Ecologia Applicata S.r.l.
www.ecologia-applicata.it

Ecomondo 2007 - Rimini

III Sessione: Trattamenti innovativi delle acque di scarico

Processo di Rimozione Biologica dell'Azoto e del Carbonio in un Sistema a Singolo Stadio (PRiBioAC 3S) su reflui ad alto carico organico e azotato provenienti da attività zootecniche.

Una soluzione per il problema nitrati

Paolo Broglio (paolo.broglio@ecologia-applicata.it) - Ecologia Applicata S.r.l.
Servizi per l'Ecologia- Organizzazione Scientifica di Ricerche Ambientali Convenzionata con l'Università degli Studi di Milano

Riassunto

La Direttiva nitrati ha messo in evidenza alcune carenze strutturale di alcuni settori della zootecnia italiana allertando gli allevatori circa la necessità di limitare l'apporto dell'azoto sui terreni secondo i dettami dell'UE. La difficoltà nell'eliminare o ridurre questo nutriente potrebbe limitare di fatto la produzione di coloro non dispongano di elevate estensioni di terreno destinati a " spandimento ".
In questa ricerca si evidenzia l'efficacia di un nuovo processo biologico (PRiBioAC 3S) in grado di abbattere del 80 % e oltre l'azoto totale contenuto nel liquame, in questo caso, suino. Il processo abbatte anche il COD di circa l'80 %. Il processo è brevettabile e facilmente trasferibile su scala reale.

1. ANALISI DEI FABBISOGNI E STATO DELL'ARTE

1.1. Analisi della realtà del settore

L'approvazione da parte della Giunta della Regione Lombardia del piano d'azione che andrà a normare l'impiego delle fonti di azoto in agricoltura è motivo di forte preoccupazione per tutta la zootecnia nazionale e romagnolo/lombarda in particolare. La Direzione regionale della Confederazione Italiana Agricoltori (CIA) della Lombardia, riunita il 15 novembre 2006 a Milano ha rinnovato la pressante richiesta alle istituzioni delle aree coinvolte ad un preciso impegno nel dare prospettive al comparto evitando un processo altrimenti irreversibile di abbandono produttivo.
Oltre il 59 per cento della pianura lombarda, secondo la nuova zonizzazione, è considerato area vulnerabile per i nitrati coinvolgendo il 62 per cento della superficie agricola utilizzabile nelle zone a maggiore vocazione zootecnica della Lombardia e dell'intero Paese fortemente orientate a produzioni di assoluta qualità e tra i simboli dell'agroalimentare italiano come il Grana Padano e il prosciutto di Parma. .
La questione nitrati deve essere affrontata -rimarca la CIA Lombardia- superando un vecchia concezione meramente burocratica, per dare spazio, anche su questi temi allo sviluppo, all'innovazione e alla competitività dell'intera agricoltura lombarda, e in un'ottica di viluppo sostenibile che interessi l'intero sistema produttivo regionale. L'attuale impostazione, invece, pur se dettata dall'esigenza di rispettare i vincoli posti dall'Unione europea, risulta di fatto impercorribile, se non a prezzo di un vero e proprio smantellamento con gravi ripercussioni per tutto il sistema agroalimentare..
Il decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 7 aprile 2006 (detto Direttiva nitrati) stabilisce i criteri e le norme tecniche generali per la disciplina da parte delle regioni delle attività di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento sia nelle zone vulnerabili ai nitrati sia in quelle non vulnerabili o ordinarie. Questa nuova normativa fissa i carichi massimi ammissibili di azoto sul terreno (170 kg/ha in zona vulnerabile e 340 in zona non vulnerabile) e in funzione della specie zootecnica i carichi specifici per peso vivo.
Nel caso dei suini da ingrasso il limite passa da 112 a 110 kg/t p.v., corrispondente a 17 capi/ha e 17,3 rispettivamente realizzando un riduzione di capi per ettaro di circa il 3% mentre nel caso dei bovini da ingrasso la riduzione arriva al 10% e con bovini da latte al 30%.
Il Decreto Ministeriale rappresenta solo il più recente atto giuridico mirante a salvaguardare la pianura padana da un inquinamento da nitrati in atto da decenni e che vede peggiorare di giorno in giorno la sua evoluzione.
La Lombardia che detiene una preminenza nazionale ed europea nel comparto zootecnico risulta in pratica fortemente limitata nel suo sviluppo e nel mantenere la sua priorità[1].
Il contenimento del carico di azoto nelle zone vulnerabili (56 % delle zone di pianura e circa il 70% del carico zootecnico) è diventata una priorità assoluta.

