

UN MANUALE DI REGOLAZIONE PER GESTORI DI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI *

R. Vismara **, P. Butelli ***, P. Comolli ***, T. Candelieri****

Sommario – Vengono presentate le conclusioni di una ricerca finanziata dall'ENEA, avente lo scopo di definire criteri, principi e regole di gestione degli impianti biologici sia per la rimozione del solo carbonio, sia per la rimozione simultanea di carbonio, azoto, fosforo. Una parte del testo è concepita come un manuale operativo per il controllo dell'impianto da parte dei gestori, analizzando i parametri di regolazione e di autocontrollo del processo. L'altra parte è dedicata ad una revisione critica sul significato ed utilità pratica dei parametri di controllo.

GUIDELINES FOR ACTIVATED SLUDGE PLANTS MANAGEMENT

Summary – Actually, in Italy, more than 2000 activated sludge plants are present but, as a recent UIDA-CRN survey has shown, the most part of them does not work satisfactorily. One of the most important topic, referring to this problem, is the absence of operational criteria to control biological process. The authors have published a manual with instruction and practical guidelines. The manual proposed, outcome of a research supported by ENEA, aims to define and highlight practical criteria, rules and parameters useful for activated sludge process control, referring also to biological nutrient removal. The first part of the manual deals with instructions and practical guidelines for the operational criteria necessary to realize manual and/or automatic plant control, and, therefore, set-point values for regulation parameters (such as influent and recycle flow rate, aeration level, etc.) are proposed. The second part of the manual, instead, presents a critical review about parameters referring to the comprehension of biological process (such as biological activity, sludge properties and so on) that could be utilized to evaluate sludge health and to identify preventative and remedial methods for biological process failures.

1. PREMESSE

E' a tutti noto che la maggior parte dei circa 2000 impianti di depurazione esistenti in Italia a servizio di comunità civili è del tipo così detto "biologico", così come dello stesso tipo sono forse la metà degli impianti a servizio di medie e grandi industrie.

* Si ringrazia l'ENEA per l'autorizzazione a riprodurre e distribuire il volume "La regolazione dei processi biologici per impianti a fanghi attivi. Manuale operativo e guida alla diagnosi" (Contratto di ricerca ENEA/Politecnico di Milano) pubblicato come Quaderno di Ingegneria Ambientale (n. 13) dalla C.I.P.A. s.r.l., Via Santa Sofia 6 – 20122 Milano.

** Prof. Renato Vismara, Associato di Ecologia Applicata all'Ingegneria, (Responsabile del Contratto Ricerca), Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento, Politecnico di Milano; P.zza Leonardo da Vinci 32 – 20133 Milano – tel. 02.23996400, fax 02.40910006

*** Dott.ssa Paola Butelli, Dottore di Ricerca in Ingegneria Sanitaria, Dott.ssa Paola Comolli, Dottoranda in Ingegneria Sanitaria – Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento, Politecnico di Milano; Via F.lli Gorkini 1 – 20151 Milano – tel. 02.40910010, fax 02.40910006

**** Dott. Tommaso Candelieri, Enea Trisaia, – 75026 Rotondella, (MT) – fax 0835.974261

LA – Ingegneria Ambientale, vol. XXI, n. 2, febbraio 1992

In effetti la capacità di ottenere un effluente di scarico ben depurato dipende proprio dalla capacità di gestire al meglio il "cuore biologico" dell'intero impianto. Nella stragrande maggioranza dei casi questo cuore biologico è costituito da un processo a fanghi attivi.

Un'utenza impiantistica così vasta e la consapevolezza che proprio l'incapacità di gestire al meglio tale processo e soprattutto le sue recenti più sofisticate modifiche (fanghi attivi con rimozione di azoto e fosforo), oggi causa di una situazione dichiarata non soddisfacente (noi diremmo grave) dal Ministero dell'Ambiente e dal CNR, ci ha spinto a stilare un manuale operativo di gestione per il processo a fanghi attivi.

Il manuale è stato preparato con il supporto finanziario dell'ENEA ed è il frutto di quattro anni di ricerche di campo degli scriventi.

