

## Capitolo 1

---

# VALUTAZIONE DEI CARICHI REFLUI DA FOGNA

Uno dei più grandi problemi connessi con lo sviluppo della società moderna è quello della gestione delle acque reflue, derivanti dal cosiddetto “metabolismo” urbano ed industriale.

Il problema dell'inquinamento idrico nasce quando il potere “auto depurante” delle acque non è più sufficiente a contrastare le alterazioni (da immissione di effluenti urbani, industriali ed agricoli) che modificano le caratteristiche fisico-chimiche e biologiche in senso sfavorevole alla vita dell'uomo e degli altri organismi.

Più in particolare, l'inquinamento idrico rappresenta un'alterazione dell'equilibrio naturale dell'ecosistema dovuto generalmente alla presenza di:

- (a) *microrganismi* (coliformi, streptococchi, ecc.);
- (b) *sostanze bioaccumulabili* (ad esempio il mercurio), la cui concentrazione nei tessuti dei vari predatori aumenta ad ogni passaggio nella catena alimentare, fino a raggiungere il massimo nell'uomo che ne è al vertice;
- (c) *sostanze tossiche o nocive* (ad esempio cromo, stagno, rame, piombo, PCB, ecc.), che interferiscono anche sulla sopravvivenza dei microrganismi depuranti;
- (d) *sostanze persistenti* (ad esempio: molti tensioattivi, pesticidi, diossine, ecc.), capaci di mantenere inalterata la loro pericolosità per decenni, per cui tendono ad accumularsi nell'ambiente;
- (e) *altre sostanze* (ad esempio sali di azoto e di fosforo, materiali inerti in sospensione, olii liberi o emulsionati, acidi e basi forti, ecc.) capaci di causare alterazioni nell'equilibrio degli ecosistemi.

Qualsiasi intervento di riequilibrio e disinquinamento delle acque reflue non può prescindere da una valutazione oggettiva dell'inquinamento stesso.

I fattori determinanti sono fondamentalmente quello del “carico idraulico” (Q), ovvero della portata d'acqua, nonché quello delle diverse concentrazioni di “*elementi inquinanti*” tipici delle acque reflue urbane.

È altresì importante conoscere la fluttuazione di tali fattori nel tempo, soprattutto in relazione alla realizzazione o gestione di opere fognarie di drenaggio, convogliamento e trattamento depurativo.

Quando la valutazione quali-quantitativa del carico inquinante non è possibile attraverso indagini e misurazioni dirette in situ (in genere molto costose) della portata e delle relative concentrazioni inquinanti, si opera attraverso stime basate su dati statistici di riferimento ed opportuni coefficienti correttivi.

Nella presente documentazione, si farà riferimento soprattutto ai tradizionali liquami civili (acque reflue urbane) caratterizzati dalla presenza di prodotti utilizzati nelle attività domestiche ed in piccole attività industriali ed artigianali (lavanderie, macellerie, stazioni di servizio, garage, laboratori fotografici, ecc.) che, pur allacciate ad un sistema unico fognante, non modificano sostanzialmente le caratteristiche dei liquami. Il complesso di queste componenti contribuisce tuttavia a conferire al liquame la caratteristica di “*misto civile-industriale*”.

In genere, le acque reflue urbane all’origine hanno un caratteristico colore grigiastro ed un odore caratteristico pungente (con un ossigeno disciolto > 0,2 mg/l); i liquami già scaricati da tempo in fogna assumono invece un colore grigio scuro ed hanno in genere un odore sgradevole, legato ai processi di riduzione in atto ed allo sviluppo dei relativi sottoprodotti (idrogeno solforato, mercaptani, ecc.).

## 1.1 CARICO IDRAULICO IN TEMPO ASCIUTTO

Nel caso di valutazione indiretta, il carico idraulico in fogna ( $Q_{\text{fogna}}$ ), ovvero la portata di acque reflue da drenare e convogliare ad un impianto di depurazione, viene valutato a partire dal consumo idrico medio relativo all'acquedotto a servizio della zona territoriale di interesse con un caratteristico coefficiente  $\varphi$  di afflusso in fogna (valore medio tipico  $\varphi \approx 0,8$ ), considerando che buona parte dell'acqua utilizzata per i bisogni primari venga scaricata in fognatura.

