Gruppo di Lavoro
"Gestione impianti di depurazione"

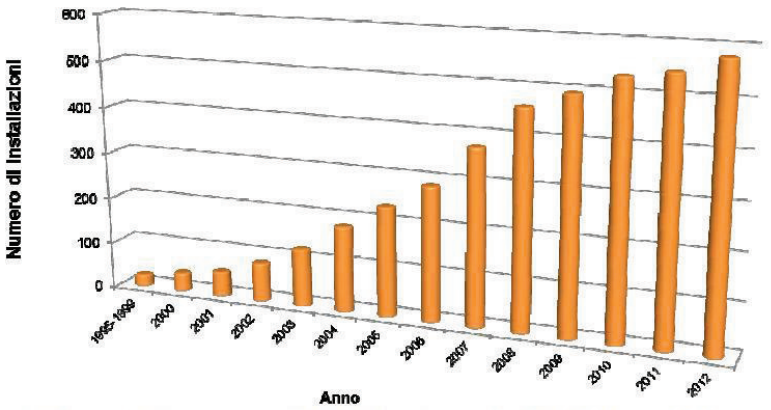
Stato di realizzazione degli impianti MBR in Italia

Carlo Collivignarelli, Andrea Perteghella, Mentore Vaccari
Università degli Studi di Brescia
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica
E-mail: carlo.collivignarelli@unibs.it

Corso di Aggiornamento BioMAc 2016
Bioreattori a Membrane (MBR) e trattamenti avanzati per la depurazione delle Acque
27-28 ottobre 2016, Università degli Studi di Palermo

Diffusione degli impianti MBR

- **Rapida diffusione** fino ad oggi con differenti configurazioni e con aumento delle dimensioni degli impianti
- Oggi le **aziende produttrici** di impianti MBR sono **alcune decine**



Sviluppo del mercato degli MBR dovuto a tre fornitori, Kubota, GE Zenon e Siemens (Scannapieco et al., 2012)

Gruppo di lavoro

GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Facoltà di Ingegneria - Università degli Studi di Brescia

DAL 1998
SI SFORZA DI SVILUPPARE

LA "CULTURA" della GESTIONE

PROGETTARE E COSTRUIRE BENE UN IMPIANTO NON BASTA

SENZA UNA CORRETTA GESTIONE IL RISULTATO (QUALITA' AMBIENTALE) VIENE MANCATO

- ➔ **INDAGINE GENERALE SUL "PARCO IMPIANTI" IN ITALIA (APAT, ISPRA)**
- ➔ **VERIFICHE DI DETTAGLIO SU TANTI IMPIANTI**

Gli impianti MBR

tecnologia consolidata ma recente

poche conoscenze sulla loro gestione

⇓

da trattare nel GdL «Gestione impianti di depurazione»

Obiettivo:

Far fruttare le esperienze gestionali consolidate per:

→ Evitare uso improprio di tale tecnologia (con conseguenti risultati deludenti)

→ Supportarne lo sviluppo (con utili indicazioni a costruttori e gestori)

Il sottogruppo "Gestione dei processi MBR nel campo della depurazione"

- **Periodo di attività**: settembre 2013 – settembre 2015
- **Obiettivo**: prendere in esame i benefici e le problematiche gestionali posti dall'uso dei processi a membrana nella depurazione di reflui urbani e industriali
- **Attività**:
  - indagine bibliografica su: processi MBR, tecnologie e soluzioni impiantistiche già disponibili e di prossima applicazione
  - censimento degli impianti MBR in Italia
  - indagine sulle problematiche gestionali degli impianti MBR in Italia
  - analisi di dettaglio di alcuni casi studio selezionati
  - definizione di buone pratiche gestionali dei processi MBR
- **Risultati** del lavoro del sottogruppo:
  - 51^ Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale «Impianti MBR - Membrane Biological Reactor: aspetti tecnici ed esperienze gestionali», 9 luglio 2014
  - 52^ Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale «Impianti MBR-Membrane Biological Reactor: aspetti tecnici ed esperienze gestionali», Brescia, 10 giugno 2015
  - Volume sulla Conduzione degli impianti di depurazione MBR, di prossima uscita

Osservatorio sugli impianti MBR in Italia

- L'attività del GdL ha evidenziato un **crescente interesse** nei confronti degli impianti MBR
- **Tecnologia consolidata** sotto il profilo processistico ma solo **recentemente applicata su larga scala**
- Gestori indicano **diverse problematiche** che devono essere risolte sotto il profilo impiantistico e gestionale

⇓

Istituzione nel settembre 2015 dell'

«Osservatorio sugli impianti MBR in Italia»

Obiettivi dell'Osservatorio

Promuovere iniziative tecnico-scientifiche (ad es. studi e ricerche) **e formative** (ad es. corsi e convegni) per favorire la progettazione e la gestione degli impianti MBR in Italia.

