Università degli Studi di Napoli Federico II
Università degli Studi di Palermo
Università degli Studi di Salerno

BioMAc 2016

Bioreattori a Membrane (MBR)
e trattamenti avanzati per la depurazione delle Acque

Applicazione dei sistemi MBR per il trattamento dei reflui industriali

Claudio Lubello (Università di Firenze)

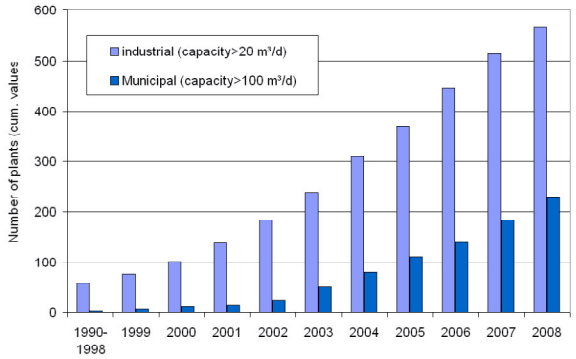
Palermo, 27-28 ottobre 2016

Sommario

- Il mercato dei reflui industriali
- Quando scegliere un sistema MBR
- Vantaggi specifici della tecnologia MBR
- Consumi energetici
- Campi di applicazione
- Esempi di casi applicativi innovativi
- Considerazioni conclusive

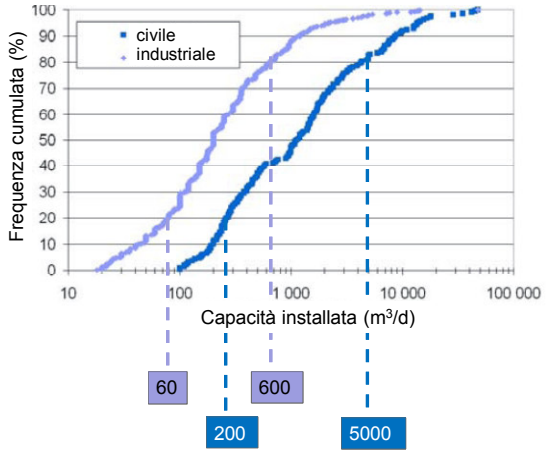
BioMAc 2013

Il mercato dei reflui industriali



BioMAc 2013

Il mercato dei reflui industriali



BioMAc 2013

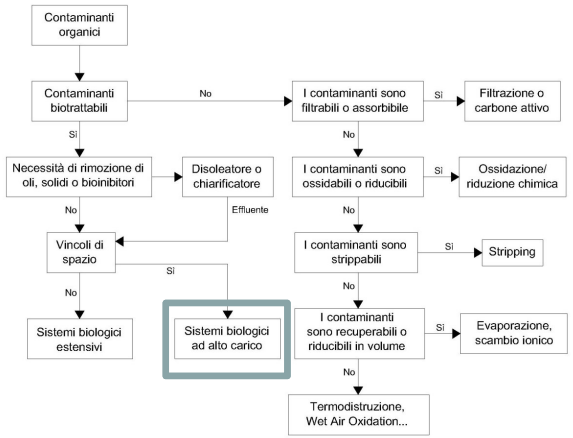
Il mercato dei reflui industriali

Il mercato italiano

Le applicazioni principali riguardano il settore agroalimentare, petrolchimico, conciario e dell'industria delle lavanderie. Il mercato è caratterizzato prevalentemente da applicazioni taglia medio-piccola con alcuni eccezioni in larga scala (p.es. MBR di Porto Marghera). Per il prossimo futuro sono attese applicazioni di portata inferiore a 3 MLD con circa un impianto all'anno di taglia compresa fra 3 e 10 MLD (Judd, 2011).

BioMAc 2013

Quando scegliere un sistema MBR



BioMAc 2013

Vantaggi specifici tecnologia MBR

• Controllo flessibile dell'età del fango senza i vincoli necessari per l'ottenimento di fiocchi flocculanti;

• Possibilità di operare con reattori volumetricamente compatti;

• Incremento delle capacità di adsorbimento dei composti recalcitranti da parte della biomassa con riduzione dello scarico;

• Avvio più rapido per la capacità di ritenzione completa della biomassa;

• Ritenzione del particolato, dei colloidi e delle macromolecole organiche per un tempo pari all'età del fango.