Indicando con DI la dotazione idrica pro-capite, ovvero il consumo specifico di acqua espresso in litri per abitante per giorno [l/ab·d], il carico idraulico risulta dalla seguente espressione:

$$Q_{\text{fogna}} = \varphi \cdot DI \cdot Nab$$

dove:

$Q_{\text{fogna}}$  [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]: portata idraulica addotta (*Carico Idraulico*) nelle canalizzazioni fognarie;

$\varphi$  : *coefficiente di afflusso in fognatura* ( $\varphi \approx 0.8$ );

$Q_{\text{acq.ed.}}$  [ $\text{m}^3/\text{d}$ ]: portata elaborata dall'acquedotto;

DI [ $\text{m}^3/\text{ae d}$ ]: carico idraulico specifico per abitante;

Nab: numero di abitanti.

In caso di progettazione con verifica “al futuro” delle condizioni di esercizio degli impianti, nel considerare il valore di Nab, bisogna tener conto anche di un eventuale incremento demografico.

Analogamente, bisogna considerare un possibile aumento del consumo specifico DI, in relazione ad un miglioramento del tenore di vita della località di interesse.

Nel calcolo progettuale bisogna prestare molta attenzione al fatto che il carico idraulico totale affluente, ovvero la portata convogliata dalle fognature in tempo asciutto, non è in genere costante, ma subisce variazioni annuali, mensili, settimanali, giornaliere ed orarie; ciò influenza il dimensionamento sia della rete fognaria, sia delle stazioni di sollevamento e dell'impianto di depurazione.

L'andamento nel tempo della portata rispecchia in generale l'andamento dei consumi idrici, ma con un “trend” più attenuato e livellato, soprattutto a causa della capacità di invaso delle canalizzazioni fognarie e dei relativi tempi di

scorrimento dai vari punti di scarico all'impianto finale. Altre cause di livellamento dell'andamento delle portate di liquami possono essere di natura "esterna", come l'eventuale presenza costante di infiltrazioni di acque freatiche o di sorgenti.

In generale, le oscillazioni tipiche della portata di liquame, legate soprattutto ai consumi, sono distinte in:

- *oscillazioni annuali*: da un anno all'altro i consumi idrici specifici (e quindi il carico idraulico) tendono ad aumentare, mentre oscillazioni di portata possono essere causate dal verificarsi di differenti condizioni climatiche. Pertanto, nella progettazione in genere si fa riferimento ad un "anno-tipo medio";
- *oscillazioni mensili*: i consumi idrici specifici variano mensilmente con il mutare delle condizioni atmosferiche stagionali; quindi si fa riferimento ai consumi medi mensili per stagione;
- *oscillazioni settimanali e giornaliere*: i consumi idrici specifici variano, a breve termine, soprattutto in relazione a periodi di vacanze, chiusura di industrie, ecc. (normalmente non si tiene conto di tali variazioni nella pratica progettuale);
- *oscillazioni orarie*: risultano essere le più determinanti ai fini del dimensionamento dei sistemi fognanti e di depurazione, in quanto dipendono dalle caratteristiche sociali ed economiche della località di riferimento.

In fig. 1 viene riportato un esempio di variazione oraria di portata per una città di media grandezza.

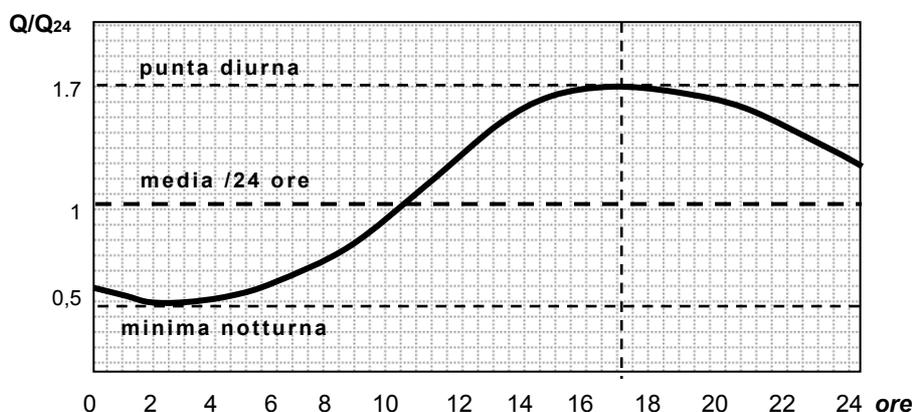


Fig. 1 : Oscillazioni di portata per una città di tipo medio (Imhoff e Imhoff, 1987)

Per la valutazione dei carichi idraulici viene in genere utilizzato, nella progettazione delle opere di fognatura e depurazione, il seguente schema:

- per le canalizzazioni della rete fognaria e per le stazioni di sollevamento si considera la portata di punta diurna  $Q_{14}$ ; si può considerare che le portate  $Q_{14}$  e  $Q_{48}$ , costituiscano rispettivamente le portate massima e minima;
- per gli impianti di depurazione si considera in genere la portata media giornaliera  $Q_{24}$ ;
- per le fognature miste si considerano le portate di tempo asciutto come valori minimi.

