



Piccoli Impianti di Depurazione: Upgrade, Ottimizzazione Gestionale o Dismissione?

Verona, 26/10/2011

CONTROLLO AUTOMATICO DI PROCESSO PER UPGRADING E OTTIMIZZAZIONE DI PICCOLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE: CASI DI STUDIO ED ECCELLENZE ITALIANE

Ing. Francesco Fatone



Dipartimento di Biotecnologie - Università di Verona




Master "Ingegneria Chimica della Depurazione delle Acque e delle Risorse Rinnovabili"

Outline

- Piccoli impianti di depurazione: il ruolo scientifico internazionale dell'Università di Verona
- Due tipologie di casi di studio:
 - Upgrading ed esercizio di piccoli impianti esistenti tramite controllo automatico di processi ad aerazione intermittente in reattore unico
 - L'integrazione dei cicli di trattamento acque reflue urbane e FORSU in piccoli impianti decentralizzati
- Considerazioni conclusive



La conferenza internazionale SSS4WATER 2011 (Small Sustainable Solutions for Water)



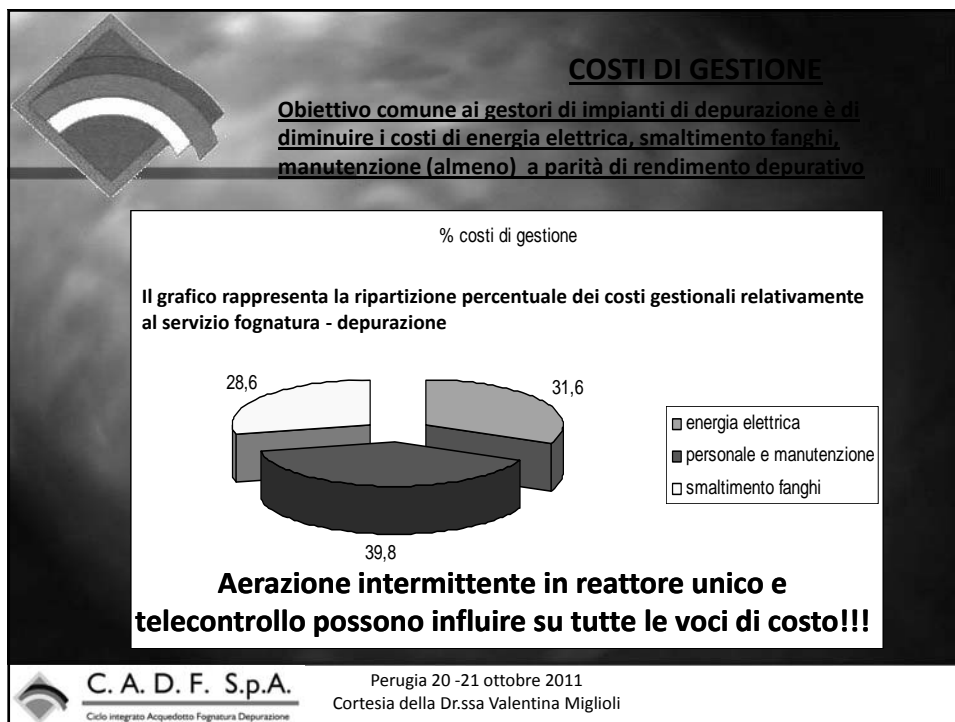
**Organizzata dal
Magistrato alle Acque di
Venezia in
collaborazione con
l'Università di Verona**

- ✓ 156 contributi da 40 Paesi e 5 Continenti
- ✓ 71 presentazioni orali e 85 poster
- ✓ 34 papers in pubblicazione su WST o WPT
- ✓ 150 partecipanti

Le conclusioni della comunità tecnico-scientifica internazionale

The main conclusions can be resumed as follows:

- in sensitive and vulnerable areas, where high nutrients' removal from wastewater is required, the **control automation is definitely a key-issue to optimize the process performances and operation costs. Process control automation is even more effective when coupled with remote monitoring and supervision**
- **on-site wastewater treatment** is the solution for remote areas, but **the advancement in this sector is relatively slow**
- **extensive and natural systems may reach good performances** of nutrients removal, and demonstrated to be almost reliable even in cold climate
- **membrane technology** is widespread in advanced small water and wastewater systems. Energy consumptions are still the bottleneck of this technology
- **water reuse and resource recovery** reached a technological maturity and should be more widespread in developing and developed countries



E per i piccoli impianti?

- Processi fanghi attivi ad ossidazione totale
- Consumi energetici specifici molto elevati
- Mancanza di monitoraggio locale e remoto



- Come rispettare le efficienze di rimozione dei nutrienti previste a scala di bacino (o di ATO)?