Come già detto gli schemi di processo analizzati sono costituiti sia dall'impianto classico a stadio singolo deputato alla rimozione delle sole sostanze carboniose (Fig. 1), sia dallo schema di processo più complesso, per la rimozione delle sostanze carboniose, del fosforo e dell'azoto (Fig. 2). Si tratta, come si può notare, di processi definibili single sludge, dotati di un solo sedimentatore. Proprio alla fase di sedimentazione è stato attribuito un ruolo determinante nell'ottenere gli obiettivi di processo.

2. PROBLEMI DI SEDIMENTAZIONE

Si è riconosciuto ed enfatizzato che i problemi di gestione più difficili sono si originati a livello di reazioni biologiche e biochimiche nei reattori, ma si riversano e si manifestano macroscopicamente soprattutto nei sedimentatori in quanto compromettono sempre la fase di separazione solido/liquida. Per questo motivo sono stati trattati esaurientemente la genesi e il riconoscimento dei fanghi di:

- BULKING (rigonfiamento del fango)
- RISING (galleggiamento del fango)
- PIN POINT (deflocculazione del fango)
- FOAMING (schiumeggiamento del fango).

Oltre a fornire le più recenti interpretazioni biochimico/microbiologiche, vengono riportate le metodologie di misura in termini di analisi microbiologiche, microscopiche, chimiche e fisiche. In particolare sono stati proposti indici operativi di quantificazione dei fenomeni descritti, due dei quali costituiscono una novità e perciò vengono proposti in questa sede alla più ampia esperienza critica degli operatori.

3. I PARAMETRI DI PROCESSO

La notevole variabilità dei liquami in ingresso e la loro influenza sul processo biologico rendono indispensabile, al fine di poter at-

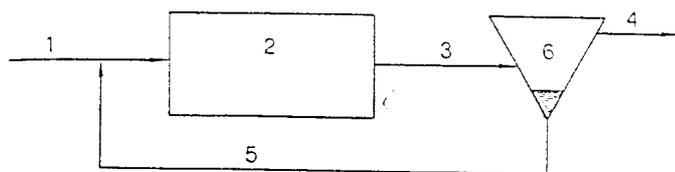


Fig. 1 - Schema di impianto per la rimozione di sostanze carboniose.;
 Legenda: 1 = ingresso liquame; 2 = vasca di aerazione; 3 = uscita miscela aerata; 4 = uscita liquame decantato; 5 = ricircolo dei fanghi; 6 = strato di fango ispessito

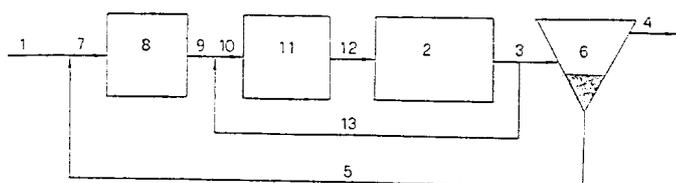


Fig. 2 - Schema di impianto per la rimozione di sostanze carboniose, del fosforo e dell'azoto;
 Legenda: 1 = ingresso liquame; 2 = vasca di aerazione; 3 = uscita miscela aerata; 4 = uscita liquame decantato; 5 = ricircolo dei fanghi; 6 = strato di fango ispessito; 7 = ingresso liquame e fango di ricircolo; 8 = vasca anaerobica di rilascio del fosforo; 9 = uscita miscela anaerobica; 10 = ingresso miscela anaerobica + miscela aerata; 11 = vasca di denitrificazione anossica; 12 = uscita miscela denitrificata; 13 = ricircolo miscela nitrificata aerata

tuare una corretta gestione di quest'ultimo, una fase di controllo in grado di fornire indicazioni precise sulle condizioni di esercizio. Il controllo di un impianto biologico di depurazione puo' fondamentalmente essere suddiviso in quattro livelli:

- controllo del liquame in ingresso;
- controllo dell'effluente depurato;
- controllo della linea fanghi;
- controllo del processo vero e proprio.