BioMAc 2013

Vantaggi specifici tecnologia MBR

• Riduzione dei costi connessi al controllo delle caratteristiche di sedimentabilità della biomassa;

• Possibilità di rimozione dei metalli e fosforo, mediante aggiunta di reagenti, attraverso la completa ritenzione dei precipitati;

• Ridotta necessità di controllo del processo biologico;

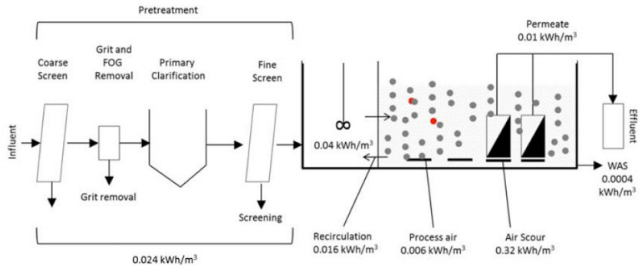
• Ottima possibilità di utilizzo della tecnologia per l'upgrading;

• Soluzione ideale per il riutilizzo delle acque reflue;

• Sistema ideale di pre-trattamento per successivi trattamenti a membrana (nanofiltrazione, osmosi inversa).

BioMAc 2013

Consumi energetici: MBR aerobici



BioMAc 2013

Consumi energetici: MBR anaerobici

I processi anaerobici trovano il campo di applicazione nel trattamento di acque ad elevato carico e dove non siano presenti flussi di alimentazione a temperature troppo basse per evitare fenomeni di wash-out della biomassa a causa del loro basso tasso di crescita. La separazione a membrana interviene in modo cruciale proprio su questo aspetto impendendo il dilavamento dei solidi.

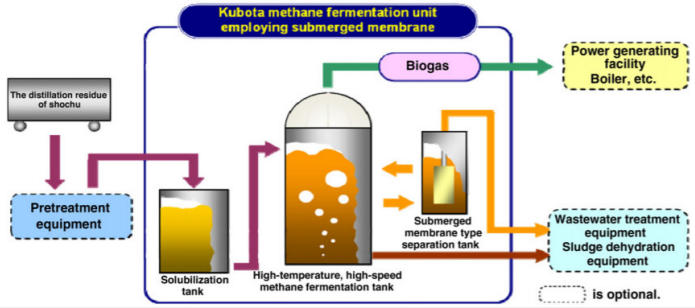
- ✓ Minore richiesta energetica per l'assenza dell'aerazione;
- ✓ Lenta crescita microbica;
- ✓ Inferiore rimozione del COD (60-90%)
- ✓ Assenza di nitrificazione;
- ✓ Maggiore rischio di produzione di cattivi odori;
- ✓ Maggiori tempi di avvio (mesi contro settimane);
- ✓ Maggiore richiesta di alcalinità;
- ✓ Inferiore produzione di fanghi;
- ✓ Produzione di biogas.

BioMAc 2013

Industrie alimentari

Le acque reflue sono accomunate da una complessiva buona biodegradabilità, assenza di tossicità, alta concentrazione di COD e di solidi sospesi.

Ottimo campo di applicazione per gli MBR anaerobici, che hanno avuto sviluppo limitato per i problemi di fouling. Oggi si tende ad utilizzare, nel campo di applicazione delle membrane polimeriche, tecniche di controllo del fouling mediante il ricircolo del biogas. Esistono sistemi che appaiono competitivi con quelli aerobici, come per esempio il KSAMBR sviluppato da Kubota Membrane Technology Inc., che ha trovato numerose applicazioni in piena scala specialmente in Giappone.
Il permeato in uscita è previsto che sia trattato da un sistema aerobico per raggiungere livelli superiori di abbattimento.