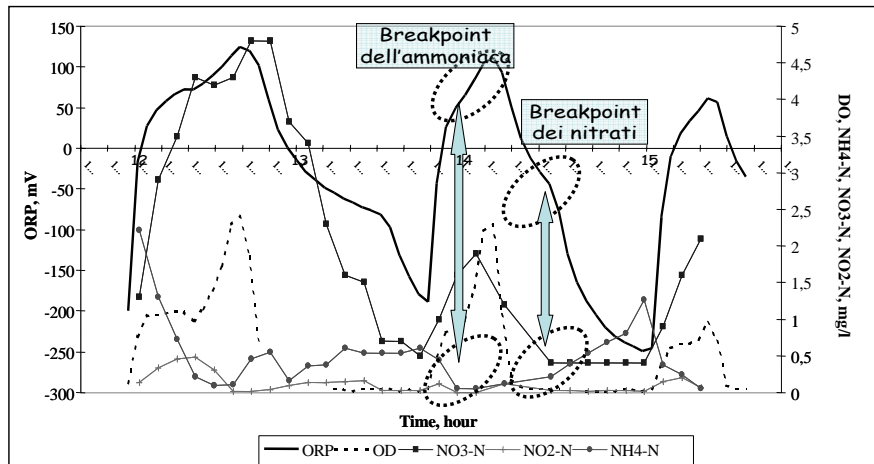
- **Upgrading o dismissione?**



ncquORIN
Servizi di Consulenza e Informazione
nelle Acque e nei Rifiuti

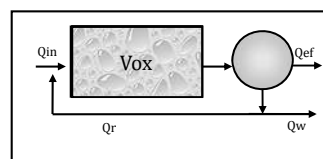


Controllo del processo per via indiretta



IPOTESI RISOLUTIVA: IL PROCESSO AVANZATO A CICLI ALTERNATI

Nuovo schema a blocchi

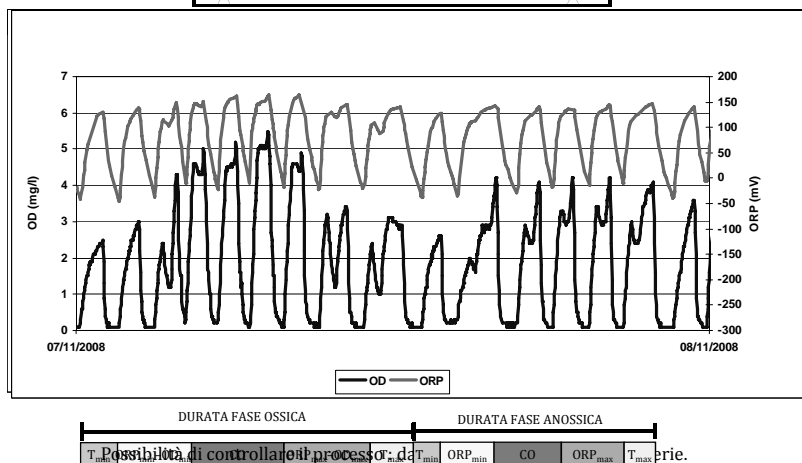
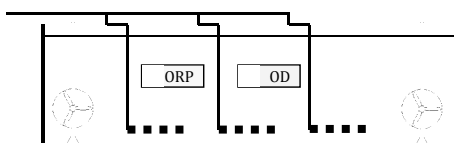


RISPETTO ALLE CONFIGURAZIONI TRADIZIONALI:

- SOFFIANTI ACCESE SOLO IN FASE DI NITRIFICAZIONE
- ASSENZA DI MISCELA AREATA

IPOTESI RISOLUTIVA: IL PROCESSO AVANZATO A CICLI ALTERNATI

L'algoritmo di controllo: la flessibilità dell'automatismo



Il processo a Cicli Alternati: ESEMPLI di Volumetria Specifica

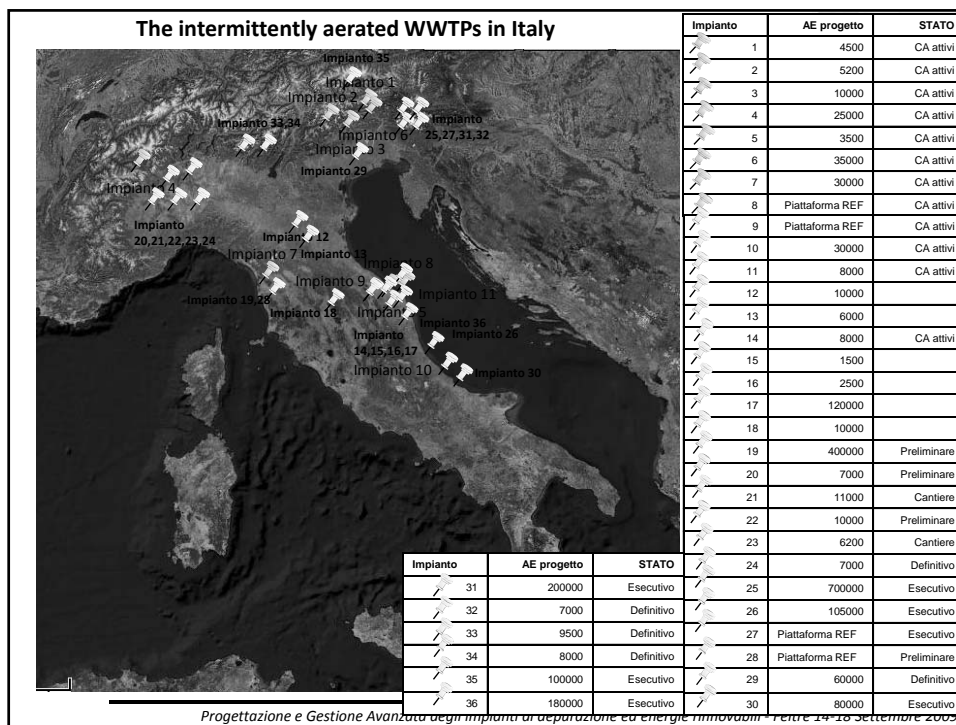
	A.E. base COD	Volume Biologico (m ³)	Volumetria Specifica (litri/A.E.)
Impianto A	8000	860	108
Impianto B	6200	813	131
Impianto C	7000	813	116
Impianto D	7017	1232	176
Impianto E	102179	7100	69
Impianto F	71429	10710	150
Impianto G	14000	4100	293
Impianto H	60000	9034	151
Impianto I	44887	5879	131
Impianto L	29917	2308	77
Impianto M	2500	400	160
Impianto N	8000	1100	138
Impianto O	4200	405	96
Impianto P	6600	781	118
Impianto Q	165000	12946	78
Impianto R	39000	4182	107
Impianto S	2500	380	152
Impianto T	30000	2270	76
Impianto U	137000	12411	91



