



**BioMAc 2016**  
**Bioreattori a Membrane (MBR)**  
**e trattamenti avanzati per la depurazione delle Acque**

---


**Stabilità biologica e disidratabilità di fanghi provenienti da impianti di trattamento con ciclo a fanghi attivi tradizionale e sistemi MBR**

**Giuseppe d'Antonio, Stefano Papirio**  
 (Università degli Studi di Napoli *Federico II*)

Palermo, 27-28 ottobre 2016

## Sommarrio

- **Introduzione**
  - Gestione dei fanghi
  - Digestione anaerobica
  - Disidratazione
  - Confronto tra impianti a fanghi attivi tradizionali (CAS) e sistemi a membrane (MBR)
- **Materiali e Metodi**
  - Test di biometanazione (BMP)
  - Determinazione dei parametri di disidratabilità
  - Estrazione ed analisi degli EPS
- **Risultati**
  - Curve di produzione specifica di biometano
  - Parametri di disidratabilità
  - Relazione tra composizione degli EPS e parametri di disidratabilità
  - Particle size distribution (PSD)
- **Considerazioni conclusive**



27 Ottobre 2016

2


## Introduzione

***PRIN 2009:** «Caratterizzazione microbiologica, chimico-fisica e cinetica delle biomasse negli impianti di trattamento delle acque reflue che utilizzano bioreattori a membrana (MBR), finalizzata all'ottimizzazione delle condizioni di funzionamento ed alla modellazione matematica dei processi depurativi.»*

***PRIN 2012:** «I consumi energetici e le emissioni di gas clima-alteranti negli impianti di depurazione: un sistema di supporto decisionale per il dimensionamento e la gestione.»*

- Università degli Studi di NAPOLI "Federico II"
- Università degli Studi di PALERMO
- Università degli Studi della BASILICATA

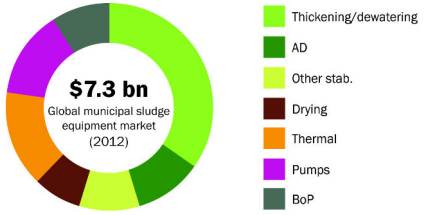
- Università degli Studi di CASSINO e del Lazio Meridionale
- Università degli Studi di FIRENZE
- Consiglio Nazionale delle Ricerche



27 Ottobre 2016

3

## Gestione dei fanghi a livello globale




Il trattamento dei fanghi **contribuisce fino al 50%** della spesa totale di un impianto di depurazione! (Spinosa e Vesilind, 2001)