Industria cartaria

Gli MBR sono stati nel tempo adottati proprio per il miglioramento delle caratteristiche degli effluenti scaricati o in programmi di riuso delle acque reflue. Nelle diverse applicazioni esaminate, la rimozione del COD si assesta nell'intervallo compreso fra l'82 e il 99% e di quasi il 100% per i solidi sospesi, con un HRT compreso fra 0,12 e 2,5 giorni. I confronti effettuali con i processi a fanghi attivi tradizionali appaiono in favore degli MBR.

Possono essere usati MBR anaerobici. Poichè le temperature dei reflui sono elevate (50–70 ° C), possono essere utilizzati processi termofilici, anche se è stata rilevata una maggiore tendenza allo sporcamento delle membrane rispetto a quelli mesofilici a temperature inferiori

BioMAc 2013

Industria tessile

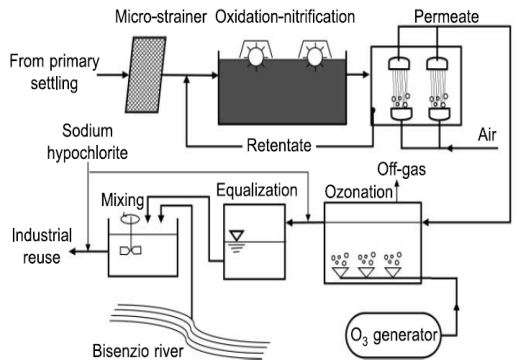
Le applicazioni di AnMBR sono meno frequenti rispetto ai sistemi aerobici e quasi completamente assenti fino all'anno 2000. Ciò è dovuto ad una minore concentrazione dei reflui rispetto ad altri settori industriali, come il caso di quelli alimentari.

I risultati del trattamento MBR aerobico, in termini di rimozione del COD, appaiono buoni, con rimozioni intorno al 90% che permettono di raggiungere concentrazioni intorno ai 100 mg/l.

In riferimento ad altri parametri come colore e tensioattivi il processo biologico da solo non sempre è in grado di raggiungere valori soddisfacenti di rimozione ed è spesso necessario abbinarlo a processi chimico-fisici, come per esempio l'ozonizzazione.

BioMAc 2013

Industria tessile



BioMAc 2013

Industria conciaria

Si tratta di reflui con elevata concentrazione di COD e di sali, oltre alla presenza consistente di solfuri, azoto ammoniacale e bassa biodegradabilità. Le caratteristiche sono diverse a seconda che il processo di concia sia al cromo o al vegetale. In questo secondo caso si hanno concentrazioni elevate di tannini che contribuiscono in modo rilevante alla difficoltà di biodegradazione del refluo.

I sistemi MBR sono risultati interessati per la maggiore stabilità del processo e la minore occupazione di spazio. Un ulteriore elemento di vantaggio è la maggiore capacità di nitrificazione dovuta all'incremento possibile dell'età del fango ed alla capacità di trattenimento dei microrganismi nitrificanti.

E' frequente l'abbinamento del processo biologico con trattamenti chimico-fisici in grado di ridurre il carico inquinante prima dello scarico: processi di ossidazione avanzata, carboni attivi, resine a scambio ionico

BioMAc 2013

Percolati di discarica

Il percolato ha caratteristiche differenziate a seconda dell'età della discarica, dei rifiuti collocati e di un insieme di parametri gestionali ed ambientali.

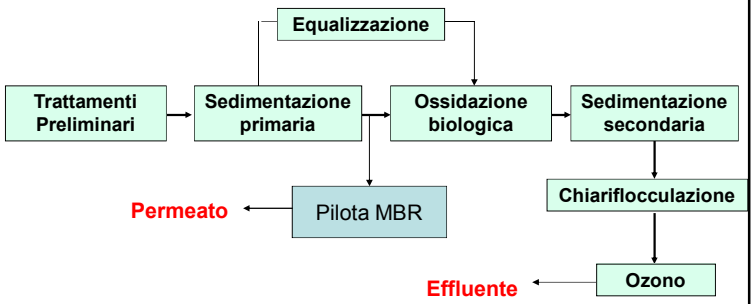
In letteratura, i processi biologici di trattamento del percolato vedono l'uso minoritario di applicazioni MBR (inferiore al 10% dei casi trattati). Tuttavia, l'uso degli MBR è cresciuto significativamente negli ultimi anni, sia con sistemi aerobici, che anaerobici.