In particolare:

- **Monitorare la diffusione** degli impianti MBR in Italia
- **Monitorare l'efficienza e l'affidabilità** di tali impianti sotto il profilo tecnico, ambientale ed economico
- **Rilevare** il **giudizio** dei gestori
- **Aggiornare sulle novità** in campo processistico, impiantistico, gestionale
- **Diffondere informazioni** sullo stato e sui possibili/probabili sviluppi del settore

Partecipazione all'Osservatorio

I **soggetti fondatori** dell'Osservatorio sono i seguenti:

- il Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione" dell'Università di Brescia
- il Gruppo di ricerca di Ingegneria sanitaria-ambientale dell'Università di Napoli "Federico II"
- il Gruppo di ricerca di Ingegneria sanitaria-ambientale dell'Università di Palermo
- il Gruppo di ricerca di Ingegneria sanitaria-ambientale dell'Università di Salerno

Nello svolgimento delle sue funzioni, l'Osservatorio favorisce la **partecipazione attiva di gestori di impianti, esponenti degli Enti di controllo e altri operatori del settore**

L'**adesione** all'Osservatorio è **a titolo volontario e gratuito.** Si chiede però **impegno** e **partecipazione attiva**

→ **Segnalate il vostro interesse a ingsan@unibs.it**

Attività svolte

- **Censimento** degli impianti MBR presenti in Italia
- Indagine su **aspetti gestionali**
- Predisposizione del **Rapporto 2016** sugli impianti di depurazione MBR in Italia
- Organizzazione del **seminario** «Gli impianti di depurazione MBR in Italia: stato dell'arte e prospettive future», Brescia, 13 luglio 2016

Attività in corso

- Aggiornamento del **censimento** e dell'indagine sugli aspetti gestionali
- Predisposizione di un «capitolato tipo» per gare d'appalto di costruzione di impianti MBR

Il Rapporto 2016 dell'Osservatorio

CONTENUTI:

1 Censimento degli impianti di depurazione MBR
2 Recenti realizzazioni e revamping di impianti MBR
3 Benefici e criticità sotto il profilo gestionale
3.1 Indagine presso i gestori
3.2 Esperienze e pareri di gestori di impianti MBR
4 Recenti sviluppi tecnologici
5 Recenti ricerche in tema di MBR
5.1 Studi su riviste scientifiche
5.2 Progetti di ricerca
5.3 Approfondimenti su alcuni temi
6 Recenti convegni sugli MBR
7 Libri sugli MBR

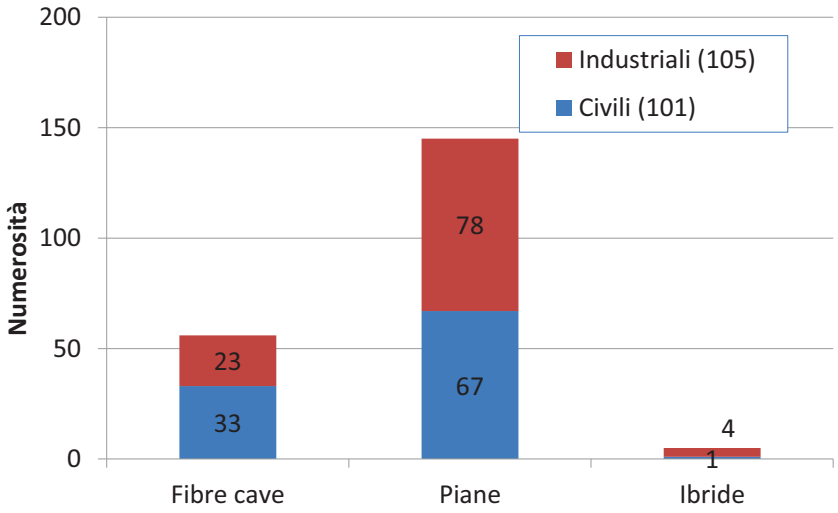
→ **Disponibile gratuitamente on-line** sul sito web del GdL «Gestione impianti di depurazione» http://gdl-gringsan.unibs.it/

Obiettivi dell'indagine

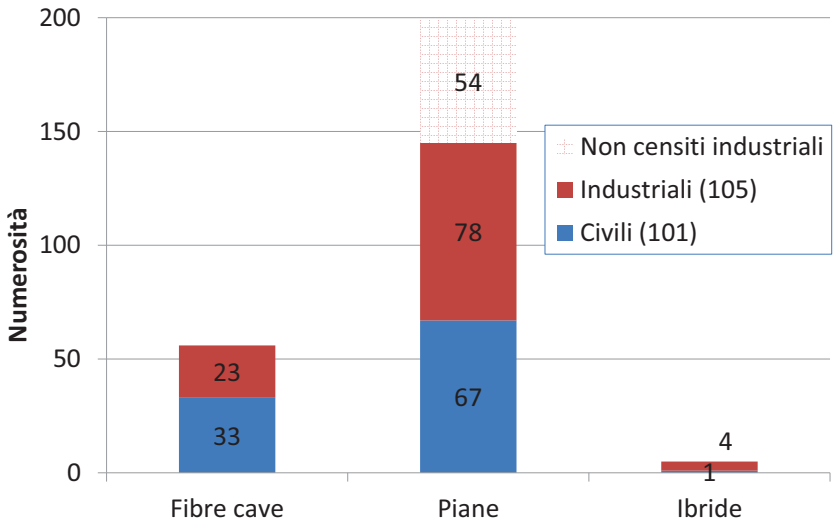
- Censire gli impianti MBR presenti in Italia
- Conoscere le loro principali caratteristiche
- Individuare i benefici e le principali problematiche gestionali di tali impianti

