

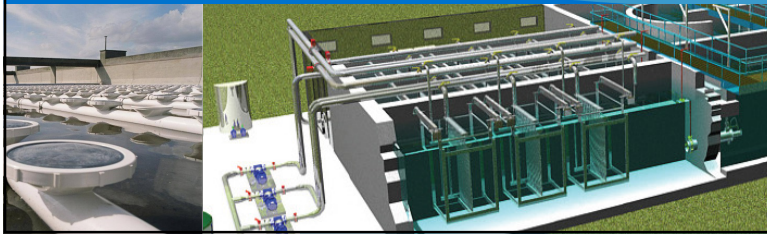
Tecnologie innovative per l'efficienza
energetica e la protezione ambientale



Soluzioni innovative negli impianti MBR per la riduzione dei consumi energetici

Dott. Ing. Alessio Galletti, Ph.D.

20 Maggio 2016



SOMMARIO

INTRODUZIONE

- ✓ Campi di applicabilità degli impianti a membrane
- ✓ La filtrazione
- ✓ Dispositivi di filtrazione

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR

- ✓ Configurazioni impiantistiche

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITA DI FILTRAZIONE

- ✓ Calcolo della superficie di filtrazione e configurazione sezione
- ✓ Macchine accessorie e dotazioni strumentali

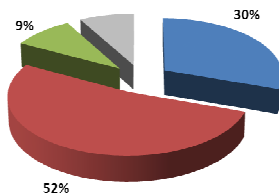
2



INTRODUZIONE: campo di applicabilità

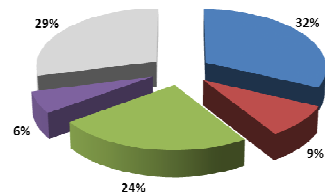
Worldwide MBR drivers

- Footprint limitation
- Improved water quality and reliability
- Cost effectiveness
- Other



Sfide aperte per gli MBR

- System Capacity & Membrane Performance
- System Automation & Control
- Membrane Aeration Effectiveness & Energy Costs
- Membrane cleaning
- Other site specific concerns



Data Sources:
Investigation of MBR Effluent Water Quality and Technology – A Worldwide Survey (WRF-06-007) – MWH
Main technical challenges of MBR – A survey of MBR users and suppliers – Santos et al, 2010

3

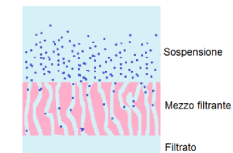


INTRODUZIONE: definizione di filtrazione

La **filtrazione** è l'operazione di **separazione solido-fluido** in cui le particelle solide in sospensione in un fluido sono trattenute da un **setto poroso** (corpo filtrante) che, grazie all'azione di un gradiente di pressione, consente il **passaggio del fluido**, reso così **limpido** (filtrato); le particelle solide rimosse vanno a formare sul setto il cosiddetto **panello** (o *cake*).

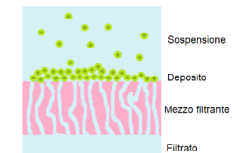
Filtrazione di profondità

Nella filtrazione di profondità le particelle sospese nel fluido di processo vengono trattenute prevalentemente all'interno della rete continua di capillari di cui è costituita la struttura porosa del mezzo filtrante.



Filtri di superficie

La ritenzione delle particelle nella filtrazione di superficie, detta anche filtrazione di rifiuto, avviene principalmente per un meccanismo di setacciamento o vagliatura, in quanto le particelle vengono trattenute sulla superficie del filtro (rifiutate), avendo esse un diametro maggiore di quello dei pori del mezzo filtrante.



4



INTRODUZIONE: Le filtrazione su membrana: perché?

Quali caratteristiche deve avere un filtro in un impianto MBR?

