

I biofiltri aerati sommersi “SAB[®]/D_R” a flusso discendente con ricircolo

Ing. Luigi Fanizzi
Ecoacque snc, Giovinazzo

La sempre maggiore limitazione degli spazi e l'esigenza di contenere entro limiti accettabili i costi di costruzione e di esercizio dei trattamenti delle acque, hanno recentemente portato a riconsiderare i vantaggi propri dei reattori biologici a biomassa adesa (*biofilm*), rispetto a quelli con biomassa sospesa, dei processi a fanghi attivi. Dal 1870, anno della loro prima introduzione, avvenuta in Inghilterra (*Dibdin*), fino ai nostri giorni, sono stati compiuti molti sforzi per sviluppare e migliorare i processi biologici che utilizzassero biomasse adese, al fine di conseguire i seguenti obiettivi (R. Canziani, 1994):

- Aumento dei carichi volumetrici utilizzabili in condizioni di funzionamento stabile, allo scopo di ridurre i volumi dei reattori e la superficie richiesta da nuovi impianti di depurazione;
- Adeguamento tecnologico e processistico delle prestazioni funzionali di impianti esistenti (*revamping*) che, sottoposti a notevoli incrementi del carico applicato, sono risultati sottodimensionati;
- Miglioramento delle prestazioni funzionali di impianti esistenti, imposto dall'abbassamento degli standards dei valori normali d'emissione, sugli effluenti finali;
- Diminuzione dei consumi energetici e/o della produzione di fanghi dei trattamenti depurativi;
- Affidabilità di processo e semplicità di conduzione.

Nei biofiltri aerati sommersi, c.d. **SAB** (*Submerged Aerated Bio-*

filter), si realizza un trattamento biologico aerobico a biomassa adesa ad “avviamento rapido”, in cui la degradazione della sostanza organica può avvenire, secondo la specifica configurazione, unitamente alla filtrazione, in un sistema compatto con un volume, per il reattore biologico, da 4 a 5 volte inferiore ad una vasca ossidativa a fanghi attivi, ottenendo un effluente che non richiede successivi trattamenti di sedimentazione.

I **SAB** sono costituiti da vasche a pianta quadrata o rettangolare riempite, alla *rinfusa*, di materiale plastico, come il propilene isotattico stabilizzato anti-UV (**BIO-ECO[®]**), di struttura sferica, elevata superficie specifica (140 m²/m³) e di dimensioni pari a 70 mm, che funge da supporto per lo sviluppo del biofilm batterico ed attraverso il quale filtra il liquame con

flusso discendente ossia in controcorrente con l'aria di processo (c.d. *Downflow*; vedi **Figura 1**), in modo da mantenere il letto sommerso e fisso (cioè *non espanso* o *fluidizzato*).

Il flusso discendente ha come vantaggio che solo l'acqua filtrata passa attraverso la griglia di supporto al riempimento.

I biofiltri SAB[®]/D_R (Ecoacque[®] snc, 2002), con ricircolo delle acque di lavaggio e dei fanghi di supero, sono reattori a biomassa adesa trifasici (⇒ il supporto plastico, l'acqua reflua da trattare ed una fase gassosa per la fornitura d'ossigeno).

A differenza dei classici letti percolatori, l'ossigeno necessario alle reazioni biologiche non è fornito naturalmente ma artificialmente per insufflazione forzata di aria, che avviene inferiormente al mezzo di riempimento.

I SAB[®]/D_R, ad alto grado di vuoto ($e = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^3$), prevedono il continuo distacco del fango in eccesso, sotto forma di pellicola di spoglio “No-Clog” (cioè di dimensioni contenute tali da evitare l'intasamento del mezzo filtrante) accoppiando, altresì, una buona filtrazione meccanica anche se richiedono un continuo ricircolo delle acque di lavaggio (**Figura 2**).

Il ricircolo viene ef-

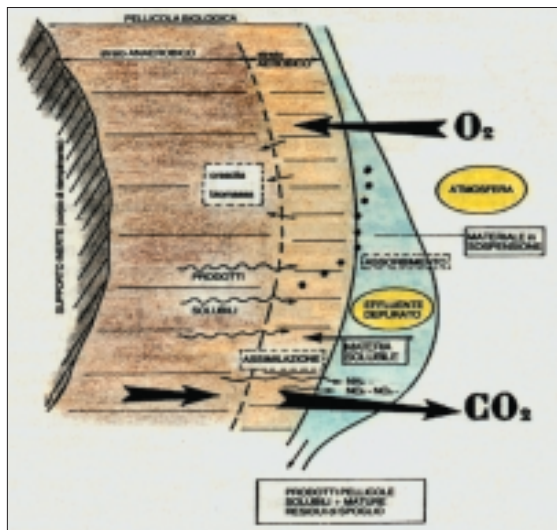


Figura 1 -

fettuato per diluire il liquame in alimentazione (omogeneizzazione) ma anche per creare una migliore miscelazione ed autopulizia, riducendo i rischi di cortocircuito idraulico e di "channelling" e per abbattere picchi temporanei in ingresso.