Un MBR da solo non è tuttavia in grado di raggiungere sufficienti livelli di rimozione della frazione azotata e di quella organica per cui gli schemi di trattamento vedono la combinazione con unità di trattamento fisico-chimico. Un esempio è quanto proposto da Hasar et al (2009) con uno stripping seguito da flocculazione, MBR ed osmosi inversa.

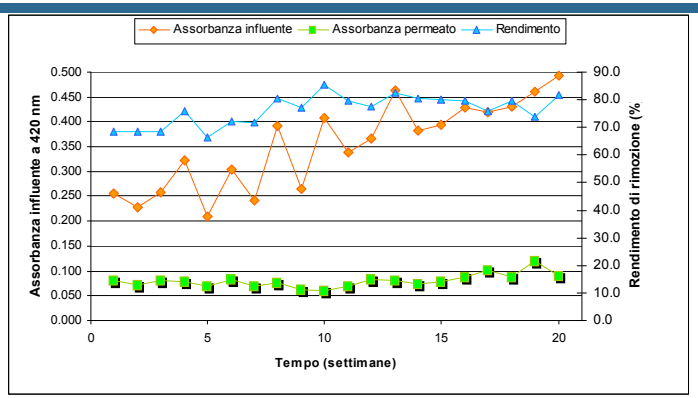
BioMAc 2013

Casi di studio: trattamento acque tessili

- ✓ Capacità depurativa 750.000 abitanti equivalenti
- ✓ Portata in ingresso circa 130.000 m^3/d
- ✓ Un'aliquota di circa 100 l/s viene inviata all'impianto di affinamento per il riutilizzo industriale



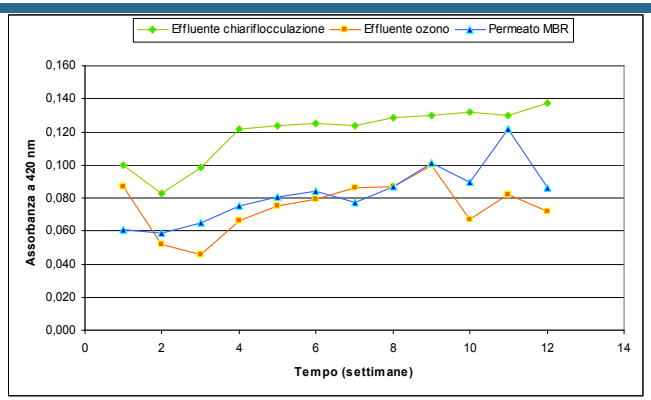
Trattamento acque tessili: rimozione del colore



Assorbanza a 420 nm

	Range	Media
✓ Inlet	0,153 - 0,504	0,322
✓ Outlet	0,041 - 0,119	0,075

Trattamento reflui tessili: rimozione del colore

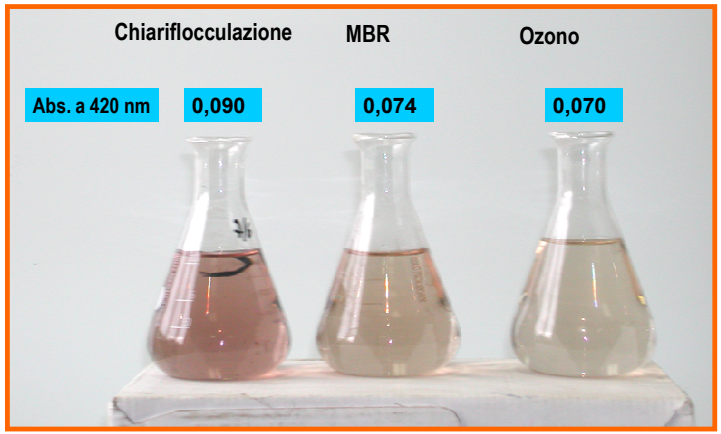


Rimozione media

MBR → 77,2 %

WWTP (con ozono) → 77,6 %

Trattamento reflui tessili: rimozione del colore



Trattamento reflui tessili: composti prioritorai

Distretto tessile di Prato, in collaborazione con GIDA SpA

Impianto di Calice

Installazione pilota

✓ MBR (membrane a fibra cava GE)