- ✓ Trattenere quantitativamente i fanghi attivi
- ✓ Riduzione della carica batterica
- ✓ Elevata produttività
- ✓ Continuità operativa
- ✓ Rigenerabilità
- ✓ Tempi di vita lunghi

Un filtro a membrana opportunamente gestito risponde a questi requisiti

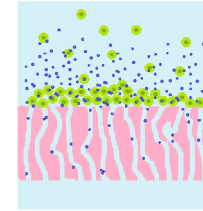
5

xylem
Let's Solve Water

INTRODUZIONE: Le filtrazione su membrana: perché?

La distinzione fra filtrazione di superficie e di profondità è solo formale; nella realtà i due processi avvengono contestualmente.

Le membrane sono filtri di superficie ma manifestano anche una certa ritenzione di profondità: le particelle con dimensioni inferiori a quelle dei pori o le sostanze disciolte possono essere trattenute all'interno del mezzo filtrante



La filtrazione convenzionale (ortogonale) produce depositi (cake) che contrastano il passaggio del fluido (aumento gradiente di pressione).

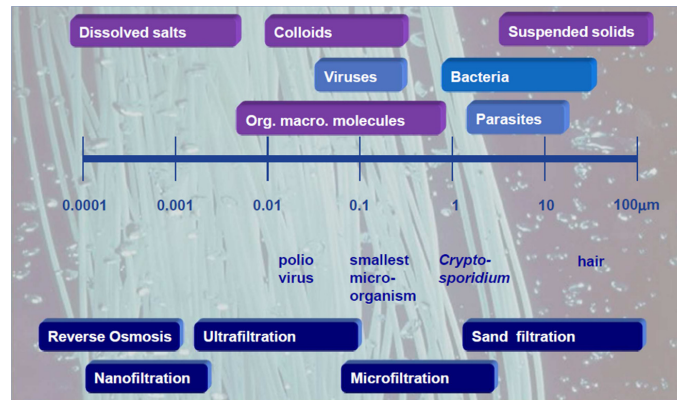
Il materiale di cui è costituita la membrana tende ad adsorbire le sostanze disciolte presente in soluzione.

Questi fenomeni devono essere contrastati

6

xylem
Let's Solve Water

INTRODUZIONE: Microfiltrazione e ultrafiltrazione



7

xylem
Let's Solve Water

INTRODUZIONE: Glossario

Flusso

- Portata specifica attraverso le membrane
- Portata in volume / area membrane
- Unità: L/m^2h (lmh)

TMP (Trans membrane pressure)

- Pressione differenziale tra lato acqua grezza e lato permeato della membrana
- Per le membrane sommerse bisogna considerare anche la pressione statica sul lato acqua grezza e pressione di aspirazione sul lato permeato

Permeabilità

- Flusso / TMP;
- Unità $L/(m^2 \cdot h \cdot bar)$
- Descrive le prestazioni delle membrane

8

xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Mantenimento della permeabilità

La permeabilità delle membrane è ridotta dai fenomeni di fouling e di polarizzazione per concentrazione.
I produttori di membrane hanno messo a punto protocolli standard atti a mitigare gli effetti di questi fenomeni

I cicli di pulizia con soluzioni ossidanti e soluzioni acide contrastano gli effetti rispettivamente del fouling organico ed inorganico

9

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR

- Le fasi del ciclo di filtrazione:
 - Permeazione,
 - Erogazione aria scuotimento membrane
 - Rilassamento
 - Controlavaggio.

Cicli di pulizia: MC settimanali, RC annuali

10

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Mantenimento della permeabilità

11

INTRODUZIONE: Membrane

Polimeri molto porosi e ad alta compatibilità agli ossidanti agli acidi alle sostanze caustiche
Polimeriche Organiche: PVDF, PES, PE idrofilizzati

Polimeriche Inorganiche: Ceramiche Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2

12

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi




General Electric - ZeeWeed 500D

- ✓ Fibre Cave Supportate - Ultrafiltrazione
- ✓ Cassette di diverse dimensioni in grado di alloggiare da 3 a 48 moduli di membrane
- ✓ Diffusione molto vasta in Italia e nel mondo
- ✓ Sistema di aerazione LEAPmbr®: erogazione intermittente aria senza necessità valvole pneumatiche



