



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



**EU.WATERCENTER**  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

# Continuing education seminars La pianificazione di distretto idrografico nel contesto nazionale ed europeo

La depurazione delle acque: inquadramento generale, evoluzione del  
sistema depurativo,  
criticità e obiettivi del piano, misure e fabbisogni  
Francesco Tornatore

Parma, Campus Universitario 15 e 22 Maggio, 12 e 19 Giugno 2015



ORDINE  
DEGLI ARCHITETTI  
PIANIFICATORI PAESAGGISTI  
E CONSERVATORI  
DELLA PROVINCIA  
DI PARMA



ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI  
E DEI DOTTORI FORESTALI  
DELLA PROVINCIA DI PARMA



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



**EU.WATERCENTER**  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

# Inquinamento puntuale e sistemi di trattamento





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA

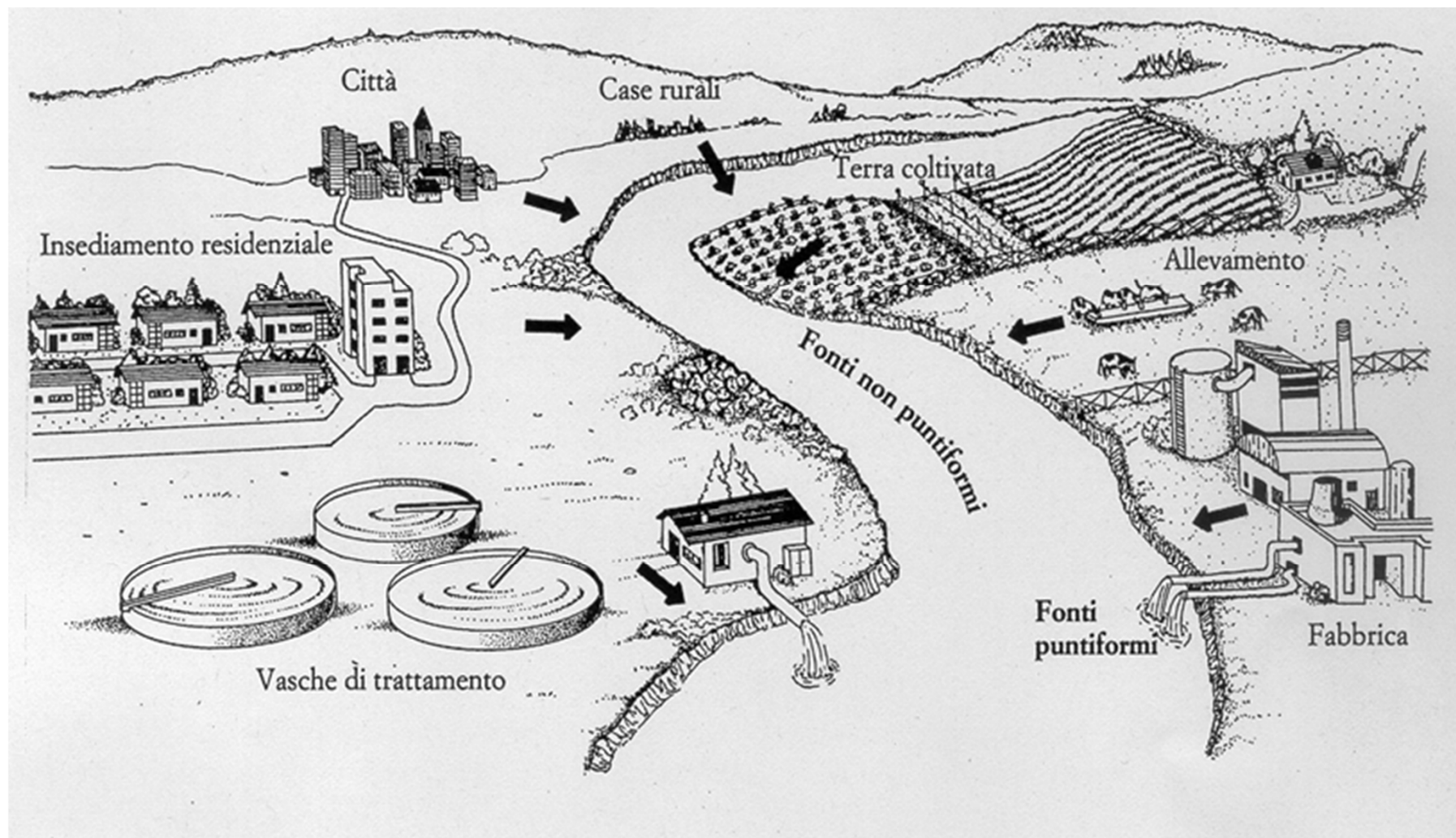


EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## Fonti di inquinamento ed effetti sui corpi idrici superficiali





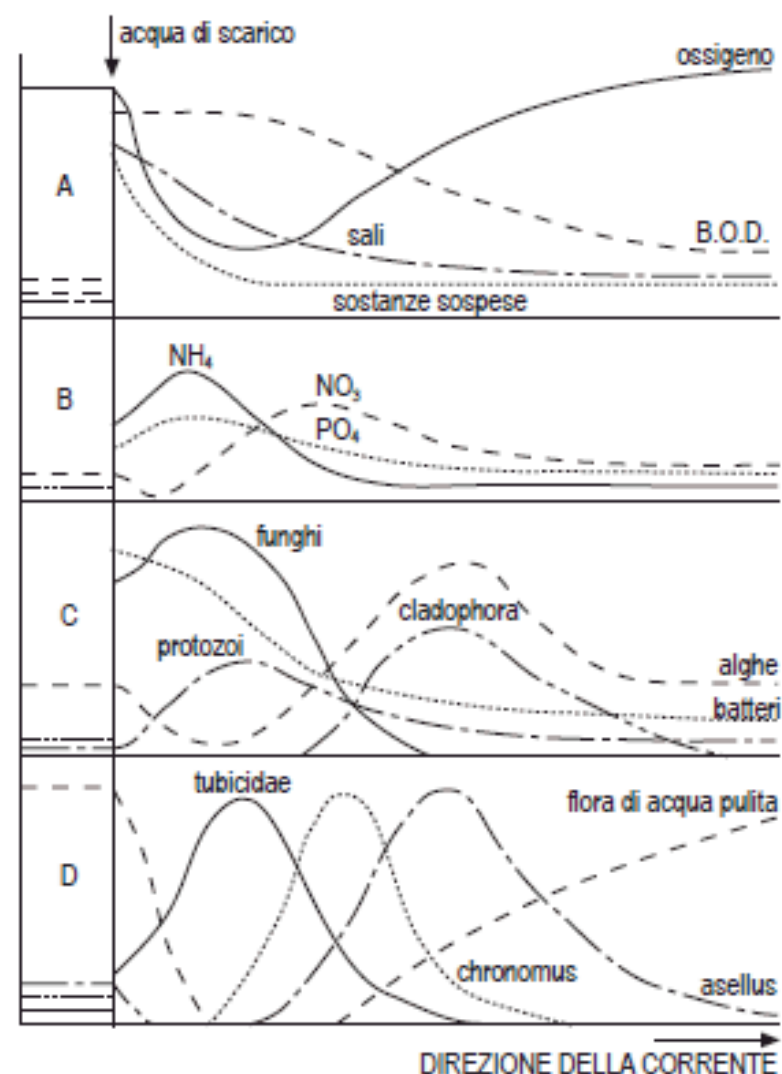
## Fonti di inquinamento ed effetti sui corpi idrici superficiali

Le acque naturali utilizzano l'ossigeno in esse disciolto per eliminare le sostanze inquinanti e man mano che questo viene consumato dai batteri, altro ossigeno atmosferico si discioglie in acqua con un processo la cui cinetica è tanto più elevata quanto più rapido è il consumo di ossigeno.

L'ossigeno disciolto ha una solubilità limitata nell'acqua, solubilità che dipende dalla temperatura e dalla salinità della soluzione.

In acqua dolce, a 20°, tale solubilità è di appena 8-9 mg/l. Un apporto localizzato, con concentrazioni relative molto elevate di sostanze organiche biodegradabili, in un corpo idrico superficiale, può portare ad una totale scomparsa dell'ossigeno disciolto e tale situazione di completa anossia può innescare le reazioni biologiche anaerobiche, con relativo forte degrado qualitativo del corpo idrico.

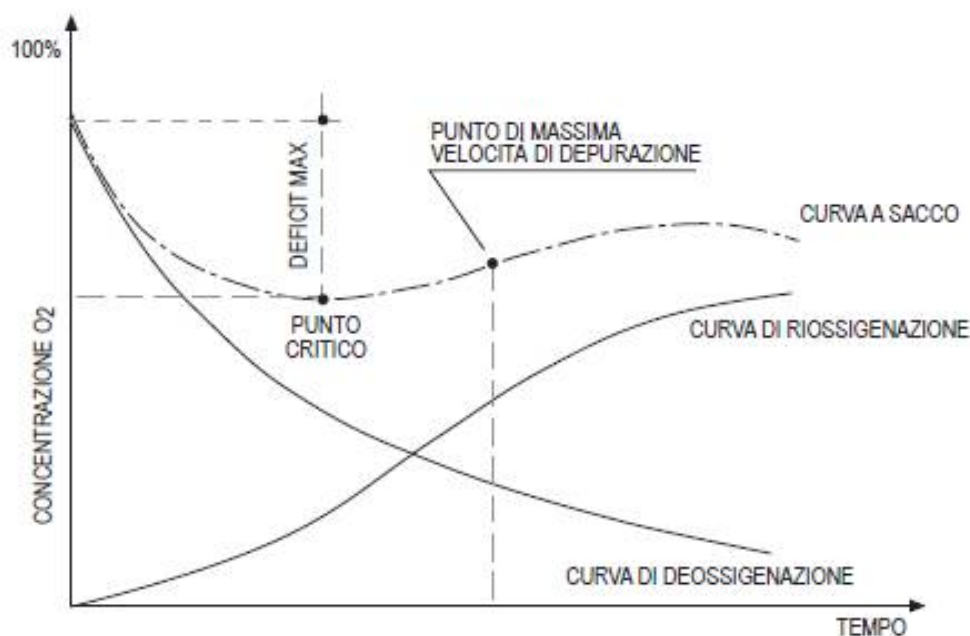
Per quanto riguarda i fiumi, questo tipo di problema viene descritto efficacemente dalla cosiddetta **curva a sacco**, che permette di verificare la gravità dell'impatto ambientale di uno scarico inquinante che perviene in un ben preciso punto di un corso d'acqua.







## Fonti di inquinamento ed effetti sui corpi idrici superficiali



Quando l'ossigeno disciolto giunge a zero, la **curva a sacco** individua la zona del fiume lungo la quale verrà cancellata qualunque forma di vita acquatica, vegetale o animale.

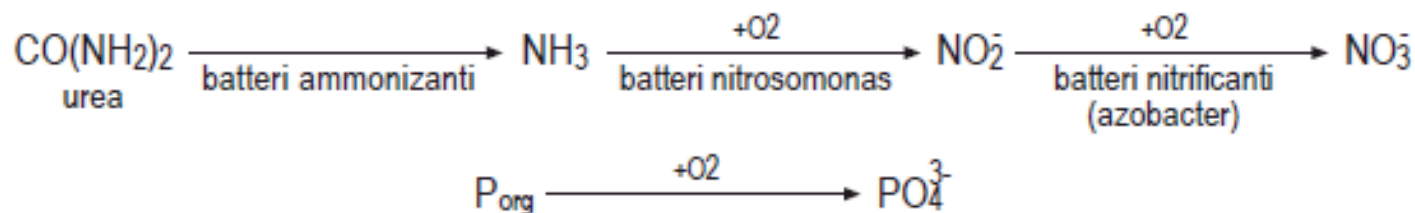
La figura mostra tre curve:

- la curva a sacco;
- la curva di riossigenazione, che indica l'andamento della concentrazione di ossigeno via via trasferito dall'atmosfera al mezzo liquido;
- la curva di deossigenazione, che indica la concentrazione di ossigeno disciolto che si avrebbe per effetto del progressivo consumo dell'ossigeno originariamente presente, se nel contempo non ci fosse la riossigenazione operata dallo scambio con l'atmosfera.



## Fonti di inquinamento ed effetti sui corpi idrici superficiali

Il processo di degradazione dell'azoto e del fosforo organici conduce alla produzione di ioni nitrato e fosfato, come negli esempi di seguito riportati, riguardanti le trasformazioni subite dall'urea (costituente principale dell'urina, tra le sostanze organiche più abbondanti nei reflui) e dalle sostanze organiche contenenti fosforo (membrane fosfolipidiche, enzimi, etc.):



Nitrati e fosfati sono sostanze ampiamente utilizzate in agricoltura in relazione alla loro capacità di apportare nutrimento alle specie vegetali; lo stesso potere fertilizzante viene da essi esercitato nei confronti delle specie vegetali acquatiche.

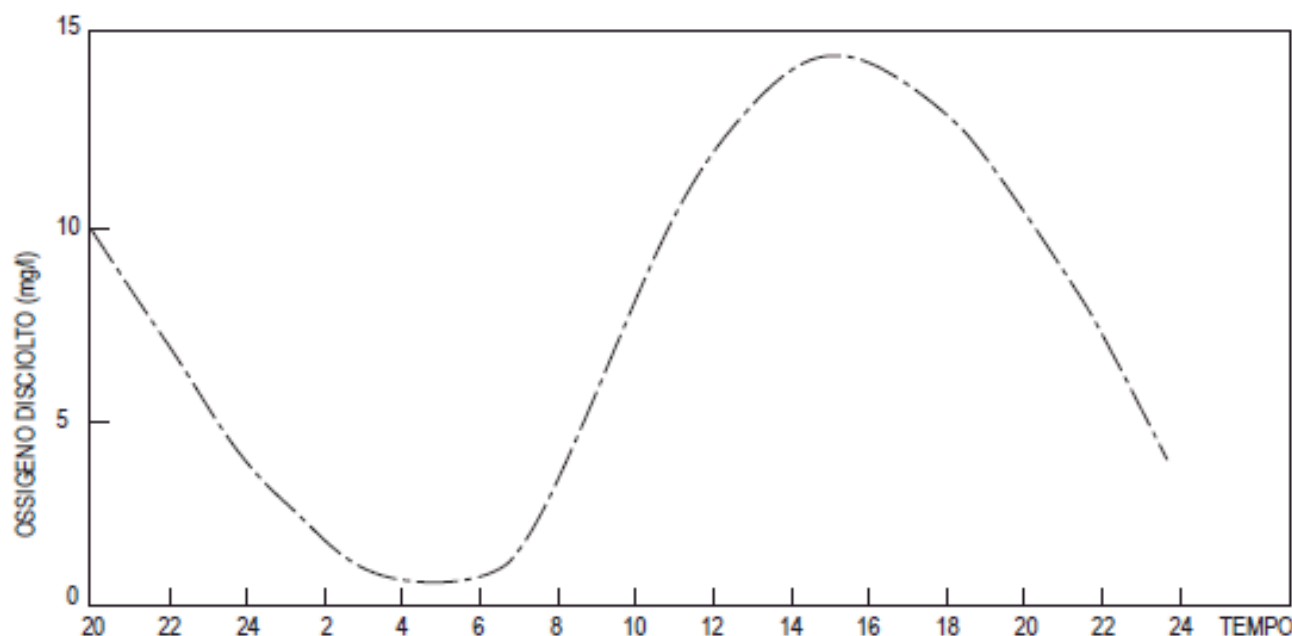
Un'eccessiva presenza dei suddetti sali causa il proliferare delle alghe che, assorbendo ossigeno, lo sottraggono agli organismi animali e vegetali provocando la morte del corpo idrico (**fenomeno dell'eutrofizzazione**).



## Fonti di inquinamento ed effetti sui corpi idrici superficiali

Indici di tale problematica sono l'elevata torbidità dell'acqua e la forte oscillazione dell'ossigeno disciolto tra il giorno e la notte. Infatti, di giorno l'eccezionale massa algale produce una grande quantità di ossigeno di origine fotosintetica, compensando ampiamente il consumo di ossigeno dovuto alla respirazione delle cellule vegetali. In tale situazione, l'ossigeno disciolto può assumere valori notevolmente superiori al 100% di saturazione (nei corpi idrici fortemente eutrofizzati si supera il 130%).

Di notte, invece, mancando l'ossigeno della sintesi clorofilliana, si assiste ad un rapido consumo dell'ossigeno disciolto, fino a valori nulli sul fondo del corpo idrico, in quanto è elevatissimo il consumo di tale gas a causa della respirazione delle cellule vegetali e delle reazioni biologiche ossidative provocate dalle alghe che hanno concluso il loro ciclo vitale.



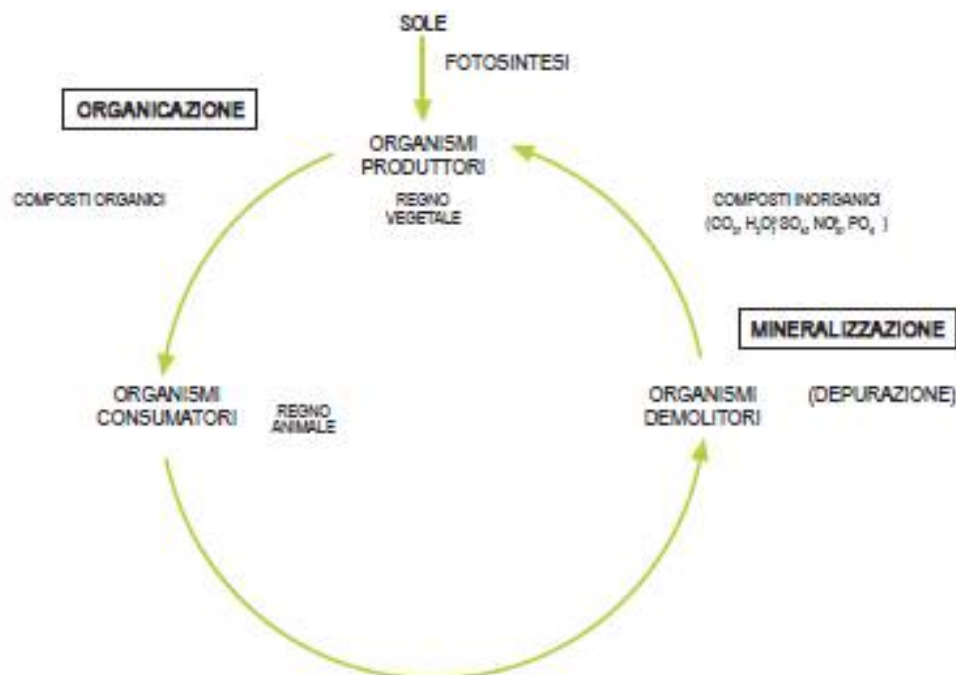




## Autodepurazione dei corpi idrici superficiali e processi depurativi negli impianti di depurazione biologici

Il **processo di depurazione** che osserviamo negli **impianti di trattamento reflui** riproduce un processo che si manifesta spontaneamente in natura, attraverso il quale si ottiene la biodegradazione delle sostanze organiche (autodepurazione delle acque naturali).