***Portata media giornaliera:***

$$Q_{24} \text{ [m}^3\text{/h]} = \varphi \cdot d \cdot N_{ab}/24000 + Q_{10ind}/10$$

dove:

$N_{ab}$  = numero di abitanti serviti

$\varphi$  = coefficiente di afflusso in fognatura ( $\varphi \approx 0.8$ )

[“Coeff. Afflusso” in Swater]

$d$  = dotazione idrica procapite [l/ab.d]

$Q_{10ind}$  = portata liquami industriali [m<sup>3</sup>/d]

***Portata di punta diurna (fognatura):***

$$Q_{14} \text{ [m}^3\text{/h]} = 24 \cdot Q_{24}/14 = 1.7 \cdot Q_{24}$$

( $Q_{max}$ - depuratore)

**N.B.:** Secondo le elaborazioni di Imhoff, per località più piccole la portata di punta diurna può salire da **1.7** (cioè 1/14) a **3** (cioè 1/8) del carico idraulico; mentre per località più grandi (oltre 100.000 ab.) il valore della portata di punta può scendere fino a **1.5**.

***Portata minima notturna (fognatura):***

$$Q_{48} \text{ [m}^3\text{/h]} = 24 \cdot Q_{24}/48 = 0.5 \cdot Q_{24}$$

( $Q_{min}$ -depuratore)

**Portata media diurna (depuratore):**

$$Q_{18} [m^3/h] = 24 \cdot Q_{24}/18 = 1.3 \cdot Q_{24}$$

(Qmed-depuratore)

In mancanza di determinazioni dirette si può ricorrere ai *carichi idraulici specifici* ( $q_i$  [l/ab d] nel giorno medio dell'anno), distinti per tipologia di utenza o per caratteristiche dello scarico, come quelli riportati nella seguente Tab. (si tratta di dati ricavati da varie fonti, americane, francesi, inglesi, italiane):

Comunità	Carico Idraulico specifico $q_i$ [l/ab. d]	Carico Organico specif. [g BOD5/ab d]
<b>SCARICHI DOMESTICI (per abitante)</b>		
abitazioni di lusso	300-400	75-90
quartieri ad alto livello	250-350	75-90
quartieri a livello medio	200-300	55-75
quartieri popolari, comunità rurali	150-250	30-60
villette estive	150-200	55-70
<b>CENTRI TURISTICI MARINI E MONTANI</b>		
per ospiti stabili	150-200	60-70
per turisti giornalieri	15-40	7.5-25
<b>SCUOLE (per alunno e personale)</b>		
scuole elementari	35-45	11-18
scuole medie	35-65	15-20
<b>COLLEGI E SIMILI</b>		
per ospite e personale	180-380	55-75
<b>UFFICI ( per impiegato)</b>	50-75	15-25
<b>FABBRICHE (per impiegato ed operaio)</b>	50-130	20-35
doccia	+ 20 l	+ 5 g
cucina	+ 20 l	+ 9 g
<b>OSPEDALI (per letto)</b>	500-1100	100-160
<b>OSPIZI, CASE DI RIPOSO (per letto)</b>	200-350	60-90
<b>HOTEL, PENSIONI (per ospite+personale)</b>	150-400	55-75
<b>CAMPEGGI, VILLAGGI (per turista)</b>	100-200	40-70
<b>RISTORANTI</b>		
per impiegato	35-60	20-25

per posto servito	10-12	10-15
<b>CAFFE', BAR</b>		
per impiegato	50-60	20-25
per cliente	8	5
<b>CINEMA E TEATRI</b> (per posto)	15-20	8-10
<b>PISCINE</b> (per nuotatore)	20-40	10-15
<b>AEROPORTI</b>		
per passeggero	15-20	8
per impiegato	50-60	22-25

**Tab. 1.1 - Carichi idraulici specifici a seconda dei vari tipi di utenza e natura della comunità (Masotti, 1987)**

Nella tabella 1.1 i campi di variazione individuati risultano spesso molto ampi in dipendenza del tenore di vita e della ubicazione del sito.

I valori più alti riportati in tabella si riferiscono a dati americani, mentre i più bassi a dati europei.

## 1.2 CARICO IDRAULICO IN TEMPO DI PIOGGIA

La valutazione delle portate in condizioni di pioggia viene effettuata, in Italia, con due metodi piuttosto empirici: il “Metodo dell’Invaso” ed il “Metodo di Corrivazione”.

Il problema fondamentale dell’applicazione di questi metodi deriva dalla scarsa disponibilità di dati aggiornati (ad esempio curve di possibilità pluviometrica od equazioni delle piogge critiche) riguardanti la zona geografica di interesse.