Il controllo delle caratteristiche del liquame da trattare ha, potenzialmente, due grandi scopi. In primis quello di poter modificare le caratteristiche del processo sulla base del carico inquinante in arrivo in modo da garantire la costanza delle prestazioni dell'impianto e, in seconda battuta, la possibilita' di intercettare l'arrivo di sostanze potenzialmente dannose per lo svolgimento del processo biologico. In realta', tuttavia, entrambe le possibilita' risultano di difficile attuazione. Nel primo caso, infatti, e' necessaria una notevole flessibilita' impiantistica. Avere una costanza di rimozione significa mantenere costante il valore di carico del fango e, quindi, non potendo modificare ne' le caratteristiche del liquame in ingresso ne' le volumetrie di vasche esistenti, l'unica azione praticabile dal gestore e' quella di controllare la concentrazione di fango attivo attraverso la regolazione del ricircolo e dello spurgo dei fanghi. Prescindendo dalla difficolta' intrinseca del controllo in continuo di questi parametri, e' evidente come cio' richieda quantomeno la presenza di un sedimentatore in grado di tollerare flussi solidi estremamente variabili, anche e soprattutto perche', come noto, molto spesso le punte di carico organico coincidono con le punte di carico idraulico. Nella seconda

ipotesi diviene invece indispensabile la presenza di strumentazione estremamente sofisticata, difficilmente reperibile nei laboratori asserviti agli impianti di depurazione.

Dal punto di vista normativo e della finalita' per cui vengono realizzati gli impianti di depurazione, e' evidente come il controllo della qualita' delle acque in uscita dall'impianto stesso risulti di notevole importanza. Un peggioramento di detta qualita' costituisce gia' da solo un campanello d'allarme anche se non indica in modo chiaro ed univoco l'origine del fenomeno. Ad esempio, un aumento del valore di COD in uscita puo' essere dovuto ad un aumento effettivo del carico in ingresso, all'effetto di un tossico o inibente dell'attivitа' biologica o alla presenza di una sostanza organica non biodegradabile che passa quindi inalterata attraverso il processo. Lo stesso discorso vale anche per la determinazione del TOC, mentre per quanto riguarda il BOD₅, oltre all'elevato lasso di tempo che intercorre fra il campionamento e la lettura del risultato, esistono notevoli problemi di riproducibilita' che ne compromettono la veridicitа' e l'affidabilita'. Il controllo dell'effluente finale, quindi, seppur indispensabile per l'analisi della funzionalita' dell'impianto, non fornisce da solo indicazioni utili per una corretta gestione dello stesso.

I parametri di controllo ottimali devono invece essere in grado di fornire, nel minor tempo possibile, chiare indicazioni sullo svolgimento dei fenomeni di depurazione. Solo cosi', infatti, il gestore dell'impianto potra' realizzare una corretta gestione del processo, con buoni rendimenti di rimozione. Risulta altrettanto evidente che tanto piu' il parametro di controllo prescelto sara' in grado di fornire precise informazioni in tempi brevi quanto piu' la sua applicazione avra' successo, e che, a parita' di informazioni ottenute risultera' privilegiato quello di piu' facile determinazione analitica. Di notevole rilevanza pratica risulta inoltre la possibilita' di prevedere, attraverso il monitoraggio di un parametro di controllo, l'instaurarsi di condizioni che possono determinare la crisi del processo e quindi di prevenirne gli effetti mediante interventi gestionali.

I requisiti richiesti ad un parametro di controllo per essere tale fanno immediatamente pensare all'impossibilita' di utilizzare una sola analisi per tale scopo, ma quantomeno di conglobare le informazioni fornite da piu' analisi fra loro, ferma restando la semplicita' e la rapidita' di esecuzione dell'analisi stessa.

Fondamentalmente, in un impianto a fanghi attivi, l'analisi delle caratteristiche di qualita' del liquame in ingresso e delle acque depurate come tradizionalmente eseguito contribuisce in limitata misura all'effettivo controllo del processo stesso. Per quanto riguarda BOD₅, COD e TOC sono gia' state segnalate le principali obiezioni, ma anche per quanto riguarda ad esempio l'azoto, nelle sue diverse forme, poter stimare semplicemente l'entita' di rimozione fra ingresso e uscita puo' non essere sufficiente per capire la comparsa di fenomeni come il "rising". E' chiaro quindi che oltre ad un certo tipo di controllo, definibile come classico, in grado di determinare l'efficacia del trattamento e' necessario poter individuare altri parametri, piu' tipici del processo biologico, capaci di suggerire interventi e/o soluzioni gestionali sia per prevenire che per curare situazioni critiche.