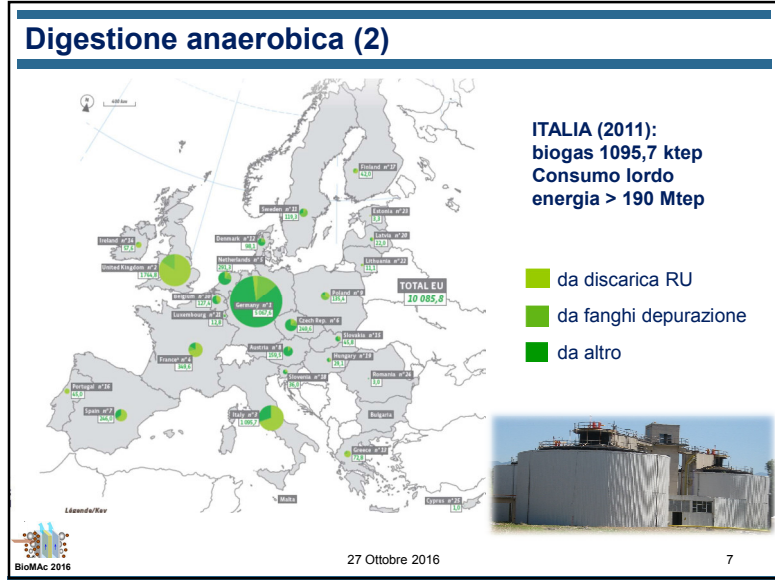
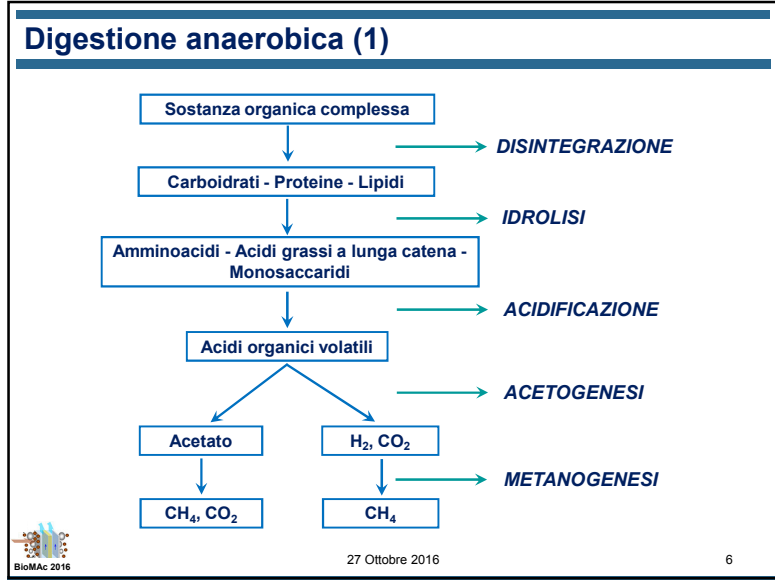
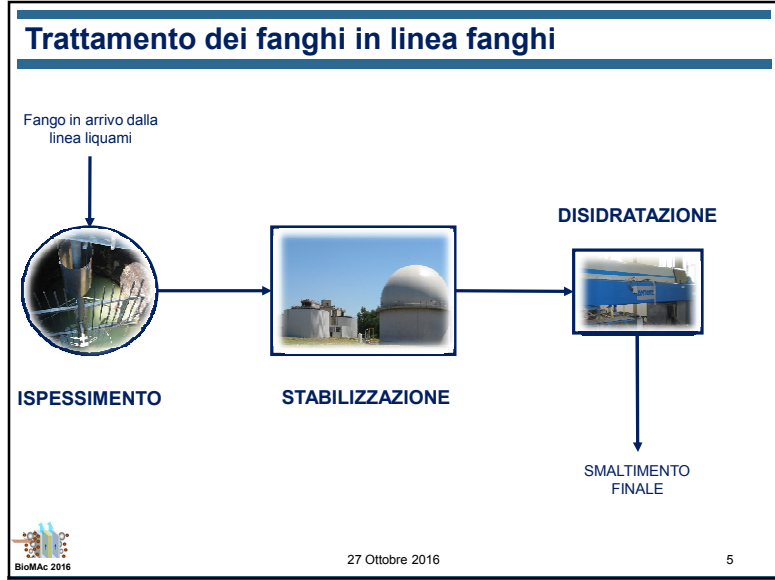
“ Sludge is the final frontier of water and wastewater treatment. Every other area of the water sector is essentially a mature market addressed by mature technology. ”

Global Water Intelligence (2012). *Sludge Management. Opportunities in growing volumes, disposal restrictions and energy recovery*



27 Ottobre 2016

4



### Disidratazione

#### MECCANICA

- Centrifugazione
- Filtrazione

#### TERMICA

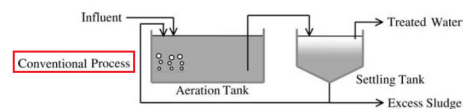
Disidratazione per filtrazione che dipende da:

- Caratteristiche qualitative dei reflui trattati
- Concentrazione di solidi sospesi totali (SST)
- Distribuzione delle particelle (PSD - particle size distribution)
- Presenza di particelle colloidali e/o microrganismi dispersi
- Composizione delle sostanze polimeriche extracellulari (EPS - extracellular polymeric substances)

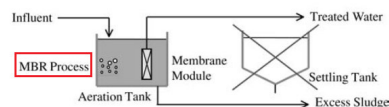
BioMac 2016 27 Ottobre 2016 8

## Confronto tra sistemi CAS e MBR

Conventional activated sludge (CAS)



