

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI
FEDERICO II



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base
Corso di laurea in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE EDILE E AMBIENTALE

**PROCESSI BIOLOGICI DI DENITRIFICAZIONE
DELLE ACQUE A SCOPO POTABILE**

RELATORE

Ch.mo Prof. G. d'Antonio

CANDIDATO

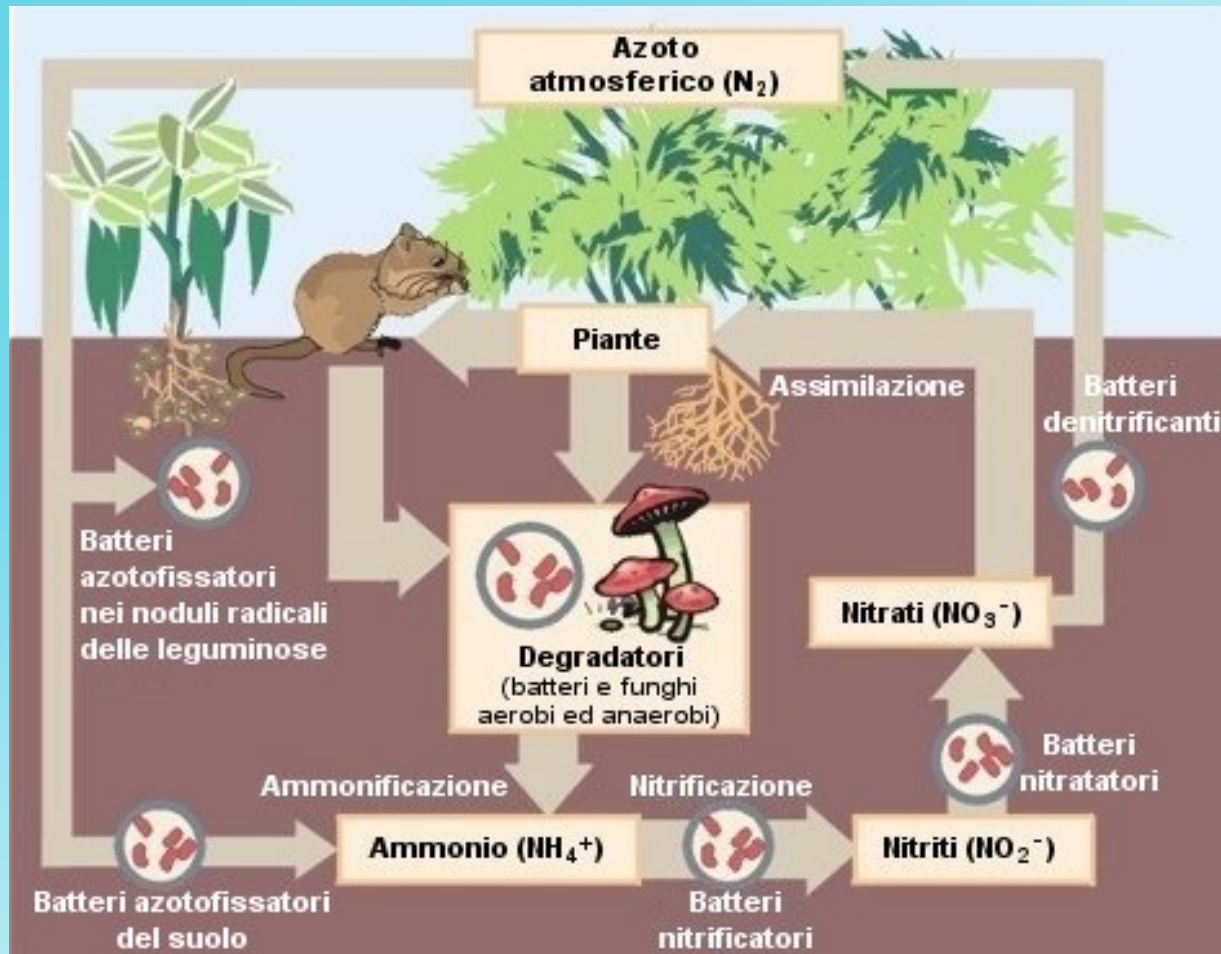
Gennaro Mucerino

N49000529

IL CICLO DELL' AZOTO



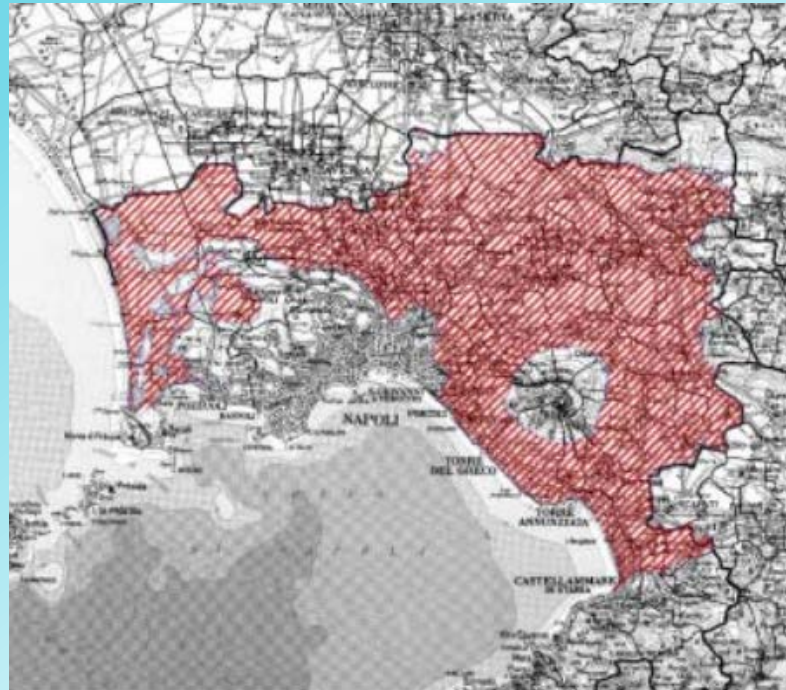
I NITRATI



INQUINAMENTO DA NITRATI

I nitrati sono uno dei contaminanti più comuni e diffusi; le cause della loro presenza nelle acque è dovuto principalmente a cause antropiche:

- fertilizzanti;
- liquami zootecnici;
- dispersione nel terreno di scarichi industriali;
- dispersione nel terreno di fognature civili;



Comuni la cui superficie è risultata vulnerabile ai nitrati di origine agricola (36 comuni)

LIMITI LEGISLATIVI

La normativa in atto è il D.Lgs. n°. 31/2001, allegato 1, parte B che indica una concentrazione massima ammissibile in acqua a scopo potabile pari a :

50 mg/l

DENITRIFICAZIONE BIOLOGICA

Il processo di denitrificazione permette la rimozione dei composti dell'azoto presenti in soluzione sotto forma di NO_3^- ad opera di batteri eterotrofi facoltativi denitrificanti che sono in grado di convertire queste sostanze ad azoto gassoso che si libera quindi nell'atmosfera.