Censimento degli impianti MBR in Italia

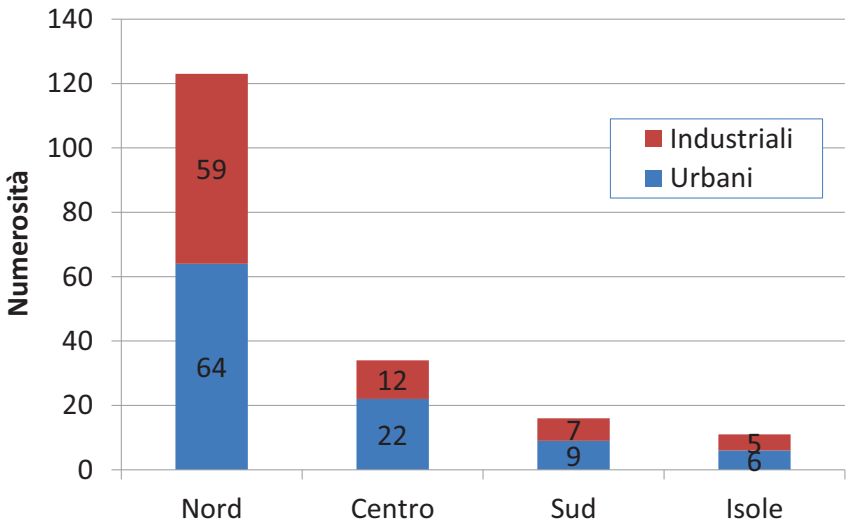
Totale impianti censiti = 206 (80% degli esistenti)



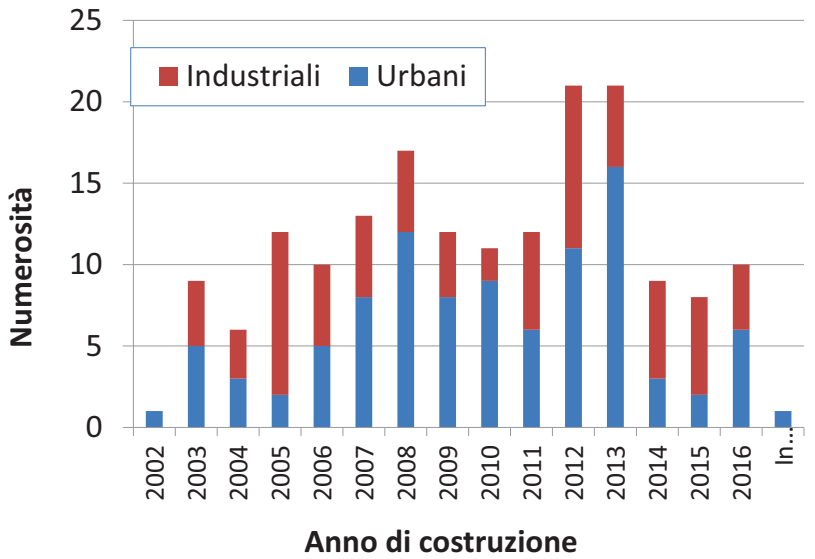
Censimento degli impianti MBR in Italia



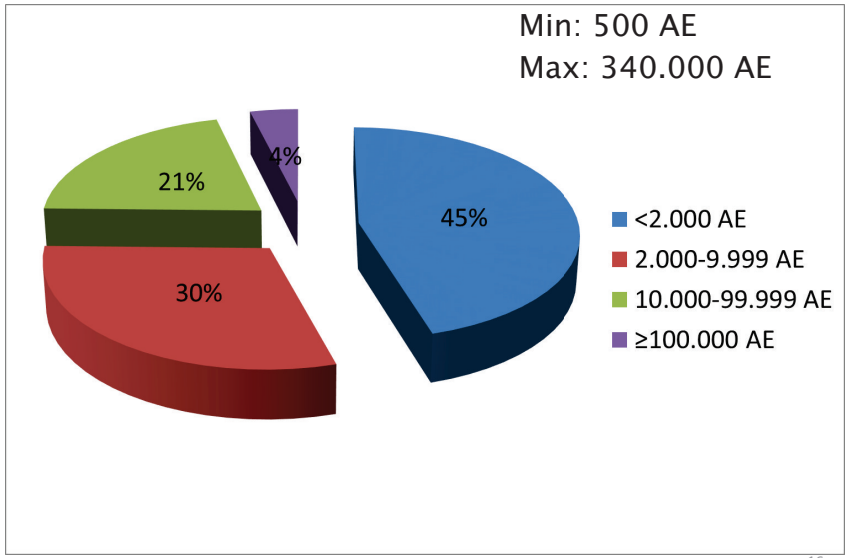
Localizzazione territoriale



Anno di costruzione

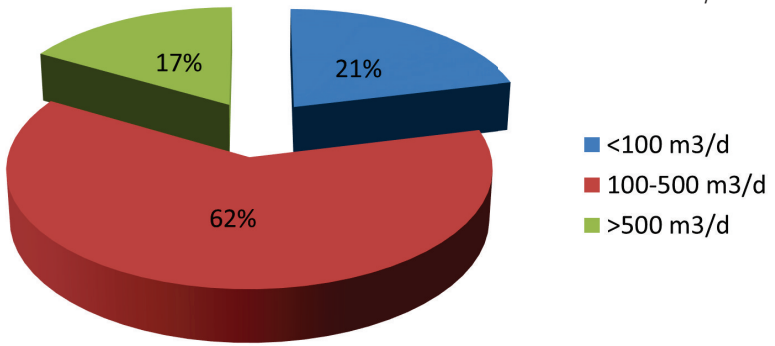


Classi di potenzialità – Impianti urbani



Classi di potenzialità – Impianti industriali

Min: 12 m^3/d
Max: 30.000 m^3/d



Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto Municipale
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Santa Giustina-Rimini (RN)
2) Nome del gestore
Hera S.p.A.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo civile
4) Potenzialità impianto (AE)
560000 AE complessivi, di cui 340000 AE alla linea MBR
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
33072 kgBOD/d complessivi, di cui 19970 kgBOD/d alla linea MBR
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
5300 m^3/h complessivi, di cui 3200 m^3/h alla linea MBR
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR

E' il più grande impianto MBR d'Italia

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto Municipale
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Levanto (SP)
2) Nome del gestore
Levante Sviluppo S.p.A.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo civile
4) Potenzialità impianto (AE)
17539 AE complessivi, di cui 5300 AE alla linea MBR
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
930 kgBOD/d complessivi, di cui 280 kgBOD/d alla linea MBR
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
149 m^3/h complessivi, di cui 45 m^3/h alla linea MBR
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
2016

Impianto municipale di piccola taglia situato in Liguria

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto Municipale
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Recco (GE)
2) Nome del gestore
Iren S.p.A.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo civile
4) Potenzialità impianto (AE)
35000 AE
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
2102 kgBOD/d
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
292 m^3/h
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
2016

Impianto municipale di media potenzialità situato in Liguria

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto Municipale
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Lazio
2) Nome del gestore
ACEA
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo civile
4) Potenzialità impianto (AE)
55200 AE
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
1656 kgCOD/d
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
115 m^3/h
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
Dicembre 2016

Impianto municipale di media potenzialità situato nel Lazio

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto a servizio di azienda casearia
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Emilia Romagna
2) Nome del gestore
n.d.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo industriale
4) Potenzialità impianto (AE)
n.d.
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
1344 kgCOD/d
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
7 m^3/h
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
Marzo 2016

Impianto di media potenzialità a servizio di azienda casearia

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto a servizio di azienda cosmetica
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Toscana
2) Nome del gestore
n.d.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo Industriale
4) Potenzialità impianto (AE)
n.d.
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
480 kgCOD/d
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
4000 m^3/h
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
Dicembre 2016

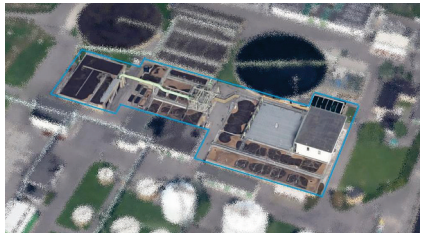
Impianto di piccola potenzialità a servizio di azienda casearia

Nuove installazioni

Nuova installazione - Impianto a servizio di azienda produttrice di fertilizzanti
1) Localizzazione impianto e indirizzo
Veneto
2) Nome del gestore
n.d.
3) Tipologia di refluo trattato
Refluo Industriale
4) Potenzialità impianto (AE)
n.d.
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
2400 kgCOD/d
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
11 m^3/h
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
Ottobre 2016

Impianto di media potenzialità a servizio di azienda che produce fertilizzanti

Revamping

Revamping – Impianto Municipale

1) Localizzazione impianto e indirizzo
Verziano (BS)
2) Nome del gestore
A2A CICLO IDRICO SPA
3) Tipologia di refluo trattato
Acque reflue urbane
4) Potenzialità impianto (AE)
131.000 AE (2015) – ante ristrutturazione/potenziamento
5) Carico organico giornaliero medio (kgBOD/d e/o kgCOD/d)
10506 kgCOD/d (2015)
6) Portata media oraria trattata (m^3/h)
1480 m^3/h (2015)
7) Tipologia di MBR installato
Fibre cave immerse
8) Data di realizzazione e avvio della sezione MBR
Realizzazione iniziata nel Marzo 2001 e terminata con l'avvio nell'Agosto 2002
9) Data di inizio ristrutturazione della linea MBR e durata dei lavori
01/11/2015 – durata totale 6 mesi compreso riavvio
10) Tempo di esercizio delle membrane alla sostituzione
13 anni

Revamping del depuratore di Verziano (BS)

Indagine su aspetti gestionali

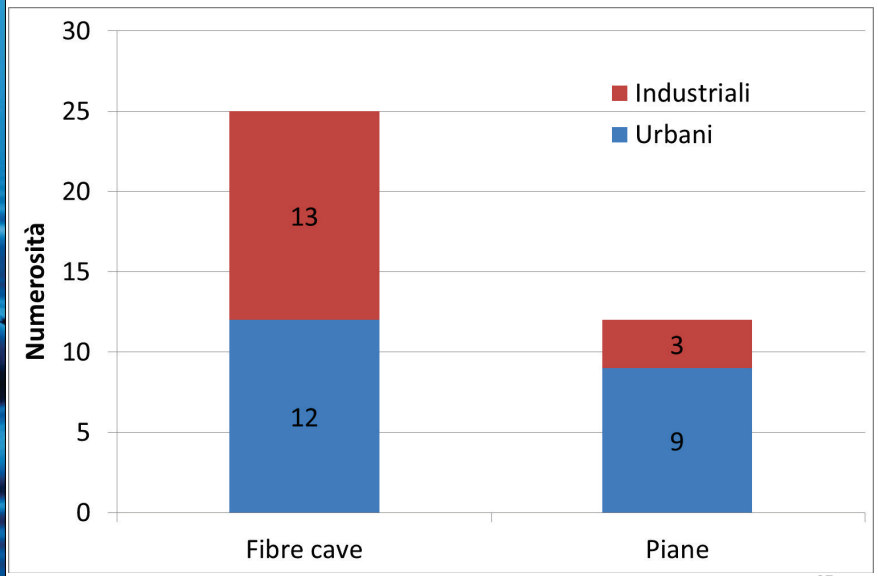
21 impianti municipali

- Aldeno (TN; Prov. Trento)
- Trento Nord (TN; Prov. Trento)
- Basiglio (CAP Holding)
- Bellano (Idrolario)
- Montichiari (BS; A2A)
- Verziano (BS; A2A)
- Monchio delle Corti (IREN)
- Castelverde (CR; Padania Acque
- Monterotondo (RM; ACEA)
- Capri (Gori)
- S. Ferdinando di Puglia (AQP)
- S. Marco La Catola (AQP)
- S. Margherita Ligure (Idro-Tigullio)
- Barbarano Vicentino (Integra)
- Zibello Capoluogo
- Zibello Pieveottoville
- Siffiano
- Casteggio (PV; Pavia acque)
- Banco (Depurazione occidentale)
- Rocca Priora (RM, BeMa)