1.2. Descrizione dello stato delle conoscenze

La rimozione dell'azoto nei reflui zootecnici è sempre stato ritenuto da tecnici e operatori vari un obiettivo poco importante fino alla scoperta dell'alto contenuto di nitrati che, in genere, è presente nelle prime falde acquifere delle nostre pianure la cui principale causa è da imputare alle pratiche agronomiche di concimazione azotata diffusa e, in parte, alla pratica della fertirrigazione con reflui zootecnici. Il rapporto generalmente elevato tra N/C tipico di molte deiezioni animali ha sempre reso difficoltoso il trattamento dei liquami con sistemi semplici e poco costosi. Diversi Enti di ricerca tra cui il CNR e il CRPA da anni pubblicano letteratura scientifica[2,3,4,5] in cui si propongono diversi sistemi per mitigare la presenza di azoto, sotto qualsiasi forma, nelle acque destinate al corpo idrico superficiale e altre pratiche come la fertirrigazione oramai impraticabile a causa della saturazione dei terreni. Lo squilibrio tra nutrienti rende non particolarmente facile ed efficiente il trattamento dei reflui con il processo di depurazione biologico detto " fanghi attivi" sia esso a singolo o a doppio stadio obbligando gli allevatori a consumare molta acqua per sostanzialmente diluire il refluo o a complicati e costosi post trattamenti o ad acquistare a caro prezzo terreni non ancora saturi di sali di azoto o a abbandonare l'allevamento.
L'eccesso di ammoniaca e di azoto organico inibisce parzialmente il processo biologico limitando le performance dell'impianto e l'eliminazione dell'azoto dal ciclo come gas N2.
La miscelazione di reflui civili con reflui zootecnici, grandemente consigliata, rappresenta tuttavia una eccezione rispetto alla norma che vede allevamenti lontani dagli insediamenti civili come città o villaggi anche in funzione del problema degli odori emanati che in alcuni casi si presenta particolarmente pesante. Tuttavia la via biologica al trattamento e alla trasformazione dell'azoto è sempre stata privilegiata rispetto ad altri processi considerati costosi e poco gestibili (trattamenti combinati, trattamenti chimici o chimico fisici).
L'abbattimento dell'azoto nei reflui per via biologica segue solitamente una via metabolica che provvede a trasformare l'azoto organico in ammoniaca (solitamente per idrolisi o per via enzimatica) successivamente trasformata in nitrati (a cura di Nitrobacter e Nitrosomonas Spp.) ed infine ad azoto gassoso grazie a particolari batteri anaerobici. L'intera reazione è rappresentata nella seguente schematizzazione

$$\text{(N org.)}\ NH^{+}_{4} + O_2 \text{ a } NO^{-}_{2} + H_2O + H^{+} \text{ a } NO^{-}_{3} + H_2O + H^{+} \text{ a } N^{2} + H_2O$$

Appare evidente il dispendio energetico necessario per ossidare l'ammoniaca a nitrito e poi a nitrato in ambiente ossidativi per poi ridurre la molecola ad azoto gassoso in ambiente anaerobico.
Ogni fase prevede apposite vasche e controlli idonei al buon andamento del processo a scapito della semplicità e della facilità di gestione che è da considerarsi un aspetto particolarmente importante negli allevamenti zootecnici. La complessità impiantistica del processo di nitro-denitro ha fatto desistere molti allevamenti nel dotarsi di trattamenti sui reflui facendoli optare principalmente per la tecnica di spandimento controllato sui campi; un sistema gestionale regolato da apposite leggi Regionali ma che non trova ormai più spazio nella pratica a causa dell'eccessiva presenza di nitrati nell'acque di falda e quindi in quelle destinate all'uso potabile.