Obiettivo fondamentale di tale processo è :

- evitare fenomeni di eutrofizzazione
- preservare l'uso delle idropotabile delle acque dai rischi connessi alla presenza di ossidi di azoto (nitriti e nitrati): i nitrati riducendosi a nitriti nell'apparato digerente e combinandosi con l'emoglobina del sangue vi bloccano il meccanismo di trasporto dell'ossigeno (cianosi infantile o metaemoglobina)

PROCESSO DI SOLA NITRIFICAZIONE

- a) processo di nitrificazione combinato con l'ossidazione della sostanza organica
- b) processo di nitrificazione separato dall'ossidazione della sostanza organica

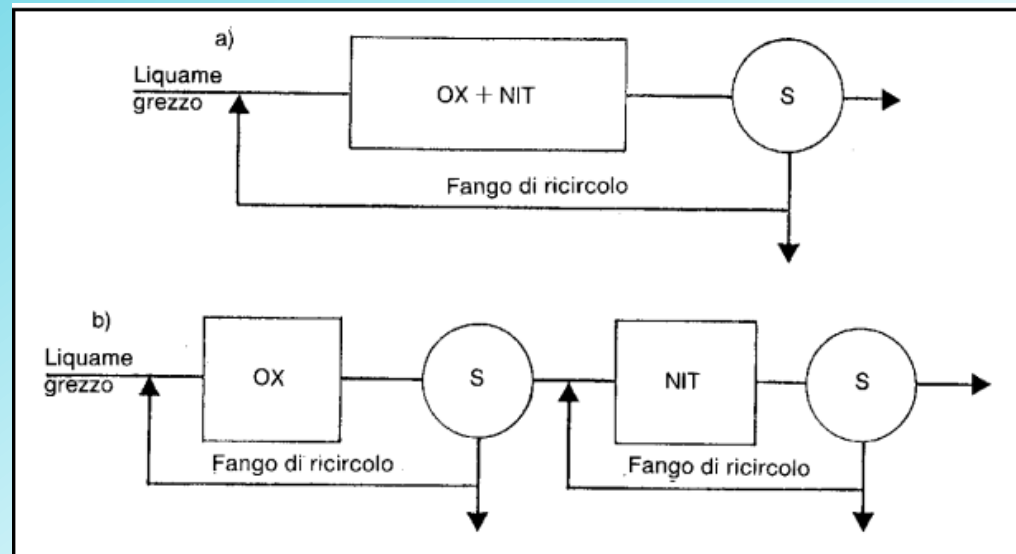
DIFFERENZA TRA I PROCESSI:

- la nitrificazione separata:

- risente maggiormente delle variazioni di carico, in quanto offre una minore diluizione
- è meno sensibile all'influenza delle sostanze tossiche, in quanto parzialmente neutralizzate dalla biomassa eterotrofa presente nel primo stadio

- la nitrificazione combinata:

- porta ad una minore produzione di fango di supero
- presenta migliori caratteristiche di sedimentabilità del fango
- comporta minori costi d'impianto e di esercizio