Il ricircolo delle acque contribuisce, altresì, ad aumentare le forze di taglio e di trascinamento riducendo il rischio di occlusioni ed intasamenti (\Rightarrow spazi morti a drastica riduzione d'efficienza).

I biofiltri SAB[®]/D_R devono essere alimentati con liquame sedimentato eventualmente sottoposto a grigliatura per evitare un intasamento del mezzo filtrante.

Fraja Frangipane e G. Pastorelli, 1994), rispetto ai:

- ♦ **processi a fanghi attivi** \Rightarrow nessun ricircolo dei fanghi né problemi di bulking o di rising sludge;
- ♦ **letti percolatori** \Rightarrow nessun ricircolo dell'effluente ossidato;
- ♦ **dischi biologici** \Rightarrow nessun organo in movimento.

Ai rubricati vantaggi, infine, si devono aggiungere quelli, non meno importanti, di poter ammettere maggiori carichi organici volumetrici e di offrire minori rischi di cortocircuiti idraulici e channelling, rispetto agli altri processi biologici di tipo aerobico.

Secondo la teoria di W. E.

- H** = 1,75 ÷ 3,00 è l'altezza (H. D. Stensel et al., 1988) del biofiltro [m];
- C** = 0,2 ÷ 2,0 è il carico idraulico [m³/m²·h];
- g** = 1,2708649 · 10⁸ è l'accelerazione di gravità [m/h²];
- A/V** = 140 è la superficie specifica del mezzo filtrante [m²/m³];
- c** = 1,50 · 10³ è il coefficiente caratteristico del mezzo plastico filtrante [adimensionale];
- R** = QR/Q = 1 ÷ 2 è il rapporto, adimensionale, di ricircolazione, tra la portata di riciclo [m³/h] e la portata media influente [m³/h];
- n** = $v_0 / (1 + 0,0337 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2)$ è la viscosità cinematica (J. L. M. Poiseuille, 1830) del liquido a T °C
- e $v_0 = 0,006426$ quella a 0 °C [m²/h].

La superficie S del biofiltro [m²] ed il volume V del biofiltro [m³], si ottengono mediante le seguenti espressioni:

$$S = Q/C \quad (2)$$

$$V = H \cdot S \quad (3)$$

sperimentalmente sono state dedotte produzioni giornaliere di fanghi di supero e fabbisogni medi orari d'ossigeno (mod. E. de Fraja Frangipane e G. Pastorelli, 1994), rispettivamente pari a:

$$X_s = 24 \cdot Q \cdot [0,35 (B_i - B_e) + 0,80 X_i - X_e] / 1000 \quad (4)$$

$$\Delta O_2 = Q \cdot [0,50 (B_i - B_e) + 0,32 X_i + 4,57 NH_4^+ - N] / 1000 \quad (5)$$

dove:

- X_s** = produzione giornaliera di fanghi di supero [KgSS/d];
- Q** = portata media oraria influente [m³/h];
- B_i** = concentrazione di BOD₅ nell'influente [mgBOD₅/L];
- B_e** = concentrazione di BOD₅ nell'effluente [mgBOD₅/L];
- X_i** = concentrazione di solidi sospesi totali nell'influente [mgSS/L];
- X_e** = concentrazione di solidi sospesi totali nell'effluente [mgSS/L];
- NH₄⁺-N** = concentrazione di azoto ammoniacale da ossidare [mgNH₄⁺-N/L];
- ΔO₂** = fabbisogno orario di ossigeno [KgO₂/h].

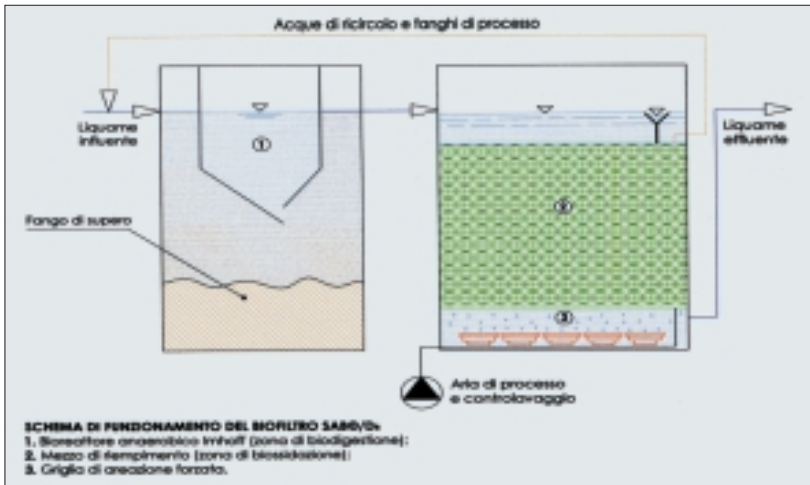


Figura 1 -

Un biofiltro SAB[®]/D_R è dunque caratterizzato da:

- ♦ un mezzo plastico di riempimento ad alto indice di vuoti (porosità n = 48,70 %), basse perdite di carico e non soggetto ad intasamento (peso a secco γ = 47 Kg/m³);
- ♦ un sistema di insufflaggio d'aria per l'aerazione di processo ed il controlavaggio per l'autopulizia (Potenza specifica installata P = 300 W/m³);
- ♦ un dispositivo a "sifone" idropneumatico di ricircolo delle acque di lavaggio e dei fanghi di supero processuali (\Rightarrow alla sedimentazione primaria e digestione anaerobica).