1.3. Altre ricerche correlate

L'eccesso di azoto nei reflui non è tuttavia esclusività degli allevamenti zootecnici ma questo problema è presente anche nei percolati da discarica e nei surnatanti degli ispessitori fanghi degli impianti di depurazione biologica; al fine di mitigare il problema già alla fine degli anni 90 alcuni ricercatori[6] avevano elaborato un processo di trattamento di reflui ad alto carico ammoniacale denominato SHARON il quale in condizioni opportune di pH, ossigeno e temperatura è in grado di produrre solo nitriti (circa il 50% dell'ammoniaca in ingresso), senza arrivare a nitrati e risparmiando il 25-30% di energia, successivamente ridotti a azoto gassoso in una seconda fase tradizionale anaerobica come riassunto dalla seguente equazione

$$NH_4^+ + HCO^-_3 + 0.75\ O_2 \rightarrow 0.5\ NH_4^+ + 0.5\ NO_2^- + CO_2 + 1.5\ H_2O.$$

Questa importante innovazione tuttavia non era ancora pienamente sfruttabile in quanto prevedeva comunque due passaggi distinti : l'aerobico e l'anaerobico. Nel 2002 un team di ricerca[7] mise a punto un processo denominato CANON che riusciva in un'unica fase (un solo reattore) a trasformare l'ammoniaca in azoto gassoso prevedendo tempi di aerazione alternati a periodi di anaerobiosi. Il processo tuttavia era relativamente instabile e le applicazioni su larga scala erano e sono relativamente poche e riguardano principalmente il trattamento dei surnatanti degli ispessitori fanghi biologici. Queste due ultime evoluzioni del trattamento dell'azoto per via biologica hanno trovato fondamento in altre ricerche[8] che avevano evidenziato già nel 1997 la possibilità da parte di alcuni ceppi batterici di eliminare direttamente l'ammoniaca in reflui particolarmente concentrati sotto forma di azoto gassoso utilizzando un reattore totalmente anaerobico. Tale processo fu chiamato Anammox ed è caratterizzato dalla seguente equazione

$$NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow N_2 + 2H_2O.$$

Una efficace ingegnerizzazione ha attivando il processo Sharon prima (debolmente aerobico) e il processo Anammox dopo (anaerobico) ottenendo una rimozione pressoché completa dell'azoto dei reflui con un risparmio energetico e indiretto di circa il 25-30 % rispetto al tradizionale sistema nitro-denitro. Anche negli impianti realizzati i reattori necessari però rimangono due.

L'insieme delle due reazione è ben semplificato nel seguente schema

$$\begin{array}{c} 95\%\ N_2 \\ \uparrow \\ 100\ \%\ N\text{-}NH_4 \rightarrow \text{SHARON} \rightarrow 50\%\ N\text{-}NH_4 + 50\%\ N\text{-}NO_2 \rightarrow \text{ANAMMOX} \rightarrow 5\%\ N\text{-}NO_3 \end{array}$$

La possibilità di realizzare un singolo reattore in grado di attuare nello stesso ambiente l'ammonificazione dell'azoto organico, la parziale nitrazione e la denitrificazione nel caso di reflui aventi carichi organici particolarmente elevati sia in termini di carbonio (20-40.000 mg/l di COD) che di azoto totale (3500-4000 mg/l Ntot) è stata realizzata in laboratorio con la pubblicazione del processo SNAP[9] (Single-stage Nitrogen removal using Anammox and Partial nitritation) in cui si dimostra la possibilità di realizzare abbattimenti del 60-80% rispetto all'azoto ammoniacale in ingresso. In letteratura tuttavia venivano riportati valori di azoto ammoniacale relativamente bassi (500-600 mg/l max) e nel caso del processo SNAP molto bassi, inferiori a 150 mg/l. Per loro natura i reflui zootecnici presentano caratteristiche particolari : un COD elevato, un carico di azoto totale e ammoniacale particolarmente importante, elevata quantità di solidi sospesi.