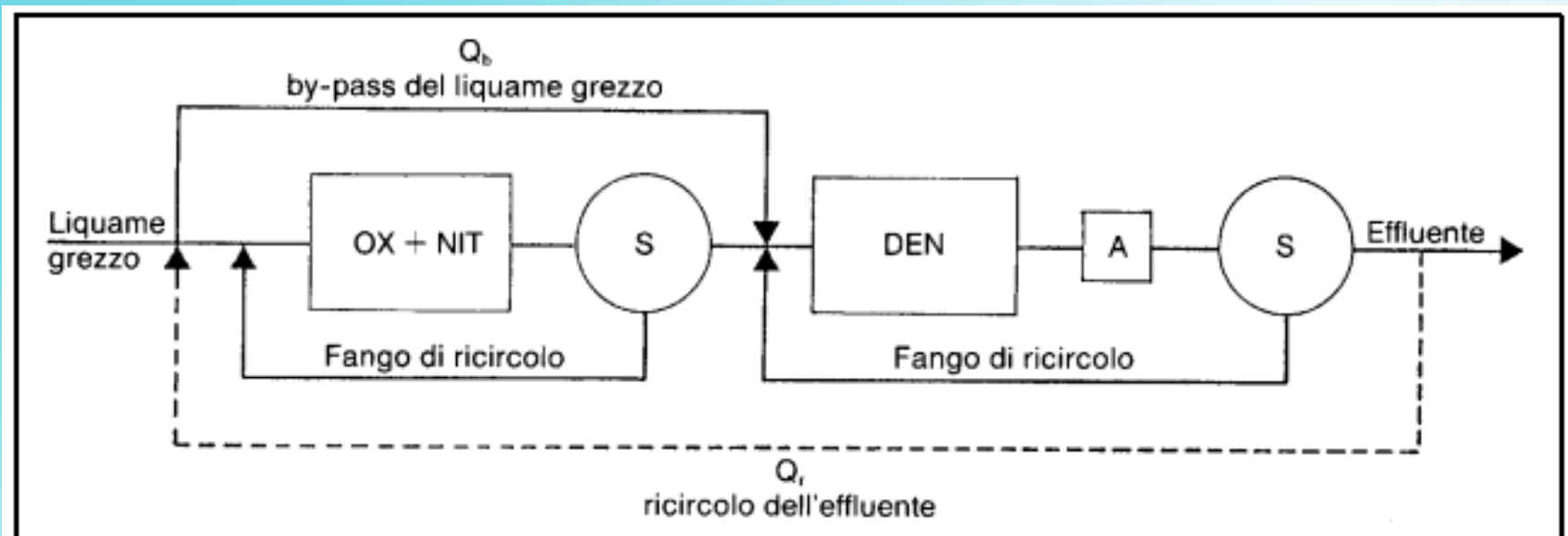


DENITRIFICAZIONE CON SISTEMI SEPARATI

- DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA SEPARATO A FONTE INTERNA DI CARBONIO
- DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA SEPARATO A FONTE ESTERNA DI CARBONIO

DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA SEPARATO A FONTE INTERNA DI CARBONIO