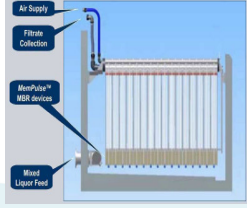
13 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi



EVOQUA- MemPulse™

- ✓ Fibre Cave estruse (monolitiche)
- ✓ Tecnologia derivata da applicazioni US FILTER per acqua potabile
- ✓ Aria e miscela aerata miscelate introdotte sul fondo della vasca « Air Lift effect»
- ✓ Moduli (38 m2) installati su in rack e non in cassette



14 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi




Koch Membrane Systems: PURON®

- ✓ Fibra Cava Supportata - Ultrafiltrazione
- ✓ Moduli di diverse dimensioni per contenere da 3 a 44 linee di membrane
- ✓ Fibre cave fluttuanti e fissate ad una sola estremità.
- ✓ Ugello erogazione aria complanare a punto ammorsamento fibre cave.
- ✓ Aerazione ciclica intermittente



15 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi




KUBOTA Submerged Membrane Unit®

- ✓ Membrane piane - Microfiltrazione
- ✓ Molto diffuso a livello mondiale
- ✓ Unità di diverse misure. Single e double rack
- ✓ Cartucce da 0,8 a 1,45 m2
- ✓ Non controllabile. Generalmente lavaggi rari ma intensi




16 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi



MEMBRAY® Toray MBR Membrane

- ✓ Membrane piane - Ultrafiltrazione
- ✓ Unità di diverse misure. Single e double rack
- ✓ Cartucce da 1,4 m²
- ✓ Non controllabile. Generalmente lavaggi rari ma intensi

17 

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi



MICRODYN- NADIR: BIO-CEL®

- ✓ Membrane Piane – ultrafiltrazione
- ✓ Moduli di diverse dimensioni e superfici filtranti (10 -1900 m²)
- ✓ Controllabile (max 150 mbar)
- ✓ BIO-CEL® MCP: Sistema di pulizia meccanico

18 

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi

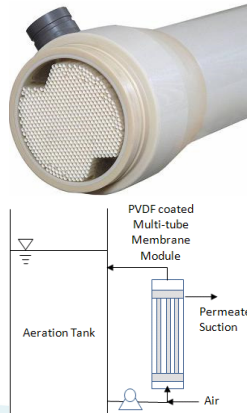


**Alfa-Laval:
Hollow Sheet Membrane for MBR**

- ✓ Membrane piane capillari - microfiltrazione
- ✓ Moduli di diverse dimensioni e superfici (MFM 150-462 m²)
- ✓ Funzionamento a gravità


19 

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi



NORIT - Compact 33V - 5.2mm AIRLIFT MBR

- ✓ Membrane Tubolare – ultrafiltrazione
- ✓ Sistema di filtrazione esterno
- ✓ Diametro interno 5, 2 mm
- ✓ Lunghezza 3 metri
- ✓ Associa *crossflow* e *scouring*

20 

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi



Membrane Tubolari

- ✓ Tipicamente di ultrafiltrazione ma anche di microfiltrazione
- ✓ Membrane polimeriche organiche (PVDF, PES) e inorganiche (Ceramiche)
- ✓ Diametri interni da 5,2 a 12,5 mm
- ✓ MLSS fino a 40 g/l
- ✓ Operano a flusso tangenziale (crossflow)



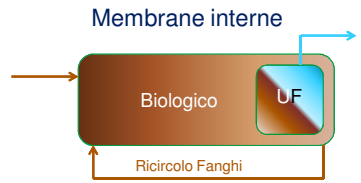
21 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Dispositivi