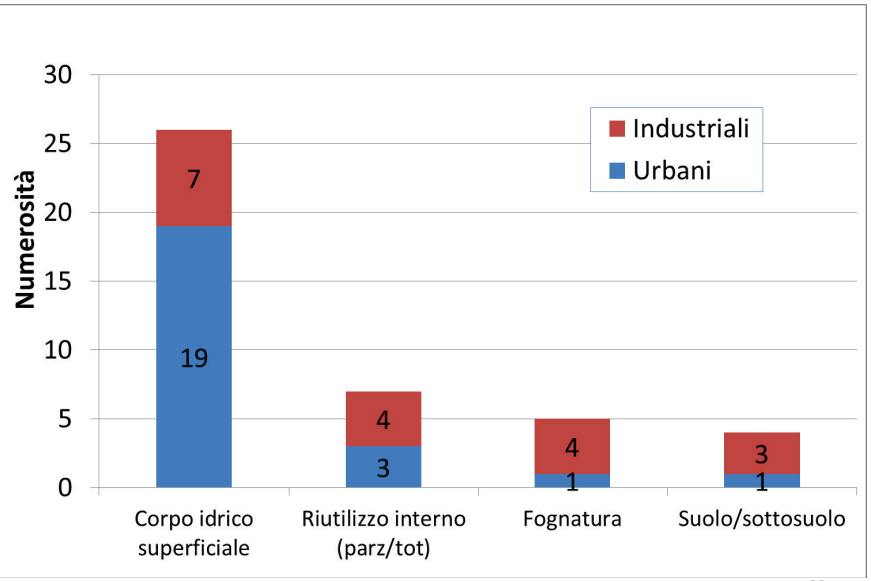
16 impianti industriali

- 5 impianti che trattano reflui da produzione alimentare
- 5 impianti che trattano reflui viti-vinicoli
- 2 impianti che trattano reflui da produzione di bibite e liquori
- 2 impianti che trattano reflui caseari
- 1 impianto a servizio dello stabilimento officinale, di prodotti farmaceutici e della cosmesi
- 1 impianto a servizio di polo industriale

Tipologie di membrane



Recapito finale



Filiera di trattamento

- Generalmente la linea acque degli **impianti urbani** prevede:
  GG → GF → D/D → Den → Nit → FM→ c.i.s
- 3 impianti sono dotati di vasca di equalizzazione
- Grigliatura fine: spaziatura 1,5-2mm

- **Impianti industriali**:

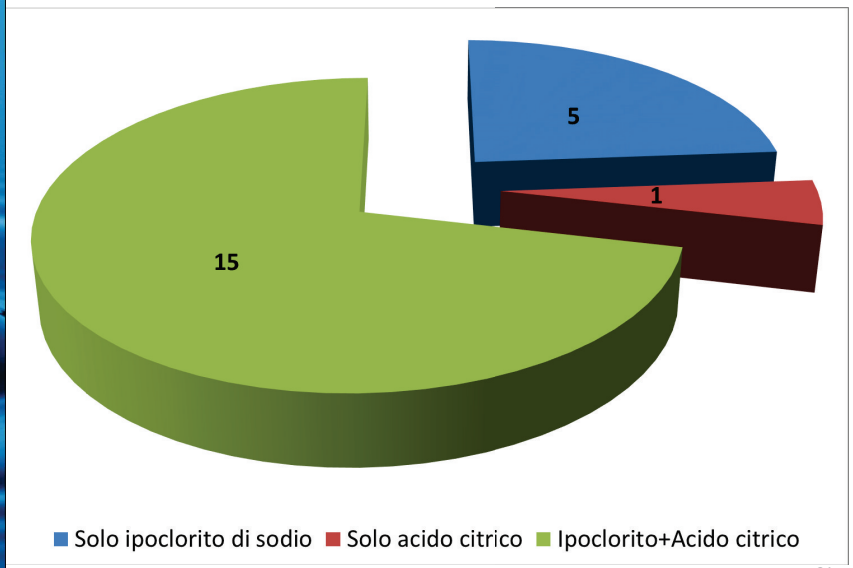
1. Flottaz→Coag/Flocc →Nit →Den → FM→ c.i.s.
2. GF(1,5mm)→Equal →Den →Nit → FM→ c.i.s
3. GF(3mm) →Neutral →Ox biol → FM→ c.i.s
4. GF(1mm) →Equal →Flottaz →Ox biol → FM→ c.i.s.
5. GF→Equal → Ox biol → FM→ c.i.s.
6. GF(1,5mm) →Flottaz → Equal →Ox biol → FM→ c.i.s./riuso
7. GF → Diss/Disol →Den →Nit → FM→ c.i.s.
8. GF(1mm) →Equal →Neutral →Ox →GAC → FM→ riuso
9. GF(3mm) →Equal →Neutral →Flottaz →Ox biol → FM→ c.i.s.
10. GF(1mm) →Equal →Neutral →Ox biol→ FM→ c.i.s.
11. GF(1mm) →Equal →Neutral →Ox biol → FM→ c.i.s.
12. GF(1mm) →Equal →Ox biol → FM→ c.i.s.
13. GF(1mm) →Diss/Disol → Equal →Ox biol → FM→ c.i.s.
14. GF(1mm) →Diss/Disol → Denit →Nit → Defosf chimica → FM→ c.i.s.
15. Equal →Neutral →Flottaz →GF →Nit →Den → FM→ c.i.s.
16. GF(2mm) →Equal →Flottaz →L.Perc → Den →Nit → FM→ c.i.s.

