

**57° CONVEGNO DI STUDIO DI INGEGNERIA SANITARIA - AMBIENTALE
“AMBIENTE: ISTRUZIONI PER L’USO”**

**GRUPPO DI LAVORO GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE
L’ECONOMIA CIROCLARE APPLICATA AL TRATTAMENTO DELLE ACQUE**

LA MINIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI FANGHI DI DEPURAZIONE:UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA

4 GIUGNO 2019

Maria Cristina Collivignarelli

*Università di Pavia, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura
mcristina.collivignarelli@unipv.it*



C'è fango e fango....

Questo è il fango che ricopre una strada. E' costituito prevalentemente da sostanze minerali: silice, carbonati, ecc.



Questo è il fango attivo, dei biodepuratori delle acque reflue.

È, sostanzialmente una massa proteica, una massa di microrganismi (biosolidi)



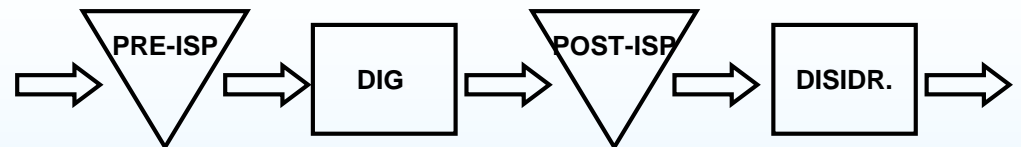
FANGHI DI DEPURAZIONE: DEFINIZIONE E ORIGINE

Secondo la direttiva europea (tuttora vigente) 86/278/CEE, con il termine "fanghi" si intendono:

- 1.i residui provenienti dagli impianti di depurazione di acque reflue domestiche o urbane e da altri impianti di depurazione delle acque reflue che presentano una composizione analoga a quella delle acque reflue domestiche e urbane;
- 2.i residui delle fosse settiche e di altri dispositivi analoghi per il trattamento delle acque reflue;
- 3.i residui provenienti da impianti di depurazione diversi da quelli di cui ai punti 1) e 2).

FANGO PRIMARIO: sedimento già presente in fognatura

FANGO SECONDARIO: "BIOMASSA" che si sviluppa contestualmente alla depurazione biologica dei liquami



LINEA FANGHI:

DOPO DISIDRATAZIONE (20% SECCO): 275 mL/AE.d di fango TQ in uscita

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA PROBLEMATICAZIONE

DUE RICHIESTE DALLA NORMATIVA:

1. EFFLUENTI SEMPRE MIGLIORI PER ESSERE RIUTILIZZATI

- ▶ INCREMENTO DELLA QUANTITÀ E PEGGIORAMENTO DELLA QUALITÀ

2. FANGHI DI “ALTA QUALITÀ” DA INVIARE AL RECUPERO

QUANTITÀ DEL FANGO :

AUMENTO per effetto di:

- ESTENSIONE DEL SERVIZIO DI DEPURAZIONE
- LIMITI PIÙ RESTRITTIVI sugli effluenti

DIMINUZIONE per effetto di:

- applicazione di TECNICHE DI DEPURAZIONE A BASSA PRODUZIONE DI FANGO
- prime applicazioni delle TECNICHE DI MINIMIZZAZIONE

QUALITÀ del FANGO :

PEGGIORAMENTO dovuto a:

- TRASFERIMENTO DI MAGGIORI (E NUOVI) INQUINANTI dal refluo al fango

MIGLIORAMENTO dovuto a:

- Miglior MONITORAGGIO degli SCARICHI INDUSTRIALI in fognatura
- PRETRATTAMENTI PIÙ EFFICIENTI