Come indicato in figura, tutto trae origine dall'azione di fotosintesi clorofilliana esercitata dalle piante che, partendo da sostanze semplici inorganiche (o minerali) presenti nel terreno o nell'aria (anidride carbonica, nitrati, fosfati, solfati ecc.), tendono a costituire composti più complessi come proteine, grassi, enzimi ecc, che rappresentano la materia organica presente negli ecosistemi naturali (processo di organizzazione).



Rappresentazione schematica del rapporto fra organismi produttori, consumatori e demolitori nel sistema biosfera.



## **Autodepurazione dei corpi idrici superficiali e processi depurativi negli impianti di depurazione biologici**

L'azione inversa, svolta da particolari batteri presenti in natura, tende a scindere le sostanze organiche complesse in sostanze semplici inorganiche (processo di mineralizzazione).

A seconda della tipologia di batteri che intervengono nel processo, la semplificazione della sostanza organica può avvenire o meno in presenza di ossigeno; in tal caso si sviluppano le condizioni rispettivamente di aerobiosi e di anaerobiosi:

Processi anaerobici (-O <sub>2</sub> )	Sostanza organica di partenza	Processi aerobici (+O <sub>2</sub> )
CH <sub>4</sub> (metano)	C (carbonio organico)	CO <sub>2</sub> (anidride carbonica)
PH <sub>3</sub> (fosfina)	P (fosforo organico)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (fosfati)
H <sub>2</sub> S (idrogeno solforato)	S (zolfo organico)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (solfati)
NH <sub>3</sub> (ammoniaca)	N (azoto organico)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (nitrati)

Ciò che occorre evidenziare è che tutti i prodotti dei processi anaerobici sono di natura gassosa ed altamente tossici, mentre quelli che si sviluppano dai processi aerobici, ad eccezione dell'anidride carbonica, sono sali disciolti nell'acqua.

Tutti i processi sopra descritti avvengono regolarmente in natura in tempi molto lunghi: l'uomo tende a riprodurre lo stesso processo naturale all'interno degli impianti di depurazione, limitando i tempi e controllando la qualità e la quantità delle sostanze da trattare.

In sintesi, **il processo di depurazione è un processo naturale riprodotto dall'uomo in volumi ridotti ed in tempi minori.**

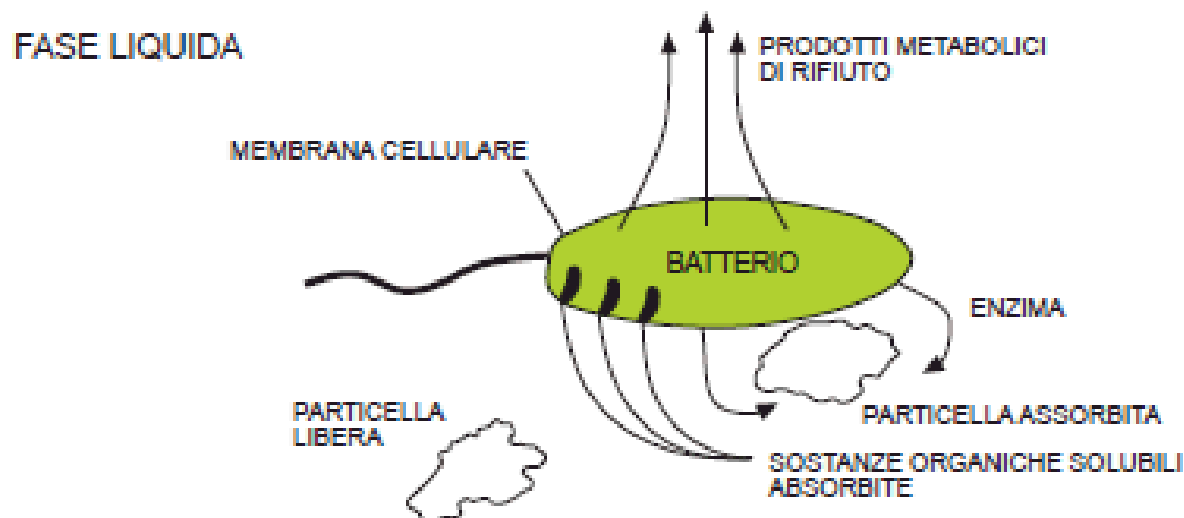


## Autodepurazione dei corpi idrici superficiali e processi depurativi negli impianti di depurazione biologici

In un'acqua inquinata da sostanze organiche, sottoposta ad aerazione, si formano lentamente delle colonie di **microrganismi aerobi**, che assumono l'aspetto di un fango fioccoso color nocciola; tale fango, detto **fango attivo**, è in grado di provocare una rapida ossidazione delle sostanze organiche biodegradabili contenute nell'acqua.

Nel campo della depurazione biologica i batteri sono senza dubbio i microrganismi che rivestono maggiore importanza, seguiti da funghi, muffe e virus.

La cellula batterica produce all'esterno della propria membrana degli enzimi idrolitici che attaccano le proteine, i grassi e i carboidrati scindendoli rispettivamente in amminoacidi, acidi grassi e zuccheri semplici. Tali molecole, avendo modeste dimensioni, possono attraversare la membrana cellulare, al cui interno, poi, vengono riaggregate per generare nuovamente proteine, grassi e carboidrati.







## Autodepurazione dei corpi idrici superficiali e processi depurativi negli impianti di depurazione biologici

Il metabolismo cellulare è divisibile in anabolismo e catabolismo.

L'anabolismo è la fase di sintesi dei biopolimeri (proteine, grassi, polisaccaridi), sostanze necessarie per la crescita e la riproduzione, la quale avviene con il meccanismo della duplicazione cellulare.

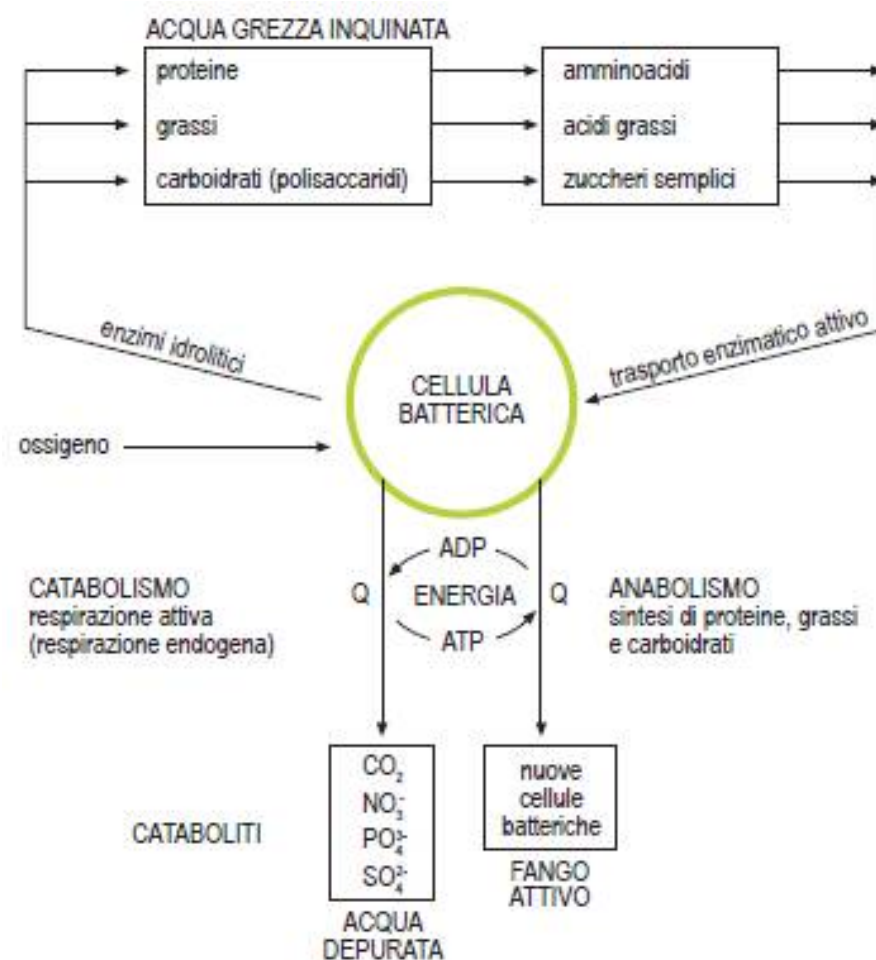
L'energia necessaria allo svolgimento dei processi di sintesi viene ottenuta attraverso reazioni esotermiche di ossidazione biochimica della sostanza organica, con produzione di anidride carbonica, nitrati, solfati, fosfati che permangono nell'acqua (processo catabolico).

Lo scambio di energia nella cellula viene realizzato attraverso la reazione:



ADP = adenosin-di-fosfato

ATP = adenosin-tri-fosfato





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Autodepurazione dei corpi idrici superficiali e processi depurativi negli impianti di depurazione biologici***



Ulteriori prodotti del metabolismo batterico sono delle sostanze polisaccaridiche (come il glicogeno) estromesse dai batteri stessi, con azione flocculante, cioè con la funzione di favorirne l'aggregazione dando luogo a microflocchi, che poi man mano si ingrandiscono. Questa secrezione funge, in definitiva, da collante e il fenomeno è indicato come **bioflocculazione**.

In queste condizioni l'acqua, originariamente trasparente, diventa torbida per la formazione di quello che viene definito 'fango a punta di spillo' (in inglese 'pin point sludge'); questo è il fango che si forma quando si avvia il depuratore.

I fiocchi di fango sono strutturalmente costituiti da uno scheletro formato da batteri filamentosi, con batteri di forma sferica (cocchi) che si aggregano tra i filamenti e danno consistenza al fiocco.

Quando la cellula batterica trova carenza di nutrienti, può utilizzare le sostanze contenute nel protoplasma interno, cioè può trarre energia da se stessa: tale processo è definito come respirazione endogena, mentre i processi in cui vengono utilizzate le sostanze nutritive esterne alla cellula costituiscono la respirazione attiva.



## **Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi**

I liquami si distinguono in :

- liquami civili;
- liquami industriali;
- acque reflue urbane.

I **liquami civili** presentano caratteristiche simili ed omogenee in tutte le parti del mondo, derivando dalle più comuni attività antropiche; i **liquami industriali** sono, invece, legati alle tipologie produttive e, quindi, ai processi produttivi in atto.

Tale differenziazione si ripercuote direttamente sulla tipologia dei trattamenti che possono essere eseguiti: i liquami civili possono essere depurati con metodi biologici; i liquami industriali possono essere depurati con metodi biologici o chimici a seconda delle concentrazioni e del tipo di inquinanti presenti allo scarico.

Le **acque reflue urbane**, a loro volta, si distinguono in :

- liquami forti
- liquami medi
- liquami deboli

La distinzione è effettuata in base alla quantità di sostanze organiche presenti; la composizione tipica dei tre tipi di liquami è rappresentata nella tabella seguente.





## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE [mg/l]		
	LIQUAMI FORTI	LIQUAMI MEDI	LIQUAMI DEBOLI
Solidi totali	1.200	700	350
Solidi disciolti totali:	850	500	250
- non volatili	525	300	145
- volatili	325	200	105
Solidi sospesi totali:	350	200	100
- non volatili	75	50	30
- volatili	275	150	70
Solidi sedimentabili (m/l)	20	10	5
BOD <sub>5</sub> (richiesta biochimica di ossigeno)	300	200	100
TOC (carbonio organico totale)	300	200	100
COD (richiesta chimica di ossigeno)	1.000	500	250
Azoto (somma di tutte le forme, come N)	85	40	20
- organico	35	15	8
- ammoniacale	50	25	12
- nitrico	0	0	0
- nitroso	0	0	0
Fosforo (somma di tutte le forme, come P)	20	10	6
- organico	5	3	2
- inorganico	15	7	4
Cloruri	100	50	30
Alcalinità (come CaCO <sub>3</sub> )	200	100	50
Olii e grassi	150	100	50



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

In base a quanto detto sopra, i batteri hanno bisogno di ossigeno per eseguire le operazioni di demolizione della sostanza organica. Si può, dunque, affermare che la misura dell'ossigeno necessario per i processi degradativi fornisce indirettamente la misura della sostanza organica presente nel liquame.

Il parametro che consente la valutazione del carico inquinante di un'acqua è il **BOD (Biochemical Oxygen Demand)**. Esso viene definito come la quantità, in mg, di ossigeno utilizzato da una popolazione microbica eterogenea per demolire, in condizioni specificate di temperatura e tempo, il materiale organico biodegradabile presente in un litro d'acqua.

La misura del BOD viene effettuata determinando la quantità di ossigeno disciolto all'inizio e alla fine di un periodo di **5 giorni**, in cui il campione d'acqua viene conservato in termostato alla temperatura di 20° e al buio; la differenza tra i due valori misurati rappresenta la quantità di ossigeno che i batteri hanno consumato per degradare le sostanze organiche presenti nell'acqua esaminata.



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## **Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi**

La determinazione del BOD<sub>5</sub> richiede tempi troppo lunghi ed è poco riproducibile, per cui spesso volte si ricorre alla determinazione di un altro parametro di inquinamento: il **COD (Chemical Oxygen Demand)**.

Il principio del metodo è basato sull'aggiunta, al campione di refluo, di una sostanza chimica (bicromato di potassio) che ossida le sostanze organiche ed eventualmente inorganiche presenti nell'acqua. Il valore del COD viene espresso come quantità equivalente di ossigeno consumato, in mg/l.

La determinazione del COD è rapida (richiede poco più di 2 ore) ed è abbastanza riproducibile, ma non coincide con il BOD, dal momento che il bicromato, essendo un forte ossidante chimico, è in grado di ossidare anche le specie organiche non biodegradabili ed alcune specie inorganiche.

Le esperienze hanno dimostrato che normalmente i due parametri, per i reflui civili, hanno un rapporto COD:BOD=2÷2.4; per gli scarichi industriali, data la natura degli stessi, non è detto che tale rapporto si mantenga, al contrario il COD può essere molto più elevato del BOD.

Valori elevati di tale rapporto indicano una scarsa biodegradabilità.





## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

Normalmente gli scarichi sono costituiti da una parte solida e da una parte liquida. La parte solida è composta dai solidi totali e dai solidi sedimentabili. I solidi totali sono costituiti dai disciolti totali e dai sospesi totali ed ognuna delle categorie è suddivisa in volatili e non volatili; tale differenziazione è legata alla natura stessa dei solidi e, quindi, differenti sono le metodologie di analisi:

- **SST (Solidi Sospesi Totali)**: si determinano attraverso la filtrazione e il successivo essiccamento;
- **SSV (Solidi Sospesi Volatili)**: si determinano bruciando in muffola a 550°C i solidi determinati precedentemente e calcolando la percentuale delle ceneri rispetto ai SST determinati;
- **SDT (Solidi Disciolti Totali)**: si determinano dalla soluzione filtrata per la determinazione dei SST, svaporando a 100° la soluzione;
- **SDV (Solidi Disciolti Volatili)**: si determinano bruciando in muffola a 550°C il prodotto del processo precedente ed eseguendo la differenza (espressa in percentuale sui SDT).

Per quanto riguarda i Solidi Sedimentabili, questi vengono eliminati attraverso un processo di sedimentazione primaria (la loro determinazione si ottiene mediante un cono Imhoff nel tempo di due ore).



## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi

Il **carico idraulico** (o portata idraulica) esprime la quantità di acqua reflua che giunge al depuratore nell'unità di tempo (es.  $\text{m}^3/\text{giorno}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ ).

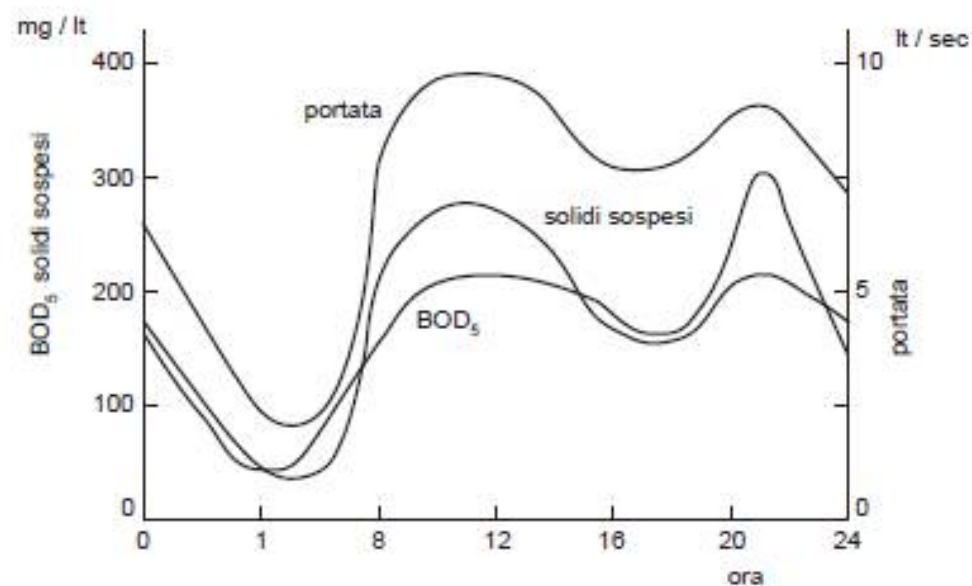
Il carico organico indica, invece, la quantità di sostanze organiche che devono essere trattate, espresse in termini di  $\text{BOD}_5$ , nell'unità di tempo (es.  $\text{kg BOD}_5/\text{giorno}$ ).

Dividendo il carico organico giornaliero per il carico idraulico giornaliero si ottiene il BOD corrispondente ad ogni litro d'acqua, indicato come carico organico specifico.

L'afflusso di acqua reflua al depuratore non è costante, al contrario è caratterizzato da oscillazioni tra orari di punta e fasce orarie (quelle notturne) in cui il carico idraulico ed organico scendono fin quasi a zero.

Il grafico riportato di lato mostra le variazioni orarie di:

- portata;
- concentrazione del  $\text{BOD}_5$ ;
- concentrazione dei solidi sospesi.





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

Per questo motivo è importante che gli impianti di depurazione siano provvisti di una vasca di accumulo ed equalizzazione, con un sistema di pompaggio che alimenti il depuratore in maniera costante.