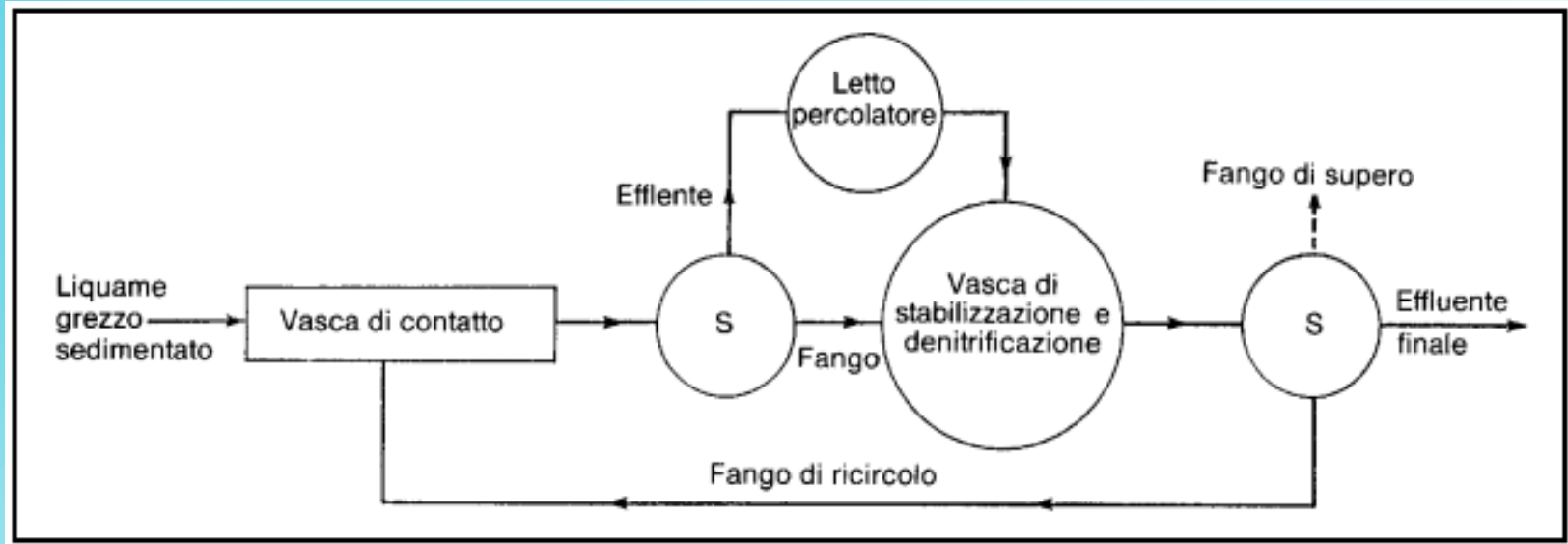
Tale processo prevede un by-pass di liquame grezzo da avviare direttamente allo stadio di denitrificazione al fine di garantire un rapporto carbonio-azoto di $4 \div 5$ mg BOD/mgN_{tot}, che rappresenta l'apporto stechiometrico necessario per la reazione di denitrificazione. Dopo la vasca di denitrificazione, al fine di garantire lo scarico di un effluente in buone condizioni di ossigenazione, nonché di favorire lo strippaggio dell'azoto gassoso prodottosi, può essere più opportuno prevedere l'aerazione della miscela prima di giungere alla sedimentazione. L'accorgimento è utile nei casi in cui si temano fenomeni di rising; il rischio di introdurre ossigeno nello stadio di denitrificazione con il ricircolo del fango è in parte minimizzato dalla permanenza della miscela nel sedimentatore e risulta comunque legato ai tempi di ritenzione che si hanno in questa unità. Al fine di aumentare il rendimento di rimozione può anche rendersi necessario un ricircolo dell'effluente depurato (Q_p) in testa all'impianto



DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA SEPARATO A FONTE INTERNA DI CARBONIO (2)

Uno schema alternativo prevede la nitrificazione effettuata separatamente dall'ossidazione della sostanza organica, su un letto percolatore. Come fonte di carbonio per la denitrificazione funge la sostanza organica contenuta nei fanghi della sedimentazione primaria.

I vantaggi del processo di denitrificazione con sistema separato e con utilizzo di fonti interne potrebbero essere individuati in una maggiore stabilità e controllabilità dei due processi di nitrificazione e denitrificazione.



DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA SEPARATO A FONTE ESTERNA DI CARBONIO

Lo schema del processo è analogo a quello della denitrificazione separata con fonte interna, salvo il fatto che in questo caso, anziché un by-pass del liquame da ossidare, è prevista a monte dello stadio di denitrificazione l'aggiunta di metanolo o di altra fonte di carbonio.

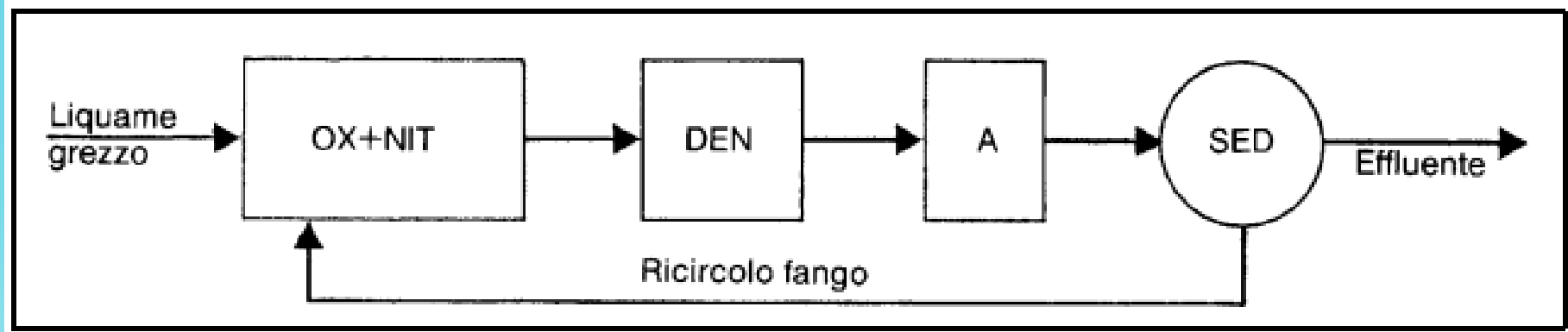
SCHEMA DI SISTEMI COMBINATI

- DENITRIFICAZIONE CON SISTEMA COMBINATO A CON FONTE INTERNA DI CARBONIO:

- a) POST-DENITRIFICAZIONE
- b) PRE-DENITRIFICAZIONE
- c) DENITRIFICAZIONE COMPLETA
- d) NITRIFICAZIONE-DENITRIFICAZIONE IN ALTERNANZA
- e) NITRIFICAZIONE-DENITRIFICAZIONE IN SIMULTANEA