Un metodo razionale per il progetto di reti di scarico pluviali è il “metodo di calcolo dello scorrimento idrico”.

### *Metodo di Calcolo dello Scorrimento Idrico:*

$$Q_{\text{pioggia}} [\text{m}^3/\text{h}] = 0.278 \cdot \Psi \cdot i \cdot A \cdot 3600$$

dove:

$Q_{\text{pioggia}} [\text{m}^3/\text{h}]$  = portata massima

$\Psi$  = coefficiente di scorrimento, caratteristico della rugosità superficiale (tab. 1.2) [“**psi**” in Swater]

$i$  [mm/h] = intensità pluviometrica massima della zona

$A$  [Km<sup>2</sup>] = area di raccolta

La pioggia all’impatto sul suolo può essere intercettata dalla vegetazione, o ritenuta nelle depressioni superficiali, oppure può evaporare o ancora filtrare nel suolo o scorrere sulla superficie. Il *coefficiente di scorrimento*  $\xi$  rappresenta la frazione di pioggia che contribuisce allo scorrimento diretto sulla superficie di una particolare area di raccolta.

I coefficienti riportati nella Tab.1.2 indicano che la maggior parte dell’acqua caduta su aree asfaltate o coperte o intensamente costruite scorre via, mentre gli spazi aperti con superfici erbose trattengono gran parte della massa piovana.

Descrizione	Coefficiente $\Psi$
Zone commerciali: a seconda della densità	0.70 ÷ 0.95
Zone residenziali intensive	0.50 ÷ 0.70
Zone residenziali con edilizia monofamiliare	0.30 ÷ 0.50
Parchi, cimiteri, campi da gioco	0.10 ÷ 0.25
Strade asfaltate	0.80 ÷ 0.90
Coperture a tenuta di pioggia	0.70 ÷ 0,95
Prati: a seconda della tipologia, della pendenza e delle caratter. del sottosuolo	0.10 ÷ 0.25

Tab. 1.2 - Coefficienti di scorrimento  $\Psi$  in dipendenza del tipo di superficie (Hammer, 1993)

## 1.3 CARICHI INQUINANTI

### *Carico Organico*

Le sostanze organiche presenti nel liquame proveniente dagli insediamenti urbani, costituite essenzialmente da proteine, carboidrati e grassi, ovvero dal carbonio organico totale, denominato “*carico organico*” (CO), possono essere fonte di inquinamento; pertanto, la loro eliminazione o trasformazione rappresenta lo scopo principale della depurazione.

La valutazione oggettiva della quantità di carbonio da rimuovere viene effettuata attraverso misure indirette atte a determinare parametri specifici che consentono di individuarne il grado di biodegradabilità e di solubilità, in modo tale da poter definire la migliore strategia di abbattimento e rimozione.

Il carico organico, che rappresenta pertanto la *quantità totale di sostanza organica che deve essere trattata*, è espresso normalmente in termini di BOD (Biochemical Oxygen Demand), che *rappresenta la misura della quantità di ossigeno consumata dalla carica batterica eterotrofa totale per demolire il materiale organico presente in un litro di liquame in esame, in condizioni definite di temperatura e di tempo*.

Tra le possibili condizioni operative, quelle normalmente utilizzate per la misura del BOD corrispondono ad una temperatura di 20°C e ad un intervallo di tempo di 5 giorni (BOD<sub>5</sub>); per le acque reflue urbane, ciò significa riferirsi ad una percentuale di circa il 70% del BOD totale.

Infatti, la demolizione delle sostanze organiche biodegradabili avviene progressivamente nel tempo e in condizioni di temperatura prefissata, secondo il seguente bilancio di richiesta di ossigeno:

(Richiesta biochimica di ossigeno soddisfatta al tempo t) = (Richiesta totale per rimozione totale del substrato organico) – (Richiesta non ancora soddisfatta al tempo t)

ovvero:

$$BOD_t = BOD_{\infty} \cdot (1 - 10^{-kt})$$

In altri termini:

per  $K = 0,1$   $T = 20^{\circ}\text{C}$  e  $t = 5$  giorni, si ha  $BOD_5 \approx 0,70 BOD_{\infty}$

La frazione carboniosa delle sostanze organiche viene espressa in termini di TOC (Total Organic Carbon) e può essere suddivisa in biodegradabile e non

biodegradabile; l'ulteriore suddivisione delle due frazioni è indicata in fig.2. Il tenore di carbonio non biodegradabile viene valutato per differenza, sottraendo al valore del TOC quello della CO<sub>2</sub> formata durante l'ossidazione del campione. In genere, in un liquame di origine urbana, il rapporto percentuale tra sostanze organiche biodegradabili e non è di circa 7:1.