2. OBIETTIVI DELLA RICERCA E RISULTATI ATTESI

Il continuo superamento dei limiti fissati per i nitrati in acqua di falda il larghe zone a vocazione agricola e zootecnica del territorio italiano con particolare riguardo alla pianura padana ha generato il decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 7 aprile 2006 (detto Direttiva nitrati) il quale stabilisce i criteri e le norme tecniche generali per la disciplina da parte delle regioni delle attività di utilizzazione agronomica degli effluenti di allevamento sia nelle zone vulnerabili ai nitrati sia in quelle non vulnerabili o ordinarie. Questa nuova normativa fissa i carichi massimi ammissibili di azoto sul terreno (170 kg/ha in zona vulnerabile e 340 in zona non vulnerabile) e in funzione della specie zootecnica i carichi specifici per peso vivo. Con tale provvedimento si vuole attenuare la veicolazione di azoto e derivati sul terreno e quindi nella falda sottostante. Appare quindi evidente l'assoluta necessità di prevenire scarichi ricchi di fonti azotate derivanti per gran parte dai reflui zootecnici.
La possibilità di replicare su larga scala un processo semplice, poco costoso e facilmente gestibile in grado di abbattere percentuali superiori all'80/90% dell'azoto totale, rappresenterebbe una soluzione per migliorare la qualità dei reflui e quindi, indirettamente, delle falde sottostanti la cui contaminazione ha dato l'avvio alla "questione nitrati.".

2.1. Obiettivi della ricerca applicata

L'obiettivo della ricerca è il perfezionamento delle conoscenze relative al processo che **allo stato attuale non risulta supportato da riferimenti scientifici tali da consentirne una replicabilità su vasta scala e quindi una diffusione a casistiche anche diversificate.**
Il nostro obiettivo era quindi quello di verificare la possibilità di applicare il processo SNAP, modificandolo opportunamente, ad un refluo zootecnico avente le caratteristiche elencate nella tab.1

		Ingresso T.Q.	Ingresso separato (filtrato)
COD	(mg/l)	63.891	60.930
N Tot.	(mg/l)	4.952	4.702
N- NH4	(mg/l)	2.911	2.900
N-NO3	(mg/l)	61	57
N-NO2	(mg/l)	n.r.	n.r.

Il processo, dopo un opportuno periodo di innesco (30-60 giorni), avrebbe dovuto garantire un abbattimento dell'azoto totale intorno all'80% .
La codificazione dell'abbattimento dell'azoto per via biologica per almeno il 80-90% sui reflui e quindi la sua affidabilità tecnologica e la sua riproducibilità, rappresentavano i principali obiettivi della ricerca applicata. Il prodotto più concreto della ricerca applicata è la possibilità di sottrarsi ai dettami tecnici della direttiva nitrati e quindi svincolarsi dai suoi limiti che in alcuni casi potrebbero comportare la chiusura degli allevamenti.

2.2 Risultati

In scala di laboratorio abbiamo verificato la possibilità di applicare il processo "SNAP modificato" con successo lavorando in condizioni di anossia alternata per diverso tempo e la notevole stabilità del processo. Le analisi hanno rivelato un abbattimento dell'azoto totale di circa il 80 % con una rilevazione minimale di nitriti (mai registrati fino ad allora e indice di cattivo funzionamento in un impianto tradizionale!) e una sostanziale assenza di nitrati[10]. Su questi risultati concreti è nato un nuovo tipo di processo a cui è stato dato il nome PRiBioAC 3S (Processo di Rimozione Biologica dell'Azoto e del Carbonio in un Sistema a Singolo Stadio).
La ricerca applicata è stata realizzata un impianto pilota costruito ad hoc. Un cilindro in acciaio inox avente un volume di circa 450 litri con un certo numero di aeratori/diffusori sistemati sul fondo della vasca stessa, con la possibilità di variare la quantità di aria insufflata da un minimo ad un massimo, è stato utilizzato come reattore biologico OXANOX. Il sistema aveva la possibilità di interrompere per tempi prefissati il flusso di aria e mantenere comunque il liquame in agitazione/sospensione. Il sistema era dotato anche di parziale regolazione di pH utilizzando anidride carbonica come agente acidificante. Ossimetro e pHmetro hanno registrato gli andamenti dei due parametri durante le prove.