Membrane bioreactor (MBR)



La differente configurazione impiantistica influenza: Diversa natura dei fanghi:

- Produzione dei fanghi
- Stabilità dei fanghi
- Disidratabilità dei fanghi
- Concentrazione di SST
- Specie microbiche
- PSD
- Concentrazione e composizione degli EPS



27 Ottobre 2016

9

## Obiettivi dello studio

- Valutazione della **stabilità** dei fanghi attraverso prove di «**potenziale di biometanazione**» (*BMP – biomethane potential*) su fanghi prodotti da impianti CAS e MBR;
- Determinazione delle **caratteristiche di disidratabilità** dei suddetti fanghi a monte e a valle del processo di digestione anaerobica (DA);
- Caratterizzazione degli **EPS** dei fanghi in termini di **proteine (PR)**, **carboidrati (CH)**, **acidi uronici (UA)** e **acidi umici (HA)**, sia prima che dopo la DA ed in funzione della tipologia di impianto di provenienza;
- **Effetto della concentrazione e della composizione degli EPS** sulle caratteristiche di disidratabilità dei fanghi freschi e digeriti;
- Determinazione della **PSD** dei fanghi oggetti di studio ed **effetto della PSD sulla loro disidratabilità**.



27 Ottobre 2016

10

## Materiali e Metodi (1) – Fanghi presi in esame

5 fanghi provenienti da 2 impianti CAS e 3 impianti MBR:

- CAS 1 – Impianto di depurazione di Potenza
- CAS 2 – Impianto di depurazione di Anacapri
- MBR 1\* – Impianto pilota Università di Palermo
- MBR 2\*\* – Impianto pilota Università di Palermo
- MBR 3 – Impianto di depurazione di Capri

Sludge	ST [%]	SV [%]	SV/ST
CAS 1	1,80	1,27	0,71
CAS 2	1,40	1,11	0,79
MBR 1	1,26	1,03	0,82
MBR 2	3,08	0,63	<b>0,21</b>
MBR 3	0,98	0,72	0,73



Impianto di depurazione «Occhio Marino» di Capri

\*MBR 1 – impianto a scala pilota finalizzato al trattamento di un refluo misto (reale + sintetico) per la valutazione del rapporto C/N;

\*\*MBR 2 – impianto a scala pilota finalizzato al trattamento di un refluo sintetico con elevata salinità (20 g/L) e concentrazione di idrocarburi (20 mg/L).

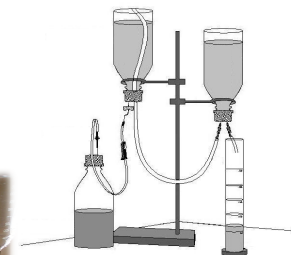


27 Ottobre 2016

11

## Materiali e Metodi (2) – test BMP

- 700 mL di ciascun fango per bottiglia (1 L)
- Condizioni mesofile ( $35 \pm 1^\circ\text{C}$ )
- Periodo di misurazione 75-90 giorni
- Trappola di  $\text{CO}_2$ : 12% NaOH



Schema di un classico test BMP

Metodo volumetrico a spostamento di liquido



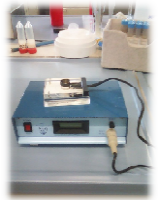


27 Ottobre 2016

12

### Materiali e Metodi (3) – prove di disidratabilità

**Determinazione di 3 parametri:**

- Resistenza specifica alla filtrazione (*SRF – specific resistance to filtration*)
- Tempo di filtrazione (*TTF – time to filter*)
- Tempo di suzione capillare (*CST – capillary suction time*)