Fibre Cave	Membrane Piane	Tubolari
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bassi consumi energetici ✓ Elevata densità di impaccamento ✓ Controllo perdita permeabilità efficace. ✓ Tempo di vita attesi elevati 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Minore consumo di reagenti ✓ Minore TMP ✓ Maggiore semplicità impiantistica ✓ Bassa densità di impaccamento (elevata occupazione dello spazio) ✓ Non controllabili o controllabili a basse TMP ✓ Portate aria per scouring elevate (elevati consumi energetici) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Flussi di permeazione elevati (>40LMH) ✓ Possibilità di operare con elevati valori di MLSS ✓ Consumi energetici di alcune volte superiori a membrane immerse (cross flow) ✓ Membrane Esterne


22 xylem
Let's Solve Water

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR: Configurazioni impiantistiche



Membrane interne

- ✓ Moduli immersi
- ✓ Minori costi di investimento
- ✓ Bassa flessibilità operativa
- ✓ Ridotta efficienza pulizia membrane
- ✓ Necessità vasca esterna per eseguire RC



Sidestream – membrane immerse

- ✓ Moduli immersi
- ✓ Maggiore flessibilità operativa
- ✓ Aria membrane e fanghi UF possono essere considerati nei calcoli di processo
- ✓ Maggiori costi di investimento

23 xylem
Let's Solve Water

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Calcolo della Superficie di filtrazione/fluxo sostenibile

Temperatura °C	FLUSSO (netto o istantaneo) l/m ² ·h @ MLSS _{membrane} 12 g/l				
	ADF	MMF	MWF	PDF	PHF
12	16	18	20	22	25
20	20	24	28	32	40

Valori di fantasia. Nella realtà questi dati sono specifici per ogni dispositivo di filtrazione e in genere sono funzione di MLSS_{membrane}

La superficie di filtrazione è determinata dalla condizione di flusso più gravosa

24 xylem
Let's Solve Water


LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Calcolo della Superficie di filtrazione

Carichi idraulici - Fognatura separata					
		Estate 20°C	Durata	Inverno 12°C	Durata
Portata media annua giornaliera (ADF)	m ³ /d	2400		1200	
Portata massima mensile (MMF)	m ³ /d		1 mese		mesi
Portata massima settimanale (MWF)	m ³ /d	2440	1 Sett.		1 settimana
Portata di picco giornaliera (PDF)	m ³ /d	2700	1 giorno	1250	1 giorno
Portata di punta oraria (PHF)	m ³ /h	150	6 ore	75	6 ore

Superficie di filtrazione richiesta - Fognatura separata					
		Estate 20°C	Durata	Inverno 12°C	Durata
Portata media annua giornaliera (ADF)	m ²	5000		3125	
Portata massima mensile (MMF)	m ²		1 mese		mesi
Portata massima settimanale (MWF)	m ²	3630	1 Sett.		settimane
Portata di picco giornaliera (PDF)	m ²	3520	1 giorno	2370	1 giorno
Portata di punta oraria (PHF)	m ²	3750	6 Ore	3000	6 ore

La superficie di filtrazione richiesta per questo impianto è 5000 m²

25 

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Configurazione dell'unità di filtrazione

La progettazione e il dimensionamento della sezione di filtrazione negli impianti MBR

	Superficie di filtrazione richiesta	Superficie installata		
		Estate 20°C	Inverno 12°C	
Portata media annua giornaliera (ADF)	m ²	5000	3125	
Portata massima mensile (MMF)	m ²			2 treni
Portata massima settimanale (MWF)	m ²	3630		1 treno
Portata di picco giornaliera (PDF)	m ²	3520	2370	
Portata di punta oraria (PHF)	m ²	3750	3000	

Opzione 1 - Due treni di filtrazione



26 

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Configurazione dell'unità di filtrazione

	Superficie di filtrazione richiesta	Superficie installata			
		Estate 20°C	Inverno 12°C	N treni	N-1 Treni
Portata media annua giornaliera (ADF)	m ²	5000	3125		
Portata massima mensile (MMF)	m ²				
Portata massima settimanale (MWF)	m ²	3630			
Portata di picco giornaliera (PDF)	m ²	3520	2370		
Portata di punta oraria (PHF)	m ²	3750	3000		