Concentrazioni inquinanti nell'effluente

- BOD = 0,5-7,5 mg/L
- COD = 5-30 mg/L
- SST < 5 mg/L
- E. coli < 25 UFC/100mL

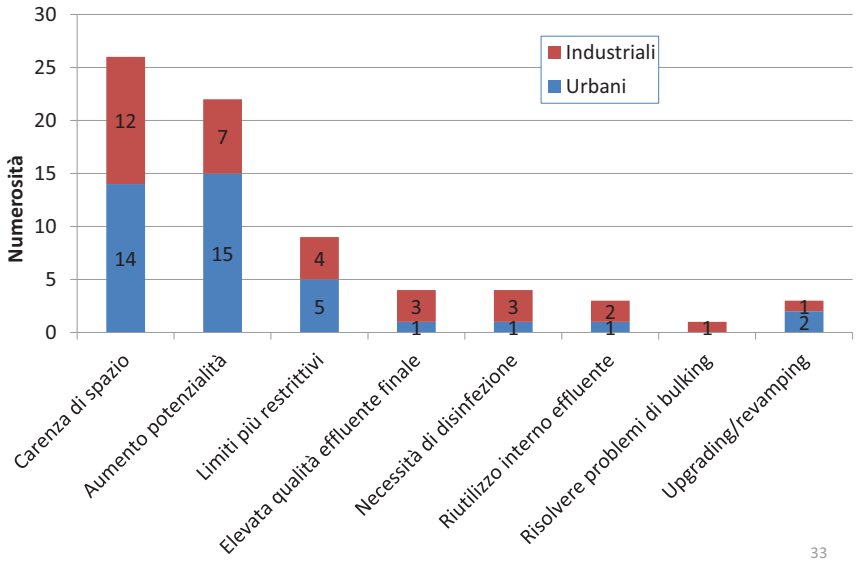
- **Rendimenti**:
  - ηCOD > 90%
  - ηBOD > 98%

Reagenti per pulizia membrane – Imp. urbani

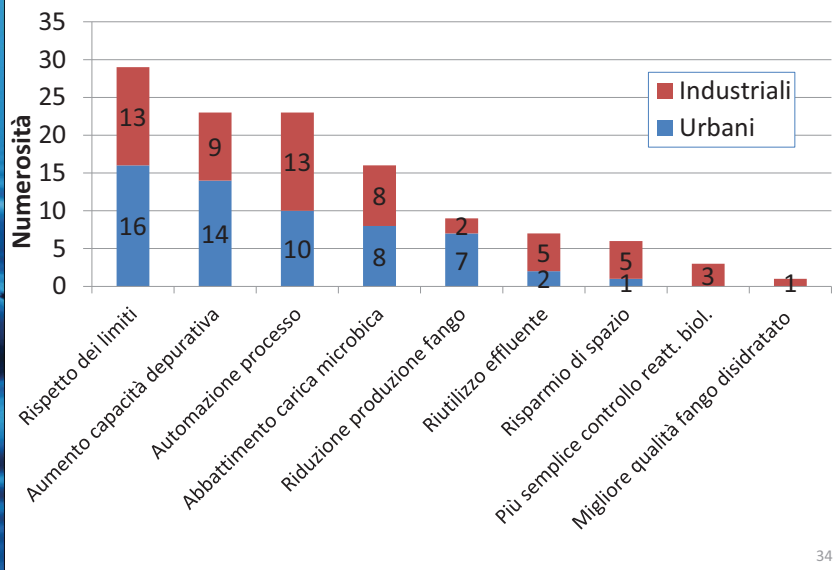


Reagenti pulizia membrane – Imp. industriali

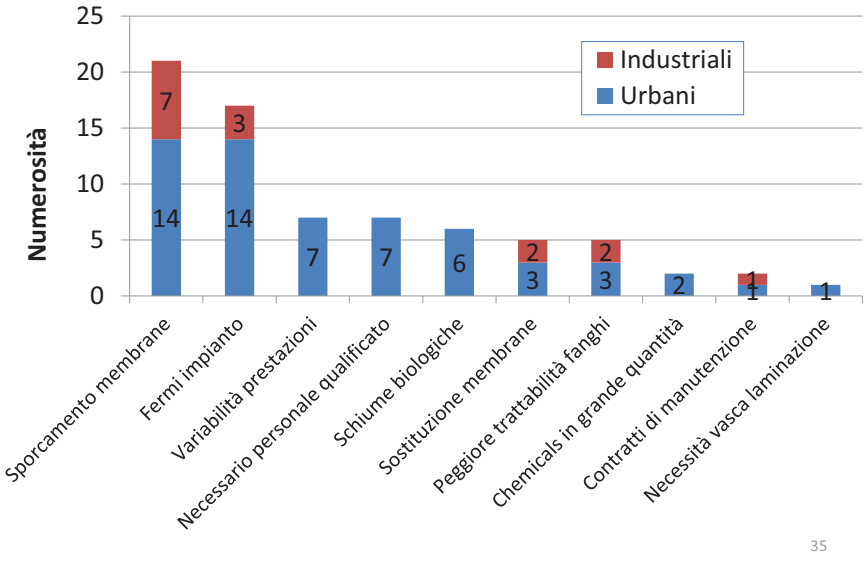
Motivi dell'installazione dell'impianto MBR