Un parametro utilizzato universalmente per la misura della concentrazione delle sostanze organiche (biodegradabili e non) è il COD (Chemical Oxygen Demand), definito come la *quantità di ossigeno occorrente per l'ossidazione chimica energica (con bicromato di potassio in soluzione acida) delle sostanze organiche presenti nel liquame in esame.*

Si riporta qui di seguito uno schema riassuntivo:

Sostanze organiche biodegradabili  $\Rightarrow$  BOD  $\Rightarrow$  BOD<sub>5</sub>  
 Sostanze organiche biodegradabili e non biodegradabili  $\Rightarrow$  COD  
 Sostanze organiche non biodegradabili  $\Rightarrow$  COD - BOD  
 Carbonio organico totale non biodegradabile  $\Rightarrow$  TOC - BOD

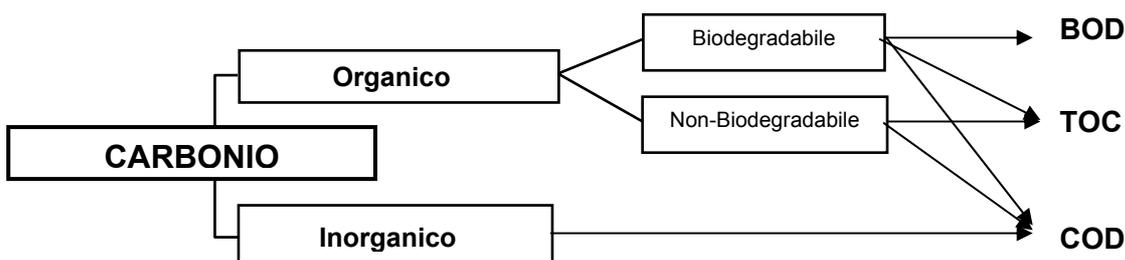


Fig. 2 : Schema riassuntivo sulle componenti organiche e inorganiche del carbonio

Nei liquami di origine urbana, risulta in genere: BOD<sub>5</sub>  $\approx$  40÷60% COD (COD/BOD<sub>5</sub>  $\approx$  1,7÷2,5)

Valori più elevati del rapporto COD/BOD<sub>5</sub> (anche 4 ÷ 6 volte) sono caratteristici dei liquami con presenza di scarichi industriali comprendenti sostanze organiche non o difficilmente biodegradabili e, quindi, il rapporto è anche un *Indice della trattabilità degli scarichi industriali per via biologica.*

Ad esempio, *in uscita ad un tipico trattamento di depurazione biologica* risulta generalmente un rapporto:

$$(COD/BOD_5)_{\text{effl.}} \approx 5$$

In definitiva, per la valutazione del carico organico in KgBOD<sub>5</sub>/d presente in un liquame di origine urbana si opera considerando anche il corrispondente carico idraulico, con la seguente formula:

$$CO \text{ [kgBOD}_5\text{/d]} = 24 \cdot Q_i \cdot BOD_5/1000$$

È possibile, in mancanza di dati più particolareggiati, esprimere il carico organico biodegradabile con riferimento ad un valore specifico di BOD<sub>5</sub> prodotto da un abitante medio (= 60 [g/ab·d] secondo il D.Lgs. 152/99 e 258/00):

$$CO \text{ [kgBOD}_5\text{/d]} = N_{ab} \cdot 60/1000$$

Per estensione, si può parlare di carico organico in termini di “abitanti equivalenti”, anche per scarichi non propriamente derivanti dal metabolismo umano, ma comunque compatibili rispetto al tipo di trattamento biologico.

Infine, per la valutazione della quantità di sostanza organica rapidamente biodegradabile (BOD) nei liquami grezzi di fognatura, nonché del grado di attività biologica del fango in un impianto di depurazione a fanghi attivi, negli ultimi tempi viene sempre più utilizzata la misura dell'OUR (*Oxygen Uptake Rate*). Si tratta di un sistema di valutazione basato sulla misura della velocità di respirazione di un campione noto di miscela liquame-fango; la determinazione di questo parametro richiede circa 10 minuti e può essere effettuata con strumentazione semplice e facilmente disponibile (sonda per ossigeno, orologio e bottiglie per BOD da 250 ml).