Distretto tessile di Terrassa (Barcellona), in collaborazione con CSIC

Impianto di Terrassa (Barcellona, Spagna)

Installazioni pilota

✓ MBR (membrane a fibra cava Koch)

✓ MBR (membrane piane Kubota)

BioMAc 2013

Trattamento reflui tessili: composti prioritari

Classi di composti oggetto d'indagine:

Comprensorio tessile di Prato

TENSIOATTIVI	Alchifenoli polietossilati (APnEO)
METALLI	Cr, Cd, Pb
IDROCARBURI POLICLICI AROMATICI (IPA)	- naftalene, - Fenantrene - antracene - acenaftene - fluorantene - fluorene - benzo(a)pirene - acenaftilene - benzo(g,h,i)perilene - benzo(a)antracene - crisene - benzo(b)fluorantene - IPA tot - benzo(k)fluorantene
FTALATI	di-2-etilesilftalato

Terrassa – Barcellona (Spagna)

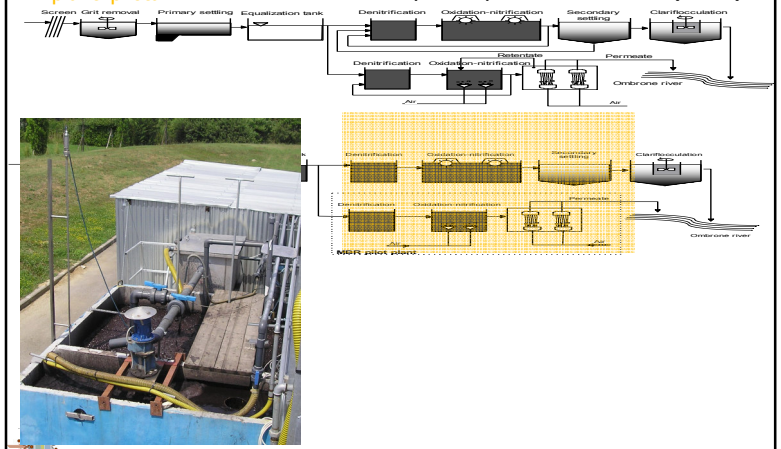
TENSIOATTIVI	- APnEO e loro sottoprodotti di degradazione - LAS (tensioattivi anionici a catena alchilica lineare)

BioMAc 2013

Trattamento reflui tessili

Impianti pilota

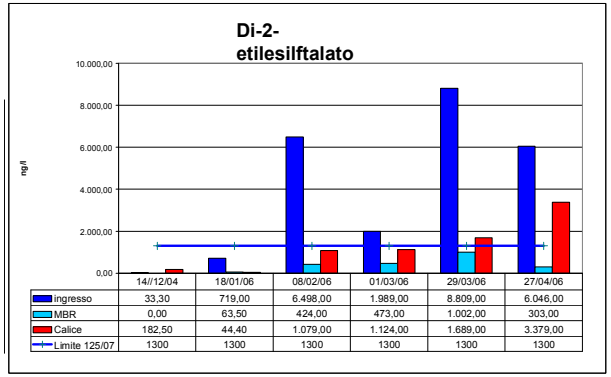
Impianto pilota MBR Calice (Prato)



BioMAc 2013

MBR Calice

Confronto dell'efficienza di rimozione del Di-2-etilesilftalato



	14//12/04	18/01/06	08/02/06	01/03/06	29/03/06	27/04/06
ingresso	33,30	719,00	6.498,00	1.989,00	8.809,00	6.046,00
MBR	0,00	63,50	424,00	473,00	1.002,00	303,00
Calice	182,50	44,40	1.079,00	1.124,00	1.689,00	3.379,00
Limite 125/07	1300	1300	1300	1300	1300	1300

