

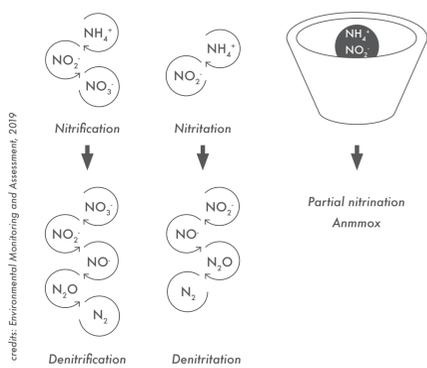
TRATTAMENTO DEI RESIDUI LIQUIDI DELLA DIGESTIONE ANAEROBICA



I PROCESSI PN/A PER REFLUI AD ELEVATO CARICO DI AZOTO

Per la rimozione dell'ammonio dalle acque reflue, gli schemi di trattamento tradizionali utilizzano processi combinati di nitrificazione-denitrificazione. Spesso, però, tali processi non risultano sufficienti in caso di carichi di azoto molto alti. C'è quindi un crescente interesse a sviluppare processi ottimizzati dal punto di vista energetico ed efficienti dal punto di vista delle risorse, ed il processo di nitrificazione parziale-anammox (in breve PN/A, partial nitrification/anammox), introducendo un percorso più breve nel ciclo dell'azoto, viene considerato come una delle più promettenti alternative al processo di rimozione dell'ammonio in modo tradizionale. Oggi il trattamento anammox sui surnatanti della digestione fanghi di depurazione, pure caratterizzata da forti carichi di azoto, è una tecnologia provata con un centinaio di impianti su scala mondiale.

Nel processo PN/A si ha dapprima una parziale ossidazione dell'ammonio a nitrito; quindi, i batteri Anammox (acronimo di ANaerobic AMMonium OXidation), convertono il nitrito formato con la restante parte di ammonio in azoto gassoso. I batteri Anammox operano in ambiente anaerobico e sono autotrofi: pertanto, i processi PN/A presentano un fabbisogno di ossigeno molto più contenuto rispetto ai tradizionali processi di nitrificazione (l'aerazione è infatti richiesta solo nella prima parte del processo), rendendo il processo PN/A estremamente vantaggioso dal punto di vista economico.



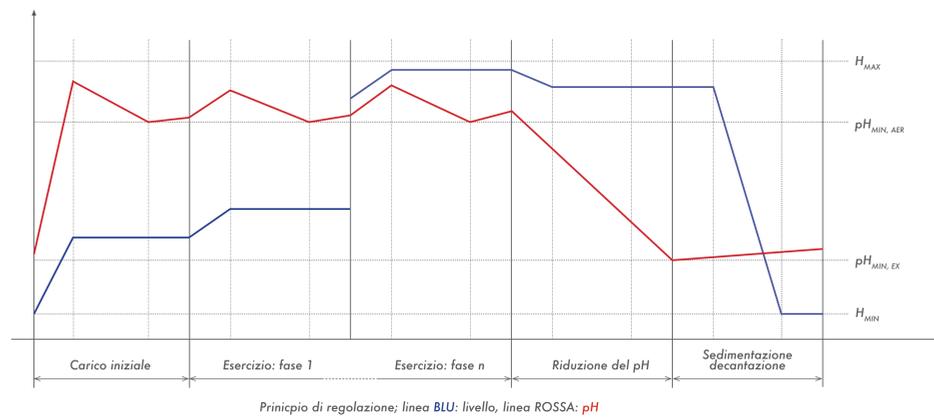
Schema di processo semplificato di: nitrificazione/denitrificazione, nitrificazione parziale/deammonificazione (PN/A)

DEMON®

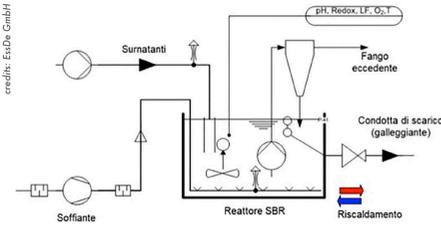
Tra i reattori granulari, come tecnologia SBR, la configurazione DEMON® è la più diffusa. DEMON® utilizza un sistema brevettato di controllo della portata di ingresso basato sul pH. Un idrociclone permette di regolare l'età del fango in maniera indipendente per i batteri ammonio ossidanti e per i batteri Anammox. Questa separazione selettiva della biomassa permette di dilavare i batteri NOB, aggregati in fiocchi più piccoli e leggeri, e di trattenerne invece i batteri Anammox, aggregati in granuli più grandi e pesanti. Inoltre, lo spurgo della frazione leggera permette di eliminare selettivamente i solidi sospesi in entrata. Il processo combina la