Alla base del corretto funzionamento di un impianto di depurazione vi è la costanza qualitativa del refluo in entrata.

L'equalizzatore è dotato di un sistema di aerazione, che svolge due funzioni:

- evita l'insorgere di situazioni di anossia;
- provoca una preossidazione del refluo.

Un concetto utile per esprimere il carico di una particolare utenza civile o industriale dell'impianto di depurazione, in termini omogenei e confrontabili con le utenze civili, è l'**abitante equivalente (AE)**. In particolare, si definisce abitante equivalente un ipotetico abitante che consuma 250 l di acqua al giorno e produce 70 kg di BOD al giorno.

Bisogna considerare che in una città ci sono, oltre alle utenze civili, anche attività artigianali e industriali e per queste ultime va calcolato un numero di abitanti equivalenti corrispondente al BOD prodotto.

Ad esempio, nella provincia di Milano, considerando le attività industriali, si raggiunge il valore di 12.000.000 di abitanti equivalenti.



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

**$F_c$**  rappresenta la quantità di sostanza organica che viene fornita ad ogni kg di fango presente nella vasca di ossidazione di un depuratore a fanghi attivi ed è espresso in kg BOD<sub>5</sub>/kg SS al giorno.

Il parametro esprime, in parole povere, la 'razione quotidiana' di cibo che ha a disposizione ogni kg di fango.

La scelta del fattore di carico organico deve essere soppesata sulla base dell'impianto che si deve realizzare.

Quando  $F_c$  è inferiore a 0.08 si assiste alla stabilizzazione del fango nella stessa vasca di ossidazione perché la sostanza organica è così poca che, dopo averla consumata, il fango mineralizza se stesso.

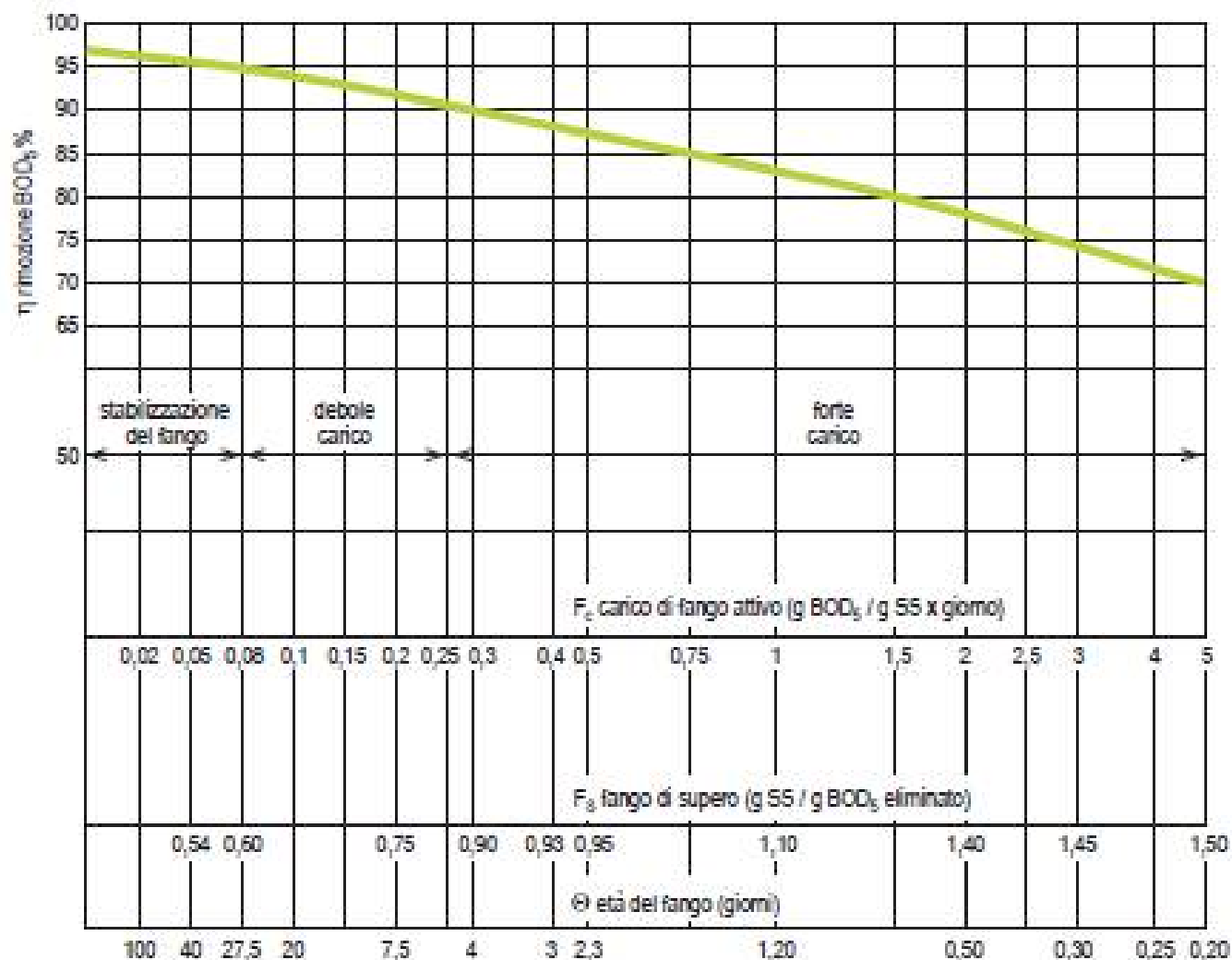
Negli impianti ad ossidazione totale, il valore ideale di  $F_c$  è 0,07; negli impianti ad ossidazione parziale (come quelli comunali)  $F_c = 0,3-0,35$ . Con un fattore di carico così elevato, il fango attivo nella vasca di ossidazione può solo depurare il liquame grezzo (respirazione attiva) ma non se stesso. In questo caso, la respirazione endogena viene effettuata in un'altra vasca aerata (il digestore), dove il fango viene mineralizzato finché diventa stabile e non più putrescibile.

Dall'analisi della curva di Wurhman è possibile determinare il rendimento depurativo percentuale (•) corrispondente ad ogni valore di  $F_c$ .





## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

Esiste una relazione che correla il fattore di carico organico con il volume della vasca di ossidazione e consente, quindi, la determinazione del valore di quest'ultimo:

$$F_c = \frac{Q \times L_i}{V \times C_a}$$

Q = carico idraulico (mc/giorno)

L<sub>i</sub> (liquor) = BOD specifico (kg/mc)

C<sub>a</sub> = concentrazione dei fanghi nella vasca (kg/mc)

V = volume della vasca (mc)

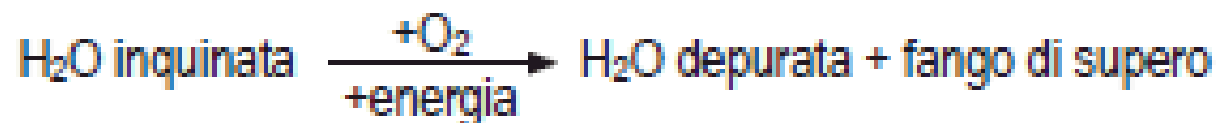
Il rapporto  $T=V/Q$  (h) è denominato tempo di ritenzione (o tempo di detenzione, o tempo di contatto).

Gli impianti ad ossidazione totale ( $F_c < 0,08$ ), con vasche di ossidazione più grandi e maggiori consumi energetici, sono preferiti, per la loro semplicità, nei piccoli insediamenti (<2000 a.e.).



## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi

Durante il processo anabolico ha luogo la riproduzione cellulare che, ovviamente, comporta un aumento continuo della quantità di fango (fango di supero, cioè fango in eccesso). Ciò permette di fissare un principio fondamentale: non può esservi acqua depurata senza produzione di **fango di supero**.



Il fango di supero deve essere regolarmente allontanato, se si desidera che la concentrazione dei fanghi attivi nella vasca di ossidazione rimanga pressoché costante (da 3 a 5 kg SS/mc).

Una grandezza che caratterizza la produzione di fango di supero è il tasso di crescita del fango, definito come la percentuale di aumento giornaliero del peso di fango esistente nell'impianto. Esso rappresenta il rapporto percentuale fra la quantità di fango di supero (in peso) da estrarsi giornalmente (per mantenere costante la concentrazione del fango nella miscela aerata) e la quantità di fango (in peso), esistente nel sistema.



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi***

Una grandezza molto significativa è pure l'**età del fango**, che è esattamente la grandezza inversa del tasso di crescita, cioè individua il rapporto fra la quantità complessiva di fango presente nel sistema (in peso) e la quantità di fango di supero prodotta giornalmente (in peso):

$$E \text{ (giorni)} = \frac{\text{kg SS}_{\text{ox}}}{\text{kg SS}_{\text{estrattigiorno}}}$$

La quantità complessiva di fango viene praticamente considerata, in genere, come quella presente nella fase di aerazione.

In definitiva, l'età del fango individua il tempo complessivo in cui il fango, in un impianto a fanghi attivi, soggetto a continuo ricircolo, soggiorna complessivamente nell'impianto, cioè il tempo di detenzione del fango.

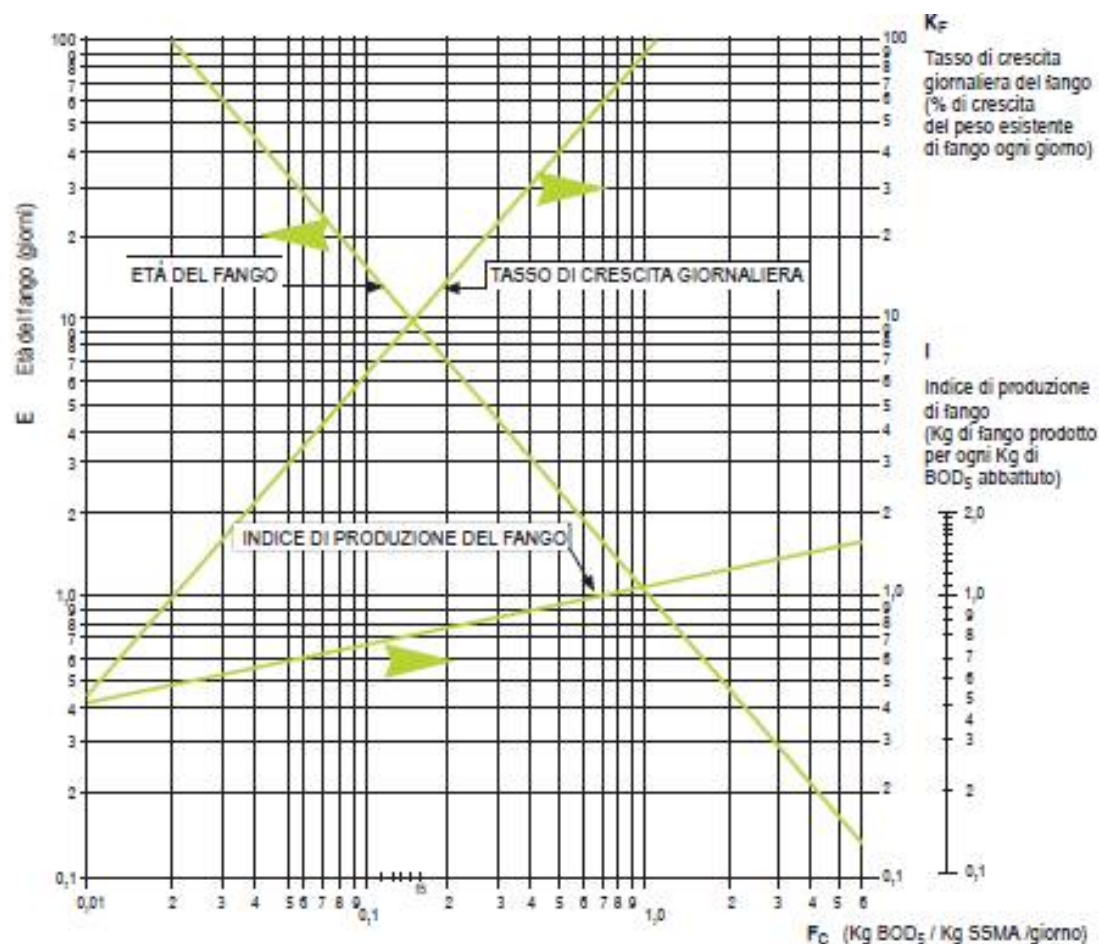




## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi

Per acque reflue domestiche, esiste una diretta dipendenza del tasso di crescita del fango, e quindi anche dell'età del fango, dal fattore di carico organico  $F_c$ .

Il grafico di fianco rappresenta l'andamento sperimentale dell'età del fango, dell'indice di produzione di fango e del tasso di crescita, al variare del fattore di carico organico.





## Classificazione dei liquami e parametri costruttivi di un impianto di depurazione a fanghi attivi

Il parametro **Indice di Volume del Fango SVI (Sludge Volume Index)** indica il volume, in millilitri, occupato da un grammo di fango attivo (prelevato dalla vasca di ossidazione), dopo 30 minuti di sedimentazione in un cono Imhoff. Si calcola nel modo seguente:

$$SVI = \frac{\text{volume di fango sedimentato (ml)}}{\text{peso del fango (g)}}$$

Un fango attivo di buona qualità presenta valori di SVI compresi tra 60 e 150 ml/g. Quando  $SVI < 60$  i fanghi sono molto piccoli e compatti (pin point sludge); quando invece  $SVI > 150$  i fiocchi sono distanti l'uno dall'altro e il fango, in tal caso, è eccessivamente rigonfio (fenomeno del bulking). In entrambi i casi possono aversi disfunzioni nella fase di sedimentazione. Il fango micronizzato ( $SVI < 60$ ) è leggerissimo, per cui non sedimenta bene e viene facilmente trascinato via dall'acqua che esce dal sedimentatore. Nel caso invece del bulking ( $SVI > 150$ ), il rigonfiamento del fango tende ad aumentare eccessivamente l'altezza del letto del fango, provocando trascinamenti di solidi insieme all'acqua depurata in uscita dal sedimentatore.

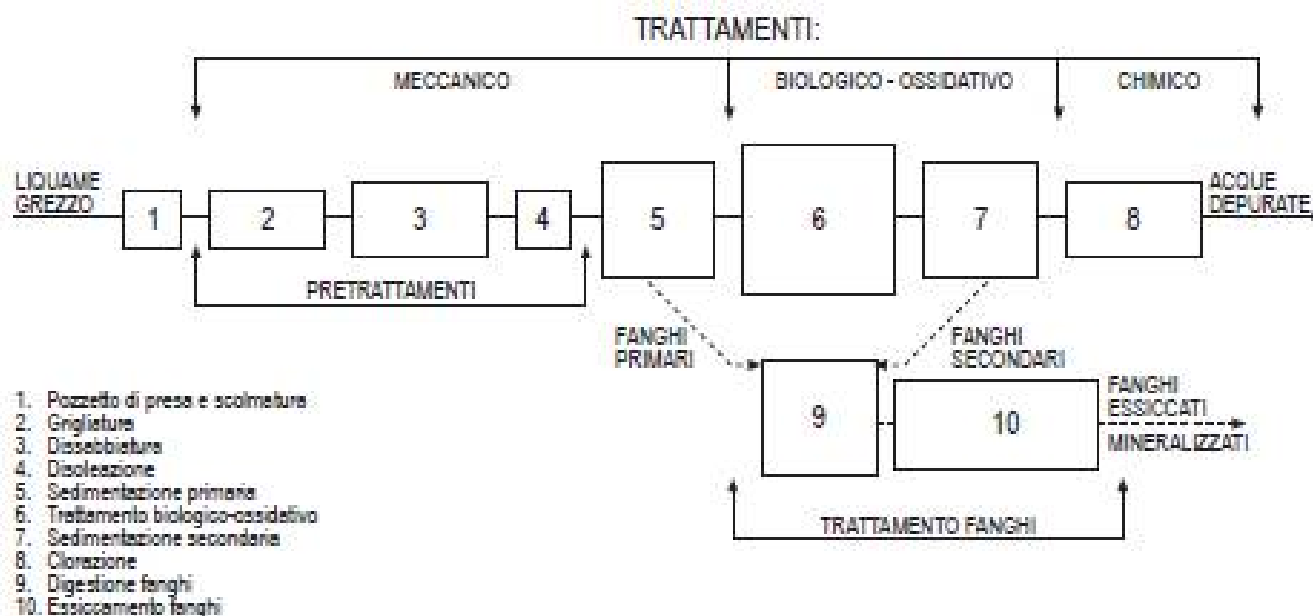


## Impianti di depurazione a fanghi attivi

All'interno degli impianti di depurazione sono presenti una serie di trattamenti che possono essere così suddivisi:

- Trattamenti primari, di natura prevalentemente fisica o meccanica (ad esempio sedimentazione primaria, grigliatura, dissabbiatura);
- Trattamenti secondari, di natura biologica (ad esempio ossidazione biologica);
- Trattamenti terziari, di natura chimico-fisica (ad esempio filtrazione, denitrificazione, defosfatazione, etc.).

I primi due trattamenti sono sempre presenti negli impianti biologici, il terzo si trova solo negli impianti più grandi e complessi.





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Impianti di depurazione a fanghi attivi***

I **trattamenti primari** rispondono all'esigenza di eliminare dal refluo i corpi solidi, la cui degradazione ad opera dei batteri richiederebbe tempi troppo lunghi, trattandosi di un processo che interessa solo la superficie; in più, i corpi grossolani possono intasare e danneggiare pompe e macchinari.

Generalmente si preferisce ricorrere prima ad una grigliatura grossolana, che elimina i corpi più voluminosi ed è effettuata ad opera di griglie in acciaio con barre verticali distanziate tra di loro di  $2 \div 3$  cm; poi, ad una grigliatura fine, che è in grado di eliminare corpi con diametro di pochi millimetri.

La pulizia delle griglie può essere effettuata manualmente o, più convenientemente, in modo meccanizzato adottando diverse soluzioni: griglie ad arco, griglie a pettine, filtri rotativi a tamburo.