Efficienza di rimozione

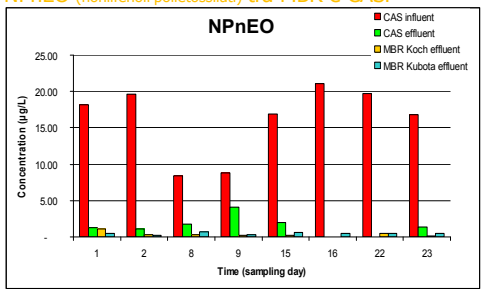
MBR 89%

Impianto a fanghi attivi tradizionale 70%

24

Confronto dell'efficienza di rimozione degli NPnEO (nonilfenoli polietossilati) tra MBR e CASP

MBR Terrassa

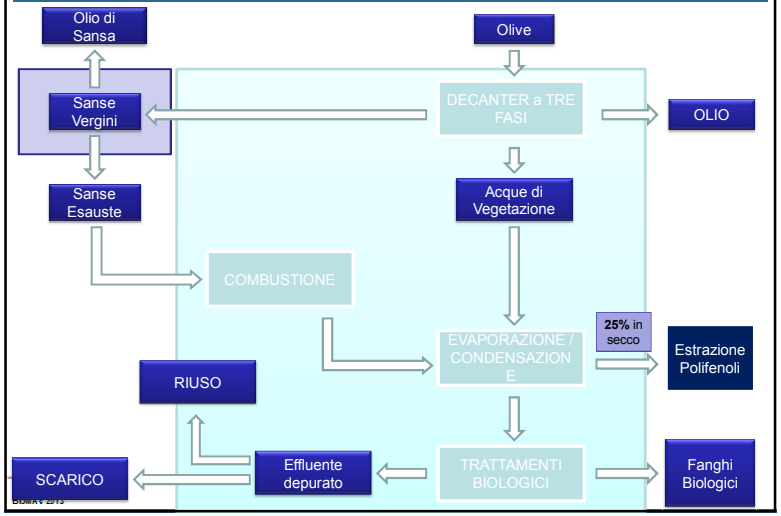


Efficienza di rimozione
85.7% CAS
97.8% MBR Koch
96.8% MBR Kubota

	Influent	CASP	MBR-HF	MBR-PF
LAS	1362.9±187.1	15.06±14.44	6.51±4.07	2.76±1.25
$NP_{(1-15)}EO$	16.44±5.67	1.65±1.25	0.33±0.32	0.45±0.16
NP	4.58±1.12	1.06±0.15	0.47±0.70	0.80±0.46
NP_1EC	0.60±0.20	1.47±0.20	0.82±0.32	0.75±0.27
NP_2EC	0.67±0.59	1.68±0.48	3.32±0.68	1.79±1.09

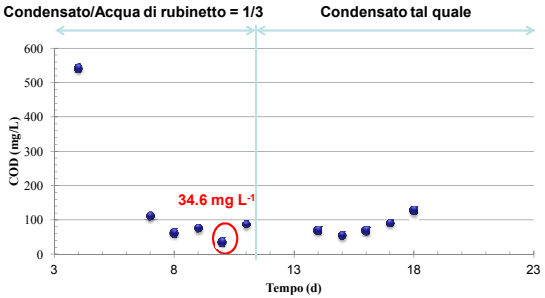
25

Trattamento reflui oleari



Risultati

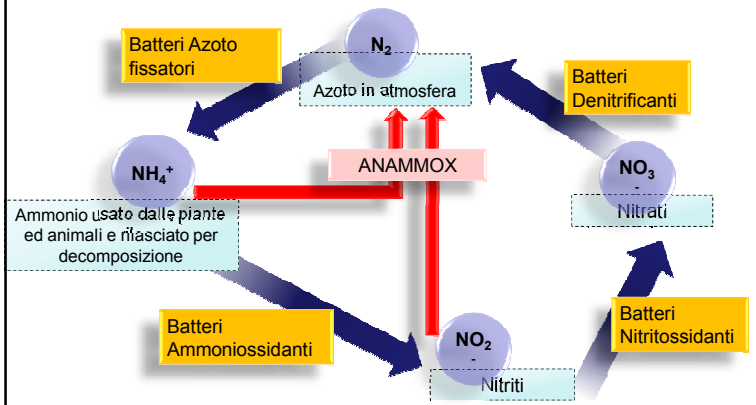
Condensato	COD (mg/L)	Ammonio (mg N-NH_4/L)	VFA (mg/L)	Phosphate (mg P-PO_4/L)	pH
1	1100	0,15	97	0,1	3,47



- Bioegradabilità del refluo di circa il **95%**.
- Concentrazione del COD nell'effluente inferiore al limite di scarico in corpo idrico recettore.