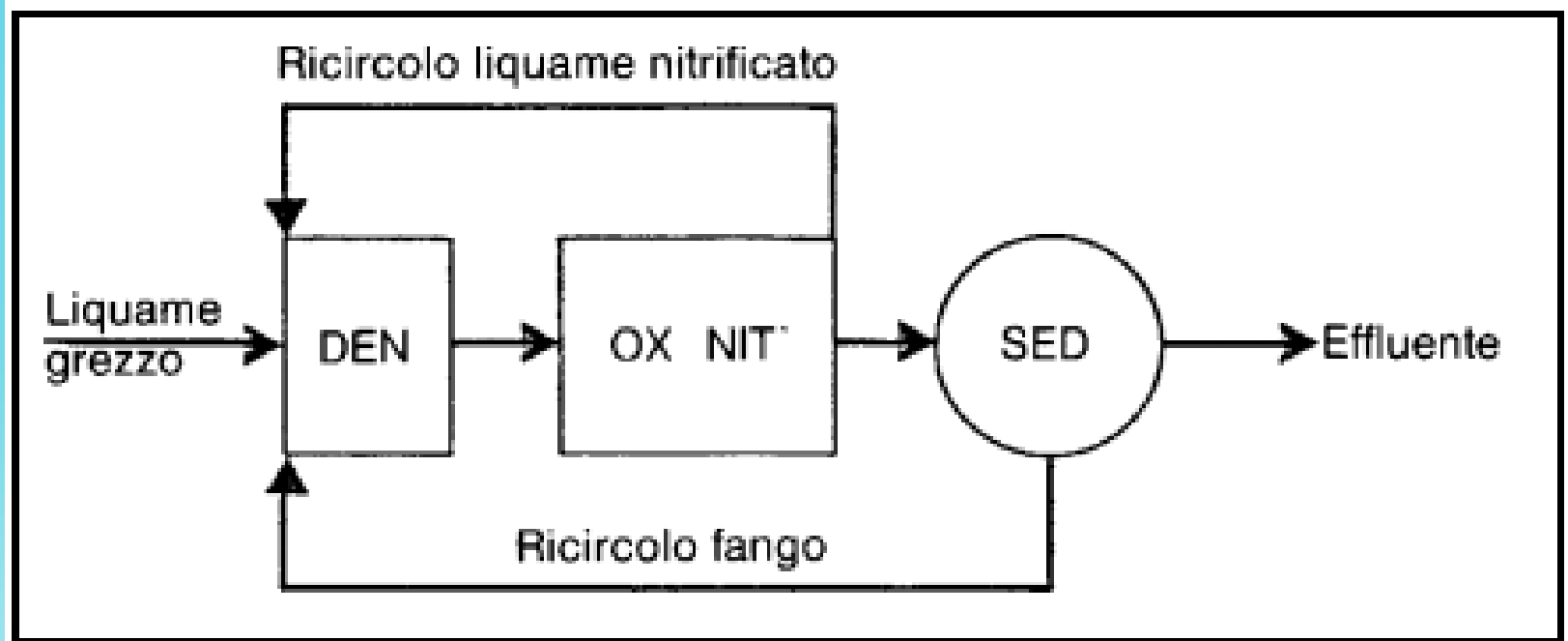
a) POST-DENITRIFICAZIONE

Lo schema della post-denitrificazione prevede un primo stadio ossidato in cui avviene la nitrificazione e l'ossidazione della sostanza organica ed un secondo stadio anossico in cui si svolge la denitrificazione. Al fine di evitare che tutta la sostanza organica venga ossidata in questa fase, per non risentirne poi la mancanza nel successivo stadio anossico di denitrificazione, si possono applicare a questo stadio carichi di fango tali da permettere, garantendo comunque una adeguata età del fango per la crescita dei batteri nitrificanti, l'arrivo al secondo stadio di una frazione residua di sostanza organica non ossidata utile per la riduzione dei nitrati.