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA GESTIONE

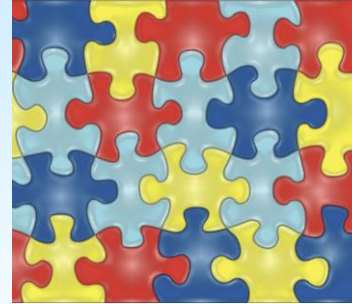
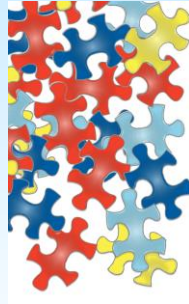
-1. SEGUENDO LE INDICAZIONI DELLE NORMATIVE (EUROPEA E NAZIONALE)

La **gerarchia nella gestione dei rifiuti** di cui all'art. 179 del d.lgs.152/06 prescrive, ovunque possibile, LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE e privilegia il recupero, prima di materia e poi di energia, rispetto allo smaltimento.



-2. AGENDO SIMULTANEAMENTE IN PIÙ DIREZIONI ► PIANIFICAZIONE

GESTIONE DEI FANGHI = PUZZLE



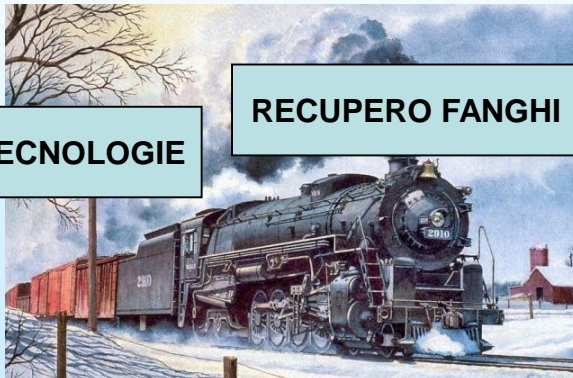
L.Spinosa, IA, Vol.5, n°1/2018

TESSERE DI INQUADRAMENTO

- SISTEMI SOSTENIBILI
- ECONOMIA CIRCOLARE
- REVERSIBILITÀ DEI PROCESSI

TESSERE SPECIFICHE

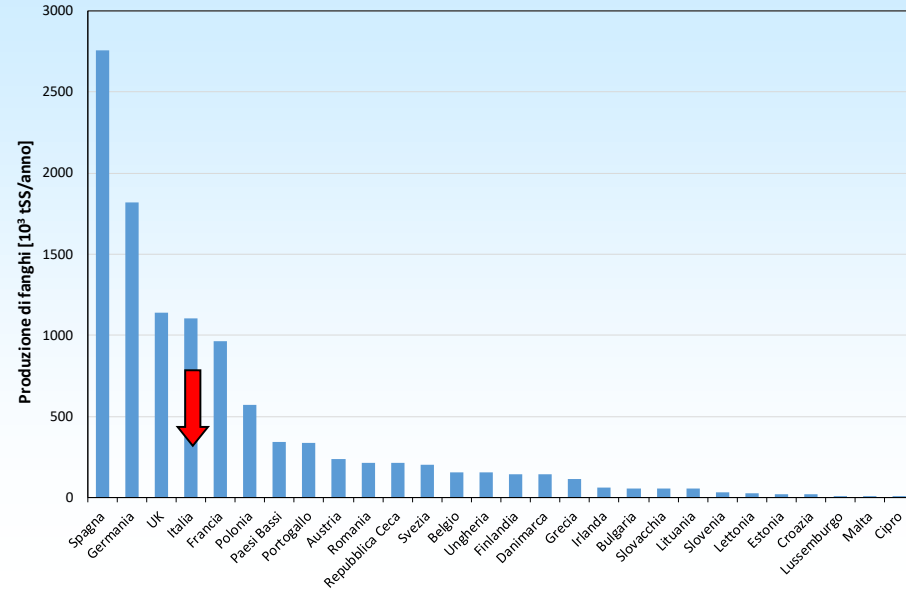
- CONTESTO LOCALE
- EFFETTO LOCOMOTIVA
- OTTIMIZZAZIONE DI SISTEMA
- MINIMIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE
- ASPETTI LOGISTICI
- NORME REALISTICHE
- STANDARDIZZAZIONE
- PROPRIETÀ FISICHE



