioni  
del fiocco*



*solubili*

*debolmente  
legate*

*fortemente  
legate*

Content	EPS composition	Value (mg/g of MLVSS)
S-EPS	PN <i>proteiche</i>	4.4
	PS <i>saccaridiche</i>	11.2
	HS <i>umiche</i>	0.6
	Total	16.1
	Ratio of HS, PN, and PS	0.1:0.4:1
	S-EPS (%)	7.4
LB-EPS	PN	18.6
	PS	25.7
	HS	5.1
	Total	49.4
	Ratio of HS, PN, and PS	0.2:0.7:1
	LB-EPS (%)	22.6
TB-EPS	PN	86.7
	PS	50.6
	HS	15.6
	Total	152.9
	Ratio of HS, PS, and PN	0.2:0.6:1
	TB-EPS (%)	70.0
Ratio of S- EPS, LB-EPS, and TB-EPS		0.1:0.3:1

Guo, X. et al. Composition analysis of fractions of extracellular polymeric substances from an activated sludge culture and identification of dominant forces affecting microbial aggregation. Sci. Rep. 6, 28391; (2016)

# Sostanze con effetti tossici

Alcuni inquinanti agiscono come inibitori della crescita batterica

In tal caso, il processo biologico rallenta anche in presenza di fattori di crescita ben bilanciati



# Sostanze con effetti tossici

**METAL, CYANIDE AND INORGANIC COMPOUND CONCENTRATIONS  
INHIBITING BIOLOGICAL PROCESSES  
IN (mg/l)**

Pollutant	Biological Process			
	Activated Sludge	Nitrification	Aerobic Fixed Film	Anaerobic Digestion
Ammonia	<=480	N/A	N/A	1,500-3,000
Arsenic	0.04 - 0.4	N/A	290	0.1 - 1
Boron	0.05 - 10	N/A	N/A	2
Cadmium	0.5 - 10	5-9	5-20	0.02 - 1
Calcium	2,500	N/A	N/A	N/A
Chloride	N/A	180	N/A	20,000
Chromium (Tot.)	0.1 - 20	0.25 - 1	50	1.5 - 50
Copper	0.1 - 1	0.05 - 0.5	25 - 50	0.5 - 100
Cyanide	0.05 - 20	0.3 - 20	N/A	0.10 - 4
Iodine	10	N/A	N/A	N/A
Iron	5 - 500	N/A	N/A	5
Lead	0.1 - 10	0.5 - 1.7	N/A	50 - 250
Manganese	10	N/A	N/A	N/A
Magnesium	N/A	50	N/A	1,000
Mercury	0.1 - 5.0	2 - 12.5	N/A	1,400
Nickel	1-5	0.25 - 5	N/A	2 - 200
Silver	0.03 - 5	0.25	N/A	N/A
Sodium	N/A	N/A	N/A	3,500
Sulfide	>50	N/A	N/A	50 - 100
Tin	N/A	N/A	N/A	9
Vanadium	20	N/A	N/A	N/A
Zinc	0.30 - 20	0.01 - 1	N/A	1 - 10

N/A - Not Available

**ORGANIC COMPOUND CONCENTRATIONS  
INHIBITING BIOLOGICAL PROCESSES  
in (mg/l)**

Compound Type	Biological Process		
	Activated Sludge	Nitrification	Anaerobic Digestion
Agricultural Chemical Common Pesticides	0.05 - 0.10	N/A	N/A
Lindane	5 - 10	N/A	N/A
Aromatics Chlorinated Benzenes	5 - 150 0.1 - 5	N/A N/A	100 - 870 0.1 - 1
Halogenated Aliphatics	150 - 250	< 0.1 - 18	0.1 - 100
Nitrogen Compounds	1 - 500	0.1 - 100	5 - 500
Oxygenated Compounds Alcohols	120- 500 1,000	N/A N/A	20 - 1,000 N/A
Acids	N/A	N/A	10
Phenol Chlorophenols	90 - 1,000 5 - 100	I - 10 N/A	100 - 200 0.2 - 100
Nitrophenols	50 - 200	150	100
MethyIphenols	N/A	5 - 50	N/A
Phthalates	>10	N/A	N/A
Polynuclear Aromatic Hydrocarbons	500 - 2,500	N/A	N/A

N/A - Not available

Montgomery, J M. 1987. "Guidance manual for preventing interference at POTWs". United States

# Sostanze con effetti tossici

Un segnale chiaro dell'ingresso in impianto di sostanze con effetti tossici sul fango è rappresentato dall'aumento repentino della concentrazione di ossigeno disciolto in vasca di ossidazione: l'attività batterica è inibita, la respirazione aerobica rallenta e l'ossigeno resta disciolto nel liquido

*... ma gli effetti di ignote sostanze sono anche l'alibi più frequente tra quelli impiegati per giustificare il basso rendimento depurativo imputabile ad altre cause o addirittura il malfunzionamento di componenti d'impianto*

# Una prova oggettiva, la SOUR

*Specific Oxygen Uptake Rate* (velocità specifica di assorbimento dell'ossigeno)

1. prelevare un campione di miscela aerata (il punto migliore è vicino all'ingresso dei reflui in vasca)
2. determinare i solidi sospesi volatili della miscela (MLVSS in g/l)
3. saturare il campione con ossigeno sbattendolo in una bottiglia piena a metà per almeno 45 secondi
4. riempire una bottiglia per BOD da 300 ml, inserire una sonda di ossigeno e un'ancoretta magnetica per l'agitazione della miscela
5. registrare la concentrazione di ossigeno disciolto (DO in mg/l) all'inizio della prova e dopo 10 minuti
6. calcolare SOUR come  $6 \cdot (DO_i - DO_f) / MLVSS$

*(una prova più rigorosa è descritta da EPA method 1683 2001)*

# Sostanze con effetti tossici

Indicativamente, negli impianti convenzionali e con temperature intorno a 20 °C si osservano valori di SOUR tra 15 e 30

*... ma il riferimento migliore è la serie storica dei valori misurati nell'impianto*

Per togliersi ogni dubbio, si può ripetere la prova aggiungendo al campione una soluzione zuccherina: se non si ottiene un aumento dell'indice SOUR, la presenza di effetti tossici è molto probabile



**GRAZIE  
PER  
L'ATTENZIONE**