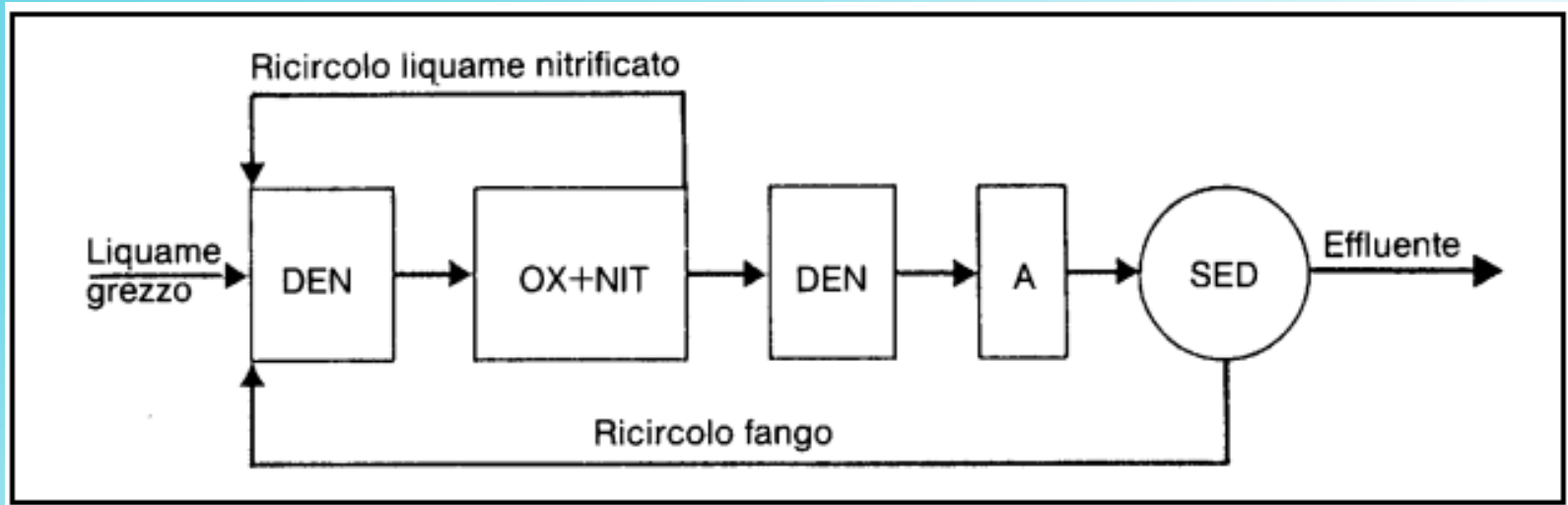
b) PRE-DENITRIFICAZIONE

Nel processo di pre-denitrificazione i nitrati vengono ridotti in un primo stadio anossico utilizzando la sostanza organica del liquame grezzo come fonte di carbonio. Nel secondo stadio aerato si svolge l'ossidazione della sostanza organica e l'ossidazione dell'ammoniaca a nitrati. I nitrati necessari alla denitrificazione dello stadio anossico, essendo l'azoto presente nel liquame grezzo sotto forma ammoniacale e di azoto organico, sono contenuti nella portata di ricircolo (biomassa + liquame ossidato).



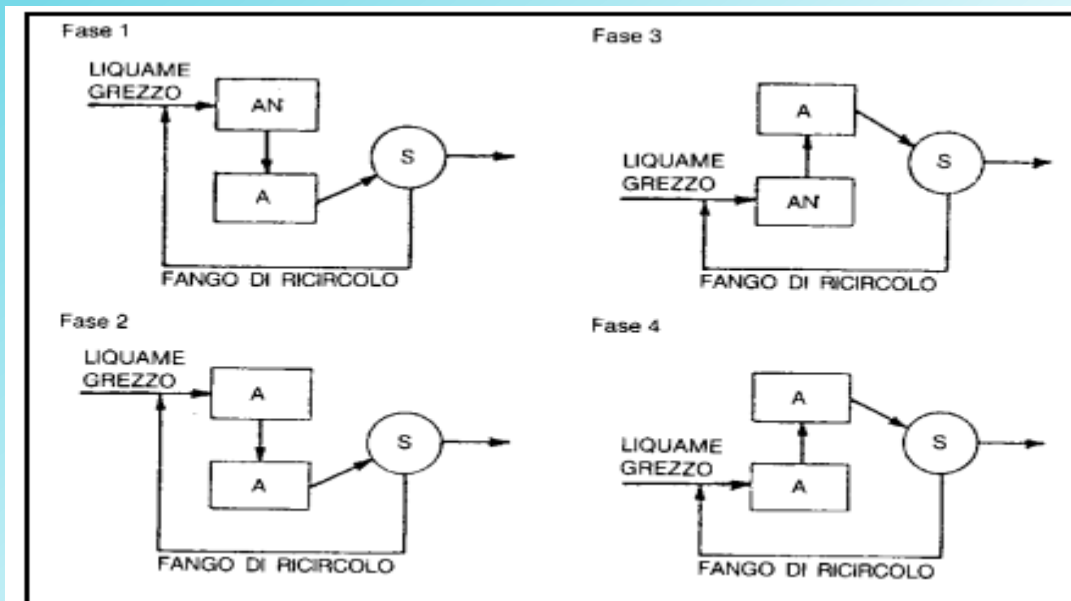
c) DENITRIFICAZIONE COMPLETA

La denitrificazione completa rappresenta una combinazione tra la post-denitrificazione e la pre-denitrificazione. In tale processo viene quindi sfruttata come fonte di carbonio sia la sostanza organica contenuta nel liquame grezzo (pre-), sia il carbonio endogeno (post-). La denitrificazione completa è nota anche come processo Bardenpho. Come già rilevato precedentemente, anche in questo caso la funzione del bacino di aerazione finale è solo quella di volatilizzare l'azoto. I rendimenti di rimozione dell'azoto raggiunti, dell'ordine dell'80%, non si discostano significativamente da quelli conseguibili con la pre-denitrificazione, a riprova della scarsa efficienza dello stadio di pre-denitrificazione con carbonio endogeno.