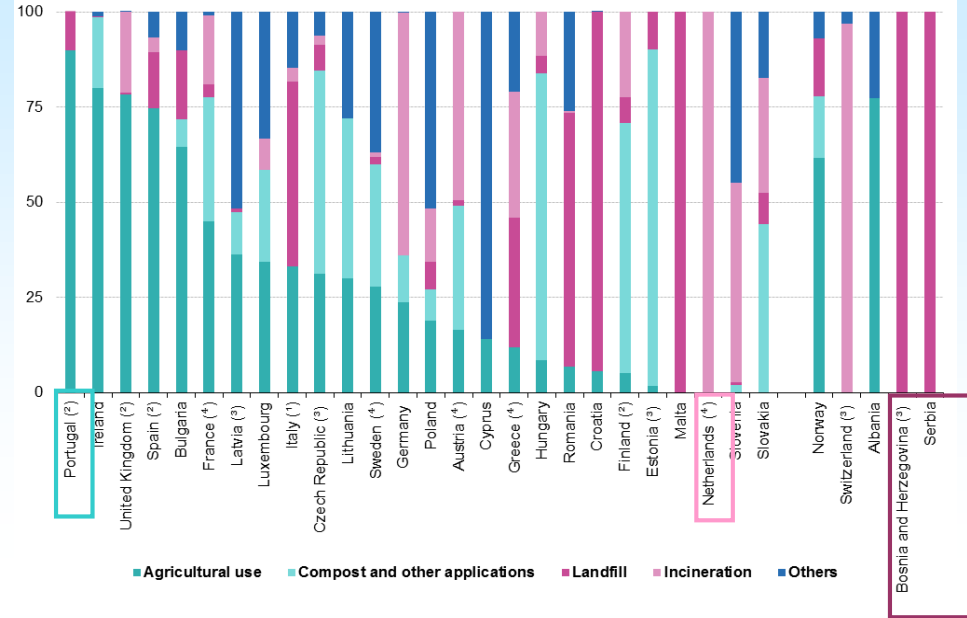
SCELTA DELLE TECNOLOGIE

RECUPERO FANGHI

FANGHI DI DEPURAZIONE: LA PRODUZIONE IN EUROPA

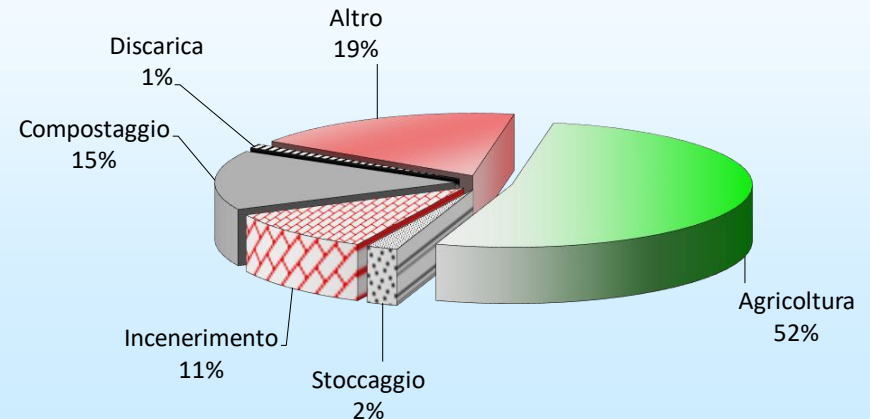
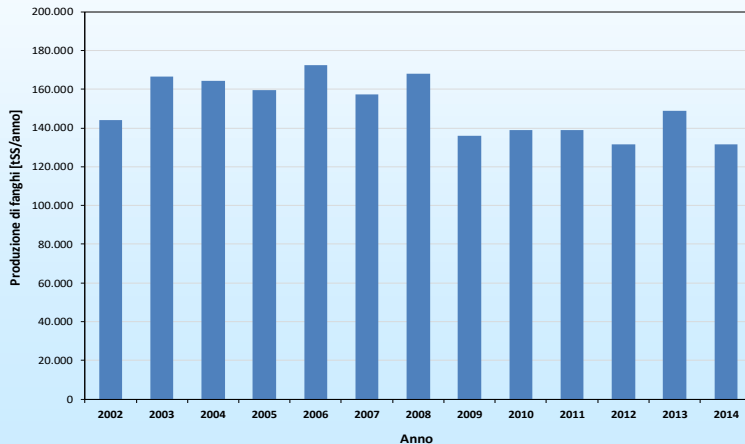