Mediamente si considera un **carico organico specifico** di 60 [g/ab· d], per cui si ha:

$$BOD5 \text{ [mg/l]} = N_{ab} \cdot 60 / 24 \cdot Q \quad (\text{D.Lgs. 152/99 e 258/00})$$

dove:

$$Q \text{ [m}^3\text{/h]} = \text{portata liquame}$$

$$N_{ab} = \text{numero di abitanti serviti}$$

### ***Carico di Solidi Sospesi***

Un altro parametro da considerare nella valutazione dell'inquinamento delle acque reflue urbane è costituito dal carico di solidi sospesi, ovvero dalla concentrazione di particelle sedimentabili e non, presenti nei liquami che, oltre a costituire inquinamento in sé, in quanto elementi indesiderati di origine

organica o minerale, producono effetti collaterali come produzione di fanghi e torbidità.

Orientativamente, *per i liquami di origine civile* mediamente si considera un **carico specifico di solidi** di **90** [g/ab· d], per cui si ha:

$$\text{SST [mg/l]} \approx \text{Nab} \cdot 90/24 \cdot \text{Q}$$

dove:

Q [m<sup>3</sup>/h] = portata liquame

Nab = numero di abitanti serviti

PARAMETRO	gr.Solidi/ab. giorno	gr.BOD5/ab. giorno
<b>Solidi Sospesi SS</b>	<b>90</b>	<b>41 (59%)</b>
Sedimentabili	60	27 (39%)
non sedimentabili	30	14 (20%)
<b>Solidi Filtrabili Disciolti</b>	<b>100</b>	<b>29 (41%)</b>

Tab. 1.3 - Suddivisione dei Solidi Totali (Tratto da Masotti, 1987)

**N.B.:** dall'esame della Tab. 1.3 è importante rilevare che:

- i Solidi Sospesi Sedimentabili contribuiscono per una percentuale del 39% sul totale delle sostanze organiche, ma in realtà variabile fra il 30% e 40%; pertanto di questo ordine di grandezza è la quota massima del BOD che può essere abbattuta con semplici processi di sedimentazione;
- i Solidi Sospesi Totali contribuiscono con una percentuale del 59%, variabile anch'essa fra il 55% e 65%: di quest'ordine di grandezza sono i rendimenti di rimozione delle sostanze organiche di quei processi che agiscono essenzialmente sui solidi sospesi;
- per ottenere elevati rendimenti della rimozione del BOD, occorrono processi che incidano sostanzialmente sulla rimozione delle sostanze organiche disciolte (processi biologici e/o di adsorbimento su carbone attivo, ecc.).

In definitiva, le **caratteristiche chimico-fisiche dei liquami civili** in termini di concentrazioni medie di liquame classificato come “forte”, “medio” e “debole”, sono riportate nella tabella 1.4.

Parametro/Concentrazioni	Liquami Forti	Liquami Medi	Liquami Deboli
Richiesta biochimica di ossigeno BOD5 [mg/l]	300	200	100
Richiesta chimica di ossigeno COD [mg/l]	1000	500	250
Carbonio organico totale TOC [mg/l]	300	200	100
Solidi Totali [mg/l]	1200	700	350
Solidi disciolti totali [mg/l]	850	500	250
Solidi sospesi totali [mg/l]	350	200	100
Solidi sedimentabili [mg/l]	20	10	5
Azoto (somma di tutte le forme N) [mg/l]	85	40	20
Azoto Organico [mg/l]	35	15	8
Azoto Ammoniacale [mg/l]	50	25	12
Azoto Nitrico [mg/l]	0	0	0
Azoto Nitroso [mg/l]	0	0	0
Fosforo (somma di tutte le forme P) [mg/l]	20	10	6
Fosforo Organico [mg/l]	5	3	2
Fosforo Inorganico [mg/l]	15	7	4
Cloruri [mg/l]	100	50	30
Alcalinità (come CaCO <sub>3</sub> ) [mg/l]	200	100	50
Oli e grassi [mg/l]	150	100	50

Tab. 1.4 - Composizione tipica delle acque reflue urbane (Masotti, 1987)

### **Carico da Sostanze Chimiche: Azoto, Fosforo, detersivi, oli e grassi**

L'azoto e il fosforo, insieme al carbonio organico (nella proporzione  $BOD_5 : N : P = 100 : 5 : 1$ ) e ad alcuni micronutrienti (Ca, Fe, Mg, Zn, Na, Mn, ecc.), costituiscono il substrato nutritivo per i microrganismi che operano la depurazione naturale delle acque, per cui sono componenti indispensabili nei processi di rimozione biologica.

Quantità di azoto e fosforo in eccesso rispetto all'equilibrio precedentemente riportato possono determinare, nel corpo idrico recettore, condizioni assimilabili a quelle di un inquinamento indiretto.

In particolare, è possibile l'instaurarsi di fenomeni di eutrofizzazione che comportano la diminuzione della concentrazione di ossigeno disciolto (sottratto ad es. dalle reazioni di ossidazione dell'azoto ammoniacale), fenomeni di tossicità per la fauna acquatica e rischi di ordine igienico-sanitario.