NCQUORIN
Sistemi di Controllo e Automazione
per l'Industria e l'Ambiente

Cortesia del prof. Battistoni





IPOTESI TECNOLOGICA: IL PROCESSO AVANZATO A CICLI ALTERNATI

Affidabilità dell'algoritmo testata sulla base di un software di analisi statistica

1

INPUT

- ON-OFF AERATORI E MIXER
- SEGNALI SONDE OD-ORP

2

IMPIANTO **DATA E ORA**

Statistiche Cicli Alternati

Importazione Filtro Rapporto

Predifinito: Impianto 1

Data Inizio: settembre 2007 Data Fine: settembre 2007 Applica Filtro

Oggi: 12/10/2007 Oggi: 12/10/2007 Chiudi

Orario Inizio: 0.00.00 Orario Fine: 23.59.59

Num.	Data / Ora	Causale	Durata ciclo (min.)	Sommario
85	05/09/2007 9.32.00	C. Ottimale Nitro OD	48	OD2
86	05/09/2007 10.36.28	C. Ottimale Dentro ORP	64	ORP1
87	05/09/2007 11.42.58	C. Ottimale Nitro ORP	62	ORP2
88	05/09/2007 12.50.36	C. Ottimale Dentro ORP	68	ORP1

3

OUTPUT

Numero Cicli Totali: 170

DURATA DELLE FASI AEROBICHE ED ANOSSICHE

Durata del Ciclo: 61.17 min Valutazione Fine Ciclo: 81.40 %

VALUTAZIONE DELLA CAUSA DI FINE CICLO

Metodo: 2.11 min ORP Min: 0.56 %

SENSORE RESPONSABILE DEL CAMBIO DI FASE

Metodo: 2.11 min Tempo Max: 17.58 %

Principali modifiche da apportare all'impianto

- installazione di miscelatori sommersi nelle vasche di ossidazione e stabilizzazione;
- installazione di sistema di aerazione a bolle fini (piattelli) nelle vasche di ossidazione in sostituzione dei diffusori a spugna preesistenti;
- installazione di sistema di aerazione a bolle fini (piattelli) nelle vasche di denitrificazione;
- installazione di strumenti per la misura di OD, ORP, TSS;
- Installazione di sistema di telecontrollo impianto;

Quest'ultimo punto è la parte più importante del sistema in quanto il supervisore decide in modo autonomo la durata dei cicli in funzione del carico influente e dei parametri di processo misurati.

Anche il comparto di stabilizzazione aerobica dei fanghi di supero è regolata dal supervisore con sistema a cicli alternati; in particolare durante la fase di carico è previsto un periodo di sedimentazione per allontanare il surnatante formatosi



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo Integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it

Prima dell'adeguamento

Si notano i due comparti di denitro a pianta quadra e le due linee di ossidazione, sulla sinistra la linea di stabilizzazione



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo Integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it





Vecchio quadro di comando

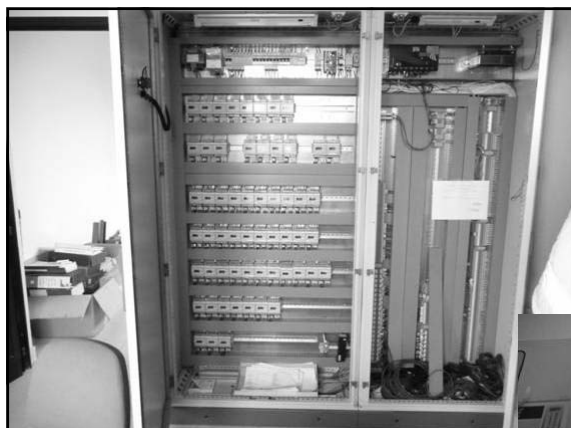
Quadro nuove utenze e misure



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it



Quadro di interfaccia telecontrollo quadri elettromeccanici

Pannello nodo di controllo



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it

Trattamento bottini – grigliatura fine – sollevamento – trattamenti primari



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it

Dopo l'adeguamento al sistema C.A.