3. DESCRIZIONE ANALITICA DELLA RICERCA

3.1. Approccio metodologico

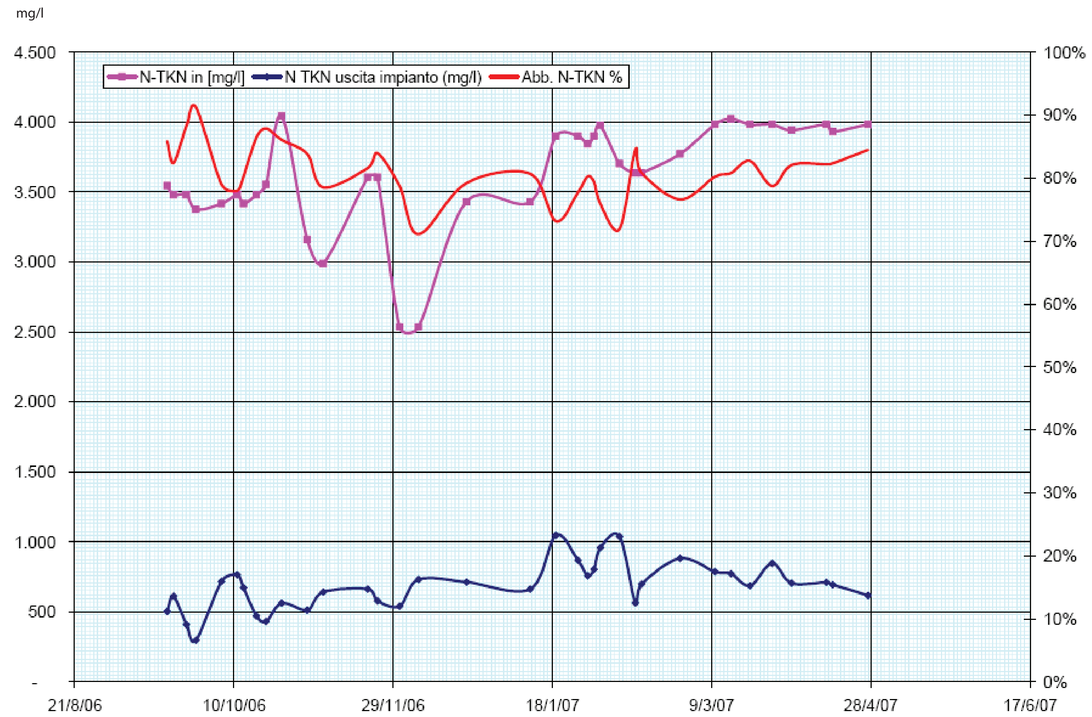
3.1.1. Approccio tecnico scientifico

La metodologia generale è stata quella di partire da una intuizione verificando la fattibilità del processo a piccola scala (laboratorio) variando pochi parametri per volta fino ad un grado di affidabilità sufficiente. Nel nostro caso si hanno quattro parametri (pH. Tempo idraulico di ritenzione, Temperatura e rapporto tra fase ossica e anossica) da gestire contemporaneamente in due distinte fasi: lo start up e il funzionamento ordinario.
Conoscere, in ogni momento delle singole fasi, la situazione ottimale da mantenere per i quattro parametri rappresenta il know-how del processo.

Il processo PRiBioAC 3S è innovativo in quanto riesce, in un singolo stadio, ad abbattere carbonio e azoto utilizzando habitat di nicchia nello stesso reattore sfruttando l'alternanza della fase ossica e anossica. I processi citati alla voce 1.3 e in bibliografia non hanno mai trattato liquami contenenti più di 3500 mg/l di azoto totale di cui almeno 3000 mg/l di ammoniaca, concentrazione giudicata in letteratura difficilmente compatibile con una buona attività della biomassa contenuta in un reattore biologico.
L'esperienza ha invece dimostrato che elaborando opportunamente i tempi di fermata e ripresa dell'impianto e attivando una serie di alternanze tra fase ossica e anossica si instaura un processo che permette l'abbattimento del carico organico del 80-90% e dell'azoto totale tra il 70 e il 90 %.