1760 m² per treno di filtrazione

Opzione 2
Treni di filtrazione



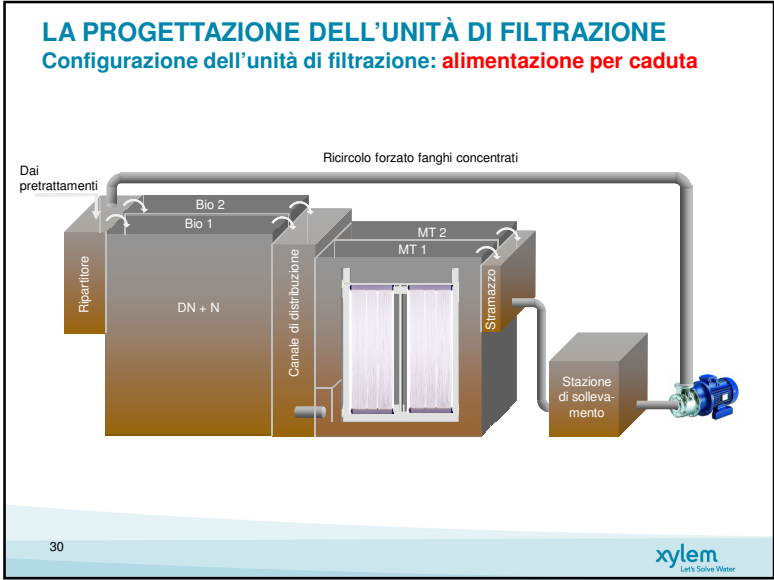
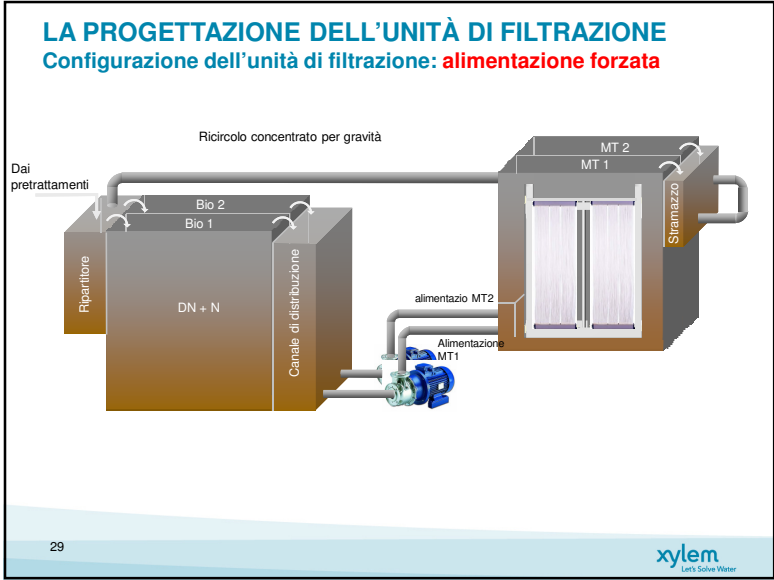
27 

IL PROCESSO DI FILTRAZIONE NEGLI MBR:

Calco superficie - Fognatura mista

- ✓ In impianti in cui è recapitata una fognatura mista le portate di pioggia sono quasi sempre il fattore limitante e influiscono pesantemente su calcolo della superficie di filtrazione.
- ✓ E' importante poter stimare la durata massima dell'evento piovoso.
- ✓ Gli eventi piovosi negli MBR non comportano rischio di dilavamento della miscela aerata e perdita di biomassa

28 





TECNICHE DI LAVAGGIO

Lavaggi di manutenzione MC

- Estende gli intervalli tra i lavaggi di recupero
- 200 mg/L NaOCl
- 2000 mg/L Acido citrico
- 1/settimana, durata: ~60 minuti

Lavaggi di recupero RC

- Ripristino della permeabilità ad un valore base
- 1100 mg/L NaOCl
- 2200 mg/L Acido Citrico
- 1/anno, 18-24 ore di durata per prodotto chimico

34 xylem
Let's Solve Water

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE Air Scouring

L'energia necessaria per lo scouring delle membrane è l'aspetto che incide maggiormente sui costi di filtrazione di un impianto MBR .