Si nota come la linea di destra sia in fase di aerazione mentre la linea di sinistra si trova in fase di denitrificazione



C. A. D. F. S.p.A.
Ciclo integrato Acquedotto Fognatura Depurazione

Udine, Cafc S.p.A. - 14 Giugno 2011
Cortesia dell'ing. Carlo Bariani

carlo.bariani@cadf.it
valentina.miglioli@cadf.it



IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: OBIETTIVI

Punti chiave di interpretazione dei risultati:

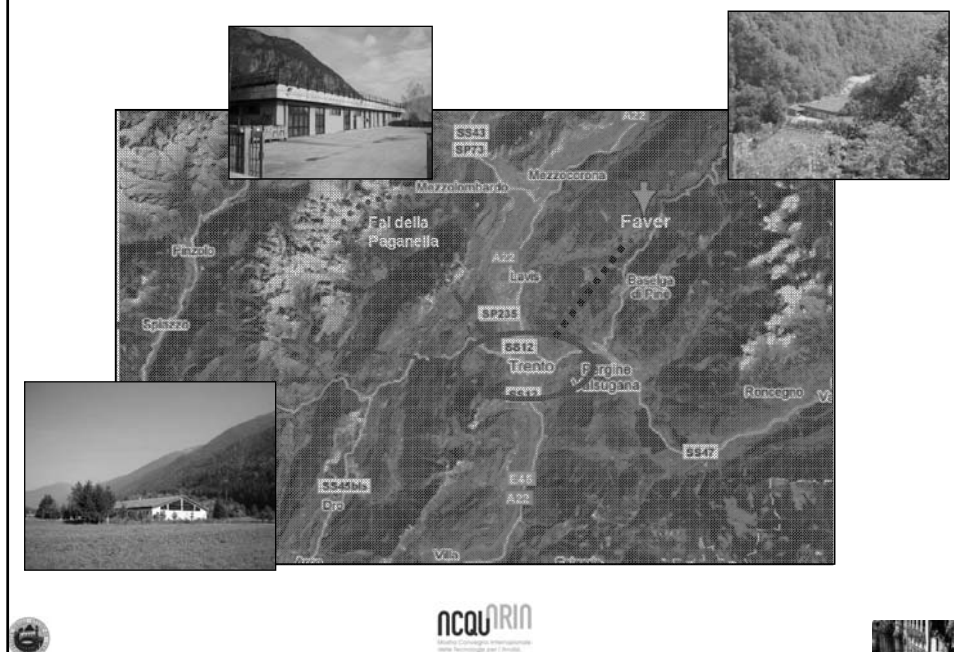
1. Azoto totale effluente;
2. Risparmi energetici;
3. Riduzione dei reagenti per la precipitazione del Fosforo;
4. Riduzione della produzione dei fanghi di depurazione.



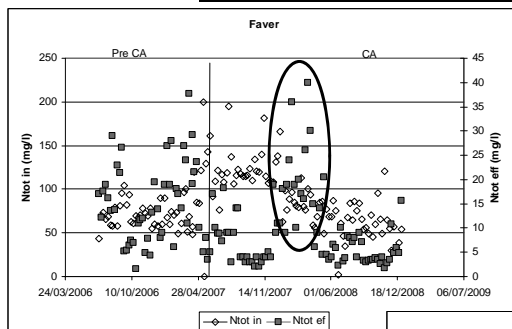
ncquORIN
Società a partecipazione internazionale
per la depurazione delle acque



ADEGUAMENTO DEL PROCESSO CON CICLI ALTERNATI



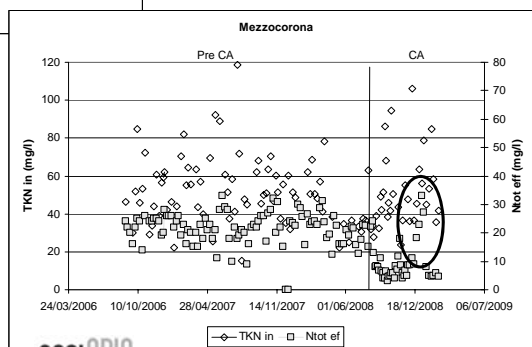
IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: LA ZOTO TOTALE EFFLUENTE