Grafico 1

Abbattimento azoto del liquame proveniente da allevamento suino caratterizzato nella tabella 1



Abbattimento COD tra il mese di settembre e ottobre 2006 (83% circa)

data	COD ingresso filtrato dal separatore	COD uscita TQ
19/09/2006	67600	10000
21/09/2006	60700	10000
25/09/2006	49800	8900
26/09/2006	43200	
27/09/2006	38900	
28/09/2006	62700	8263
29/09/2006	53000	
03/10/2006	56844	8500
05/10/2006	44500	13700
06/10/2006	24250	8140
09/10/2006	34000	7400
10/10/2006	51000	6700
11/10/2006	42000	6700
12/10/2006	48400	3150
13/10/2006	33600	6420
MEDIA TOT.	**47366**	**8156**

I dati analitici rilevati nella sperimentazione di laboratorio confermano una andatura altalenante tra abbattimento dell'ammoniaca , formazione di nitriti e piccole variazioni di pH in funzione dell'ossigeno fornito confermando l'attivazione di un complesso processo che riunisce, in una sola fase, le reazioni dei processi Anammox, Sharon, Canon e SNAP; il processo si è dimostrato molto stabile e affidabile (240 giorni, circa, di funzionamento sperimentale in laboratorio con pilota).
Il processo PRiBioAC 3S ha dimostrato di essere in grado di abbattere per via biologica 80-90% del carico organico e tra il 70 e il 90 %.dell'azoto totale contenuti nel refluo utilizzato proveniente da un allevamento suinicolo di circa 700 t di peso vivo (2.700 scrofe, 500 suinetti, 9 verri e circa 8.500 suinetti) a ciclo completo (vedi caratterizzazione nella tab. 1).
Le prospettive aperte da questo processo sembrano essere estremamente interessanti e capaci di alleviare o forse eliminare del tutto il problema drammatico della mancanza di suoli in grado di assorbire quantità significative di nitrati sui quali attuare la fertirrigazione controllata o del non procrastinabile obbligo di dotarsi di impianti complessi e costosi per l'abbattimento dei carichi azotati.
PRiBioAC 3S risulterebbe gestibile dal un computer industriale (PLC) in grado di determinare la durata di tutte le fasi del processo e i bilanciamenti eventualmente necessari sull'ossigeno fornito sollevando l'allevatore da specifici impegni di gestione

Ostacoli prevedibili e azioni correttive per un eventuale realizzazione di un impianto a scala reale

Nella fase di laboratorio è stato messo in evidenza come, per alcuni tipi di reflui zootecnici, sia necessario separare più possibile a monte del reattore biologico i peli dal liquame. Questo prodotto tende infatti a creare generici ostacoli a qualsiasi sistema di diffusione d'aria nel reattore essendo in grado di penetrare anche in ugelli di piccolissimo diametro. In scala di laboratorio il problema è stato risolto filtrando con setacci sempre più fini il liquame suino ma occorrerebbe valutare in campo, su impianto reale, l'effettiva portata del fenomeno ed eventualmente porvi rimedio con grigliature/filtrazioni sempre più spinte (esistono in commercio ottimi separatori). Nel processo PRiBioAC 3S la temperatura ha una certa importanza ed il reattore in laboratorio è stato termostatato (25-35 °C). Nel caso di impianti a scala reale si dovrà verificare se la reazione, leggermente esotermica, riuscirà a mantenere il tutto volume dei liquami a temperature superiori a 25 °C anche in pieno inverno.

4. RICADUTA E DESTINATARI DEI RISULTATI

4.1. Destinatari dei risultati della ricerca

Destinatari dei risultati della ricerca sono allevatori zootecnici in genere e di suini in particolare, alle prese con le limitazioni dettate dal decreto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali del 7 aprile 2006 (detto Direttiva nitrati). In pratica tutti gli allevatori. Indirettamente anche i privati cittadini avrebbero un vantaggio dovuto al diminuito pericolo di trovare nell'acqua potabile nitrati in quantità superiore a quelle consentite. Questo aspetto riveste una particolare importanza in quanto l'eliminazione di concentrazioni non a norma nell'acqua potabile risulta tecnicamente molto difficoltosa per non dire impossibile. Tale processo, inoltre, permetterebbe di ottenere un refluo perfettamente idoneo ad un successivo utilizzo in digestione anaerobica per ottenere biogas e quindi recupero energetico.