Richiesta d'aria per lo scouring delle membrane dai primordi ad oggi si è ridotta di circa 6 volte,

- ✓ Aerazione continua
- ✓ Aerazione ciclica sequenziale
- ✓ Mempulse
- ✓ Ottimizzazione punto di erogazione aria
- ✓ Semplificazione circuito adduzione aria miglioramento efficacia scouring (bolle grosse) **LEAPmbr®**

↑ Richiesta energetica

35 xylem
Let's Solve Water

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE Air scouring

- ✓ La portata d'aria necessaria per lo *airscouring* di uno specifico impianto è un dato solitamente fornito dal produttore di membrane
 - ✓ Canali di scorrimento
 - ✓ Punto di erogazione
 - ✓ Modalità di erogazione
- ✓ Portata aria specifica per airscouring è funzione del flusso solido

- ✓ È fortemente consigliato prevedere soffiante di riserva.
- ✓ Scelta del numero di soffianti in grado di fornire le portate d'aria richieste in funzione della diversa operatività dell'impianto.

36 xylem
Let's Solve Water

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Dotazioni strumentali, accessori, accessori opzionali

- ✓ Stazioni di dosaggio reagenti per pulizia membrane
- ✓ Compressore aria di servizio
- ✓ Valvole pneumatiche
- ✓ Trasduttori di pressione
- ✓ Misuratori di portata
- ✓ Misuratori di livello
- ✓ Sonde di temperatura
- ✓ Sonde Solidi Sospesi
- ✓ Copertura vasche membrane
- ✓ Grigliatura fanghi
- ✓ Carroponti per sollevamento membrane

Fondamentale la qualità soprattutto per dispositivi di filtrazione che usano protocolli di aerazione ciclica discontinua

Automazione e controllo di processo (i.e. permeabilità vs tempo)

Controllo inerti in miscela aerata – riduzione rischio clogging

37 

LA PROGETTAZIONE DELL'UNITÀ DI FILTRAZIONE

Membrane: quali garanzie?

Il peso del cambio delle membrane nel costo operativo di un impianto MBR sta diminuendo vista la maggiore affidabilità dei prodotti di nuova generazione

Tuttavia è importante **garantirlo**.

Modalità pagamento garanzie

Pro rata (Proporzionale):
Dopo un periodo iniziale in cui le membrane difettose o non prestanti sono fornite gratuitamente, la sostituzione avviene a fronte di un pagamento proporzionale all'uso effettivo.

Copertura totale:
La membrana giudicata non conforme viene fornita gratuitamente

% sostituzione annua
È definita una soglia % per anno al di sotto della quale le membrane non conformi devono comunque essere acquistate. La garanzia ha effetto solo al superamento di questa soglia.

Tipologie garanzie

Meccanica:
Salvaguardia da eventuali difetti di fabbricazione

Prestazioni:
Garantisce il rispetto di alcuni parametri:

- TSS
- Portata
- E.Coli

Durata

Riduzione % delle prestazioni alla scadenza

38 



Let's Solve Water

Xylem Water Solutions Italia S.r.l.
Distributore Membrane UF - GE
per il mercato municipale in Italia

GC Treatment – Xylem Italy
marco.leoncavallo@xyleminc.com
clara.rondinini@xyleminc.com

GC Membrane & Filtration EMEA
matteo.vanossi@xyleminc.com michele.principato@xyleminc.com
alessio.galletti@xyleminc.com alessandro.lago@xyleminc.com

39 