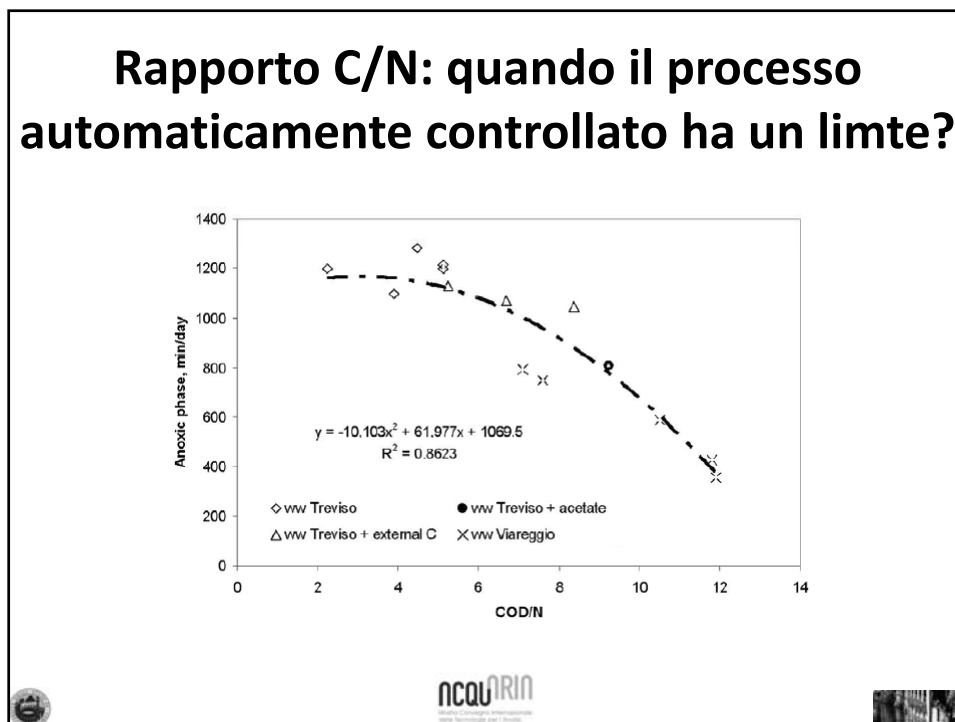
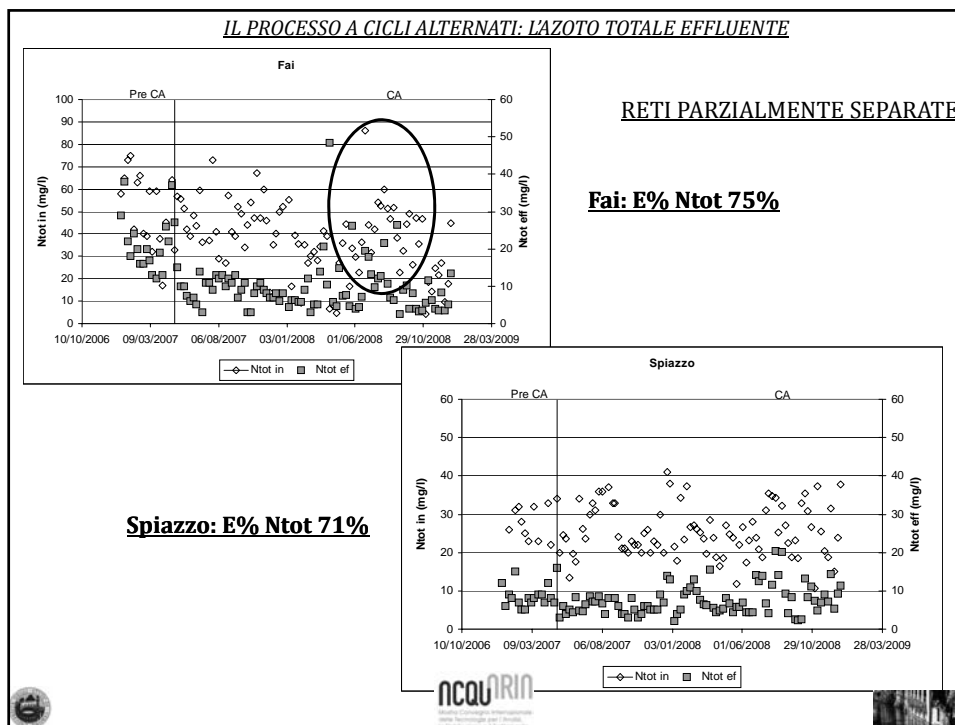


RETI MISTE

Faver: E% Ntot 90%

Mezzocorona: E% Ntot 82%





IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: I CONSUMI ENERGETICI

	Potenza totale assorbita		Potenza specifica assorbita	
	Pre CA	CA	Pre CA	CA
	kWh/mese		kWh/AEd	
Faver	20758	19195	0.370	0.120
Fai	16176	11945	0.322	0.211
Spiazzo	34059	29798	0.303	0.167
Mezzocorona	66952	57412	0.115	0.097

Riduzione dall' **8% al 26%**
in linea con i dati di letteratura **

* riferito al solo comparto biologico

** Balku S. (2007) Comparison between alternating aerobic-anoxic and conventional activated sludge systems. Water Research, 41, 2220-2228



NCQUORIN
Servizio Consultivo Internazionale
Sviluppo Tecnologico per l'Industria



IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: LA RIDUZIONE DEI REAGENTI PER LA RIMOZIONE DEL P

SPIAZZO

<u>Anno</u>	<u>Ptot ingresso</u>		<u>Ptot uscita</u>		<u>Reagente di precipitazione</u>
-	<u>MEDIO</u>	<u>ISTANTANEO</u>	<u>MEDIO</u>	<u>n° campioni</u>	<u>base Al policloruro (Al2O3 18%)</u>
-	<u>mg/l</u>	<u>mg/l</u>	<u>mg/l</u>	<u>n°</u>	<u>Kg/anno</u>
<u>2006</u>	<u>3,1</u>	<u>4,1</u>	<u>1,2</u>	<u>52</u>	<u>7150</u>
<u>2007</u>	<u>3,4</u>	<u>4,5</u>	<u>1,0</u>	<u>52</u>	<u>4440</u>
<u>2008</u>	<u>3,8</u>	<u>4,7</u>	<u>0,9</u>	<u>53</u>	<u>0</u>