Nelle acque reflue urbane, l'azoto è prevalentemente presente come ammoniaca e azoto organico, ovvero come TKN (*Total Kjeldahl Nitrogen*), che è la misura della quantità totale di queste due sostanze.

In genere, il rapporto tra le varie forme dell'azoto presenti nei liquami urbani, è, a livello indicativo, illustrato nella seguente fig. 3.

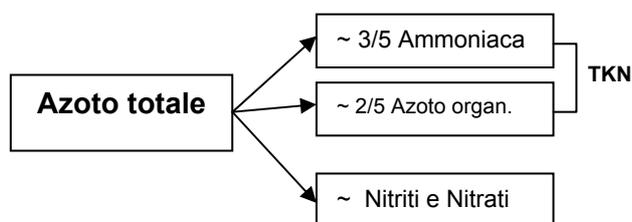


Fig. 3 : Componenti dell'azoto totale contenuto nelle acque reflue urbane (Masotti, 1987; Metcalf & Eddy, 1979)

In modo del tutto indicativo, si può ritenere che *il 60% dell'azoto come N sia rappresentato da ammoniaca, il 35% da azoto organico, il 5% da nitriti e nitrati.*

Si tratta di *percentuali fortemente variabili*, soprattutto la proporzione relativa di azoto organico ed ammoniaca, in quanto l'azoto organico (sotto forma di proteine ed aminoacidi), si trasforma piuttosto rapidamente in ammoniaca e composti ammoniacali in genere: un'acqua di rifiuto è proporzionalmente più ricca di ammoniaca, quanto più a lungo ha soggiornato nel sistema fognante di

adduzione all'impianto, avendo avuto tempo di svilupparsi le reazioni biologiche di degradazione che stanno alla base delle trasformazioni.

In generale, il calcolo del carico "inquinante" di azoto, per un liquame di origine urbana, si effettua considerando un carico specifico di TKN di circa 12 [g/ab·d] con un contributo specifico di azoto ammoniacale di 8,5 [g/ab·d], per cui le relative concentrazioni risultano:

$$\text{TKN [mg/l]} \approx \text{Nab} \cdot 12 / 24 \cdot \text{Q}$$

$$\text{NH}_4^+ \text{ [mg/l]} \approx \text{Nab} \cdot 8,5 / 24 \cdot \text{Q}$$

dove:

Q [m<sup>3</sup>/h] = portata liquame

Nab = numero di abitanti serviti

Le concentrazioni di Azoto N sono in genere variabili fra 20 e 85 [mg/l].

I composti azotati contribuiscono consistentemente sull'entità del BOD del liquame a tempi lunghi: il contributo individuale del BOD a tempi lunghi è variabile fra 30 e 60 [gr O<sub>2</sub>/ab.d], con concentrazioni dell'ordine di 80 ÷ 150 [mg/l].

Il **fosforo**, che contribuisce al carico inquinante eutrofizzante, è presente nelle acque reflue prevalentemente sotto forma di ortofosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), fosforo organico e polifosfati (fig. 4).

A seconda del pH del liquame, gli ortofosfati assumono differenti forme ioniche, di cui HPO<sub>4</sub><sup>-</sup> è la più frequente; i polifosfati (Poli-P<sub>n</sub>) possono idrolizzarsi (a pH ≈ 7) in ortofosfati o assumere configurazioni bilanciate tra metafosfati, ultrafosfati e polifosfati propriamente detti.

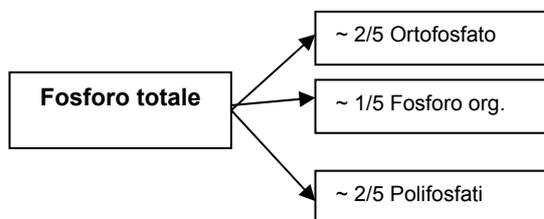


Fig. 4 : Componenti del fosforo totale contenuto nelle acque reflue urbane (Masotti, 1987; Metcalf & Eddy, 1979)

Mediamente, per le acque reflue urbane si considera un carico specifico di fosforo di 3 [g/ab·d] per cui, nel liquame influente, si ha la seguente concentrazione relativa:

$$P \text{ [mg/l]} \approx N_{ab} \cdot 3/24 \cdot Q_i$$

Le concentrazioni di fosforo sono in genere variabili fra 6 e 25 [mg/l].

I microrganismi si nutrono dell'azoto direttamente sotto forma di ammoniaca, ma possono utilizzare anche i nitriti e nitrati e talora anche l'azoto gas.