Apparecchiatura per la misurazione del CST

Apparecchiatura per la misurazione di SRF e TTF

BioMac 2016 27 Ottobre 2016 13

### Materiali e Metodi (4) – estrazione e caratterizzazione EPS

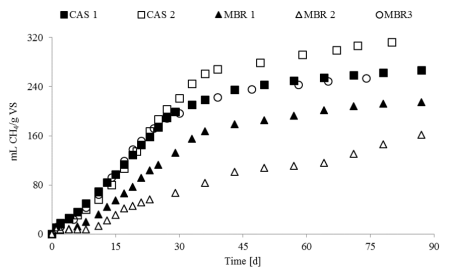
200 mL di fango fresco o digerito

```

    graph TD
      A[200 mL di fango fresco o digerito] --> B[Estrazione con resina a scambio cationico]
      B --> C[Centrifugazione 2000 rpm]
      C --> D[Filtrazione 0,2 µm]
      D --> E[PROTEINE]
      D --> F[CARBOIDRATI]
      D --> G[ACIDI URONICI]
      D --> H[ACIDI UMICI]
    
```

BioMac 2016 27 Ottobre 2016 14

### Risultati (1) – Produzione specifica di biometano



Sludge	ΔSV [%]
CAS 1	-45
CAS 2	-43
MBR 1	-42
MBR 2	-33
MBR 3	-36

- Fanghi CAS → maggiore produzione di biometano;
- Significativa produzione di biometano anche per i fanghi MBR, soprattutto MBR 3;
- Fango MBR 2 → inibizione da elevata salinità e presenza di idrocarburi.

BioMac 2016 27 Ottobre 2016 15

### Risultati (2) – Parametri di disidratabilità

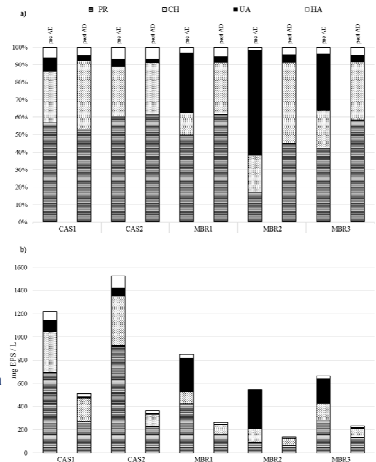
Sludge	A MONTE DELLA DA			A VALLE DELLA DA		
	SRF [10 <sup>13</sup> m/kg TS]	TTF [s·L/g TS]	CST [s·L/g TS]	SRF [10 <sup>13</sup> m/kg TS]	TTF [s·L/g TS]	CST [s·L/g TS]
CAS 1	1,37	38,62	1,04	6,36	120,60	2,08
CAS 2	3,24	86,62	1,71	33,80	208,70	9,41
MBR 1	1,29	39,99	1,19	6,92	35,24	2,90
MBR 2	4,39	51,88	1,87	2,21	100,15	1,80
MBR 3	0,61	16,41	1,02	0,77	69,35	1,92

- Peggioramento delle caratteristiche di disidratabilità a valle del processo di DA;
- Differenza significativa tra i due fanghi CAS;
- MBR 2 → peggiore disidratabilità del fango fresco
  - Elevata salinità
  - Minore dimensione media delle particelle di fango
  - Preponderanza degli UA nella matrice degli EPS

BioMac 2016 27 Ottobre 2016 16

### Risultati (3) – Produzione e composizione degli EPS

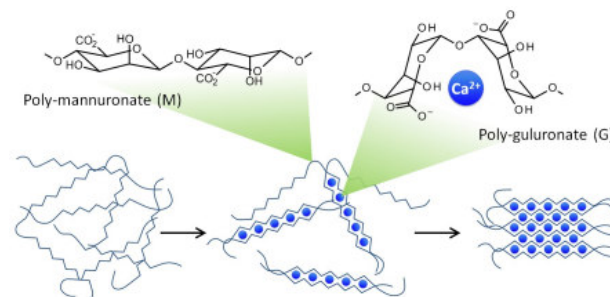
- Composizione simile per i due fanghi CAS;
- Maggiore variabilità nella composizione degli EPS dei tre fanghi MBR con elevato contenuto di UA;
- Componente degli UA prevalente nel fango MBR 2 esercito con elevata salinità;
- Minor produzione di EPS nei fanghi MBR;
- Abbattimento del 58÷76% degli EPS totali a valle della DA.