Cicli Alternati applicati da Maggio 2007



NCQUORIN
Servizio Consultivo Internazionale
Sviluppo Tecnologico per l'Industria



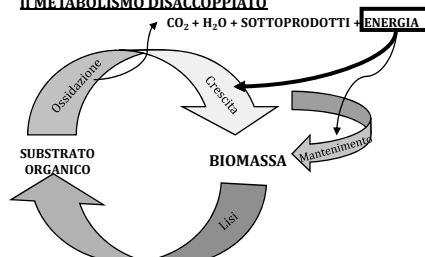
IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE FANGHI

Teoricamente le vie possibili per la riduzione fanghi:

- Sostituire elettroni accettori ad alta energia (O_2 , NO_3) o diminuire la loro efficienza;
- Aumentare le richieste di mantenimento della biomassa, quindi meno energia disponibile per la crescita;
- Aumentare il decadimento della biomassa;
- Aumentare la biodegradabilità delle sostanze organiche inerti accumulate.

CICLI ALTERNATI → STRESS OSSICO ANOSSICO → DISACCOPIAMENTO ENERGETICO

IL METABOLISMO DISACCOPIATO



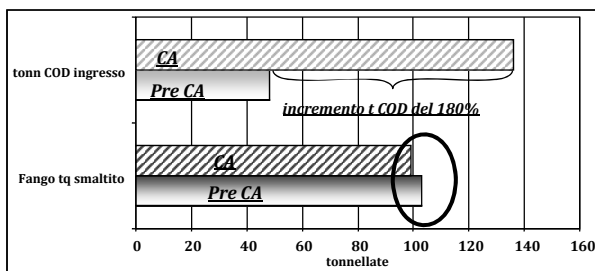
Principio: METABOLISMO DISACCOPIATO

→ DIMINUIZIONE DELL' ENERGIA PER LA CRESCITA (fase anabolica)

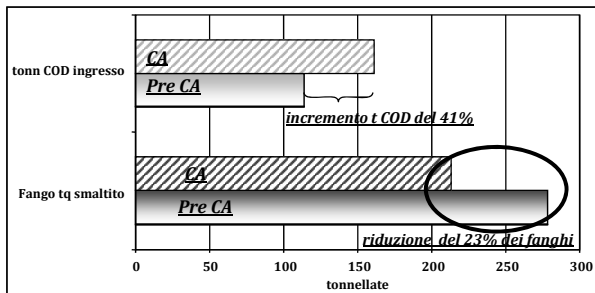
ncquorin

IL PROCESSO AVANZATO A CICLI ALTERNATI: LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE FANGHI

Faver



Spiazzo



ncquorin

IL PROCESSO A CICLI ALTERNATI: LA RIDUZIONE DELLA PRODUZIONE FANGHI

Faver

Processo	Periodo analizzato	Fanghi tal quali	Fanghi	COD _{ingresso}	COD _{uscita}	COD _{trasformato}	Yobs
	N° mesi	t	t TS	t	t	t	kgTS _{prodotti} /kgCOD _{trasformato}
Pre CA	6	103	14	48	1.1	47	0.298
CA	6	99	16	136	2.3	134	0.119

RIDUZIONE 59%

Spiazzo

Processo	Periodo analizzato	Fanghi tal quali	Fanghi	COD _{ingresso}	COD _{uscita}	COD _{trasformato}	Yobs
	N° mesi	t	t TS	t	t	t	kgTS _{prodotti} /kgCOD _{trasformato}
Pre CA	6	278	42	114	3.1	111	0.329
CA	6	213	32	161	5.9	155	0.163

RIDUZIONE 50%



ncqur.in
Nucleo di Competenza Internazionale
Qualità e Sicurezza per l'Industria



L'integrazione dei cicli di trattamento acque reflue e FORSU in un piccolo comune decentralizzato: il caso di Gagliole (MC)

WATER RESEARCH 41 (2007) 893–903



Available at www.sciencedirect.com



journal homepage: www.elsevier.com/locate/watres



Application of food waste disposers and alternate cycles process in small-decentralized towns: A case study

Paolo Battistoni^a, Francesco Fatone^{b,*}, Daniele Passacantando^a, David Bolzonella^b

^aInstitute of Hydraulics and Transportation Infrastructures, Marche Polytechnical University, Via Brece Bianche, 60100 Ancona, Italy