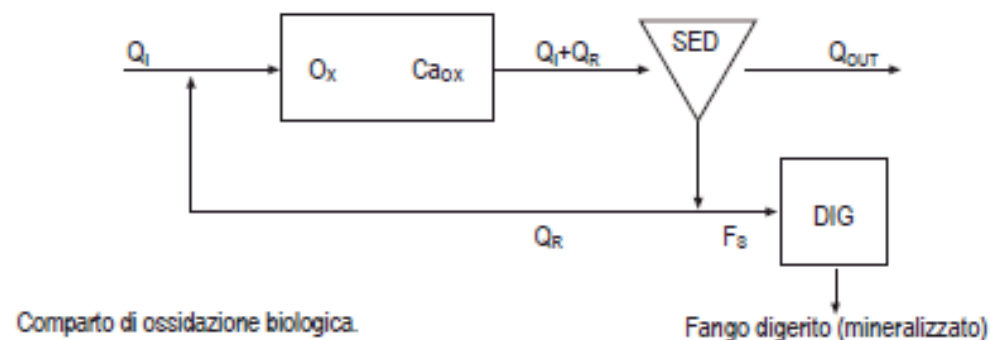
Il dissabbiatore elimina dal refluo le sabbie e tutte quelle particelle simili alle sabbie che possono danneggiare tubazioni e macchinari attraverso abrasione, erosione o intasamento.



## Impianti di depurazione a fanghi attivi

Da un punto di vista funzionale, il cuore di un impianto di depurazione biologica è rappresentato dal **comparto di ossidazione biologica (OX)** e **sedimentazione secondaria (SED)**: il buon funzionamento dell'impianto e, di conseguenza, l'alto rendimento depurativo raggiungibile è strettamente connesso al buon dimensionamento del suddetto comparto, nonché alla sua corretta gestione.

La sezione di ossidazione biologica può essere così schematizzata:



I microrganismi utilizzano le sostanze presenti nell'acqua da trattare come cibo per il loro sviluppo e come fonte energetica per il loro metabolismo.

I prodotti finali dell'ossidazione sono principalmente: anidride carbonica, solfati, nitrati, fosfati e acqua.





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Impianti di depurazione a fanghi attivi***

Negli impianti biologici è necessario mantenere una sufficiente concentrazione di fanghi attivi nella vasca di ossidazione, per consentire una rimozione delle sostanze organiche in un tempo ragionevolmente breve, calcolato in fase di progetto.

Se la concentrazione scende al di sotto di 3 g/l la depurazione non avviene efficacemente, pur mantenendo una concentrazione ottimale di ossigeno disciolto.

Il mantenimento del valore ideale di concentrazione dei fanghi è garantito da un sistema di ricircolo, la cui portata può variare in funzione della concentrazione dei fanghi e, durante la giornata, in funzione dei picchi di carico.

Dunque, il fango inviato al sedimentatore ritorna, attraverso il ricircolo, in vasca di ossidazione, dove, prima ancora della attività ossidativa, esercita la funzione di favorire la bioflocculazione, un meccanismo fondamentale nella depurazione.

È importante, a tal fine, che l'ingresso del ricircolo sia collocato in prossimità dell'ingresso del refluo, in modo che si abbia una miscelazione di quest'ultimo con i fanghi di ricircolo. In alcuni casi viene invece compiuto l'errore di introdurre il ricircolo nella zona corrispondente all'uscita del refluo, in corrispondenza del collegamento con il sedimentatore: ciò impedisce un efficace contatto fra il liquame grezzo ed il fango attivo (corto-circuito idraulico).



## Impianti di depurazione a fanghi attivi

La **portata del ricircolo** obbedisce alla seguente relazione matematica:

$$C_a (Q_i + Q_r) = C_r \cdot Q_r$$

$C_a$  e  $Q_i$  sono, rispettivamente, la concentrazione del fango in ossidazione e la portata in ingresso; analogamente,  $C_r$  e  $Q_r$  indicano la concentrazione del fango e la relativa portata nel ricircolo.

È possibile estrapolare il valore di  $C_r$ :

$$C_r = \frac{(Q_i + Q_r) \cdot C_a}{Q_r}$$

La portata di ricircolo deve essere compresa nell'intervallo:  $0.5 Q_i < Q_r < 2 Q_i$ .

Questi due limiti sono però valori estremi, normalmente si tende ad avere portate ricadenti nella fascia centrale di tale intervallo (normalmente,  $Q_r = Q_i$ ; in tal caso  $C_r = 2C_a$ ).

In alcuni impianti, una parte del fango di ricircolo viene miscelata al refluo prima di entrare nel sedimentatore primario, al fine di sfruttare la sua capacità di bioflocculazione. Si ottiene così un risparmio nei costi di gestione, poiché si evita l'impiego di agenti flocculanti.

Anche la regolazione del letto del fango nel sedimentatore è fondamentale, se si tiene presente che in esso non vi è aerazione e il fango depositato, in attesa di entrare in ricircolo, ha a disposizione solo l'ossigeno residuo presente nell'acqua, che progressivamente si esaurisce. In presenza di un'elevata quantità di fanghi, l'ossigeno viene consumato molto velocemente, con rischio di anossia e sviluppo di ceppi anaerobici.



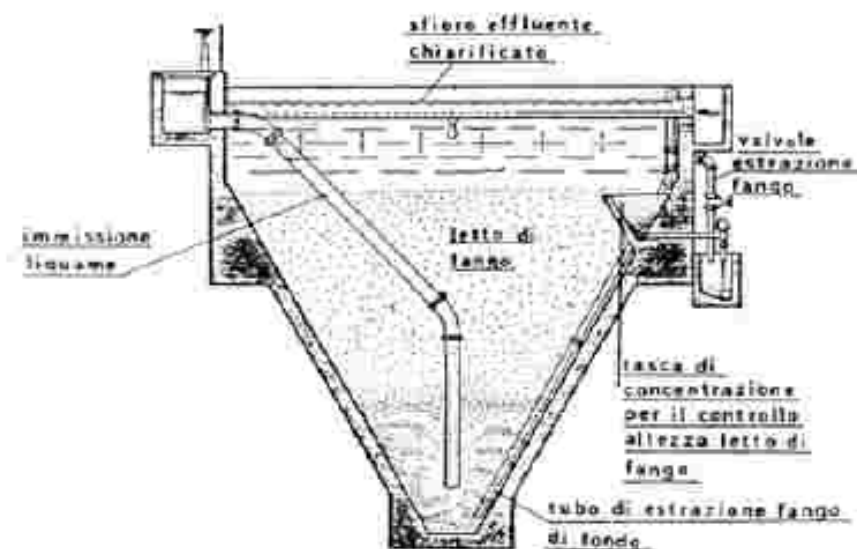
## Impianti di depurazione a fanghi attivi

Il **processo di sedimentazione** costituisce una delle fasi più importanti del trattamento acque reflue ed è sfruttato sia come fase preliminare prima di trattamenti successivi (sedimentazione primaria), sia come fase finale (sedimentazione secondaria).

La sedimentazione secondaria deve soddisfare due requisiti:

- a) separare i fanghi attivi dall'acqua;
- b) addensare i fanghi del ricircolo.

Un esempio comune di vasca di sedimentazione è quello '**a letto di fango filtrante**' mostrato in figura.



La suddetta vasca ha pareti oblique con pendenza di circa  $60^\circ$ ; questa forte inclinazione evita che il fango si depositi sulle pareti e consente piuttosto che scivoli verso il fondo, da cui viene poi estratto.

La condotta di immissione del liquame è sufficientemente profonda da pescare all'interno del letto: il refluo è costretto ad attraversare uno strato di fango, che in tal modo esercita una vera e propria azione di filtrazione sul liquame.

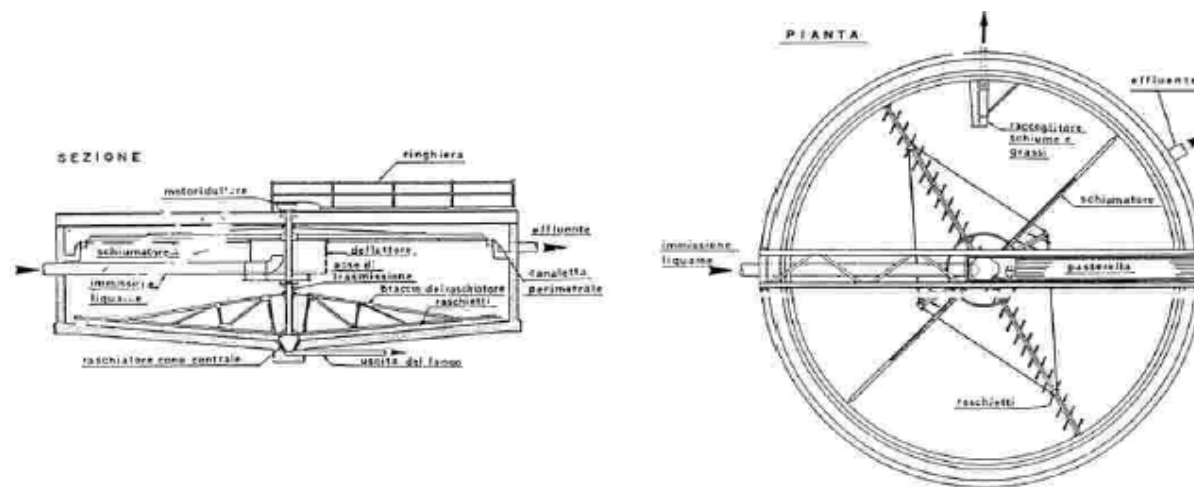


## Impianti di depurazione a fanghi attivi

I sedimentatori a "letto filtrante" sono tuttavia molto sensibili alle variazioni di flusso.

Pertanto, più comunemente, nella maggior parte dei **sedimentatori statici** (senza organi in movimento) il liquame entra nella zona superiore all'interno di una gonna (chiamata anche campana o deflettore), cioè un cilindro (la cui parte superiore emerge dall'acqua) che costringe il liquame a scendere verso il basso, in modo da facilitare la sedimentazione dei solidi.

Per impianti che richiedono capacità superiori a 600 m<sup>3</sup>, i sedimentatori statici (come quello sopraindicato) diventerebbero troppo profondi, per cui si preferisce ricorrere a vasche 'a flusso longitudinale', con pendenza ridotta al 7-8%.



Questi sedimentatori sono dotati di particolari dispositivi di raschiamento del fondo che, spostandosi molto lentamente, spingono il fango sedimentato verso le tramogge di raccolta; il trascinamento del raschiatore avviene tramite un ponte con struttura metallica ('ponte raschiatore') incernierato su un supporto di sostegno al centro della vasca.



## Impianti di depurazione a fanghi attivi

Il **tempo di ritenzione** è l'intervallo di tempo che il refluo deve trascorrere nel sedimentatore:  $2 < t_r < 8$ .

Più piccolo è l'impianto, maggiore deve essere il tempo di ritenzione, poiché il sedimentatore è sottoposto a maggiori perturbazioni idrauliche.

Il calcolo di  $t_r$  può essere effettuato utilizzando il valore del volume del sedimentatore  $V$  e la portata in ingresso dell'impianto  $Q$ :

$$t_r = \frac{V}{Q}$$

Il valore di 8 ore è comunque un limite estremo che di norma non viene mai raggiunto perché superando l'intervallo di 6 ore possono verificarsi fenomeni di anossia e putrefazione. Per grandi impianti (al di sopra di 5000 A.E.) è sufficiente un  $t_r = 2 \div 3$  ore.

La **velocità ascensionale** ( $V_a$ ) rappresenta la velocità con cui l'acqua sale verso l'alto, nella vasca di sedimentazione, per raggiungere la grondaia di sfioro:

$$V_a \text{ (m/h)} = \frac{Q \text{ (mc/h)}}{S \text{ (mq)}}$$

$Q$  è sempre la portata in ingresso;  $S$  è la superficie del sedimentatore.

Più grande è l'impianto, maggiore può essere  $V_a$ , ma in ogni caso essa è compresa fra i valori  $0.3 \div 1$  m/h. Per i piccoli impianti è opportuno limitare  $V_a$  al range  $0,3 - 0,6$  (norme tedesche ATV), sulla portata di picco ( $Q_p = 3Q_m$ ).

La velocità ascensionale dell'acqua esercita su ogni fiocco di fango una forza che deve essere inferiore alla forza di gravità cui la particella è sottoposta, altrimenti non si ha la sedimentazione dei fiocchi.





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Impianti di depurazione a fanghi attivi***

Con il termine **stramazzo** si definisce la canaletta situata al bordo della vasca, in cui confluiscono le acque di sfioro.

La portata allo stramazzo deve essere inferiore a 10 mc/h per ogni metro lineare, al fine di evitare una elevata velocità di sfioro tale da provocare trascinamenti di fanghi.

Solitamente lo stramazzo ha una conformazione 'a denti di sega', che permette di aumentare la lunghezza dello stramazzo all'aumentare della portata, in modo che la portata allo stramazzo rimanga costante.

L'ottimale funzionamento del processo può dipendere anche da aspetti strutturali: l'**angolo del fondovasca** deve avere una inclinazione di circa 60°; un sedimentatore costruito con un'inclinazione scorretta non fa scivolare bene il fango sulle pareti, che tende così ad aderire su di esse.

A circa 10 cm di distanza dal canale di sfioro, è localizzata una **paratia fermagrassi**, che per i 2/3 si trova immersa nell'acqua, mentre per 1/3 della sua altezza si trova al di sopra della superficie.

La sua presenza contribuisce al miglioramento del processo di depurazione, impedendo ai fanghi flottanti (schiume, grassi, fanghi sfioccati) di uscire insieme all'acqua depurata.



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## ***Impianti di depurazione a fanghi attivi***

Analizziamo ora l'aspetto più importante nella depurazione: **la quantità di ossigeno in vasca di ossidazione**. Negli impianti a fanghi attivi si cerca di superare l'unico limite che ha in natura l'autodepurazione dei corpi idrici: la modesta presenza di ossigeno disciolto, dovuta al fatto che la solubilizzazione può avvenire solo all'interfaccia tra acqua ed atmosfera.

L'ossigenazione delle acque sottostanti si attua solo in presenza di un forte idrodinamismo capace di rinnovare continuamente la superficie del corpo idrico. Nelle paludi, ad esempio, l'acqua in superficie è satura di ossigeno per uno spessore di pochi millimetri. Al di sotto di tale strato, le acque sottostanti (immobili) sono carenti di ossigeno.

Nei depuratori, il metodo più comune per arricchire in ossigeno il refluo fa uso di sistemi che insufflano aria dal fondo-vasca, facendo sì che tutta la massa idrica possa diventare un'interfaccia aria/acqua.

È necessario ribadire che la concentrazione del fango non deve essere troppo elevata, altrimenti il refluo non si comporta più da fluido ma da materiale fangoso-semipalabile; l'aria insufflata incontra maggior difficoltà nell'attraversare la massa viscosa e dà luogo a grosse bolle, con conseguente diminuzione di ossigeno disciolto (lo scambio ossigeno/acqua è tanto maggiore quanto più piccole sono le bolle).

La concentrazione del fango in acqua non deve mai essere superiore al 6%; tuttavia nelle vasche di ossidazione si adottano, per diversi motivi, concentrazioni molto più basse (generalmente non superiori ai 5 g/l).

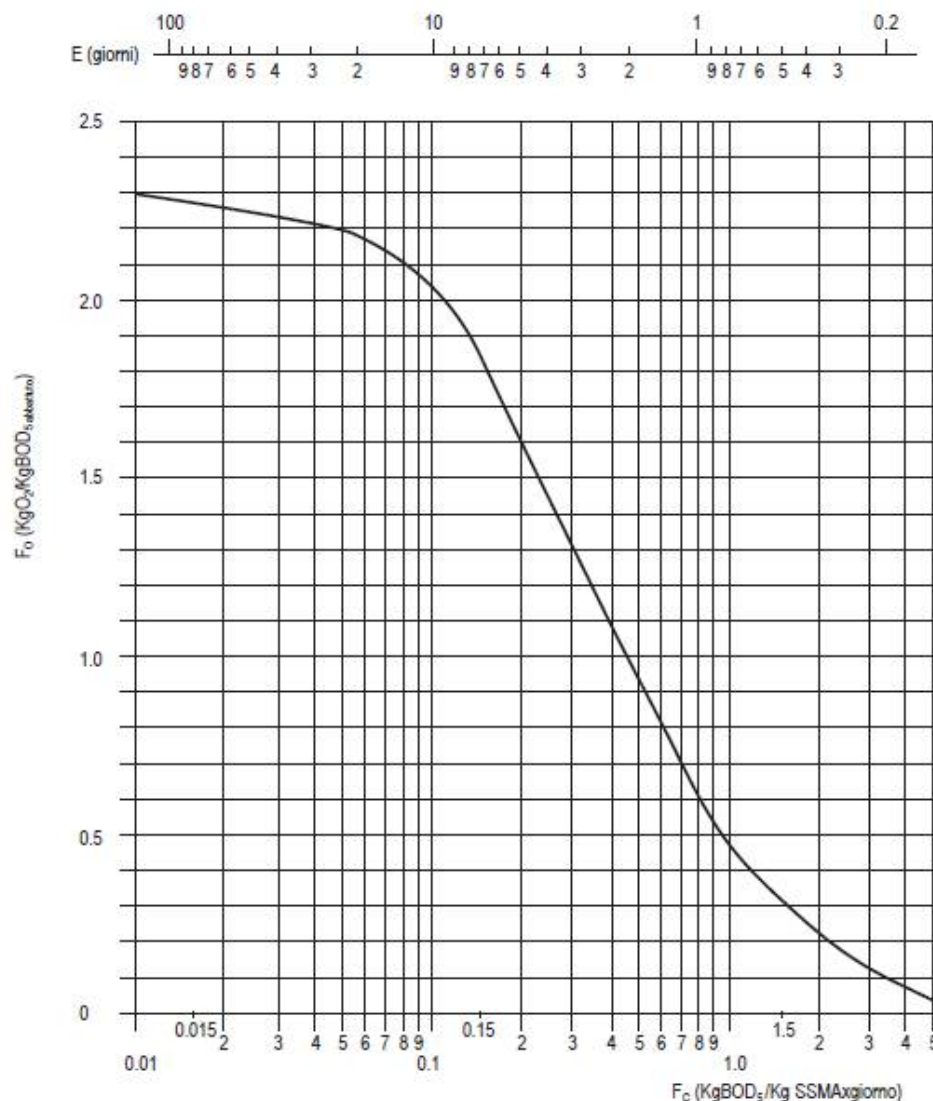


## Impianti di depurazione a fanghi attivi

Un parametro che viene spesso adottato per determinare il fabbisogno di ossigeno è il **fattore di richiesta di ossigeno  $F_0$** , che rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per ogni kg di BOD ed è espresso in kg  $O_2$ /kg BOD abbattuto.

Nel grafico di lato è riportato il valore di  $F_0$  in funzione del fattore di carico organico  $F_c$ . La curva riportata si riferisce al fattore di richiesta massimo, cioè tiene conto della quantità massima di ossigeno necessaria quando le temperature dell'acqua sono tali (15-25 °C) da accelerare i processi biochimici di ossidazione. Si noti che  $F_0$  assume i valori più alti per valori di  $F_c$  molto bassi (al di sotto di 0.1).