LA PRODUZIONE IN EUROPA:
~ 11.000.000 tSS/anno



PANORAMA ETEROGENEO

IN LOMBARDIA



UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA: IL PROCESSO TAMR (THERMOPHILIC AEROBIC MEMBRANE REACTOR):



Combina i vantaggi dei:

1. SISTEMI A MEMBRANA (**MBR**);
2. SISTEMI AD **OSSIGENO PURO**:
3. SISTEMI **TERMOFILI**

COSA TRATTA?



I campi di applicazione del TAMR sono molteplici:

APPLICAZIONE 1: Rifiuti liquidi

APPLICAZIONE 2: Fanghi di depurazione

APPLICAZIONE 3: Rifiuti liquidi + fanghi di depurazione

APPLICAZIONE 4: Digestati liquidi

ALCUNI VANTAGGI

SISTEMI MBR

- 1.la fattibilità di mantenere (nel sistema) tutta la biomassa idonea per il processo depurativo
- 2.la capacità di trattenere, all'interno del sistema, composti lentamente biodegradabili (generalmente ad elevato peso molecolare molecole), al fine di garantirne la biodegradazione;
- 3.il miglioramento della stabilità della qualità dell'effluente
- 4.la riduzione del volume del reattore biologico.

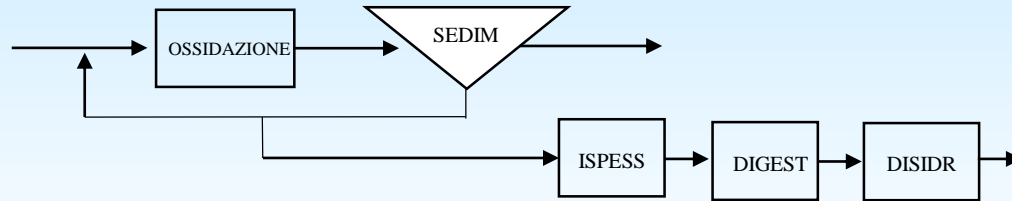
SISTEMI AD OSSIGENO PURO

- 1.alta concentrazione di ossigeno disciolto nel reattore
- 2.massimo sfruttamento della capacità degradativa dei microorganismi
- 3.fiocchi di fango più densi rispetto ad un sistema ad aria "convenzionale"
- 4.riduzione significativa del volume delle vasche di trattamento
- 5.maggiore flessibilità in caso di sovraccarico organico

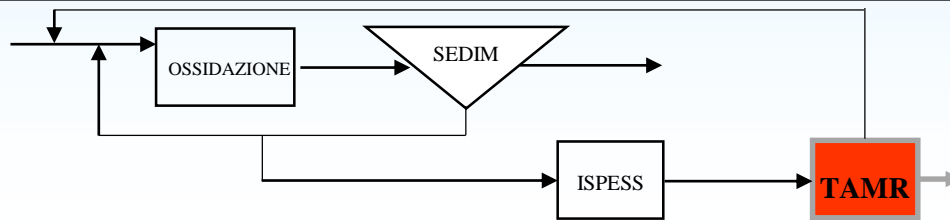
SISTEMI TERMOFILI (AEROBICI ED ANAEROBICI)