^bDepartment of Science and Technology, University of Verona, Strada Le Grazie 15, Cà Vignal, 37134 Verona, Italy



ncqur.in
Nucleo di Competenza Internazionale
Qualità e Sicurezza per l'Industria



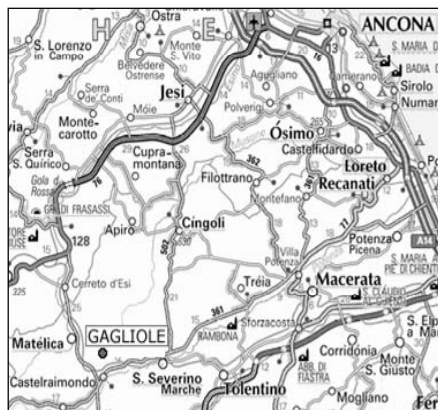
Applicazione dei dissipatori sottolavello → IMPATTO SUL PROCESSO DI DEPURAZIONE: Il fase - full scale

Il Comune di Gagliole

Il territorio compreso fra la vallata del Fiume Potenza, le colline ed i monti del Pre-Appennino marchigiano, costituisce il comprensorio del Comune di Gagliole. Esso si estende per Km² 23,6, è situato a circa 470 mt. s.l.m. ed ha 670 abitanti.

Impianto sito in Località Selvalagli.

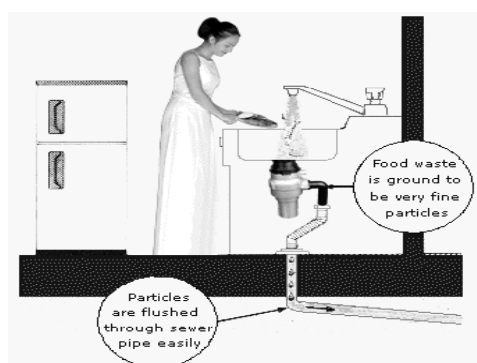
Impianto con potenzialità inferiore a 500 abitanti equivalenti serviti, composto da trattamento biologico ad ossidazione totale. L'attuazione del processo in un bacino combinato consente la depurazione dei liquami e la contemporanea stabilizzazione del fango che può essere inviato direttamente ai letti di essiccamento.



ncquORIN
Studio e Consulenza Internazionale
Sistemi Tecnologici per l'Acqua



IL DISSIPATORE DI RIFIUTI ALIMENTARI (DRA)

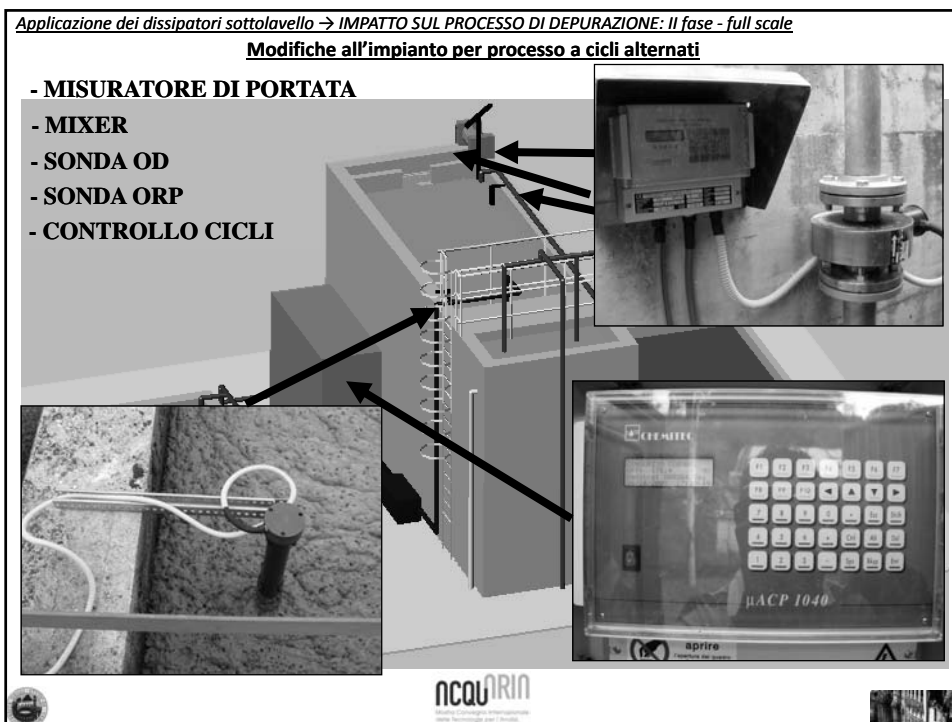


Indice di penetrazione del mercato per il comune di Gagliole: 60%



ncquORIN
Studio e Consulenza Internazionale
Sistemi Tecnologici per l'Acqua





Applicazione dei dissipatori sottolavello → IMPATTO SUL PROCESSO DI DEPURAZIONE: Il fase - full scale

Potenzialità di fatto in ingresso impianto				
2005	CARICO		POTENZIALITA' DI FATTO	
	COD	Ntot	base COD	base Ntot
	Kg/d	Kg/d	AE	AE
medio	24,0	2,5	229	210
max	39,7	7,4	378	614
min	11,6	1,4	111	118
dev.st.	8,3	1,4	79	113

SENZA DISSIPATORI

Potenzialità di fatto in ingresso impianto				
2005	CARICO		POTENZIALITA' DI FATTO	
	COD	Ntot	base COD	base Ntot
	Kg/d	Kg/d	AE	AE
medio	25,0	1,9	238	162
max	102,7	3,8	978	317
min	13,7	0,8	131	71
dev.st.	19,6	0,6	186	52