Quella dell'utilizzo dei biofiltri SAB[®]/D_R, è una tecnologia abbastanza innovativa che presenta alcuni vantaggi operativi (E. de

Howland (1957), i processi biochimici che si svolgono durante la biofiltrazione seguono le regole del primo ordine cinetico:

$$B_e/B_i = e^{-kt} \cdot [1 + R \cdot (1 - e^{-kt})]^{-1} \quad (1)$$

dove:

k = 1,060 · 1,035^(T-20°C) è la costante cinetica (mod. E. B. Phelps, 1944 secondo C. M. Fair et al., 1968) di processo [h⁻¹];

B_e/B_i è il rapporto, adimensionale, fra il BOD₅ dell'effluente [mg/L] ed il BOD₅ dell'influente [mg/L] al biofiltro;

t = $c \cdot (n/g)^{1/2} \cdot H \cdot [(A/V)/C]^{2/3}$ è il tempo (G. & E. Bianucci, 2001) di contatto "liquame/biofilm" [h];

T = 8 + 0,5 · Taria è la temperatura (A. Ventura, 1997) del liquame [°C];

Nelle relazioni (4) e (5), si è tenuto conto del fatto che il bioreattore SAB[®]/D_R opera, di fatto, come un filtro per cui circa l'80% dei solidi sospesi influenti viene trattenuto senza essere degradato.

Il sistema di aerazione forzata è costituito da una rete di tubazioni in PVC con piattelli di distribuzione dotati di membrana elastomera in EPDM microfessurata superficialmente (diametro medio bolle 3 mm), immerse nel letto filtrante ad una quota dal fondo del letto pari a 1/6 H (ca. 0,50 m), configurandosi come sistema a bolle fini (Fig. 3).

In fase operativa si sono ottenuti buoni rendimenti di ossigenazione (ca. 5%) alimentando quantitativi d'aria, in media, di 50 m³/KgBOD₅ applicato.

Ciò è dovuto ai tempi di contatto maggiori, delle bollicine d'aria con il liquame, a causa della tortuosità dei percorsi (vedi Fig. 2).

Il fango processuale di supero evacuato (produzione specifica media in ragione di circa 0,20 KgSS/KgBOD₅ rimosso) da stabilizzare in digestore anaerobico (del tipo Imhoff), ha concentrazioni comprese fra 400 e 1200 mgSS/L (J. P. Canler e J. M. Perret, 1993).

La concentrazione di solidi sospesi nell'effluente, in impianti ben progettati, è spesso pari a 15 mgSS/L + 20 mg/L, con punte mai superiori, in ogni caso, ai 30 mgSS/L. I vantaggi dei sistemi

SAB[®]/DR, sono assai interessanti per quelle località turistiche e/o per quelle "aree sensibili", sia costiere, sia montane che di rilevanza paesaggistica (località turistiche), nelle quali si hanno:



Figura 3 – Vista della griglia di aerazione e del materiale di supporto, SAB[®]/D_R (ECOACQUE[®], 2002).

- notevoli oscillazioni stagionali dei carichi (c. idraulici e c. inquinanti);
- limitata superficie disponibile per gli impianti di trattamento e depurazione delle acque;
- esigenza di realizzare impianti tecnologici di trattamento al coperto;
- necessità di minimizzare gli impatti con l'ambiente recettore.

Note bibliografiche

^[1] Cesare Maldifassi (1984): "BIO-ECO", Ed. Ecoplast, Milano;

^[2] G. De Marchi (1986): "Idraulica – Basi scientifiche ed applicazioni tecniche", Vol. 1°, 2a parte, Ed. Hoepli, Milano;

^[3] E. Rovere Massarani (1992): "La chimica delle acque", Ed. Franco Angeli, Milano;

^[4] Aurelio Misiti (1994): "Fondamenti di ingegneria ambientale", Ed. La Nuova Italia Scientifica, Roma;

^[5] Pietro Colombo e Francesco Colleselli (1996): "Elementi di geotecnica", 2a Edizione, Ed. Zannichelli, Bologna;

^[6] Roberto Canziani ed Alberto Rozzi (1994): "Processi a biomassa adesiva", Quaderno n° 20 di Ingegneria Ambientale, Ed. CIPA, Milano;

^[7] Eugenio de Fraja Frangipane e Giuseppe Pastorelli (1994): "Impianti di depurazione di piccole dimensioni", ed. CIPA, Milano;

^[8] Renato Vismara (1998): "Depurazione biologica", Ed. Hoepli, Milano;

^[9] W. Wesley Eckenfelder, Jr. (2000): "Industrial water pollution control", Third Edition, Ed. int. McGraw-Hill, Singapore.

^[10] Giovanni Bianucci ed Esther Ribaldone Bianucci (2001): "Impianti di depurazione delle acque residue", Ed. Hoepli;