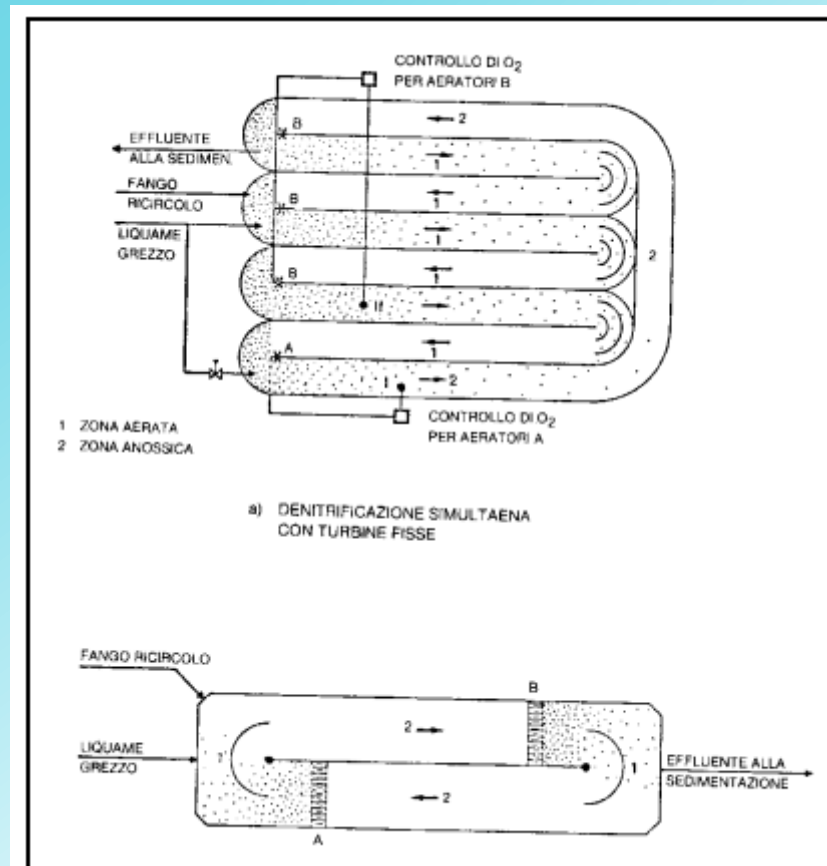
d) NITRIFICAZIONE-DENITRIFICAZIONE IN ALTERNANZA

Il processo di nitrificazione-denitrificazione in alternanza è assimilabile al processo di pre-denitrificazione. Gli elevati rapporti di ricircolo dei fanghi e del liquame ossidato necessari per raggiungere soddisfacenti rendimenti di rimozione dell'azoto, e che portano negative implicazioni impiantistiche ed economiche, sono in questo caso raggiunti scambiando alternativamente le funzioni di due bacini a fanghi attivi, addetti ora alla nitrificazione, ora alla denitrificazione, secondo lo schema operativo in quattro fasi. Il liquame grezzo viene sempre alimentato nel bacino che al momento funge da vasca di denitrificazione (fase 1), secondo lo schema generale della predenitrificazione, per poi passare al bacino di ossidazione. Qui si formano i nitrati che verranno successivamente ridotti (fase 3) quando il bacino sarà posto in condizioni anossiche per la denitrificazione. Le fasi intermedie di aerazione (fasi 2 e 4) si rendono soprattutto opportune per assicurare alla sedimentazione l'adduzione di fango in condizioni aerobiche, e quindi un effluente sufficientemente aerato.



e) NITRIFICAZIONE-DENITRIFICAZIONE IN SIMULTANEA

Tale processo, che può essere considerato come un compromesso fra i due processi di post- e di pre-denitrificazione, si basa sulla formazione alternata di zone anossiche e di zone aerate all'interno di bacini a fanghi attivi a circuito chiuso, nei quali la miscela liquame fango è aerata e contemporaneamente messa in circolazione da aeratori meccanici del tipo a spazzola rotante o a turbina fissa .



PROCESSI AVANZATI DI DENITRIFICAZIONE

- PROCESSO SHARON
- PROCESSO ANAMMOX

PROCESSO SHARON

Il processo SHARON è basato sulla rimozione dell'azoto via nitrito, e la sua applicazione in piena scala è stata la prima in cui la rimozione dell'azoto via nitrito è risultata stabile. Le condizioni di lavoro prevedono elevate temperature e alte concentrazioni di ammoniaca nei reflui trattati, motivo per cui la sua applicazione è particolarmente adatta al trattamento dei surnatanti della digestione dei fanghi e dei reflui zootecnici nonché dei percolati. I reattori SHARON rappresentano un utile pretrattamento per ridurre il carico di azoto presente in queste matrici prima di essere indirizzate in testa ai normali impianti a fanghi attivi. La configurazione base di un reattore SHARON consiste in un unico reattore CSTR che lavora a temperature di 30-35°C, nel quale si alternano condizioni aerobiche e anossiche. Esistono tuttavia impianti SHARON dotati di due diversi reattori: il primo aerobico e il secondo anossico.