Nel manuale si analizzano i parametri di processo tentando di definire relazioni causa/effetto ai fini di fornire criteri di regolazione.

I parametri sono stati suddivisi in tre classi, ognuna con un differente significato gerarchico, come definito in Fig. 3.

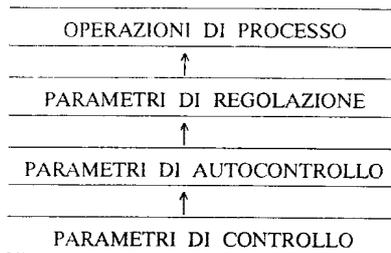


Fig. 3 - Schema gerarchico dei parametri di processo

PARAMETRI DI REGOLAZIONE

Sono parametri la cui variazione può essere immediatamente trasferita in operazioni di regolazione di flussi o di macchine all'interno del processo (ad esempio le portate di ricircolo o le portate di aria).

La regolazione di questi parametri viene comandata da inputs provenienti dai messaggi \pm (aumenta/diminuisci) forniti dai parametri di autocontrollo. I parametri di regolazione analizzati sono riportati in Tab. 1.

PARAMETRI DI AUTOCONTROLLO

Sono parametri chimico/fisico/biologici rilevati in diversi punti chiave del processo, che sono direttamente correlati con gli obiettivi di efficienza del processo (ad esempio bassi valori di inquinamento in uscita, nessun fenomeno di schiuma, nessun odore). La definizione, da parte dell'operatore, di valori numerici di riferimento di tali parametri consente, mettendo a confronto i valori rilevati sui processi, di inviare messaggi \pm ai parametri di regolazione.

Questi "messaggi" possono, a seconda dei casi, essere misurati e trasmessi in automatico, mediante sensori e consentire una REGOLAZIONE AUTOMATICA di processo, oppure più semplicemente sono trasmessi come informazione concettuale/verbale e consentono una REGOLAZIONE MANUALE (Tab. 2).

PARAMETRI DI CONTROLLO

Sono parametri chimico/fisico/biologici rilevati in diversi punti chiave del processo che non sono univocamente e direttamente correlati con gli obiettivi del processo, ma concorrono, con relazioni sinergiche, a definire l'evoluzione dei parametri di autocontrollo e a ridefinirne i valori numerici di riferimento in relazione a nuove esigenze operative. Sono in grado, spesso singolarmente ma talvolta assieme ad altri parametri di controllo, di spiegare un'anomala relazione causa/effetto in situazioni di malfunzionamento del processo (Tab. 3).

Tutti i parametri sono stati analizzati prendendo a riferimento i due schemi più diffusi di processo a fanghi attivi, rispettivamente per la rimozione del solo carbonio (Fig. 1) un sistema a miscelazione completa e per la rimozione di sostanze carboniose, fosforo e azoto (Fig. 2) uno schema del tipo anaerobico, anossico, aerobico (Bardenpho modificato, Phoredox a due stadi, A2/O). I parametri sono stati analizzati sia nei reattori biologici che nel sedimentatore.

Tab. 1 - I parametri di regolazione del processo a fanghi attivi

- Portata di ricircolo dei fanghi dal sedimentatore
- Portata di ricircolo della miscela aerata
- Portata di fanghi di supero
- Quantità di ossigeno trasferita

Tab. 2 - I parametri di autocontrollo

- Portata liquami
- Ossigeno disciolto
- Concentrazione di fango
- Potenziale redox
- pH
- Temperatura
- Concentrazione fango nel ricircolo
- Altezza fango nel sedimentatore

Tab. 3 - I parametri di controllo

Reattori biologici

- Caratteristiche dei substrati in ingresso ed in uscita
- Caratteristiche dei substrati nel reattore
- Caratteristiche dei fanghi
- Concentrazione SST/SSV
- Velocità di sedimentazione, V_s
- Volume del fango, V_a
- Indice di Mohlman, SVI
- Indice di bioflocculazione, IB
- Indice di galleggiamento, IG
- Struttura microscopica del fango
- Struttura fisica
- Struttura biologica
- Composizione biologica microscopica
- Contenuto di ATP nei fanghi biologici
- Attività deidrogenasica
- Contenuto di DNA nei fanghi biologici
- Contenuto proteico nei fanghi biologici
- Conta batterica
- Velocità di respirazione

4. PROBLEMI DI ESERCIZIO: BULKING, RISING, PIN-POINT, FOAMING

Ricordiamo che il *bulking* o rigonfiamento del fango è il fenomeno per il quale il fango aumenta il suo volume specifico, sedimenta male e di conseguenza può uscire dai sedimentatori finali. A lungo andare, oltre all'aumento di solidi sospesi nel sedimentatore, si ha anche un aumento di BOD e COD nell'effluente finale.