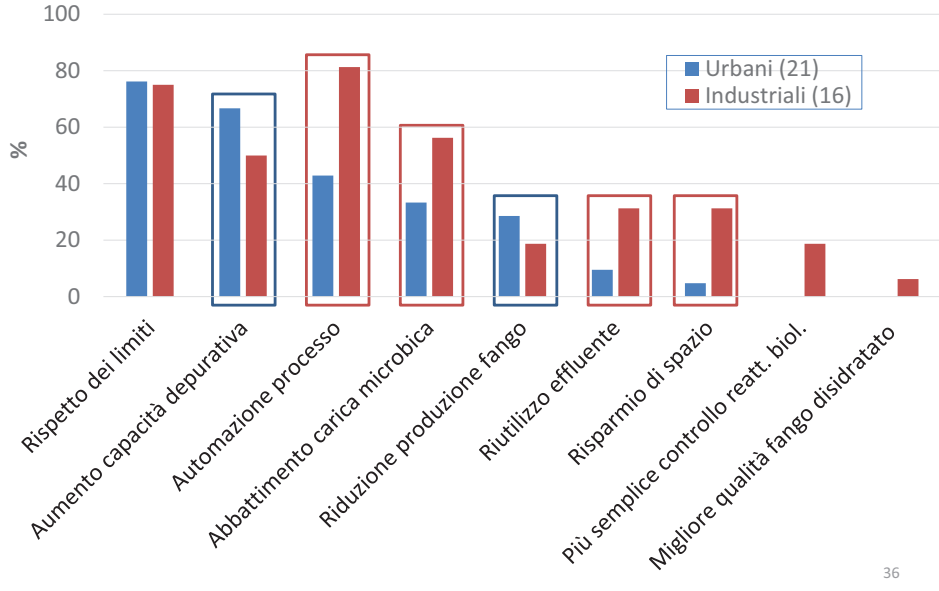
Vantaggi gestionali



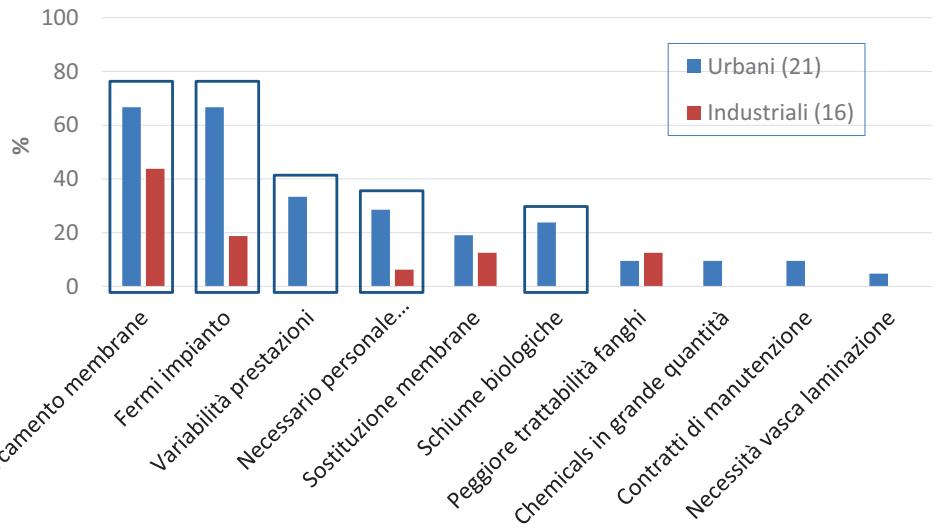
Problematiche gestionali



Vantaggi – Confronto Urbani/Industriali



Problematiche – Confronto Urbani/Industriali



Problematiche gestionali: sporcamento membrane (fouling)

- **Sporcamento organico**: dovuto essenzialmente a biopolimeri esocellulari prodotti dai batteri
- **Sporcamento inorganico**: dovuto principalmente ai sali metallici dosati per l'abbattimento chimico del fosforo

1) pulizia meccanica mediante insufflazione d'aria
2) pulizia chimica mediante cicli di trattamento con reattivi chimici (sodio ipoclorito per il fouling organico; acido citrico per fouling inorganico):
   - lavaggio routinario: frequenza indicativamente settimanale
   - lavaggio intensivo: una/due volte l'anno o comunque in caso di necessità

IMPORTANTE:
Modalità e dosaggi differiscono in base al tipo di:
- produttore
- impianto
- caratteristiche del refluo o del trattamento biologico a monte

E' essenziale l'interazione fra produttore e gestore

Problematiche gestionali: uso di agenti chimici

Problematica:
Sporcamento delle membrane:
- Lavaggi più frequenti
- Sostituzione membrana (sporcamento irreversibile)

Azioni preventive:
- Ottimizzare l'utilizzo dei **prodotti chimici** lungo **tutta la filiera di trattamento** dell'impianto (chiaramente quelli che possono raggiungere, anche attraverso i ricircoli e le acque madri, il comparto MBR);
- **consultare** preventivamente i **produttori delle membrane** per verificare la compatibilità dei prodotti da utilizzare, ed eventualmente per modificare le operazioni di pulizia.