Il fabbisogno di ossigeno varia in base al tipo di impianto: per impianti ad ossidazione totale (sprovvisti di digestore fanghi) sono necessari 2.1 kg  $O_2$  / kg BOD ( $F_c=0,08$ ), per impianti ad ossidazione parziale sono sufficienti 1.3 kg  $O_2$  / kg BOD ( $F_c=0,30$ ).



Fattori di richiesta di ossigeno per impianti a fanghi attivi, in funzione del fattore di carico organico  $F_c$  e dell'età del fango  $E$  (richiesta della sola frazione carboniosa).



## Impianti di depurazione a fanghi attivi

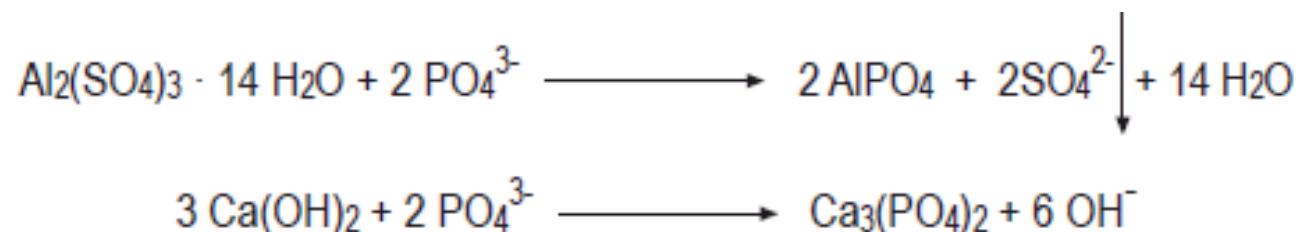
Un noto problema legato alla presenza di azoto e fosforo nell'effluente degli impianti di depurazione è quello costituito dall'eutrofizzazione del corpo d'acqua ricettore.

Di conseguenza, in parecchi casi occorre provvedere ad una rimozione, più o meno spinta, di tali composti.

I processi attualmente più utilizzati per la rimozione dell'azoto prevedono, dopo la nitrificazione che ha luogo nella vasca di ossidazione, la successiva **denitrificazione**, anch'essa ottenuta per via biologica: dopo l'ossidazione biologica, con conseguente nitrificazione spinta, si ricircola l'effluente in testa alla vasca di ossidazione, in una zona con carenza di ossigeno, in modo che, nelle condizioni anossiche della vasca, s'instaurino quelle reazioni di denitrificazione (di cui si parlerà anche a proposito del rising), con sviluppo finale di azoto, che si libera nell'atmosfera.

La denitrificazione può avvenire nella stessa fase di ossidazione a fanghi attivi, in una zona della vasca non aerata (ma con lenta agitazione) oppure in vasche separate.

La rimozione del fosforo viene attuata mediante processi di **precipitazione chimica** ad opera di agenti coagulanti-flocculanti, quali solfato di alluminio e calce:

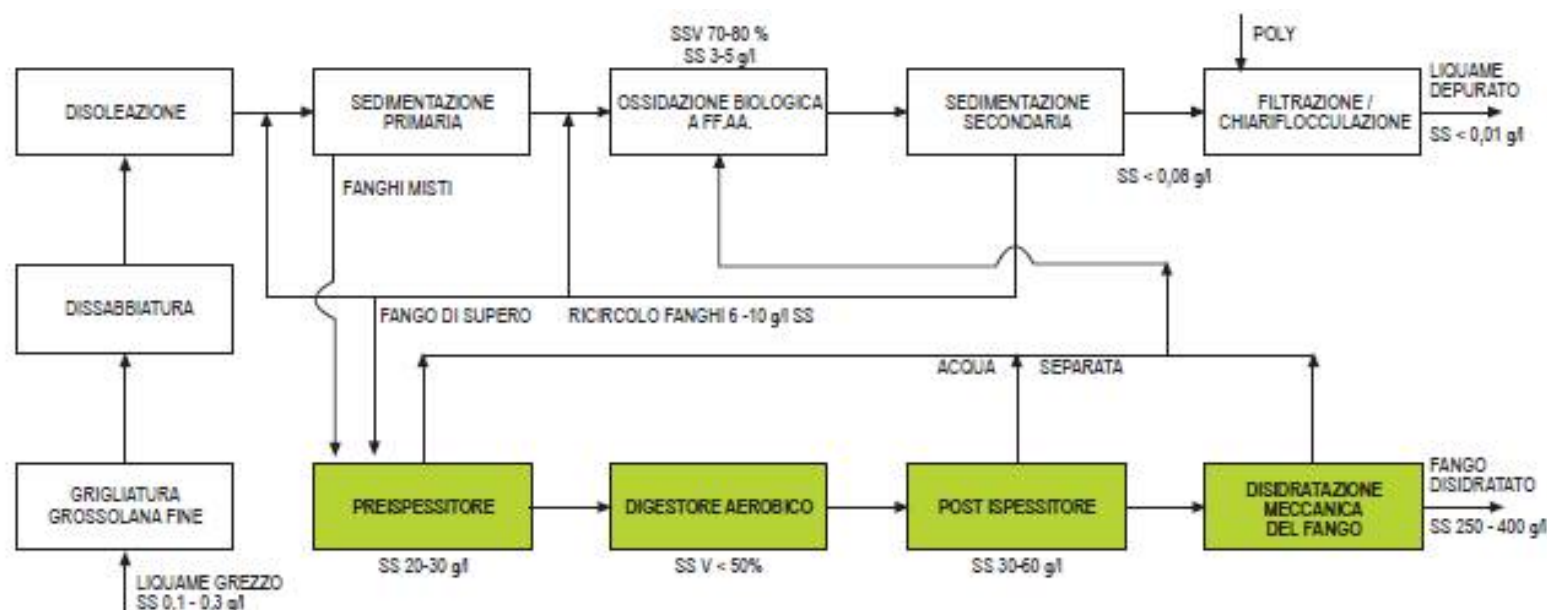




## Impianti di depurazione a fanghi attivi

Le sostanze inquinanti che vengono eliminate dal flusso liquido tramite il processo depurativo danno luogo alla crescita di un fango che richiede un trattamento idoneo, cui segue lo smaltimento finale.

Accanto ad una linea «trattamento liquami», in ogni impianto di depurazione è pertanto individuabile una linea «trattamento fanghi», cui viene avviato il fango di supero.



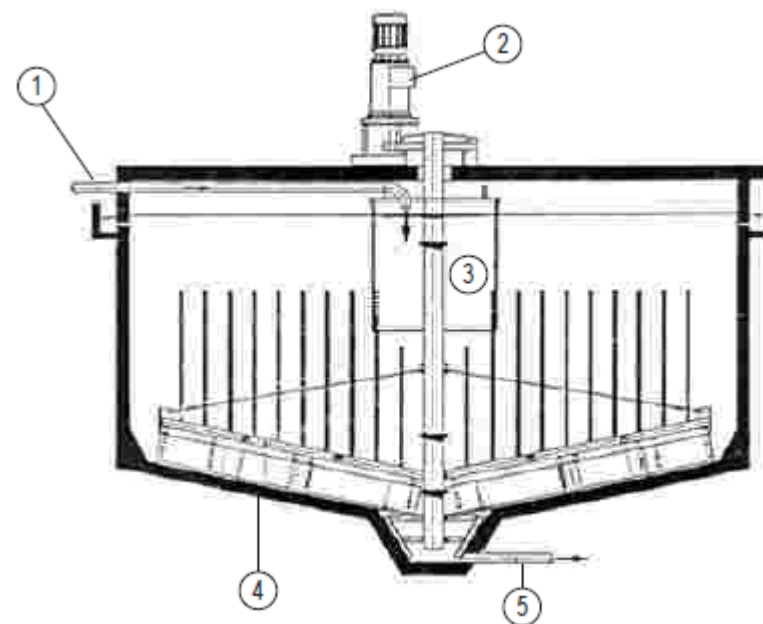




## Impianti di depurazione a fanghi attivi

I fanghi vengono inizialmente convogliati al **pre-ispessitore** (fig. 11), dove sedimentano per 24 ore; è conveniente non superare questo limite di tempo, o in ogni caso non andare oltre le 48 ore, poiché si corre il rischio di anossia e quindi di sviluppo di condizioni anaerobiche (con relativi cattivi odori).

Il pre-ispessitore è un serbatoio caratterizzato da un sistema di lame verticali che ruotano molto lentamente liberando l'acqua trattenuta tra i fiocchi e favorendo la deposizione sul fondo dei fanghi addensati.



Da qui i fanghi confluiscono al **digestore aerobico**, ove ha luogo il processo di respirazione endogena.

Si assiste ad una forte diminuzione della concentrazione di solidi sospesi, che vengono degradati dai batteri, ad eccezione di macromolecole e catene polisaccaridiche come il glicogeno.

Per mantenere in sospensione i fanghi piuttosto concentrati (20-30 g/l) presenti nel digestore è necessario fornire una quantità notevole di energia. Nella aerazione superficiale, una turbina deve fornire circa 50W/mc. Pertanto, ad esempio, in una vasca da 500 mc è necessaria una turbina da 25 KW.

Quando l'aria viene immessa dal fondo mediante diffusori alimentati da una soffiante, la potenza di questa macchina si calcola sulla base di 30 40 W/mc.



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## *Impianti di depurazione a fanghi attivi*

Nei digestori aerobici non è strettamente necessario calcolare l'aria necessaria per la mineralizzazione del fango, in quanto questa risulta inferiore a quella immessa sulla base dei calcoli precedenti, imposti dalla necessità di evitare che i fanghi precipitino sul fondo della vasca del digestore.

Il fango si dice **digerito** (o mineralizzato) quando i solidi sospesi volatili (SSV) risultano inferiori al 50% dei solidi sospesi totali (SST). La componente organica residua è costituita per lo più dal glicogeno che, per la sua lentissima biodegradabilità, non rende il fango putrescibile.

Le fasi successive sono costituite dal **post-ispessimento** e dalla **disidratazione**.

Quest'ultima operazione può essere effettuata su letti di essiccamento, oppure può essere ottenuta, ad esempio, meccanicamente mediante uso di filtro-presse (con cui si ottengono i migliori risultati, fig. 12) o di centrifughe, che hanno però un rendimento di disidratazione nettamente inferiore (s.s 25-30%). Con una filtro-pressa si può arrivare ad un fango disidratato con s.s. 35-40%).



## Impianti di depurazione a fanghi attivi: problemi funzionali

Non di rado l'efficienza degli impianti di depurazione a fanghi attivi è minata da disfunzioni che sono imputabili alla tipologia e al comportamento dei microrganismi costituenti i fiocchi.

La tabella seguente elenca i fenomeni riscontrati con maggior frequenza, tra cui **bulking**, **rising** e **foaming**.

Descrizione del fenomeno	Cause probabili	Osservazione microscopica
Uscita costante di piccoli fiocchi con l'effluente, SVI basso (<70 mg/l).	Fango molto mineralizzato, lungo tempo di residenza o eccessiva turbolenza.	Fiocchi presenti, ma prevalentemente molto piccoli compatti, deboli (pin point senza struttura portante (carezza di macrostruttura).
Spesso strato di fango sulla superficie del sedimentatore, colore e odore normali).	Risalita del fango dovuta a processi di denitrificazione nel letto di fango sedimentato ( <b>rising</b> ).	Il fango è ricco di bolle di gas ma non eccessivamente di microrganismi filamentosi, fango e schiuma hanno la medesima composizione.
Schiuma sottile, biancastra, instabile sulle unità di trattamento.	Presenza di sostanze difficilmente biodegradabili (ad es. tensioattivi).	Nessuna influenza sulla struttura del fiocco di fango.
Schiuma spessa, marrone, stabile prevalentemente sul bacino aerato, strabordante.	Crescita eccessiva di alcuni batteri filamentosi o attinomiceti ( <b>foaming</b> ).	Schiuma ricca di <b>Nocardia</b> o <b>Microthrix parvicella</b> o tipo 1863.
Fango di consistenza gelatinosa, a volte accompagnato da SVI alto o schiuma spessa e grigiasta sulle vasche aerate, possibile fuoriuscita di fango col surrante.	<b>Bulking viscoso</b> : o bulking non filamentoso: deficienza di nutrienti a volte accompagnata da alto F/M; eccesso di zuccheri nel liquame grezzo.	Fiocco ricco di forme zoogleeali e/o polisaccaridi esocellulari evidenziabili con test dell'inchistro di china.
SVI alto o molto alto (>150 mg/l), difficile separazione acqua/fango, acqua limpida finché non si verifica copiosa fuga di fango dal sedimentatore. Fanghi del ricircolo poco concentrati.	Bulking filamentoso: le cause differiscono in relazione ai microrganismi dominanti.	Fiocchi collegati tra loro da ponti costituiti da microrganismi filamentosi oppure fiocchi a maglia larga in cui i batteri crescono attaccati ai filamenti, lasciando spazi vuoti (eccesso di macrostruttura).



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



**EU.WATERCENTER**  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

# Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi



## **Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi**

La **Direttiva 91/271/CE** recepita in Italia con il D.Lgs. 152/99, convertito poi nel D.Lgs. 152/06, è la norma di riferimento in materia di trattamento delle acque reflue urbane (mix di acque reflue domestiche acque reflue industriali ed acque meteoriche) scaricate dalle reti fognarie a servizio degli Agglomerati.

La Direttiva disciplina la raccolta, il trattamento e lo scarico delle acque reflue urbane degli **agglomerati** in relazione alle diverse classi di consistenza espressa in Abitanti Equivalenti (AE) : <2.000 AE; 2.000 – 10.000 / 15.000 AE; > 15.000 AE.

Definisce **l'obbligo di dotare gli agglomerati di rete fognaria** con caratteristiche tecnico - gestionali in linea con le migliori tecniche (limitazione inquinamento dei recettori da tracimazione legate a piogge violente).

Definisce **l'obbligo di dotare gli scarichi degli agglomerati di trattamenti almeno secondari** (>2.000 AE) o trattamento appropriato (<2.000 AE) con il rispetto valori limite di emissione di Tabella1 del D.Lgs 152/06.

Definisce **l'obbligo di dotare gli scarichi degli agglomerati di consistenza > 10.000 AE in aree sensibili e nei bacini drenanti ad esse afferenti di trattamenti più spinti del secondario** (abbattimento dei nutrienti - Azoto e Fosforo) con il rispetto valori limite di emissione di Tabella 2 del D.Lgs. 152/06.

Istituisce le **AREE SENSIBILI**



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## **Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi**

Definizione di **Agglomerato**: "Area in cui la popolazione, ovvero le attività produttive, sono concentrate in misura tale da rendere ammissibile, sia tecnicamente che economicamente, in rapporto anche ai benefici ambientali conseguibili, la raccolta e il convogliamento in una fognatura delle acque reflue urbane verso un sistema di trattamento o verso un punto di recapito finale"

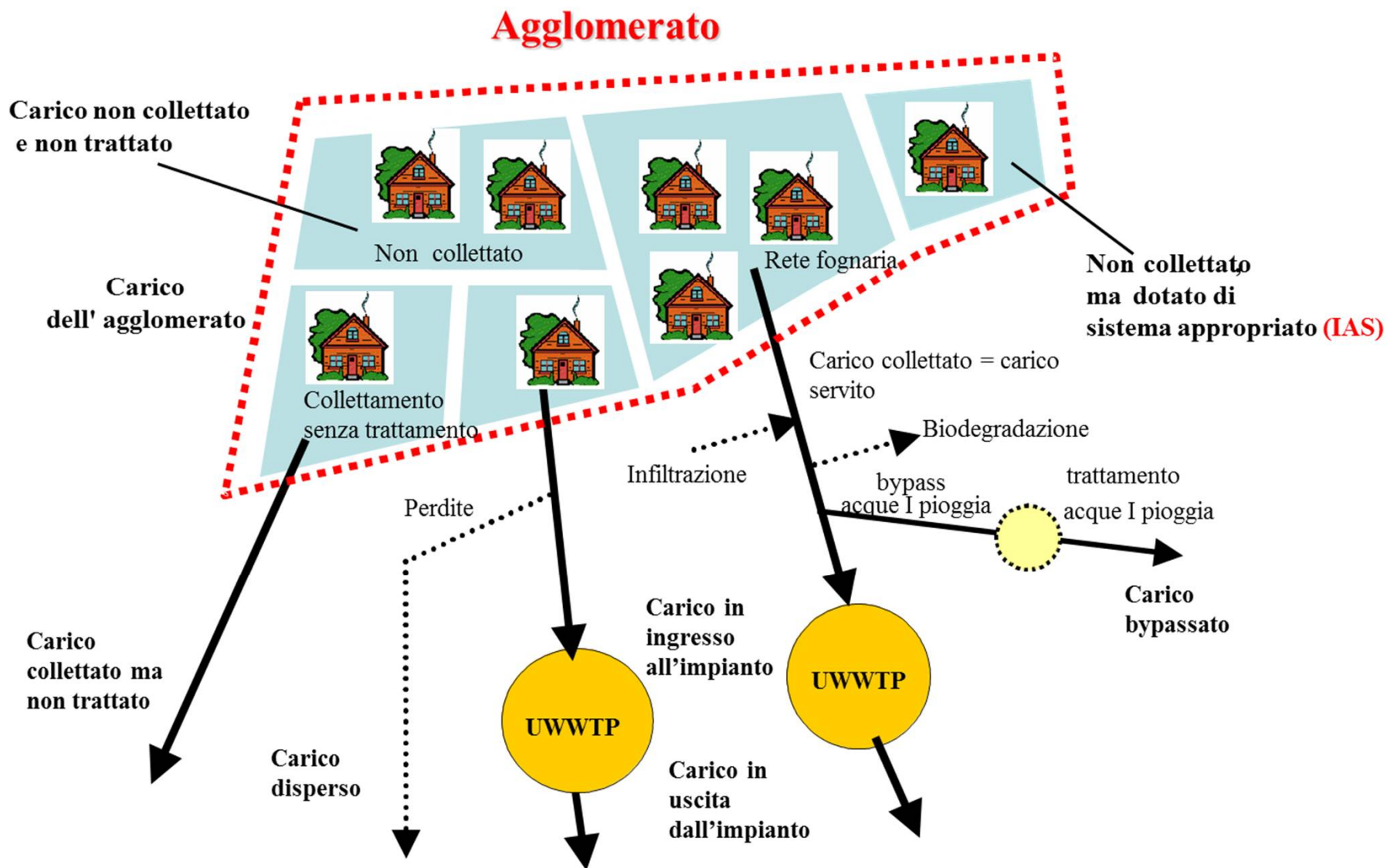
Consistenza agglomerato:

- Popolazione residente (ISTAT) + fluttuazioni stagionali + Acque reflue industriali che confluiscono in un sistema di collettamento o in un impianto di trattamento delle acque reflue urbane .
- Carichi di acque reflue domestiche o urbane che vengono convogliati attraverso i Sistemi Appropriati Individuali di Trattamento (IAS).
- Carichi provenienti da aree non servite ne da sistemi di collettamento ne da IAS.