Altra situazione patologica caratteristica è data dal cosiddetto *rising* o risalita del fango frammisto a bollicine di gas nel sedimentatore finale, con formazione di disgustosi e maleodoranti "ma-

terassi" galleggianti e conseguente perdita di solidi sospesi nell'effluente.

Una situazione non insolita di patologia dei fanghi è il foaming, una abnorme produzione di schiuma che può essere distinta in diverse tipologie di schiume, ognuna con una sua genesi e con necessità di intervento gestionale molto diverse. Temibilissima è la formazione della schiuma grassa, vischiosa e spessa, attribuita alla proliferazione di microrganismi del tipo *Nocardia*.

Da ultimo citiamo i fenomeni di *pin-point* e deflocculazione per i quali il fiocco di fango tende a sfaldarsi e rimpicciolire; l'effluente dei sedimentatori diventa torbido e ricco di piccoli solidi in sospensione.

In questi casi, il risultato è che le caratteristiche dell'effluente finale peggiorano notevolmente venendo compromessa la fase di separazione solido-liquida.

Tutti i problemi dovuti alle caratteristiche dei fanghi, bulking, rising, pin-point, sono essenzialmente imputabili alle caratteristiche dei liquami, soprattutto alla non costanza della loro qualità e quantità.

Il manuale suggerisce alcune "ricette" per rispondere al "che fare" in queste situazioni. Si riconferma a questo proposito che non esistono ancora ricette sicure basate su chiare relazioni causa/effetto nonostante i molti studi (soprattutto di Jenkins et al., 1986).

5. GLI INDICI DI QUALITÀ DEL FANGO

Tra gli argomenti più qualificanti riteniamo di illustrare alcuni indici di qualità del fango di valenza operativa per quantificare i fenomeni di bulking, rising, pin-point.

5.1 Indice di Mohlman, SVI

Il parametro analitico che consente di stimare, seppur a livello macroscopico, le caratteristiche di sedimentabilità dei fanghi è rappresentato dallo Sludge Volume Index (SVI) o Indice di Volume del fango, espresso in cc g^{-1} , che indica il volume occupato da un grammo di fango dopo 30' di sedimentazione in cono Imhoff o cilindro.

In generale si considerano accettabili valori di SVI che variano fra 70 e 150 cc g^{-1} .

L'elevata diffusione e la semplicità di analisi lo rendono un parametro estremamente interessante ai fini del controllo del processo. Tuttavia, recentemente sono emerse nuove problematiche e discussioni intorno alla validità ed affidabilità di questo parametro che, hanno portato alla definizione di nuove metodiche per cui attualmente risulta ancora estremamente difficile confrontare i valori di SVI determinati su impianti e in laboratori diversi.

Lee et al. [1983] hanno effettuato uno studio volto alla valutazione dell'affidabilità dei diversi metodi di determinazione dello SVI per la conoscenza delle caratteristiche di sedimentabilità dei fanghi. Le principali metodiche alternative proposte sono:

- SVI diluito: la determinazione viene effettuata su un campione di fango opportunamente diluito in modo da ottenere un valore massimo di volume del fango dopo 30' inferiore a 200 cc l^{-1} ;
- SVI specifico: la determinazione viene effettuata su campioni

contenenti una determinata concentrazione di MLSS ($1.5/2.5/3.5 \text{ g l}^{-1}$);

- SVI specifico miscelato: la determinazione viene condotta sotto leggera agitazione, con concentrazione di MLSS pari a 2.5 g l^{-1} .