27 Ottobre 2016

17

### Acidi uronici



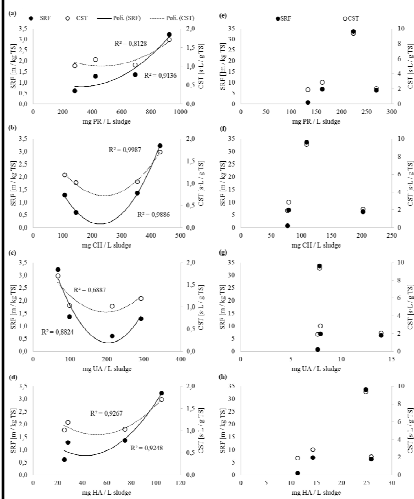
La speciazione degli acidi uronici in poliuronati riveste un'importanza notevole nel determinare la formazione di cosiddetti «hydrogels» che influenzano la disidratabilità dei fanghi.



27 Ottobre 2016

18

### Risultati (4) – Relazione EPS, SRF, CST

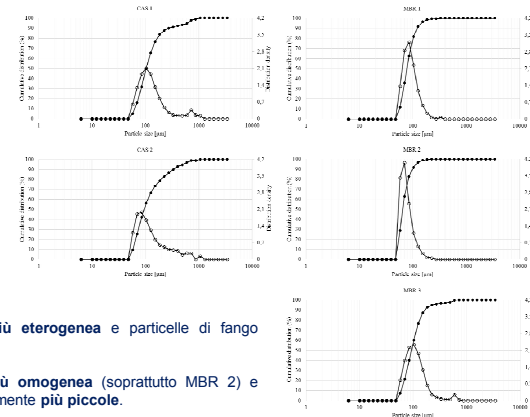


- Buona correlazione quadratica a monte della DA;
- La composizione e la concentrazione degli EPS hanno un ruolo fondamentale sulla disidratabilità dei fanghi non digeriti;
- Non è stato possibile trovare una relazione matematica tra EPS e parametri di disidratabilità a valle della DA;
- Altri fattori influenzano la disidratabilità dei fanghi digeriti (per lo più la PSD).



19

### Risultati (5) – PSD dei fanghi non digeriti



- Fanghi CAS – PSD più eterogenea e particelle di fango mediamente più grandi;
- Fanghi MBR – PSD più omogenea (soprattutto MBR 2) e particelle di fango mediamente più piccole.



27 Ottobre 2016

20

## Considerazioni conclusive

- I. Una **maggiore produzione di biometano** è stata osservata per i due fanghi CAS analizzati;
- II. Tuttavia, si è dimostrato necessario sottoporre ad **ulteriore stabilizzazione biologica anche i tre fanghi MBR**, soprattutto quello proveniente dall'impianto di depurazione di Capri «Occhio Marino»;
- III. La DA ha comportato un **peggioramento delle caratteristiche di disidratabilità** dei fanghi CAS e MBR;
- IV. La disidratabilità dei fanghi freschi è stata per lo più influenzata dalla **concentrazione di EPS e dalla loro composizione** in termini di PR, CH, UA e HA, come dimostrato dall'**ottima correlazione quadratica** trovata tra i costituenti degli EPS, SRF e CST;
- V. Rispetto ai fanghi CAS, i fanghi MBR hanno mostrato una **minor produzione di EPS** con una **presenza preponderante di UA** nella loro matrice;
- VI. La PSD ha avuto molto probabilmente un'**influenza maggiore sui fanghi digeriti** piuttosto che su quelli freschi;
- VII. Una **minor PSD** a valle del processo di DA ha comportato **valori più alti di SRF e CST**.



27 Ottobre 2016

21

Grazie per l'attenzione!



**Giuseppe d'Antonio**

Università degli Studi di Napoli *Federico II*  
[giuseppe.dantonio@unina.it](mailto:giuseppe.dantonio@unina.it)

**Stefano Papirio**

Università degli Studi di Napoli *Federico II*  
[stefano.papirio@unina.it](mailto:stefano.papirio@unina.it)



27 Ottobre 2016

22