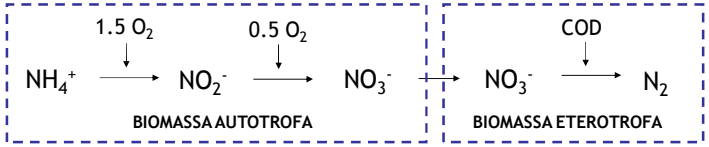
REPLICA START-UP: Rimozione del 90 % del COD dopo 8 giorni dall'avvio con diluizione iniziale 1:1 con acqua di rubinetto

Trattamento surnatante digestato suinicolo

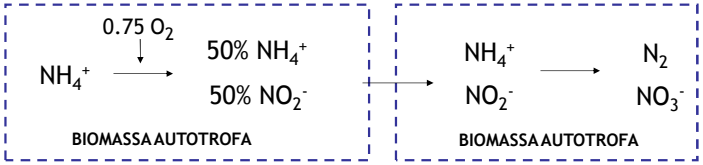


Trattamento surnatante digestato suinicolo

Processo convenzionale di **Nitrificazione - Denitrificazione**

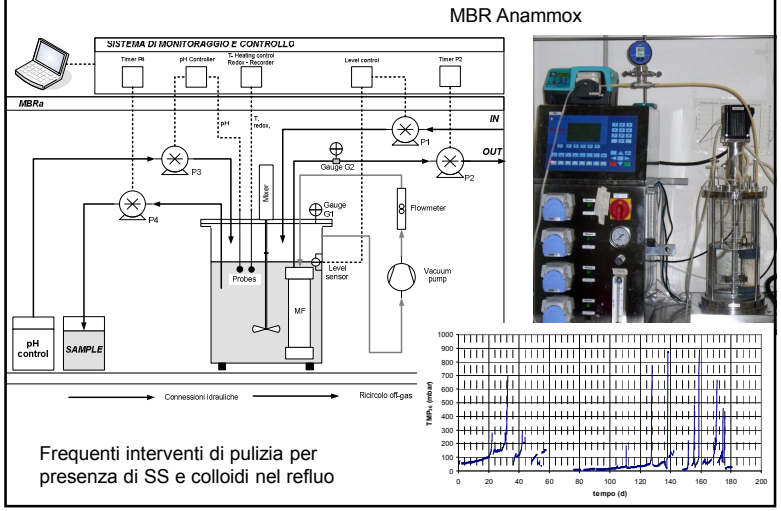


Processo combinato **Nitrificazione Parziale - Anammox**



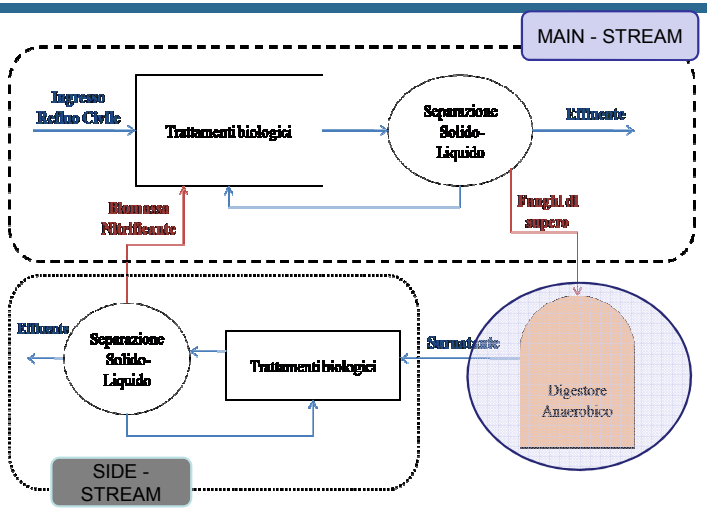
Trattamento surnatante digestato suinicolo