CON DISSIPATORI

ncquORIN
Studio e Consulenza Internazionale
Sistemi Tecnologici per l'Ambiente

Applicazione dei dissipatori sottolavella → IMPATTO SUL PROCESSO DI DEPURAZIONE: II fase - full scale

Dati statistici dei rapporti caratteristici in ingresso impianto					
2005	RBCOD/COD	COD/TKN	COD/N _{tot}	TKN/N-NH ₄	P _{tot} /P-PO ₄
media	0,16	10,48	10,29	1,45	8,50
massimo	0,34	15,89	15,64	2,29	22,23
minimo	0,05	3,91	3,91	1,14	1,09
Dev. Std	0,08	3,04	2,95	0,31	6,48

Dati statistici dei rapporti caratteristici in ingresso impianto					
2005	RBCOD/COD	COD/TKN	COD/N _{tot}	TKN/N-NH ₄	P _{tot} /P-PO ₄
media	0,21	14,25	14,10	1,15	11,60
massimo	0,34	48,97	48,97	1,67	30,47
minimo	0,08	5,17	5,10	0,48	1,84
Dev. Std	0,06	10,99	10,91	0,28	8,08

**SENZA
DISSIPATORI**

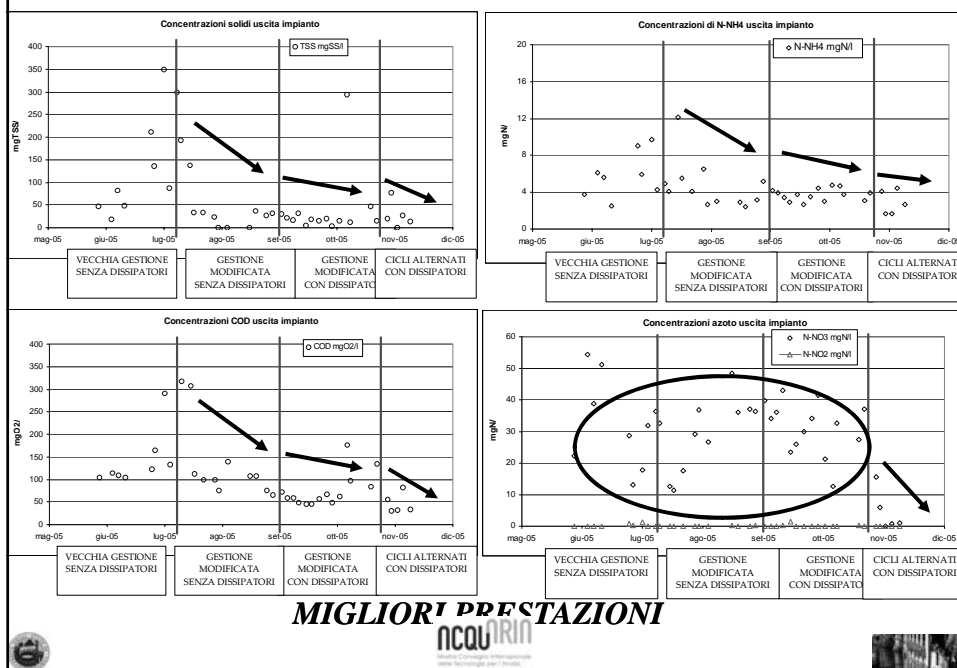
**CON
DISSIPATORI**



NCCUORIN
Studio e Consulenza Integrata
Servizi Tecnologici per l'Industria



Applicazione dei dissipatori sottolavella → IMPATTO SUL PROCESSO DI DEPURAZIONE: II fase - full scale



**Applicazione dei dissipatori sottolavello → IMPATTO SUL PROCESSO DI
DEPURAZIONE: Il fase - full scale**

<i>Efficienze di Rimozione e Consumi Energetici</i>				
<i>Periodo</i>	<i>E% N</i>	<i>E% P</i>	<i>E% C</i>	<i>EE kWh/anno</i>
<i>Vecchia gestione Senza dissipatori</i>	49%	37%	81%	42.048
<i>Gestione modificata Senza dissipatori</i>	32%	47%	78%	33.069
<i>Gestione modificata Con dissipatori</i>	43%	34%	89%	33.069
<i>Cicli Alternati Con dissipatori</i>	84%	48%	98%	25.715



ncquORIN
Studio e Consulenza Internazionale
 nelle Tecnologie per l'Ambiente



Considerazioni conclusive

- Il controllo automatico dell'aerazione intermittente in reattore unico permette l'ottimizzazione dei consumi energetici e dei costi di gestione dell'impianto, influenzando su:
 - ottimizzazione della rimozione dell'azoto
 - parziale rimozione del fosforo, in caso di buon rapporto rbCOD/TKN influente
 - produzione di fanghi di supero biologico
- In caso di accoppiamento di aerazione intermittente automaticamente controllata e utilizzo di dissipatori sottolavello è possibile realizzare l'integrazione dei cicli di trattamento acque reflue e FORSU anche in piccoli impianti decentralizzati



ncquORIN
Studio e Consulenza Internazionale
 nelle Tecnologie per l'Ambiente