- 1.Elevata velocità di rimozione dei substrati biodegradabili
- 2.Alto carico organico volumetrico
- 3.Buone rese di rimozione per molecole sintetiche
- 4.Produzione specifica di biomassa molto bassa
- 5.Inibizione degli agenti patogeni
- 6.Capacità di trattare reflui con elevate concentrazioni di sali
- 7.Processo flessibile e stabile
- 8.Recupero di calore
- 9.Compatibilità dell'effluente termofilo con un trattamento tradizionale biologico

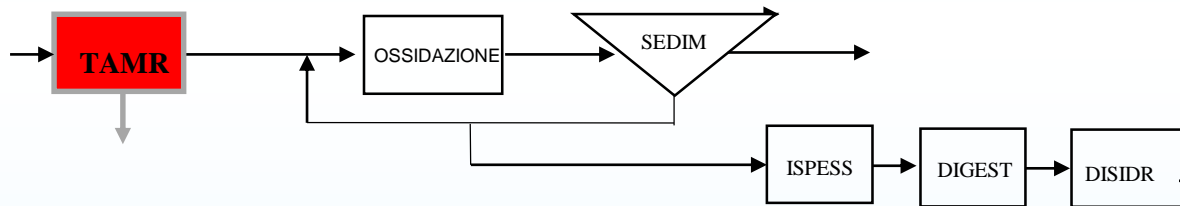
DOVE APPLICARLO?



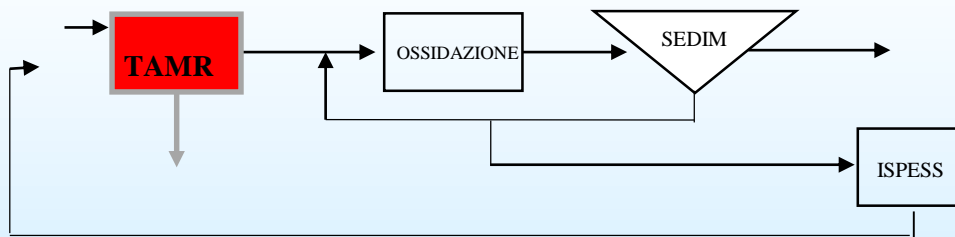
CONFIGURAZIONE 0



CONFIGURAZIONE 1 (fanghi)

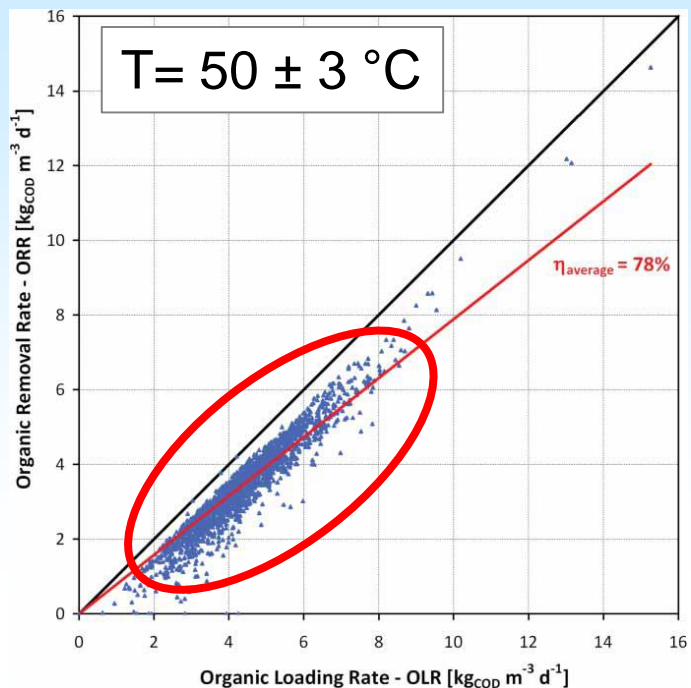


CONFIGURAZIONE 2 (rifiuti liquidi)