Batteri granulari Anammox



Principio di regolazione; linea BLU: livello, linea ROSSA: pH

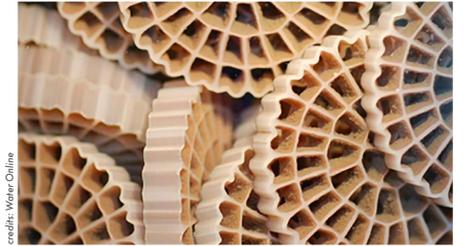


Schema di principio Demon

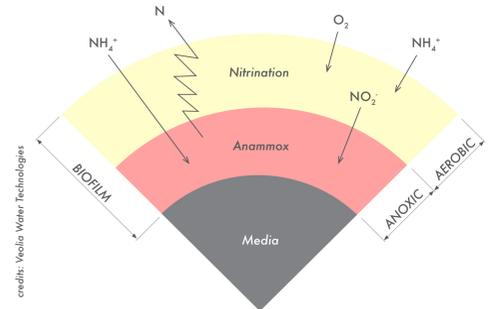
parziale nitrificazione e la deammonificazione in un unico reattore, dove si alternano condizioni aerobiche e anaerobiche: durante la prima fase, l'ammonio viene nitrificato parzialmente, mantenendo valori bassi di ossigeno disciolto in modo da impedire che gli NOB prendano il sopravvento sugli AOB; nella seconda fase, l'ammonio viene ossidato completamente ad azoto molecolare attraverso la reazione Anammox. Le condizioni all'interno della vasca devono essere tali da consentire la convivenza di batteri aerobici ammonio ossidanti e batteri anaerobici anammox attraverso il controllo del pH come pure delle concentrazioni di NH_4^+ , NO_2^- e del NO_3^- .

ANITA™MOX

Nata dalla collaborazione tra Veolia e la società svedese AnoxKaldnes, tale configurazione prevede un'alimentazione in continuo del reattore; i batteri crescono su supporti plastici dedicati ("carriers") fluttuanti nel bacino, che consentono una sicura ritenzione della biomassa anammox e un conseguente contenimento dei volumi del reattore. Il primo impianto realizzato, l'IDA di Sjölanda situato a Malmö, in Svezia, è anche sede di una Biofarm utilizzata per la coltivazione di batteri Anammox sui supporti plastici, che possono poi essere prelevati per l'inoculazione di altri impianti simili. L'aerazione è controllata tramite un metodo brevettato che utilizza il rapporto tra le concentrazioni di ammonio influente ed effluente e la produzione di nitrati per mantenere valori predeterminati di ossigeno disciolto in vasca. Il fango sospeso separato dall'effluente contiene circa il 90% dei batteri ammonio-ossidanti, mostrando un turnover maggiore rispetto al sistema a biofilm puro.



Batteri Anammox su carriers



Schema di principio

LOCARNO FOCE TICINO

L'impianto di Foce Ticino ha una capacità di trattamento fanghi di tre volte superiore a quella del trattamento acque, che riceve dunque surnatanti dall'elevata concentrazione di azoto ammoniacale. Questa situazione, abbinata alla co-digestione di substrati organici esterni, ha reso necessaria la realizzazione di una sezione separata di trattamento dei surnatanti provenienti dal trattamento fanghi. Si è optato per un reattore PN/A di tipo Anita™Mox, entrato in funzione nel 2016.

A monte del vero e proprio reattore di PN/A (bacino Anita™Mox), è presente un bacino del centrato, proveniente dalla disidratazione dei fanghi digeriti anaerobicamente, che ha la funzione di stoccare le acque di risulta prima del trattamento di deammonificazione. Qui il centrato fluisce attraverso un ciclone per separare e allontanare le sostanze solide.

L'acqua di risulta viene quindi inviata al bacino Anita™Mox, di 430 m³, dove avvengono i processi di nitrificazione e Anammox. Il reattore, ad alimentazione continua, è completamente aerato e riempito di supporti per circa il 35-40% del volume. Tali supporti permettono la crescita delle due differenti popolazioni di microorganismi: i batteri AOB, grazie alla presenza di ossigeno insufflato dal fondo, si formano sullo strato più esterno dei supporti, compiendo la nitrificazione; i batteri Anammox si formano invece sullo strato più interno dei supporti, dove l'ossigeno non riesce a penetrare, portando così a compimento il processo di deammonificazione.



Il reattore, IDA Foce Ticino, Locarno



Il bacino di trattamento, impianto di Berna

BERNA

Presso l'impianto di Berna, nel 2013 erano stati installati due reattori SBR Demon® funzionanti in parallelo.