Mediante analisi statistica (Lee, e colleghi 1983) hanno evidenziato che la metodica che meglio si correla alle caratteristiche di sedimentabilità dei fanghi attivi, espressa in termini di lunghezza totale dei filamenti contenuti nel fango stesso, è quella dello "SVI diluito". L'indice di volume del fango, in questo caso, verrà poi calcolato secondo la seguente formula:

$$\text{SVI diluito} = \frac{V_A}{SS_A} 2^n \quad (1)$$

dove

V_A = volume occupato dal fango, opportunamente diluito, dopo 30' di sedimentazione statica (cc l^{-1});

SS_A = concentrazione di MLSS del campione originale (g l^{-1});

n = numero di successive diluizioni 1:2 necessarie per ottenere al massimo un valore di V_A pari a 200 cc l^{-1} .

In questo modo diviene possibile svincolare la determinazione dello SVI dal contenuto specifico di solidi sospesi in aerazione e ciò consente, non solo di poter distinguere fra fanghi concentrati e fanghi che sedimentano male, ma anche di poter valutare lo SVI per fanghi con pessime caratteristiche di sedimentabilità e con contenuto di filamentosità molto elevato.

In campo gestionale, tuttavia, l'analisi dello SVI, secondo la metodica standard, risulta essere il parametro di controllo maggiormente utilizzato, nonostante i notevoli problemi di riproducibilità e significato che hanno portato allo sviluppo delle metodiche alternative descritte. Solo in alcuni impianti, grazie alla scrupolosa cura ed attenzione dei gestori e del personale di laboratorio, comincia ad essere sostituito dalla determinazione dello SVI diluito che tuttosommato non modifica i tempi e la manualità necessari per la determinazione analitica.

5.2 Indice di bioflocculazione, IB

L'indice di bioflocculazione IB, proposto dagli autori, si prefigge come strumento per stimare la capacità del fango di produrre un effluente finale molto limpido, cioè con una bassa concentrazione di solidi sospesi.

L'indice IB proposto è dato dal seguente rapporto:

$$\text{IB} = \frac{SSL}{SSA} \quad (2)$$

ove

SS_A = concentrazione di solidi sospesi in aerazione (g/l)

SSL = concentrazione di solidi sospesi nello strato limpido surnatante il cono dopo 120' di sedimentazione statica (mg/l).

Questo rapporto esprime evidentemente la capacità percentuale di catturare dei solidi da parte del fango.

Si propone la seguente scala di valori (Tab. 4):

Sia chiaro che il valore di solidi sospesi misurati sul surnatante del cono dopo 120' SSV, così anche come il valore di solidi sospesi misurati nell'effluente dal sedimentatore, non rappresenta la frazione più limpida ottenibile in assoluto da quel fango.

Tale frazione, che esprime in qualche modo una "chiarificazione ideale" si può stimare ponendo a sedimentare in cono per 120' il campione di liquame depurato surnatante in uscita dal sedimentatore.

5.3 Indice di galleggiamento, IG

Esprime la tendenza del fango attivo a risalire alla superficie del sedimentatore (flottazione) e a formare, a seconda dell'entità del fenomeno, piccole chiazze di fango, dello spessore di qualche centimetro, o veri e propri materassi, dello spessore di 10 cm e oltre, caratterizzati da densità molto elevata (15% di secco) e consistenza quasi palabile,

Il fenomeno, noto come *rising*, può essere provocato dalla generazione di bolle d'azoto nel fango originatesi dalla denitrificazione dei nitrati, oppure da iperossigenazione con ossigeno puro o mediante sistemi a carattere di flottazione.

Per quantificare l'entità del fenomeno, a prescindere dalla causa e dal suo meccanismo, viene proposto un indice di semplice esecuzione basato sull'osservazione del comportamento di un campione di miscela aerata sottoposto al test dell'indice di volume di fango in cono o cilindro (V_A).

La miscela, sottoposta a decantazione statica (non miscelata) in cilindro da 1 l per due ore può manifestare, dopo un certo tempo, la risalita di fango in superficie. L'intervallo di tempo tra l'inizio della prova e la risalita di una quantità ben visibile di fango (almeno 3 mm di spessore) è indice della tendenza al galleggiamento del fango.

L'indice di galleggiamento IG è dato dal seguente rapporto:

$$\frac{t_g}{120} \quad (3)$$

ove:

t_g = tempo di galleggiamento (minuti).

Si propone la seguente scala di valori (Tab. 5).