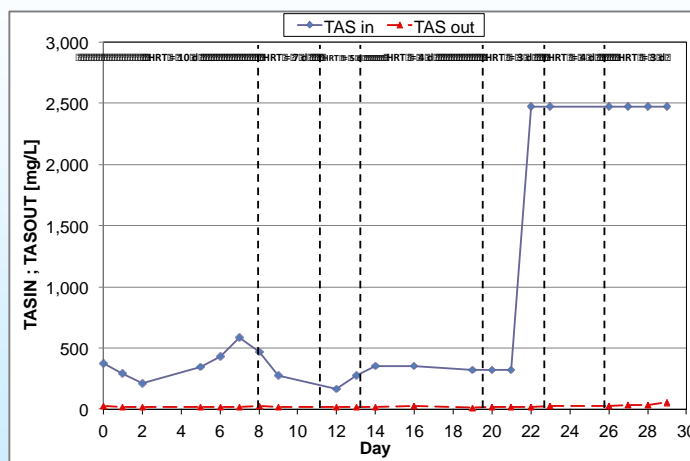
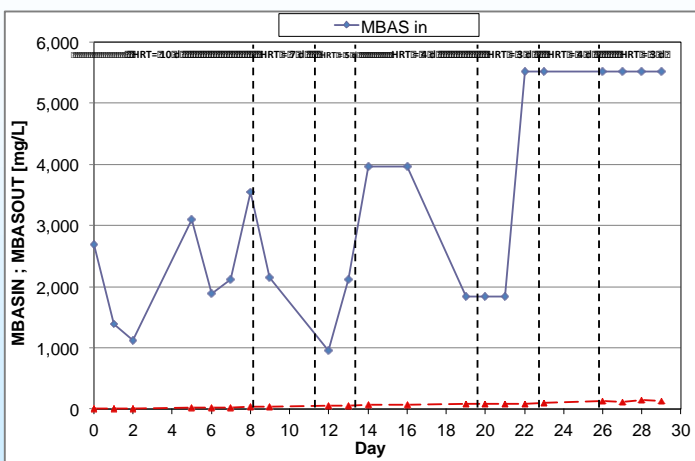
CONFIGURAZIONE 3 (fanghi + rifiuti liquidi)

PROCESSO AD ELEVATE RESE DI RIMOZIONE DEL COD E TENSIOATTIVI



(Collivignarelli *et al.*, Environmental Technology, 2015)

- ✓ La resa media di rimozione è pari al 78%, indipendentemente dai valori di OLR.
- ✓ Anche con significative variazioni di carico COD in ingresso, la rimozione media COD $\geq 74\%$



MBAS (anionici)

Range: 2.300 – 5.500 mg/L

$\eta_{\text{medio}} = 98\%$ (indipendente da HRT)

TAS (non-ionici)