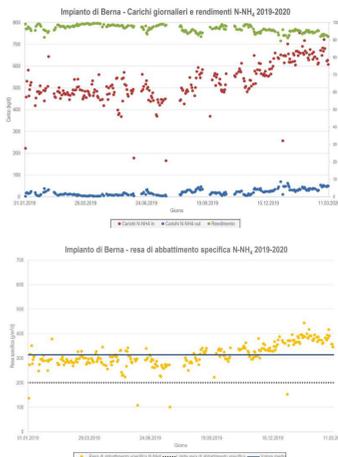
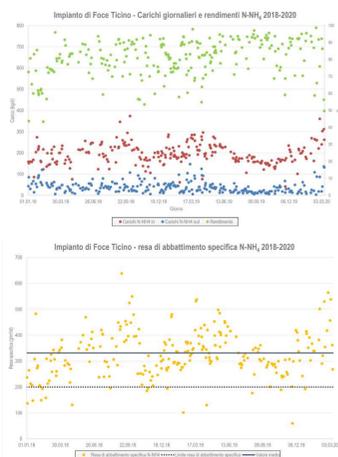
Tali impianti presentavano una resa di abbattimento che stentava a raggiungere il 50%, a causa di una nitrificazione insufficiente e di una eccessiva presenza di batteri nitrito-ossidanti, che non venivano allontanati dal sistema e causavano elevate concentrazioni di nitrati. Per questo motivo, nel 2018 è stato deciso di effettuare una modifica dell'impianto, trasformandolo in un sistema a due stadi in serie, mantenendo solo il secondo reattore come SBR Demon® con ridotta produzione di nitrito, dato che una buona parte avviene nel primo stadio.

Attualmente quindi l'impianto è costituito da due reattori collegati in serie con un volume massimo utilizzabile di circa 800 m³ ciascuno.

Circa 2/3 della portata di acqua di risulta viene alimentata al primo reattore (diventato reattore di sola nitrificazione). L'aggiunta di acqua di risulta e l'aerazione avvengono a fasi alterne, sulla base dei valori di pH rilevati che devono mantenersi all'interno di un intervallo predeterminato. La biomassa viene mantenuta in sospensione dall'aerazione. Inoltre, quotidianamente vengono aggiunti fanghi attivi provenienti dallo stadio biologico per sostenere la nitrificazione, poiché l'esperienza ha mostrato che questo accorgimento contribuisce in modo significativo ad un funzionamento stabile.

Il 2° reattore (reattore Anammox) continua invece a funzionare come SBR. La lunghezza del ciclo è variabile, ma nell'intervallo di 6 ore. Ogni ciclo è composto da una fase di reazione, una fase di sedimentazione e una fase di scarico. Durante la fase di reazione, le acque reflue provenienti dal reattore di nitrificazione vengono alimentate in modo continuo al reattore Anammox, ottenendo così una miscela di nitriti e ammonio. Anche la fase di reazione è costituita da fasi aerate e non aerate, alternate con il caricamento dell'acqua di alimento e controllate dal valore del pH che viene mantenuto in una finestra di valori molto stretta. Durante le fasi di aerazione, la concentrazione di ossigeno viene mantenuta a circa 0,5 mg O₂/l: grazie a questa bassa concentrazione di ossigeno, il processo Anammox può avvenire anche durante i periodi di aerazione all'interno dei granuli.

RESE DI TRATTAMENTO



CONCLUSIONI

L'impianto a due stadi di Berna presenta rese di abbattimento dell'ammonio superiori a quello monostadio di Foce Ticino, le cui rese si attestano in ogni caso su valori medi dell'80%, che sono da considerarsi molto buoni. L'impianto di Foce Ticino appare però più instabile rispetto a quello di Berna, in quanto si è osservata un'attività da parte della biomassa NOB a scapito dei batteri Anammox. Tale instabilità può essere contrastata attraverso misure quali la riduzione dell'aerazione. Le rese di abbattimento specifiche dell'ammonio, ovvero la quantità di ammonio abbattuto per m³ di reattore, risultano nel complesso molto buone per tutti e due gli impianti, poiché superiori a 200 gN-NH₄abb/m³, considerato un valore limite per il

buon funzionamento del processo. Per quanto riguarda infine le concentrazioni di N₂O, le analisi hanno dimostrato che le emissioni del reattore di Foce Ticino risultano trascurabili, mentre quelle del reattore di Berna appaiono considerevoli. Questo mostra come il processo Anammox in due stadi porta un netto miglioramento in termini di stabilità operativa e di prestazioni di denitrificazione, ma causa emissioni di gas serra sotto forma di protossido di azoto che costituiscono una parte significativa delle emissioni totali previste degli impianti di trattamento delle acque reflue.



Ing. Paolo Foa
Senior Project Manager
fop@tbf.ch
T: +41 91 610 26 28



Ing. Christian Fux
Senior Expert
cfx@tbf.ch
T: +41 43 255 23 84



Ing. Sonia Mattia
Project Manager
cat@tbf.ch
T: +41 91 610 26 24

tbf partner
Ingegneri e Consulenti

Via Besso 42, CH-6900 Lugano/Svizzera
T +41 91 610 26 26
tbf@tbf.ch, www.tbf.ch