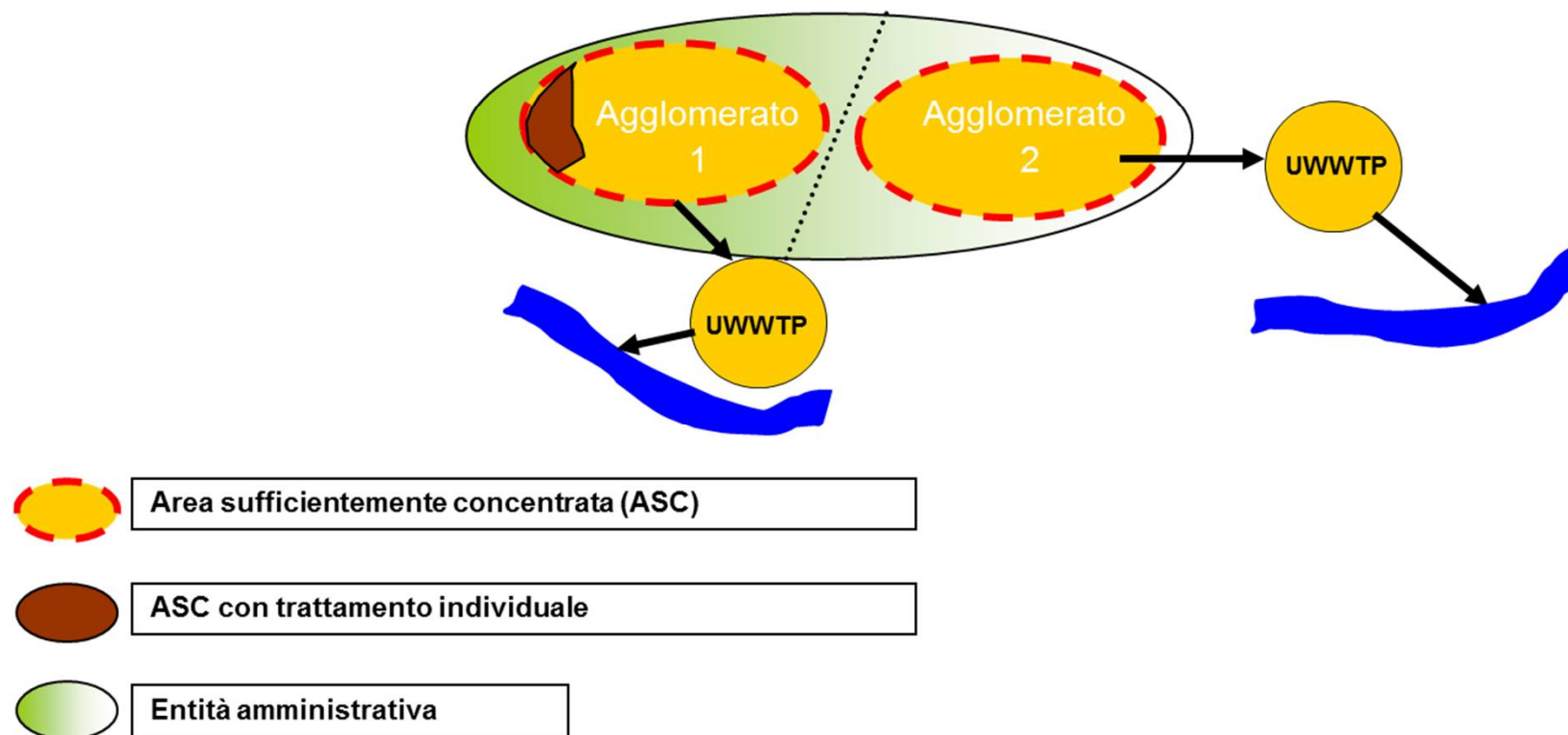
## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi





## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

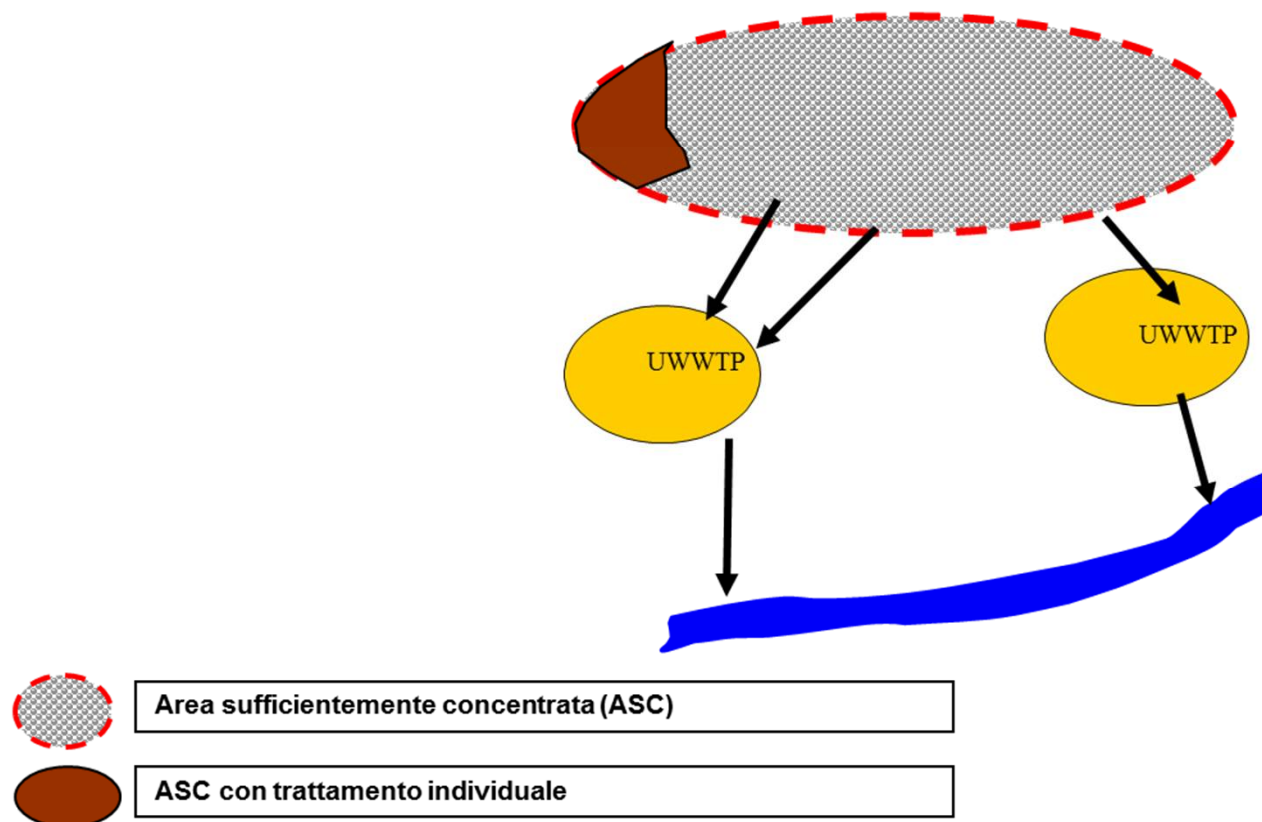
### 2 agglomerati di tipo 1 all'interno della stessa entità amministrativa.





## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

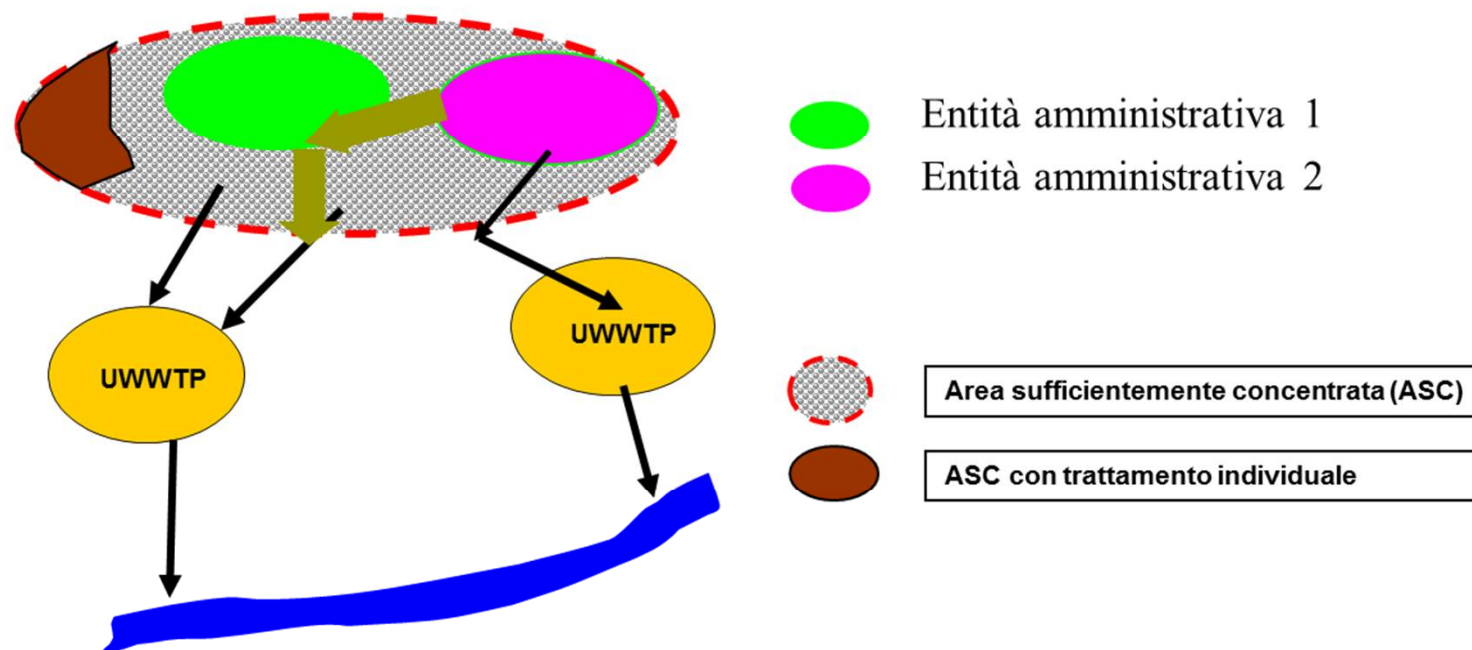
**Area sufficientemente concentrata i cui confini comprendono un'entità amministrativa connessa a più di un impianto di trattamento**





## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

**Area sufficientemente concentrata i cui confini comprendono più entità amministrative connesse a più di un impianto di trattamento**



Entità amministrativa = insediamento,  
villaggio, municipalità, ecc.





## *Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

- ❑ **Consistenza** agglomerato >2.000→Dir.91/271 altrimenti direttive regionali
- ❑ **Termine temporale** per il raggiungimento della conformità (31/12/1998 e 31/12/2005)
- ❑ Tipo di **area ricevente** (normale, sensibile)
- ❑ **Data di designazione** (area sensibile D.Lgs.152/99 del 11/05/1999, bacino drenante delibera AdB Po n°7 del 03/03/2004)
- ❑ **Tipologia** del corpo idrico ricettore (superficiale, marino-costiera)



## *Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

- ❖ Calcolo della **consistenza dell'agglomerato**
- ❖ Posizionamento in un GIS delle informazioni relative al perimetro che delimita l'agglomerato, dei punti di scarico e delle aree servite da fognatura
- ❖ Verifica della **copertura fognaria**, del **tipo di trattamento presente e quantificazione degli AE interessati**
- ❖ Risultati del **monitoraggio** sugli impianti di trattamento
- ❖ **Interventi** di adeguamento per il conseguimento in tempi rapidi della conformità





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## *Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

- ✓ Sistema idrico ovvero le acque dei laghi naturali, le altre acque dolci, gli estuari e le acque del litorale **già eutrofizzate** o esposte a **probabile eutrofizzazione in assenza di interventi**
- ✓ Nuove definizioni e revisioni ogni 4 anni
- ✓ Individuazione dei bacini drenanti delle aree sensibili e degli carichi che contribuiscono all'inquinamento
- ✓ in alternativa agli **"obblighi di trattamenti spinti nelle aree sensibili"** si può adottare il criterio dell'abbattimento **del 75% del carico totale in ingresso di azoto totale e fosforo totale per tutti gli impianti**



## *Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

- ✓ Tempistiche di adeguamento degli scarichi delle acque reflue urbane previste dalla direttiva comunitaria (1998 - 2000 - 2005) ed i relativi valori limite di emissione (tabelle 1 e 2);
- ✓ Individuazione aree sensibili (art. 91 DLgs 152/06) :
  - ✓ **i laghi** al di sopra dei 1000 metri di quota di superficie  $> 0,3 \text{ km}^2$ ;
  - ✓ **acque costiere e quelle dei corsi d'acqua afferenti** per un fascia di 10 km dalla linea di costa dalla foce dell'Adige al confine sud del Comune di Pesaro (alto Adriatico);
  - ✓ **le aree lagunari** di RA e le Piallasse , le valli di Comacchio , il Delta del Po;
  - ✓ **le zone umide Ramsar**;
- ✓ Definizione di ulteriori aree sensibili - CRITERI Allegato 6:
  - ✓ acque dolci o superficiali o marine già **eutrofizzate o prossime all'eutrofizzazione in assenza di interventi**;
  - ✓ acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile con conc. di  $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/l}$



## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

- A. Obbligo di dotare gli agglomerati urbani di rete fognaria per la raccolta delle acque reflue urbane secondo i tempi e le modalità di seguito indicate

POTENZIALITÀ AGGLOMERATI (AE)	TEMPI
2.000 - 15.000	31 dicembre 2005
> 15.000	31 dicembre 2000
> 10.000 in aree sensibili	31 dicembre 1998

- B) Per **agglomerati inferiori a 2.000 AE** permane l'obbligo di reti fognarie, salvo per i nuclei abitati isolati per i quali può essere prevista la realizzazione di sistemi di smaltimento individuali qualora la rete fognaria non sia giustificata, o abbia costi eccessivi e non porti benefici ambientali aggiuntivi
- C) Adozione di modalità tecnico impiantistiche coerenti alla migliori tecniche disponibili:
- limitazione inquinamento dei recettori da tracimazione legate a piogge violente;
  - tassi di diluizione e fissazione del n. tracimazioni per anno degli scaricatori di piena (altri paesi)



## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

agglomerati **> 2.000 AE** in area normale: trattamento di **tipo secondario o equivalente**

agglomerati **> 10.000 AE** in area sensibile: **trattamento spinto**

agglomerati **< 2.000 AE**: **trattamenti appropriati** (garantire gli obiettivi di qualità)

**Tabella B** – DLGS n. 152/06 (Tab. 1 e Tab. 2) – tempistica/limiti di accettabilità

Agglom. (AE)	Aree	Tempi	Valori limite (mg/L) (§)
<b>&gt;15.000</b>	<b>Tutte</b>	<b>31/12/2000</b>	<b>BOD<sub>5</sub>=25; COD=125; SST=35</b>
<b>10.001 – 15.000</b>	<b>Tutte</b>	<b>31/12/2005</b>	<b>BOD<sub>5</sub>=25; COD=125; SST=35</b>
<b>&gt;10.000</b>	<b>In aree sensibili e bacini drenanti</b>	<b>31/12/1998</b>	<b>BOD<sub>5</sub>=25; COD=125; SST=35</b> <b>Nt=15/10: Pt=2/1 (+)</b>
<b>2.000 – 10.000</b>	<b>In acque dolci e estuari</b>	<b>31/12/2005</b>	<b>BOD<sub>5</sub>=25; COD=125; SST=35</b>
<b>&lt; 10.000</b>	<b>In acque costiere</b>	<b>31/12/2005</b>	<b>Trattamento appropriato</b>
<b>&lt; 2.000</b>	<b>Tutte</b>	<b>31/12/2005</b>	<b>Trattamento appropriato (*)</b>

(\*) Per la classe di potenzialità 50 – 2000 AE si prevede l'utilizzo di impianti a bassa complessità impiantistica e di tipo naturale (FITODEPURAZIONE) o impianti tipo filtri percolatori ed ossidazione totale

(§) Con scarichi di acque reflue industriali devono essere rispettati anche i parametri tabella 3

(+) i valori di 10 mg/L per Nt ed 1 mg/L per Pt si applicano ad impianti **> 100 000 AE**



## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi



COMMISSIONE EUROPEA  
SEGRETARIATO GENERALE

Bruxelles,

SG-Greffé(2015)D/

RAPPRESENTANZA  
PERMANENTE D'ITALIA  
PRESSO L'UNIONE EUROPEA  
Rue du Maréchal, 7-15  
1000 BRUXELLES  
BELGIQUE

Oggetto: Parere motivato - Infrazione n. 2014/2059

Il Segretariato generale invia in allegato un parere motivato rivolto alla Repubblica italiana ai sensi dell'articolo 258 del TFUE.

Per la Segretaria generale,

Valérie DREZET-HUMEZ

All.: C(2015) 1877 final

IT

- Procedura d'infrazione **2004/2034**, che contestava il mancato rispetto della Direttiva 91/271/CE con riguardo agli agglomerati con oltre 15.000 AE. che scaricano in aree c.d. normali che ha visto l'Italia condannata con sentenza della Corte di Giustizia Europea del 19 luglio 2012 (Causa C-565/10);
- Procedura d'infrazione **2009/2034**, che contestava il mancato rispetto della Direttiva 91/271/CE con riguardo agli agglomerati con oltre 10.000 AE che scaricano in aree c.d. sensibili e che ha visto l'Italia condannata con sentenza della Corte di Giustizia Europea del 10 aprile 2014 (Causa C-85/13);
- Procedura d'infrazione **2014/2059**, che segue il caso EU Pilot 1976/11/ENVI, e che riguarda presunte non conformità rilevate nei dati trasmessi dalle Autorità italiane nell'ambito del 5° esercizio di reporting ai sensi dell'art. 15 della Direttiva 91/271/CE (questionario UWWTD\_2009 relativo allo stato di attuazione della direttiva al 2007 per gli agglomerati con oltre 2.000 AE che dovevano essere conformi alla direttiva entro il 31 dicembre 2005).