Range: 300 – 2.500 mg/L

$\eta_{\text{medio}} = 84\%$

PROCESSO STABILE E ROBUSTO

STABILE

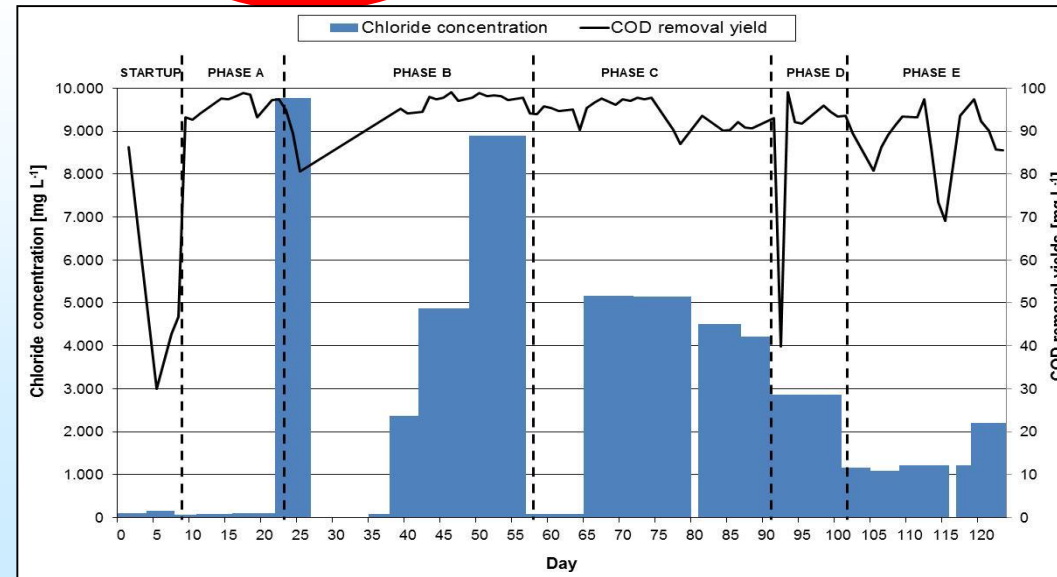
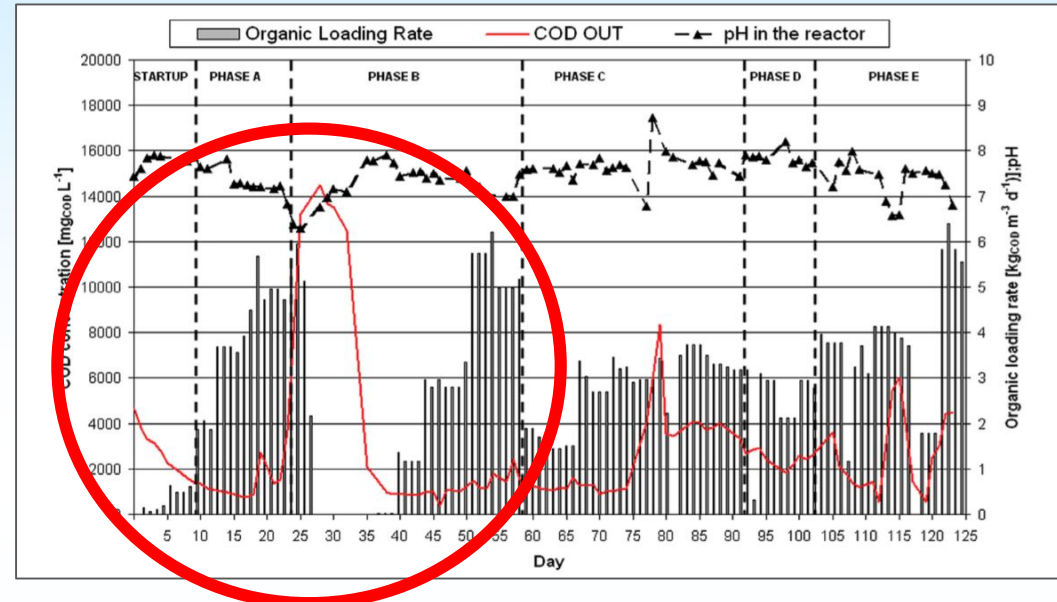
- Cambio completo e repentino di substrato in alimentazione al massimo carico → shock della biomassa (diminuzione rapida e importante del pH → efficienza del processo)
- Dopo 5-6 giorni si è nuovamente alimentato (senza inoculo) → rimozioni confrontabili a prima dello shock

ROBUSTO

- Buone prestazioni anche con concentrazioni di cloruri elevate (sino a 10.000 mg/L)

Nei processi a fanghi attivi incrementi dei cloruri da 150 a 5.000 mg/L → riduzioni rimozione COD dal 63% al 95% (Hong et al., 2007)

(Collivignarelli *et al.*, Water Research, 2014)