Il fosforo viene assimilato essenzialmente sotto forma anche di ortofosfati; anche i pirofosfati possono servire come nutrimento in quanto in soluzione acquosa tendono ad idrolizzarsi e trasformarsi in ortofosfati.

I **detersivi sintetici** si trovano normalmente come MBAS.

Mediamente si considera un *carico specifico di MBAS* di 2 ÷ 4 [g/ab· d], per cui si ha nel liquame influente:

$$\text{MBAS [mg/l]} = N_{ab} \cdot 3/24 \cdot Q$$

dove:

$Q \text{ [m}^3\text{/h]}$  = portata liquame

$N_{ab}$  = numero di abitanti serviti

Le concentrazioni di MBAS sono in genere variabili fra 10 e 15 [mg/l].

Concentrazioni molto più elevate si possono riscontrare con presenza di scarichi di industrie tessili, lavanderie, ecc., in cui si possono ritrovare consistenti concentrazioni di detersivi cationici e non ionici.

**Oli e grassi** si trovano presenti nei liquami civili in *concentrazioni mediamente comprese fra 50 e 150 [mg/l]*; nel caso di particolari utenze (ad es.: ristoranti, grandi cucine, ecc.) le concentrazioni possono salire notevolmente.

## 1.4 LIMITI DI EMISSIONE DEGLI SCARICHI

Con il Decreto Legislativo n.152 dell'11 maggio 1999 e successive integrazioni e modifiche (Decreto Legislativo n.258 del 18 agosto 2000) sono stati definiti i criteri che disciplinano la tutela dall'inquinamento delle acque superficiali, marine e sotterranee.

Tale Decreto ha recepito le direttive 91/271/CEE, concernente il trattamento delle acque reflue urbane e 91/676/CEE, relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

Il DLgs n.152/99, che coinvolge un po' tutti, dalle Regioni alle imprese, si compone di 63 articoli e 7 allegati, ridisegna completamente il sistema della tutela delle acque dall'inquinamento, comporta la riorganizzazione e la modifica di gran parte della normativa vigente in materia di acque e l'abrogazione di numerose normative ormai divenute "incompatibili" con il decreto stesso, tra le quali la stessa "Legge Merli" L.319/76, la Legge n.650/79, il DLgs n.130/92 in materia di qualità delle acque dolci per l'idoneità della vita dei pesci, il DLgs n.132/92 in materia di protezione delle acque sotterranee, il DLgs n.133/92 in materia di scarichi industriali di sostanze pericolose nelle acque.

Il principio di fondo del DLgs n.152/99, in linea con le politiche Comunitarie in materia di tutela delle acque, è quello della gestione integrata, che associa i limiti di qualità dei reflui scaricati (valori limite di emissione) con i requisiti di qualità ambientale del corpo idrico recettore (per specifica destinazione d'uso), al fine di una protezione qualitativa e quantitativa delle acque.

L'allegato n.5 del DLgs definisce lo **scarico** come "*qualsiasi immissione diretta (permanente o discontinua, ma non occasionale) di reflui liquidi o semiliquidi o comunque convogliabili tramite condotta (a prescindere dalla loro natura inquinante), anche previa depurazione, in acque superficiali o sotterranee, sul suolo, nel suolo, in reti fognarie*" ed indica inoltre i nuovi limiti di qualità degli scarichi (Tab. 1, Tab. 2).

Vengono qui di seguito riportate in sintesi, le principali tabelle di riferimento (n.1-2-3-4) riguardanti i valori limite di emissione degli scarichi (si rimanda al testo completo dell'Allegato 5 del DLgs n.152/99, per i necessari approfondimenti).

**Tab.1**

**Limiti di emissione per le Acque Reflue Urbane che recapitano in aree sensibili**

BOD5	[mg/l]	25
COD	[mg/l]	125
Solidi Sospesi Totali SST	[mg/l]	35

**Tab.2**

**Limiti di emissione per le Acque Reflue Urbane che recapitano in aree sensibili**

Azoto Totale N	[mg/l]	15
P	[mg/l]	2

**Tab.3**

**Valori Limite di emissione per le Acque Reflue Industriali che recapitano in acque superficiali e in fognatura**

N-NO3	[mg/l]	20
N-NO2	[mg/l]	0,6
N-NH4+	[mg/l]	15
P	[mg/l]	10

**Tab.4**

**Limiti di emissione per le Acque Reflue Urbane e Industriali che recapitano sul suolo**

BOD5	[mg/l]	20
COD	[mg/l]	100
Solidi Sospesi Totali SST	[mg/l]	25
NH4+	[mg/l]	5
N totale	[mg/l]	15
P	[mg/l]	2
Escherichia Coli	UFC/ml	100