4.2. Benefici attesi

Si ritiene realistico immaginare una rapida diffusione del sistema PRiBioAC 3S a tutti gli allevamenti a rischio nitrati. Considerando la teorica rapida esecutività degli impianti (tre- sei mesi) nell'arco di cinque anni, se il processo sarà adottato dalla maggioranza degli allevatori, il "problema nitrati" non dovrebbe più esistere almeno nei termini fino ad ora descritti. Tutti gli scarichi potrebbero confluire in fossi in regola con i limiti fissati dal decreto Lgs. 152/2006 e contribuire a migliorare la qualità dei corpi idrici superficiali .

5. ANALISI COSTI / BENEFICI

Una futura ricerca applicata dovrebbe permettere una larga diffusione del processo PRiBioAC 3S utilizzando modalità ingegneristiche diverse (pompe, diffusori, piping, sistemi di regolazione) e non esclusive. L'analisi costi/benefici appare eccezionalmente positiva. se pensiamo che questo sistema rende inutile la direttiva sui nitrati e le sue limitazioni in termini di capi allevati/ettaro di terreno agrario che è stato calcolato possano arrecare danni per almeno due miliardi di euro/anno (fonte Confagricoltura/Coldiretti). I limitati costi del sistema (stimati in circa circa 0,8-1,2 euro/mc di liquame trattato), inferiori a quelli degli impianti a doppio stadio fino ad ora utilizzati, e la sua semplicità d'uso potrebbero contribuire molto alla sua diffusione capillare sul territorio nazionale a partire dalla Lombardia contribuendo in modo significativo all'attenuazione del problema nitrati relegandolo alla sola concimatura naturale o di sintesi. Gli allevamenti in genere non sarebbero più soggetti a limitazioni in funzione del proprio carico organico e dell'alto contenuto in azoto dei propri reflui..

---

[1] *Intervista con l'Assessore Regionale Viviana Beccalossi- Gestione deiezioni. L'Informatore Agrario. 1/2007*

[2] *Piccinini, S.,(1990) Olanda: il Trattamento dei liquami zootecnici in impianti consortili. Rivista di Suinicoltura Ed. Edagricole*

[3] *Bortone, G., Piccinini, S., (1991) Nitrification and denitrification in activated sludge plants for pigslurry and wastewater from cheese Bioresource Technology*

[4] *Bonazzi, G., Piccinini, S.,(1997) Come gestire i liquami suinicoli. CRPA. Rivista di Suinicoltura Ed. Edagricole*

[5] *Bonazzi G. (2007) Sempre più difficile gestire e smaltire le deiezioni L'Informatore Agrario. 1/2007*

[6] *Hellinga,C., Schellen, A.A.J.c., Mulder,J.W., van Loosdrecht, M.C.M. and Heijnen,J.J. (1998) The SHARON process : an innovative method for nitrogen removal from ammonium-rich waste water. Water Science Technology, 37 (9), 135-142*

[7] *Sliekers ,A.O., Derwort,N., Gomez,J.L.C., Strous, M., Kuenen, J.G. and Jetten, M.S.M. (2002) Completly autotrophic nitrogen removal over nitrite in one single reactor. Water Research, 36, 2475-2482.*

[8] *Strous M, Van Gerven E, Kuenen JG& Jetten M (1997) Effects of aerobic and microaerobic conditions on anaerobic ammonium-oxidizing (Anammox) sludge. Appl.Environ.Microbiol. 63: 2446-2448.*

[9] *Furukava,K.,Lieu, P.K., Tokitoh,H. and Fujii,T. (2006) Development of single-stage nitrigen removal using anammox and partila nitritation (SNAP) and its treatment performance. Water & Science Technology. 53 (6), 83-90.*

[10] *Stefano Franco, Dario Pagani – GB. Odobez Srl, Varese; Paolo Broglio – Ecologia Applicata, Milano "Applicazioni al trattamento di reflui industriali e di reflui zootecnici del processo di Bioflottazione*: abbattimento di tensioattivi, coloranti diretti ed alti carichi di azoto". Ecomondo. Rimini- 9 novembre 2006*