Problematiche gestionali: fermi impianto

Cause:

- rottura membrane
- sostituzione membrane
- fouling irreversibile
- malfunzionamento di apparecchiature elettromeccaniche (fine-corsa di attuatori, valvole di distribuzione elettropneumatiche, ecc.)

Misure preventive:

- ottimizzazione dei pretrattamenti iniziali
- ottimizzazione dosaggio agenti chimici
- manutenzione periodica delle apparecchiature elettromeccaniche
- dotare l'impianto MBR di una adeguata ridondanza delle apparecchiature principali
- adeguate scorte di magazzino di componenti che necessitano di frequenti sostituzioni

Problematiche gestionali: variabilità prestazionali

1) SOVRACCARICO IDRAULICO

Problematiche

- possibile danneggiamento della membrana (se superato il tasso massimo di filtrazione)

Possibili interventi:

- realizzazione vasca equalizzazione
- se il sovraccarico è permanente, è necessario deviare altrove la portata eccedente i limiti operativi delle membrane

2) SOVRACCARICO ORGANICO

Problematiche

- sporcamento diretto: sostanza organica (generalmente COD refrattario) non biodegradata che occlude i micropori delle membrane
- sporcamento indiretto: sovraccarico di sostanza facilmente biodegradabile che può determinare consumo eccessivo di ossigeno nei primi settori della vasca e quindi conseguente stress della biomassa → formazione di polimeri esocellulari che possono aumentare lo sporcamento
- perdita di resa depurativa

Possibili interventi:

- **lavaggio** routinario **più frequente**
- **lavaggio di recupero** delle membrane per ristabilirne la permeabilità
- realizzazione vasca **equalizzazione/omogeneizzazione**

Capitolato speciale d'appalto

- Oggi, nelle non molte realizzazioni di MBR (ex novo o, più spesso, upgrading di impianti esistenti) l'appalto è fatto con CAPITOLATI STANDARD (pensati per impianti convenzionali)
- Necessità di avere capitolati «APPROPRIATI», specifici per MBR, che prevedano:
  - Criteri specifici per PROGETTAZIONE ESECUTIVA
  - Criteri specifici per REALIZZAZIONE IMPIANTO
  - Criteri specifici per AVVIAMENTO (messa a regime) e COLLAUDO FUNZIONALE

Capitolato speciale d'appalto

- Capitolati appropriati servono a SELEZIONARE per ogni fase:
  - Progettisti COMPETENTI
  - Costruttori COMPETENTI
  - Collaudatori/gestori COMPETENTI
- Tutto ciò è NELLO SPIRITO della RECENTE NORMATIVA sugli appalti che «ESCLUDE» il MAX RIBASSO a beneficio della competenza specifica

Capitolato speciale d'appalto

Elementi «specifici» da considerare (componenti di una sezione UF):

- Sistema di grigliatura dei reflui in ingresso e sui ricircoli
- Bacini di contenimento della sezione di filtrazione
- Dispositivi di ancoraggio delle membrane
- Sistema di drenaggio dei bacini di alloggiamento delle membrane
- Membrane di ultrafiltrazione
- Stazione di estrazione del permeato
- Sistema di aerazione delle membrane
- Stazione di pompaggio della miscela aerata
- Circuiti di dosaggio di reagenti
- Vasche di accumulo del permeato
- Sistema di innesco delle tubazioni
- Apparato di movimentazione delle membrane

Capitolato speciale d'appalto

ESEMPIO

Sistema di grigliatura dei reflui in ingresso e di sicurezza sui ricircoli

La protezione meccanica delle membrane filtranti deve essere assicurata mediante l'installazione di efficienti ed efficaci sistemi di grigliatura. Questi devono prevedere luci di filtrazione non superiori a 2mm, con forma filtrante del tipo a foro tondo. È consigliabile l'installazione di un sistema filtrante, definito di sicurezza, anche su una quota parte del ricircolo della miscela aerata. La portata filtrata in questo caso deve essere stimata in base alle caratteristiche compositive della frazione solida del refluo in ingresso (ad esempio in caso di influenti da processi di trattamento della carta o dei tessili).

Conclusioni

- **Crescente diffusione** di MBR in Italia (per il trattamento sia di reflui civili sia industriali)
- **Motivazioni principali**: notevole riduzione dell'ingombro planimetrico e sensibile miglioramento delle caratteristiche qualitative dell'effluente (che garantisce il rispetto con continuità dei limiti allo scarico)
- **Altri vantaggi** rilevanti: aumento della capacità depurativa (potenzialità effettiva), automazione del processo e riduzione della produzione di fango
- **Principali svantaggi**: sporcamento membrane, fermi impianto, personale qualificato

Conclusioni

- **Il nostro "osservatorio" :**
  - → monitoraggio "continuo " della diffusione dei sistemi MBR (rapporti annuali)
  - → valorizzazione dell'opinione dei gestori (motivazioni "positive" e discussione su "criticità")

UNO STRUMENTO PER "INDIRIZZARE" IN MODO "OBIETTIVO" LO SVILUPPO DI UNA TECNOLOGIA DA PARTE DELLA COMPETENZA TECNICO-SCIENTIFICA (GdL – UNIVERSITA') E NON LASCIARLO A SCELTE PURAMENTE COMMERCIALI

Grazie per l'attenzione!