6. ATTIVITA' BIOLOGICA

La misura dell'attività biologica, come parametro di informazione dell'andamento di un processo di depurazione è da considerarsi potenzialmente uno dei migliori ipotizzabili, in quanto consentirebbe il controllo diretto delle biomasse.

E' ipotizzabile che la stima dell'attività batterica sia sensibile a questi fattori:

- * caratteristiche del liquame influente (grado di biodegradabilità della sostanza organica; rapporto BOD:N:P; pH; temperatura del liquame);
- * variazioni nelle condizioni di esercizio dell'impianto (variazioni dell'ossigeno disciolto in vasca; variazioni nel rapporto di ricircolo; età del fango.).

Tab. 4 - Scala di valori proposta per l'indice di bioflocculazione IB

Qualità della bioflocculazione	Indice IB
OTTIMA	< 5
MEDIA	7 - 15
PESSIMA	15 - 30

Tab. 5 - Scala di valori proposta per l'indice di galleggiamento, IG

Tempo di galleggiamento	INDICE	Tendenza al galleggiamento
< 15'	< 0,125	elevatissima
< 30'	< 0,25	elevata
< 60'	< 0,50	media
< 120'	> 0,5 - 1	bassa
> 120'	> 1	nulla

Esistono in merito un gran numero di analisi effettuabili, quali:

- velocità di respirazione (mg O₂/g SSV*ora)
- contenuto di ATP cellulare (mg ATP/g SSV)
- contenuto di DNA cellulare (mg DNA/g SSV)
- attività deidrogenasica (µg TTC/mg SSV)
- contenuto proteico (mgN-proteico/g SSV)
- conta batterica (numero cellule/ml)

In tutti i casi sopracitati, fatta eccezione per la conta batterica, va considerato che la misura di attività effettuata non è solo relativa alla biomassa batterica; il fango è infatti una matrice eterogenea che comprende sostanze inerti e viventi, le quali includono diverse specie di batteri, virus, alghe, rotiferi, nematodi ecc.

Occorrerebbe quindi separare le diverse specie per attribuire le singole attività; ciò non è materialmente possibile e quindi l'attività misurata è solo una stima approssimativa aspecifica dell'intera biomassa.

Dal punto di vista delle potenzialità teoriche, ci si aspetta che il parametro "attività" sia in grado di fornire informazioni ai seguenti quesiti:

- valutazione della biodegradabilità di una sostanza (per esempio stimata come variazione della respirazione del fango, in termini di ossigeno consumato);
- eventuale presenza di sostanze tossiche nell'influente, sia che si tratti di sostanze organiche che inorganiche, (per esempio in termini di consumo di ossigeno così come di attività deidrogenasica, in particolar modo se si tratta di metalli pesanti);
- stima della velocità di crescita;
- stima indiretta delle caratteristiche del fango.

Per definizione è evidente che esistono correlazioni tra i diversi parametri di attività per cui dovrebbe teoricamente essere possibile stimare le una dalle altre.

Tab. 6 - Tipo di informazioni fornita da diverse misure di attività biologica + = positivo; - = negativo

Misura di attività	TIPO DI INFORMAZIONI				
	Stima biodegradabilità substrato	Presenza sostanze tossiche	Stima del grado di crescita e quindi dell'età del fango	Stima indiretta delle caratteristiche di sedimentabilità del fango	Correlazione con altre misure di attività SSV
Misura ATP	+ ipoteticamente in batch	-	+	-	+ . Attività deidrogenasica
Attività deidrogenasica	-	+	+	-	+ . ATP . consumo O ₂ . DNA . contenuto proteico
Misura DNA	-	-	-	-	+ . contenuto proteico
Contenuto proteico nasica	-	-	-	-	- . Attività deidrogenasica . DNA
Conta totale batterica	-	(-)	(-)	-	-
Velocità di respirazione	+	+	-	(-)	- . Attività deidrogenasica . ATP

Dall'analisi delle diverse misure di attività descritte si può formulare un'analisi critica comparata delle possibilità di applicazione operativa e gestionale di ogni misura.

Con riferimento alla Tab. 6 si può affermare che solamente le misure di velocità di respirazione e attività deidrogenosica sono in grado di fornire informazioni utili dal punto di vista gestionale mentre in tutti gli altri casi si hanno più che altro indicazioni relative alla sola attività correlata alla concentrazione di SSV ma non collegabile con altri tipi di informazioni. L'applicazione della maggior parte delle misure è perciò da ascrivere al campo della ricerca.