PROCESSO ANAMMOX

E' un processo in reattore unico basato sia sull'ossidazione parziale dell'ammoniaca a nitrito che sull'ossidazione anaerobica dell'ammoniaca, con temperature comprese tra i 10 °C e i 40 °C.

VANTAGGI:

- I batteri anammox, essendo autotrofi, utilizzano come fonte di carbonio l'anidride carbonica
- il fabbisogno di ossigeno risulta essere estremamente più contenuto rispetto a quello richiesto dai batteri nitrificanti
- minore produzione di fanghi
- riduzione del 90% delle emissioni di anidride carbonica

SVANTAGGI:

- lunghi tempi di duplicazione dei batteri, intorno agli 11 giorni
- instabilità dei bioreattori

PROCESSO ANAMMOX (2)

Nell'ambito di tale processo possiamo avere:

- **SISTEMI A SINGOLO REATTORE**, che sfruttano l'abilità dei batteri Nitrosomonas e ANAMMOX di crescere all'interno dello stesso biofilm, i primi all'esterno della membrana, i secondi all'interno; in questo modo l'ossigeno, che inibisce l'attività di ossidazione anaerobica, rimane all'esterno del biofilm e può essere impiegato dai batteri aerobi;
- **SISTEMI A DUE STADI**, la cui caratteristica principale è che l'ammonio è parzialmente ossidato a nitrito nel primo stadio, e successivamente il nitrito reagisce con l'ammonio rimanente nello stadio ANAMMOX. La ripartizione dei due composti al termine del primo stadio è del 50%, ma può essere variata modificando alcuni fattori come la temperatura, il pH e l'ossigeno disciolto.

SISTEMI A SINGOLO REATTORE

PROCESSO CANON: Una quantità appropriata di ammonio e ossigeno disciolto permettono l'attivazione sia di batteri aerobici che anaerobici, i quali possono raggiungere un equilibrio tramite il consumo di ossigeno e l'uso del nitrito come elettrone-accettore;

PROCESSO DEMON: Il processo combina la parziale nitrificazione e la deammonificazione in un unico reattore, dove si alternano condizioni aerobiche e anaerobiche in modo tale da nitrificare parzialmente l'ammonio durante la prima fase, e successivamente ossidarlo completamente ad azoto molecolare nella seconda fase attraverso la reazione ANAMMOX;

PROCESSO SNAD: è l'adozione simultanea di nitrificazione, ANAMMOX e denitrificazione in un singolo reattore e risponde alla necessità di abbattere l'elevata quantità di materiale organico presente in alcuni reflui animali. La nitrosazione permette l'ossidazione dell'ammonio a nitrito, il quale viene impiegato nella reazione ANAMMOX, mentre la denitrificazione impiega il carbonio organico come elettro-donatore per ridurre il nitrato ad azoto molecolare trasformandolo in anidride carbonica. Tale sistema si basa sulla convivenza di batteri nitrificanti, ammonio ossidanti anaerobici e denitrificanti anaerobici.

SISTEMI A DUE STADI:

PROCESSO SHARON-ANAMMOX

Il processo combinato prevede quindi una configurazione a due reattori: nel primo reattore aerato parte dell'ammoniaca viene prima ossidata a nitrito (nitrosazione parziale) e nel secondo reattore anossico avviene il processo Anammox. L'obiettivo del primo reattore di nitrosazione parziale è quello di ottenere un effluente con una composizione costante adatta al un successivo processo Anammox. Il processo è completamente autotrofo, quindi è un sistema per la rimozione dell'azoto che non necessita dell'aggiunta di carbonio esterno (con conseguente incremento della produzione di fango) ed è caratterizzato da minore consumo di ossigeno e da emissioni di ossido nitroso più basse. Quest'ultimo aspetto è molto importante, in quanto può contribuire a ridurre l'emissione di gas serra dagli impianti di depurazione delle acque reflue. La fattibilità del processo combinato dipende quindi dall'instaurarsi nei reattori delle condizioni ottimali sia per la nitrosazione che per la rimozione anaerobica dell'ammoniaca.

CONCLUSIONI

Quindi, in conclusione, numerosi sono i metodi e i processi in via di sperimentazione per la potabilizzazione e depurazione delle acque, visto il continuo e insistente aumento della popolazione mondiale e la sempre più scarsa presenza di acque a scopo idro-potabile. Nel caso particolare della rimozione dei nitrati, essendo questi tra le principali fonti di inquinamento delle acque a scopo idro-potabile, risulta conveniente approfondire e progredire i processi per la loro rimozione. Certo, lo stadio di sviluppo delle tecnologie ha raggiunto quello operativo solo per alcune di esse. Dal confronto di tali processi con quelli biologici convenzionali risulta la riduzione del costo di gestione del 90%. Considerando anche i costi di investimento e di personale, è stato stimato che si può ottenere una riduzione dei costi complessivi di rimozione dell'azoto di 1,5 volte rispetto al trattamento biologico convenzionale.

Graduate