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## **Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi**

- Per quanto riguarda la prima procedura (**2004/2034**), che si è conclusa con la condanna del nostro Paese, la Regione Emilia-Romagna non figura tra le Regioni interessate (Calabria, Liguria, Abruzzo, Campania, Sicilia, Friuli Venezia-Giulia, Puglia, Lazio).
- Per quanto riguarda la seconda procedura d'infrazione (**2009/2034**), anche questa si è conclusa con la condanna del nostro Paese e la Regione Emilia-Romagna non figura tra le Regioni interessate (Veneto, Piemonte, Lombardia, Abruzzo, Marche, Sicilia, Friuli Venezia-Giulia, Puglia, Lazio, Sardegna, Valle d'Aosta).
- Per quanto riguarda la nuova procedura d'infrazione (**2014/2059**) che segue il caso EU Pilot 1976/11/ENVI, la nostra Regione risulta coinvolta nonostante i chiarimenti forniti già nel corso dell'EU Pilot in merito alle contestazioni mosse dalla Commissione. Allo stato attuale gli uffici competenti stanno predisponendo il materiale necessario a fornire al Ministero dell'Ambiente tutte le informazioni utili a predisporre gli atti difensivi per il nostro Paese.





**Allegato 6 al parere motivato** – agglomerati che risultano non conformi agli articoli 3 e/o 4 e/o 5 della Direttiva in Regione Emilia Romagna

n.b.

- NC= non conformità; NA= area normale; CM of SA= bacino drenante di area sensibile; SA= area sensibile; IAS= sistemi individuali o altri sistemi adeguati (individual or other appropriate systems); LMM = Lettera di Messa in Mora.

- Per alcuni agglomerati, nella colonna "abitanti equivalenti" sono indicati due diversi carichi. Il carico indicato tra parentesi, più piccolo, è stato comunicato dalle autorità italiane, a revisione del carico precedentemente comunicato, senza alcuna giustificazione.

N°	Nome dell'agglomerato	Abitanti equivalenti (a.e.)	Art. 3	Art. 4	Art. 5	Tipo di Area	Motivo della violazione presentato nella LMM	Conclusioni del Parere Motivato
1	Bagnacavallo-Villanova	4.059 (nuovo carico comunicato nella risposta alla LMM: 4.952)		NC		NA (CM of SA secondo quanto comunicato nella risposta alla LMM)	Sulla base delle informazioni disponibili, questo agglomerato risulta non conforme all'art. 4 perché non è stato dimostrato che tutto il carico generato riceve un adeguato trattamento secondario.	Si prende atto di quanto comunicato dalle Autorità Italiane circa la conclusione degli interventi finalizzati alla messa a norma di questo agglomerato. Tuttavia, poiché non sono stati trasmessi i risultati analitici dell'impianto di trattamento, questo agglomerato continua ad essere considerato non conforme all'articolo 4.
2	Fusignano	7.284 (nuovo carico comunicato nella risposta alla LMM: 9.338)		NC		NA (CM of SA secondo quanto comunicato nella risposta alla LMM)	Sulla base delle informazioni disponibili, questo agglomerato risulta non conforme all'art. 4 perché non è stato dimostrato che tutto il carico generato riceve un adeguato trattamento secondario.	Si prende atto di quanto comunicato dalle Autorità Italiane circa la conclusione degli interventi finalizzati alla messa a norma di questo agglomerato. Tuttavia, poiché non sono stati trasmessi i risultati analitici dell'impianto di trattamento, questo agglomerato continua ad essere considerato non conforme all'articolo 4.
3	Bagno di Romagna	7.544 (nuovo carico comunicato nella risposta alla LMM: 7.657)		NC		CM of SA	Sulla base delle informazioni disponibili, questo agglomerato risulta non conforme all'art. 4 perché non è stato dimostrato che tutto il carico generato riceve un adeguato trattamento secondario.	Si prende atto di quanto comunicato dalle Autorità Italiane circa la conclusione degli interventi finalizzati alla messa a norma di questo agglomerato. Tuttavia, poiché non sono stati trasmessi i risultati analitici dell'impianto di trattamento, questo agglomerato continua ad essere considerato non conforme all'articolo 4.
4	Bondeno	7.514 (nuovo		NC		CM of SA	Sulla base delle informazioni	Si prende atto di quanto comunicato dalle



UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA

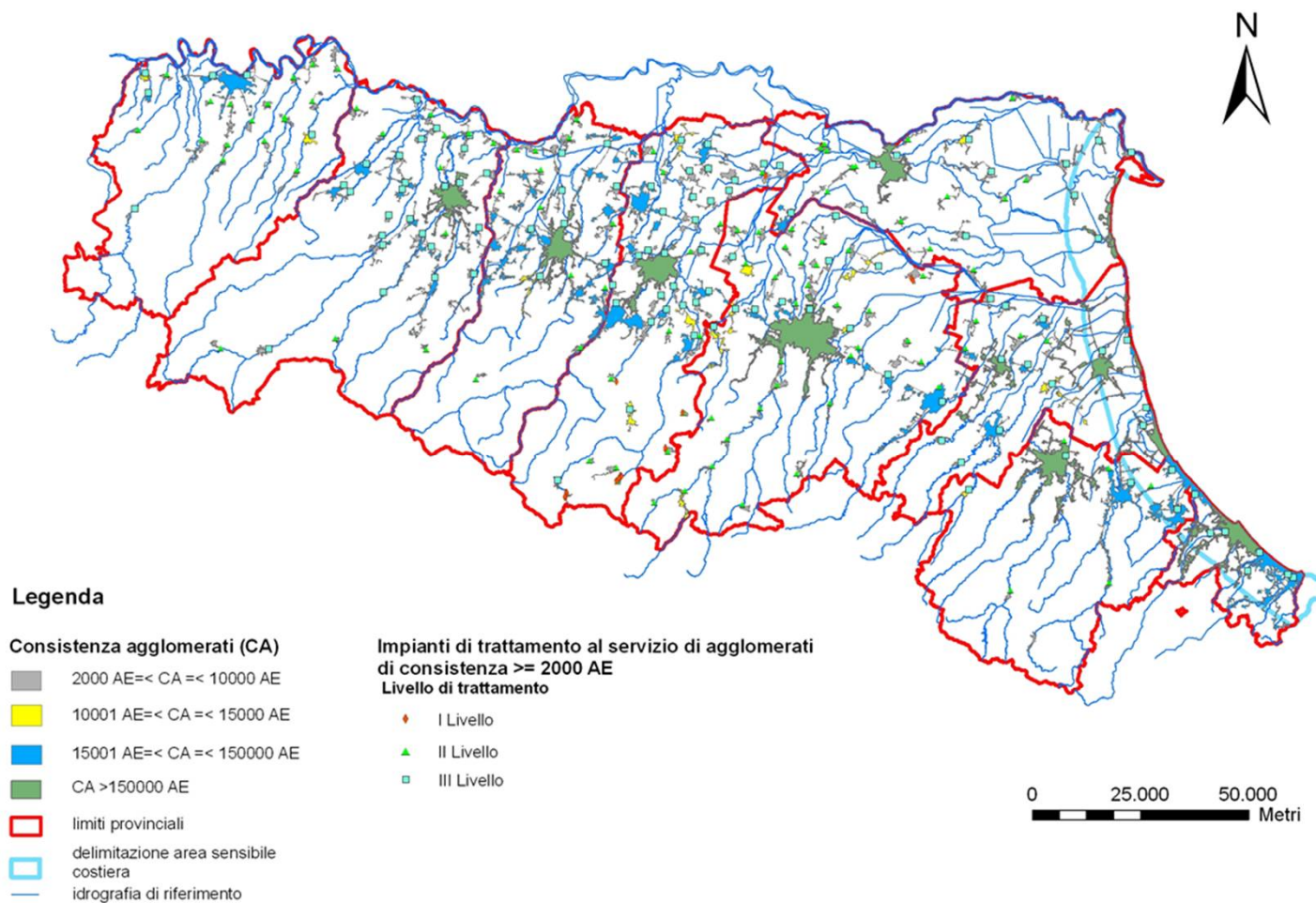


EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*

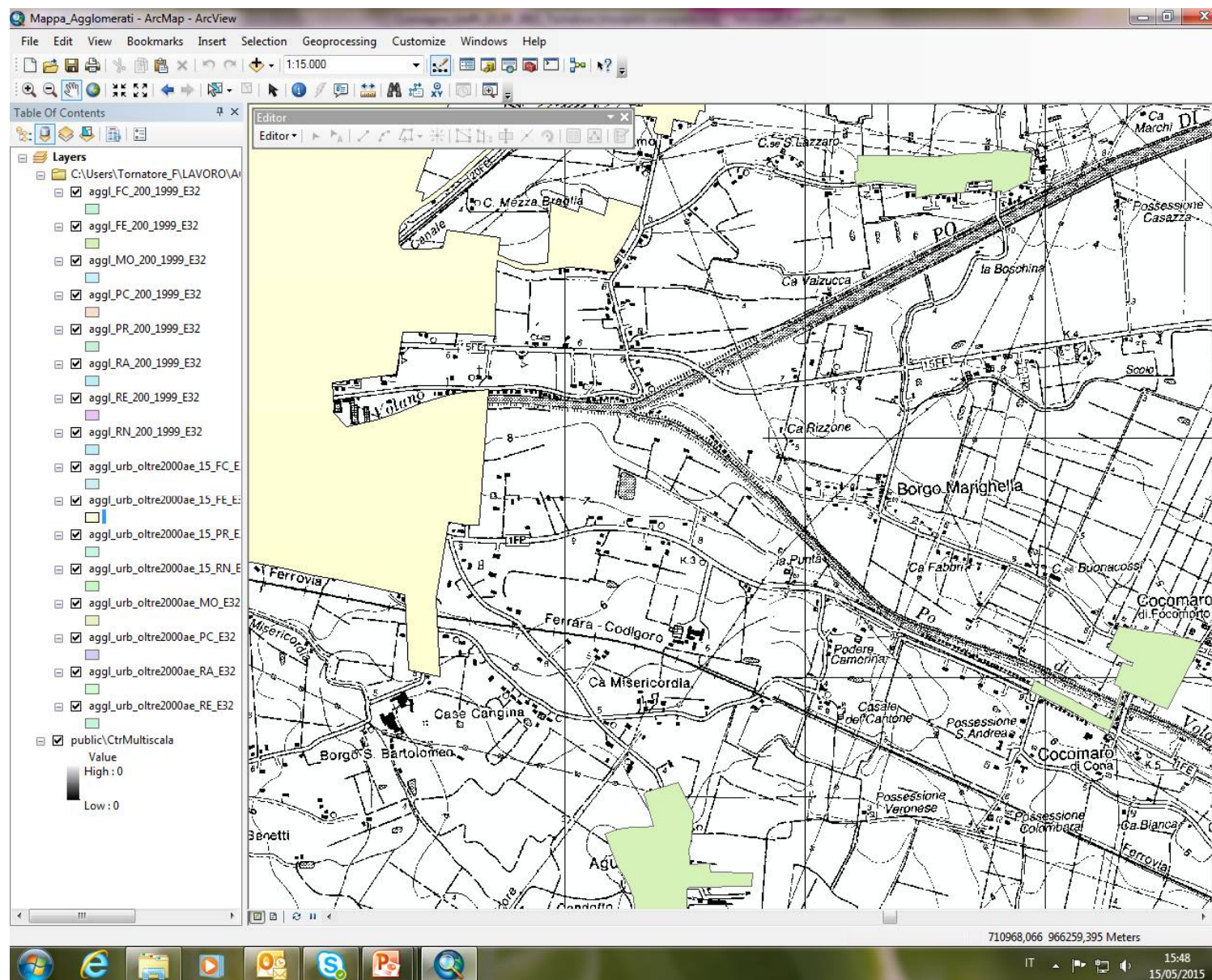


Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi









## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

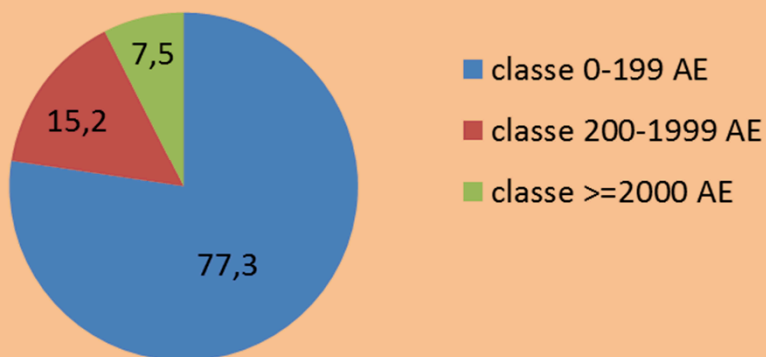
	0-199		200-1999		≥2000		TOTALE	
	(n°)	(AE)	(n°)	(AE)	(n°)	(AE)	(n°)	(AE)
PC	576	29.366	52	31.158	24	299.072	652	359.596
PR	304	16.995	48	30.502	31	517.495	383	564.992
RE	335	14.617	45	30.559	20	471.630	400	516.806
MO	216	15.150	73	41.072	38	753.004	327	809.226
BO	197	12.233	77	50.412	43	1.113.119	317	1.175.764
FE	260	9.226	62	54.875	22	477.024	344	541.125
RA	32	2.258	16	9.063	17	789.681	65	801.002
FC	101	7.715	37	23.283	8	529.682	146	560.680
RN	131	4.890	13	9.447	5	864.468	149	878.805
RER	2.152	112.450	423	280.371	208	5.815.175	2.783	6.207.996

*Altri 400.000 abitanti risiedono in case sparse e nuclei isolati no SII*

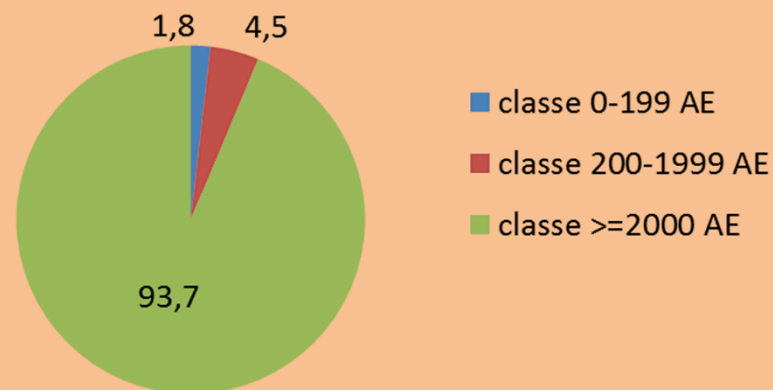


## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

Numero (%)



AE nominali (%)

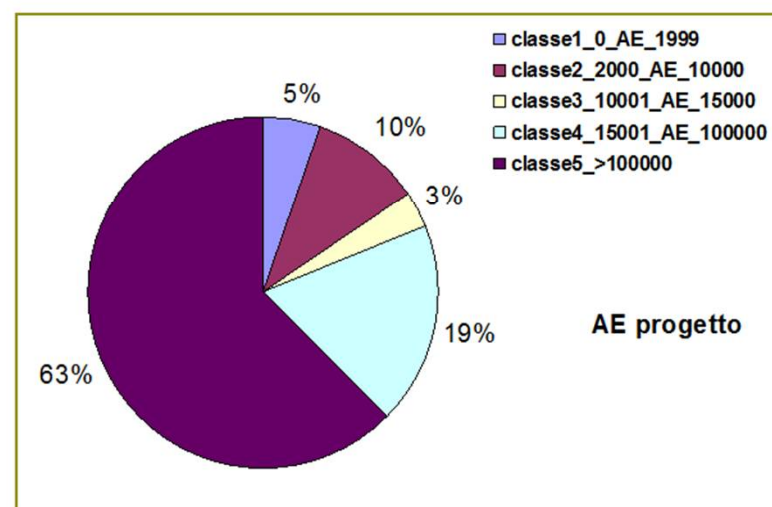
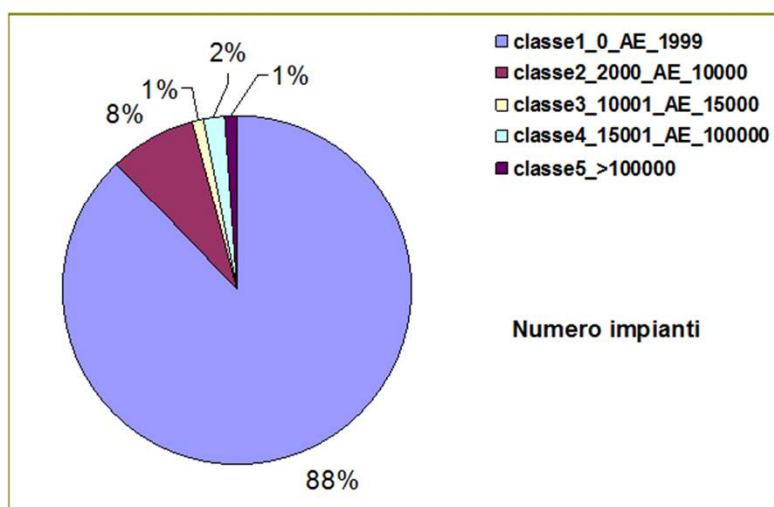






## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

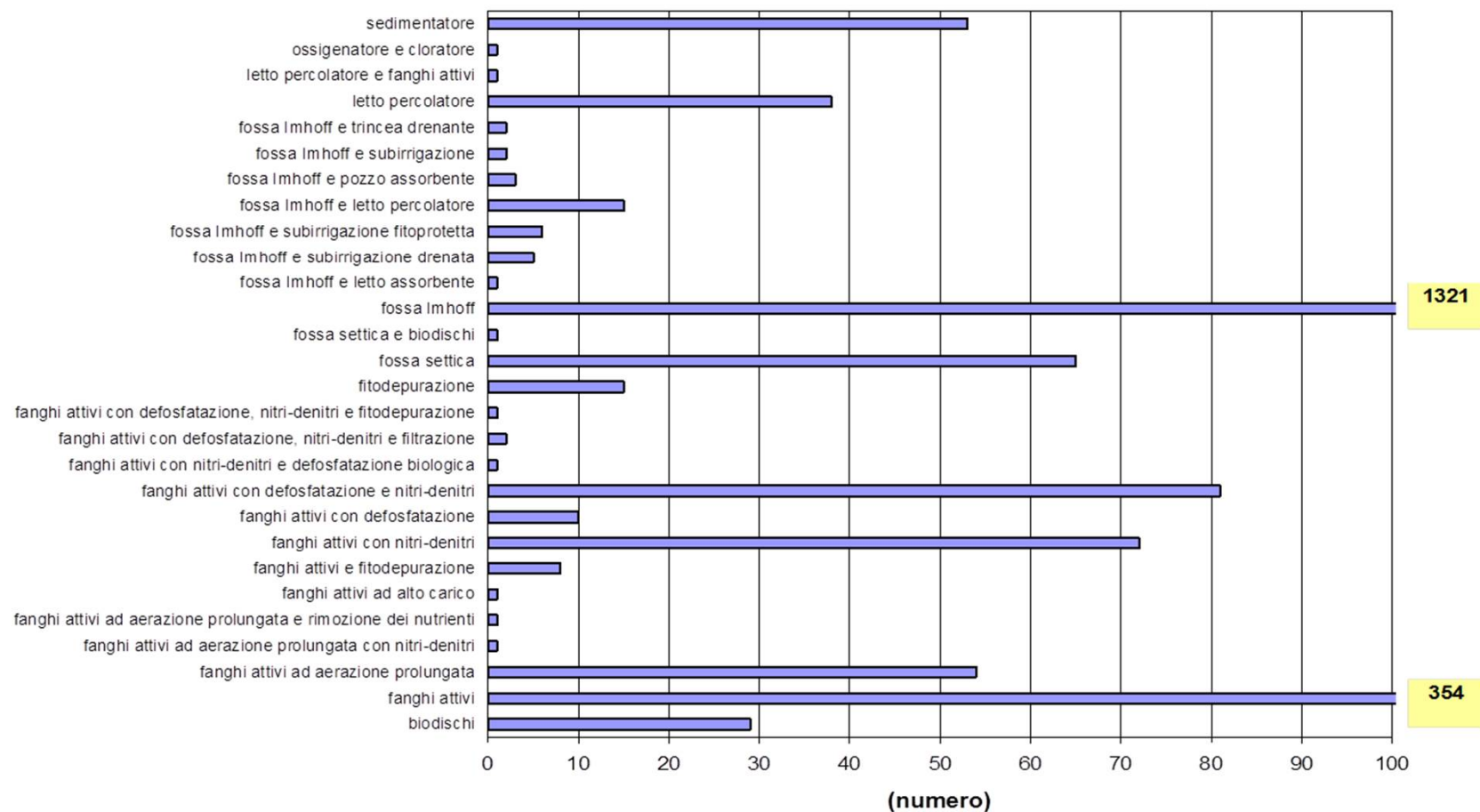
Classe potenzialità	Numero impianti				Potenzialità di progetto			
	I	II	III	tot	I	II	III	tot
(AE)	(n°)	(n°)	(n°)	(n°)	(AE)	(AE)	(AE)	(AE)
0 – 1.999	1.471	414	12	1.897	208.630	210.076	8.260	426.966
2.000 - 10.000	0	93	82	175	0	387.065	476.415	863.480
10.001 - 15.000	0	2	20	22	0	26.000	255.700	281.700
15.001 – 100.000	0	5	41	46	0	152.000	1.382.900	1.534.900
>100.000	0	0	22	22	0	0	5.178.833	5.178.833
Totale	1.471	514	177	2.162	208.630	775.141	7.302.108	8.285.879







## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi





*Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

## Agglomerati $\geq 2000$

	Agglomerati $\geq 2000$				Impianti	
		nominali	depurati			progetto
	(n°)	(AE)	(AE)	(%)	(n°)	(AE)
PC	24	299.072	299.072	100,0	25	349.848
PR	31	517.495	505.883	97,8	34	750.570
RE	20	471.630	461.161	97,8	20	693.200
MO	38	753.004	753.004	100,0	39	1.184.000
BO	43	1.113.119	1.110.629	99,8	47	1.449.100
FE	22	477.024	474.328	99,4	24	649.750
RA	17	789.681	787.241	99,7	17	1.164.700
FC	8	529.682	523.656	98,9	9	750.700
RN	5	864.468	864.450	100,0	7	917.000
<b>RER</b>	<b>208</b>	<b>5.815.175</b>	<b>5.779.424</b>	<b>99,4</b>	<b>222</b>	<b>7.908.868</b>



# Abbattimenti nutrienti

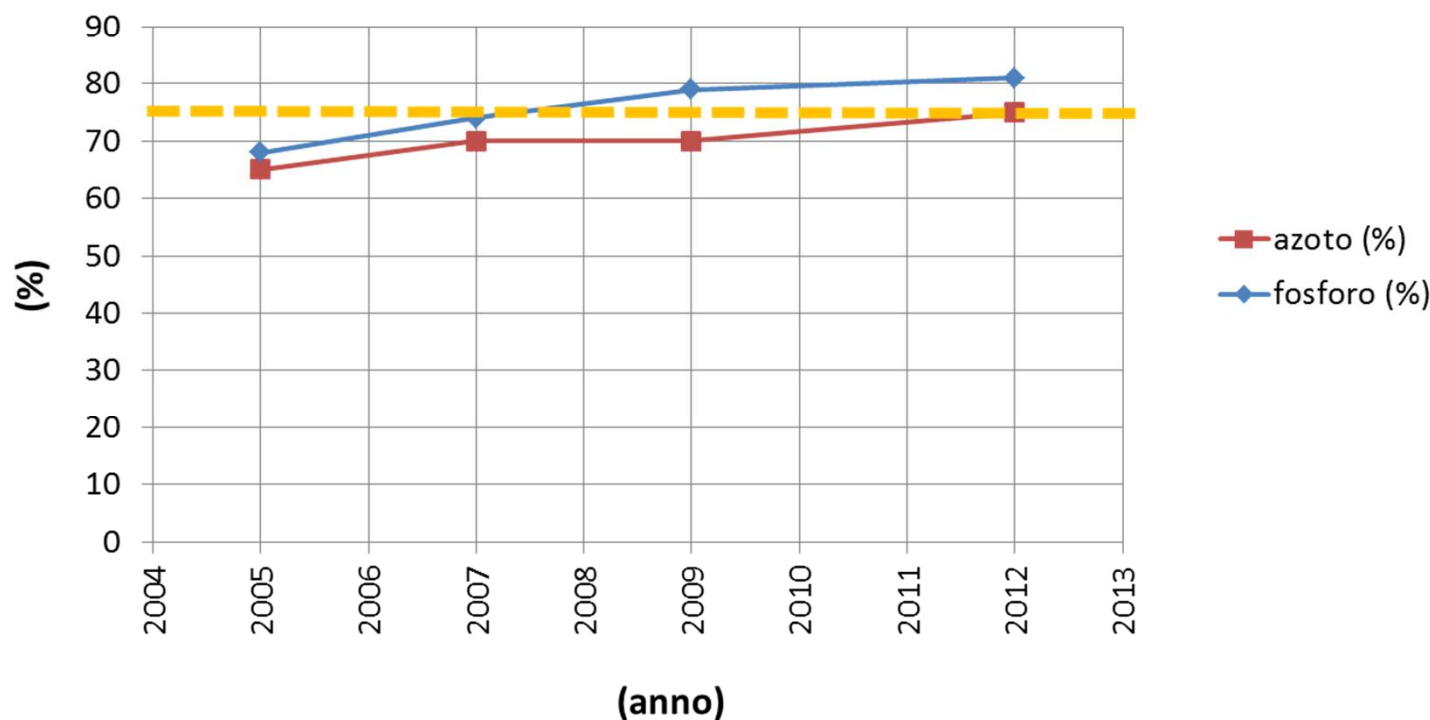
Flussi informativi **UWWTD 2014** (dati al 31-12-2012)

	Impianti	Portata	AE progetto	AE trattati	Carichi azoto		Carichi fosforo	
					ingresso	uscita	ingresso	uscita
	(n°)	(m³/y)/10³	(AE)	(AE)	(t/y)	(t/y)	(t/y)	(t/y)
Primario	1.377	7.782	174.515	85.286	342,4	291,1	49,8	44,8
Secondario	538	44.694	823.955	535.748	2.018,7	637,7	247,6	105,3
Più avanzato	184	386.585	7.402.098	4.402.509	17.686,8	4.060,5	2.385,2	356,4
<i>Denitrific (DeN)</i>	80	29.775	463.540	324.399	1.179,8	302,6	153,9	58,6
<i>Defosfat (DeP)</i>	9	6.480	137.800	109.278	256,9	89,8	27,7	8,5
<i>DeN + DeP</i>	95	350.330	6.800.758	3.968.832	16.250,0	3.668,1	2.203,6	289,3
<b>Totale</b>	<b>2.099</b>	<b>439.061</b>	<b>8.400.568</b>	<b>5.023.543</b>	<b>20.047,9</b>	<b>4.989,3</b>	<b>2.682,6</b>	<b>506,5</b>



## Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi

# Abbattimenti nutrienti





*Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

## Agglomerati 200-1999 AE

	N° agglomerati	AE nominali	AE serviti	% AE serviti	AE depurati	% AE depurati
PC	52	31.158	31.158	100,0	30.140	96,7
PR	48	30.502	30.050	98,5	29.939	98,2
RE	45	30.559	29.582	96,8	28.757	94,1
MO	73	41.072	39.657	96,6	36.573	89,0
BO	77	50.412	50.314	99,8	47.034	93,3
FE	62	54.875	52.991	96,6	47.990	87,5
RA	16	9.063	8.188	90,3	6.025	66,5
FC	37	23.283	22.884	98,3	19.055	81,8
RN	13	9.447	9.412	99,6	9.412	99,6
RER	423	280.371	274.236	97,8	254.925	90,9





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



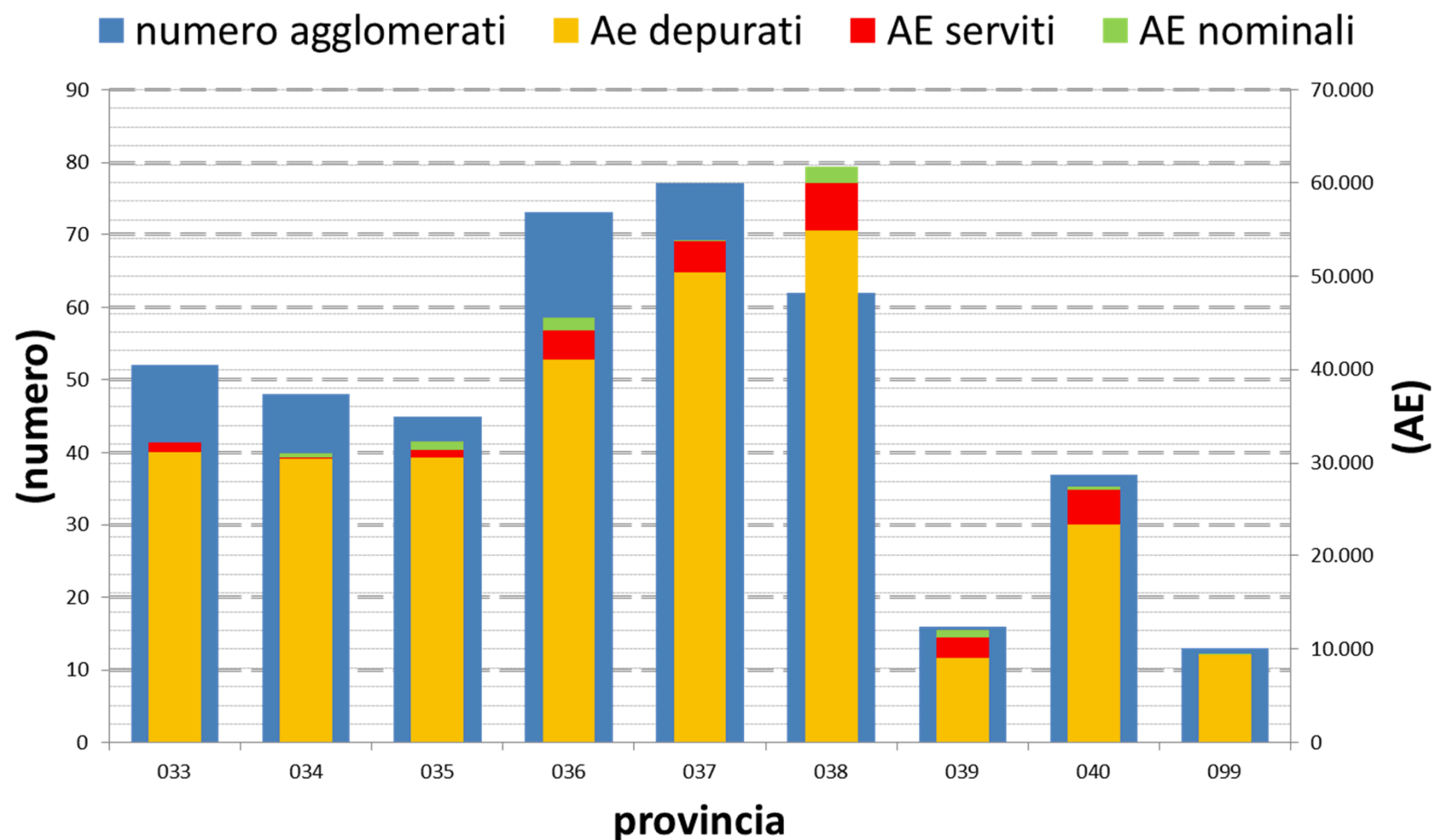
EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

*Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

## Agglomerati 200-1999 AE





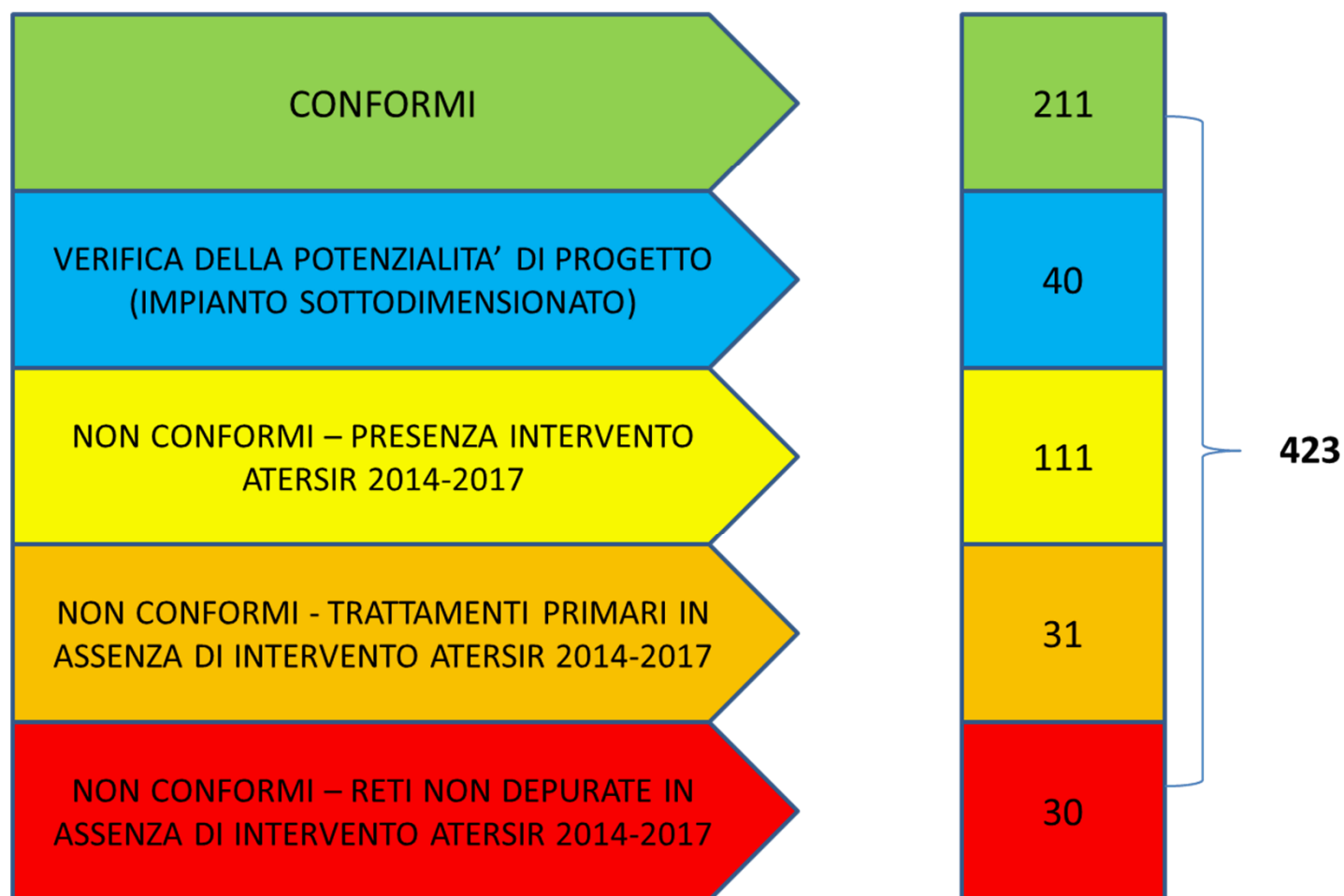
*Acque reflue urbane: normativa e problemi applicativi*

# Impianti agglomerati 200-1999 AE

	I		II		III		Totale	
	(n°)	(AE)	(AE)	(AE)	(n°)	(AE)	(AE)	(AE)
PC	21	9.015	28	25.842	3	6.775	52	41.632
PR	11	3.780	30	20.247	14	18.630	55	42.657
RE	3	1.015	35	42.285	6	19.700	44	63.000
MO	47	14.555	29	28.290	3	3.350	79	46.195
BO	22	10.071	61	57.250	0	0	83	67.321
FE	7	2.975	45	51.173	5	13.100	57	67.248
RA	4	1.550	8	6.650	0	0	12	8.200
FC	16	1.790	25	27.419	1	3.000	42	32.209
RN	4	500	11	9.150	0	0	15	9.650
<b>RER</b>	<b>135</b>	<b>45.251</b>	<b>272</b>	<b>268.306</b>	<b>32</b>	<b>64.555</b>	<b>439</b>	<b>378.112</b>



## Criticità agglomerati 200-1999 AE





UNIVERSITÀ DEGLI  
STUDI DI PARMA



EU.WATERCENTER  
*inspired by water, driven by innovation*



Autorità di bacino del fiume Po  
Bacino di rilievo nazionale

**Francesco Tornatore**

Direzione Generale Ambiente e Difesa del Suolo e della Costa  
Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua

[ftornatore@regione.emilia-romagna.it](mailto:ftornatore@regione.emilia-romagna.it)

[www.adbpo.it](http://www.adbpo.it)

Parma, Campus Universitario 15 e 22 Maggio, 12 e 19 Giugno 2015



ORDINE  
DEGLI ARCHITETTI  
PIANIFICATORI PAESAGGISTI  
E CONSERVATORI  
DELLA PROVINCIA  
DI PARMA



ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI  
E DEI DOTTORI FORESTALI  
DELLA PROVINCIA DI PARMA