PROCESSO AD ELEVATI RENDIMENTI DI RIMOZIONE DEI SOLIDI VOLATILI

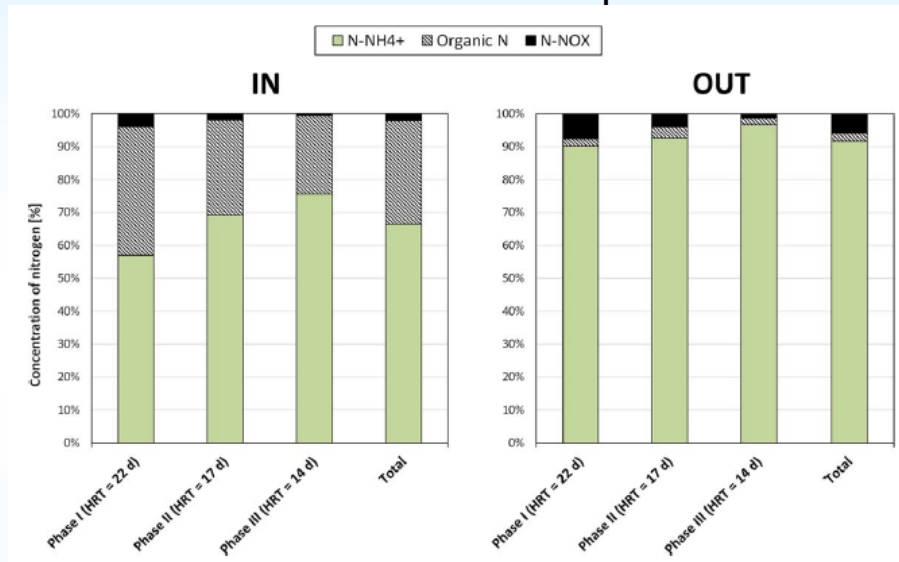
Tecnologie	Riferimenti bibliografici/ Sperimentazioni	Performance (%)	Campi di applicazione
<i>Da letteratura</i>			
Idrolisi enzimatica	Foladori et al. 2010, Yin et al. 2016	<20 (SV); <75 (ST) <16.7 (SST)	Linea acque/ Linea fanghi
Digestione aerobica/anaerobica	Foladori et al. 2010, Di Iaconi et al. 2016	25-54 (SSV)	Linea acque/ Linea fanghi
Digestione termofila aerobica/anaerobica	Foladori et al. 2010, Suvilampi et al. 2003, Kurian et al. 2005, Duncan et al. 2017	50 (SV); 40-45 (SSV); 30 (ST)	Linea acque/ Linea fanghi
<i>Sperimentazioni</i>			
TAMR	Fango municipale e industriale	40-77 (SV)	Linea fanghi
	Fango municipale	68-90 (SV)	Linea fanghi

RECUPERO DEL RESIDUO LIQUIDO

RESIDUO LIQUIDO

1: RECUPERO DELL'AZOTO AMMONIACALE

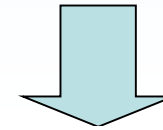
Prove di strippaggio (T 45 °C, pH 9,5 tc 3 ore):
abbattimento dell'ammoniaca superiore al 90%



(Collivignarelli et al., 2017a).

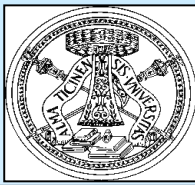
2: RECUPERO DEL CARBONIO ORGANICO

I risultati ottenuti dal test di NUR condotti su una biomassa denitrificante: velocità di denitrificazione analoga a quella ottenuta dosando una fonte di COD rapidamente biodegradabile.



Carbon source	Sludge denitrification rate [$\text{mgNO}_3\text{-N gVSS}^{-1} \text{h}^{-1}$]
TMR permeate	1.9 ± 0.3
Municipal sewage	$0.6-1.0^a$
Readily biodegradable COD	$1.0-3.0^a$
Endogenous respiration	$0.2-0.6^a$

^a Source: Foladori et al., 2010.



**57° CONVEGNO DI STUDIO DI INGEGNERIA SANITARIA - AMBIENTALE
“AMBIENTE: ISTRUZIONI PER L’USO”**

**GRAZIE PER
L’ATTENZIONE**

4 GIUGNO 2019

Maria Cristina Collivignarelli