MBR Anammox

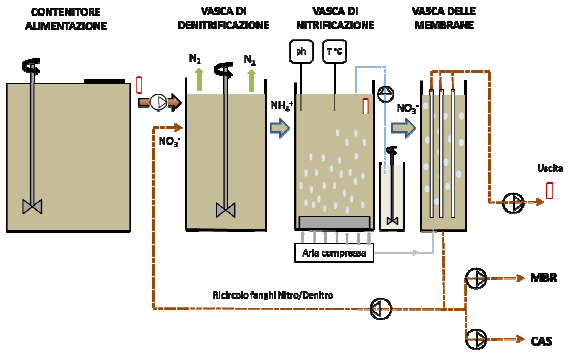


Frequenti interventi di pulizia per presenza di SS e colloidi nel refluo

Bioagumentation



Bioagumentation



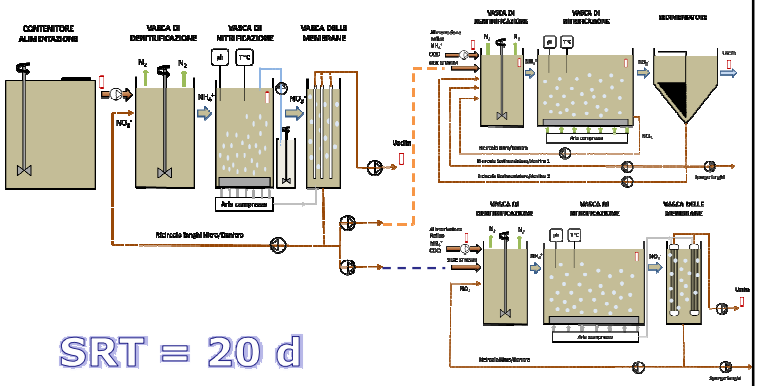
Refluo in ingresso con **elevato rapporto N-COD**

Elevata età del fango **(SRT = 20 d)**

Controllo della temperatura **(T = 20 ° C)**

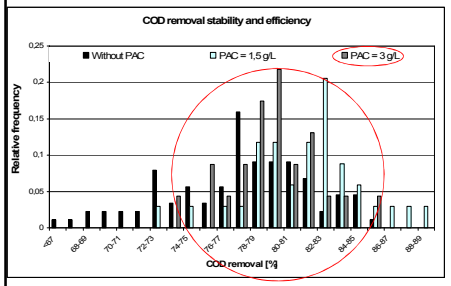
Reattore side-stream: MBR

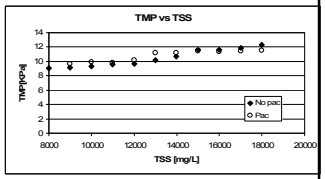
Bioagumentation

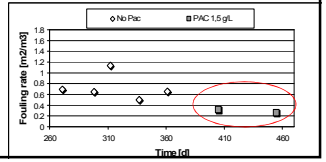


Reflui conciari: MBR+PAC

Period	PAC [g L^{-1}]	SRT [d]	TSS [g/L]	HRT [h]	Start [d]	End [d]	Mean T [°C]	COD removal [%]
I	0	88	15.6	50	1	380	20	77,4
II	1.5	32	17.2	50	381	455	12	81,6
III	1.5	74	12.6	100	456	503	14,5	81
IV	3	95	14.0	100	504	594	24	79,5







Conclusioni

Gli impianti MBR rappresentano oggi una tecnologia che è uscita dalla fase sperimentale e rappresenta una scelta tecnologica di cui sono noti i punti di forza e di debolezza.

Il settore industriale rimane probabilmente il luogo applicativo di elezione, anche se le installazioni più importanti sono destinate al trattamento di reflui civili.

Nonostante ciò ci sono ancora ampi margini di messa a punto e miglioramento funzionale, con soluzioni che, specie per il trattamento di reflui industriali possono trovare utili sinergie con altre tecnologie di trattamento.

BioMac 2013

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE
DICEA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E AMBIENTALE

Claudio Lubello
Università di Firenze
claudio.lubello@unifi.it