BIBLIOGRAFIA

- Jenkis D., Richard M.G., Daigger G.T. (1986) "Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming", Water Research Commission, Pretoria, South Africa
- Lee S.E., Koopman B., Bodè H., Jenkis D. (1983) "The effect of aeration basin configuration on activated sludge bulking at low organic loading", Wat. Scie. Technol., 14, 407-427

CURRICULA

Renato Vismara - Laureato nel 1974 in Scienze Biologiche all'Università degli Studi di Milano, dal 1981 al 1985 è stato professore a Contratto di Biologia Applicata all'Ingegneria Sanitaria presso il Politecnico di Milano; e attualmente è Professore Associato di Ecologia Applicata all'Ingegneria presso il Politecnico di Milano. Dal 1974 ha svolto oltre 50 seminari e conferenze sul tema specifico delle biotecnologie ambientali, su invito di Università italiane e straniere. Dal 1987 coordina i corsi professionali per gestori di impianti di depurazione organizzati dalla Federazione delle Associazioni Scientifiche e Tecniche (FAST). È relatore invitato ad analoghi corsi organizzati dall'ENEA (1989) e dall'Istituto Europeo delle Acque (1987,88,89)(Malta, Rjeka, Alessandria d'Egitto). È

coordinatore del sottoprogetto 24 "Tecniche di abbattimento degli inquinanti" della legge speciale per le ricerche su Venezia. Ha scritto due libri tecnici: *DEPURAZIONE BIOLOGICA*, Hoepli Editore, 1982 e *ECOLOGIA APPLICATA*, Hoepli Editore, 1988. Attualmente si occupa di pianificazione e gestione delle risorse idriche, di progetti per il riciclo di fanghi e acque depurate in agricoltura e di studi di impatto ambientale per lo specifico settore degli impianti di depurazione delle acque e del trattamento dei rifiuti solidi.

Paola Butelli - Laureata in Scienze Biologiche nel 1986, con una tesi sperimentale sul trattamento biologico di effluenti industriali biodegradabili. Nel 1990 ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria Sanitaria, con una tesi sperimentale sul tema "Il controllo operativo dei processi a fanghi attivi: analisi dei principali parametri di processo". Dal 1991 lavora presso il Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale e del Rilevamento - Sez. Ambientale del Politecnico di Milano, in qualità di funzionario tecnico.

Paola Comolli - Laureata in Scienze Biologiche nel 1989, presso l'Università degli Studi di Milano, con tesi sperimentali "Sperimentazione di denitrificazione biologica applicata alle acque potabili" effettuata presso l'Istituto di Ingegneria Sanitaria del Politecnico di Milano. Dal settembre 89, ha svolto, sempre presso detto Istituto, il periodo di tirocinio pratico occupandosi prevalentemente dei processi biologici di depurazione delle acque reflue (fanghi attivi, nitrificazione, denitrificazione). Nel 1990 ha sostenuto e vinto il concorso di ammissione al Dottorato di Ricerca in Ingegneria Sanitaria. Attualmente frequenta il 3° anno di dottorato, occupandosi in particolare del controllo dei processi biologici mediante il parametro potenziale redox.

Tommaso Candelieri - Si è laureato nel 1968 in Chimica Industriale presso l'Università di Milano. Dal 1968 ha ricoperto presso l'ENEA incarichi come Capo servizio dell'esercizio dell'impianto sperimentale di riprocessamento del combustibile nucleare (1975), ed in seguito direttore dell'impianto (1978) fino alla carica di dirigente nel 1981. Ricercatore-tecnologo nel settore del ciclo combustibile nucleare fino al 1986, è autore di numerose pubblicazioni in Italia e all'estero e di diversi brevetti nel campo delle tecnologie innovative (apparecchiature e sistemi nel campo delle telemanipolazioni). Dal 1986 svolge la sua attività nel campo del trasferimento tecnologico dal settore nucleare a quelli dell'ambiente. Dal 1990 è Capo del Progetto Integrato Trisaia, un insieme di 12 sottoprogetti per la realizzazione di impianti e laboratori sperimentali nei settori Ambiente, Agrobiotecnologie, Energetica, Innovazione.