

RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI PER USO INTERNO

GRUPPO DI LAVORO
"GESTIONE IMPIANTI DI DEPURAZIONE"
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA



CIPA Editore

COLLANA AMBIENTE – Volume 34 – ISBN 978-88-95591-06-3

© by CIPA SRL 2009
Via Andrea Palladio, 26
20135, Milano

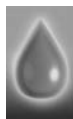
Tutti i diritti sono riservati.
È rigorosamente vietata a chiunque, privati o Enti,
la riproduzione anche parziale ottenibile con qualsiasi mezzo
nonchè la riproduzione su disco o nastro magnetico
senza previa autorizzazione dell'Editore.

Editore
CIPA SRL
Via Andrea Palladio, 26
20135, Milano
Tel. 02.58301501-58301528
Fax 02.58301550
E-mail: redazione@cipaeditore.it
Web: www.cipaeditore.it

Stampa
Abbiati
Via Padova, 5
20127 Milano
tel./fax 02.2847518

Finito di stampare nel mese di novembre 2009

Gruppo di Lavoro
"Gestione impianti di depurazione"



Facoltà di Ingegneria
Università degli Studi di Brescia

Coordinatore: *Carlo Collivignarelli**

RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI PER USO INTERNO

A cura di:

M. Vaccari**
M.C. Zanetti***

* *Prof. ing. Carlo Collivignarelli; Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente (DICATA), Università degli Studi di Brescia – Via Branze, 43 – 25123, Brescia – Tel. 030.3711300, Fax 030.3711312.*

** *Dott. ing. Mentore Vaccari – Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente (DICATA), Università degli Studi di Brescia – Via Branze, 43 – 25123, Brescia – Tel. 030.3711300, Fax 030.3711312, e.mail: vaccari@ing.unibs.it.*

*** *Prof. ing. Maria Chiara Zanetti – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell’Ambiente e delle Geotecnologie (DI-TAG), Politecnico di Torino – Corso Duca degli Abruzzi, 24 – 10129, Torino – Tel. 011.0907696, Fax 011.0907699, e-mail: mariachiara.zanetti@polito.it.*

AUTORI

Di Bella Veronica

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente (DICATA), Università degli Studi di Brescia.

Di Girolamo Casto

Dipartimento Ambiente, Salute e Sicurezza, Università degli Studi dell'Insubria

Ferrero Franco

Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica (DISMIC), Politecnico di Torino

Fiore Silvia

Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie (DITAG), Politecnico di Torino

Riganti Vincenzo

Dipartimento di Chimica Generale, Università di Pavia

Ruffino Barbara

Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie (DITAG), Politecnico di Torino

Sanviti Sara

Libero professionista, Budoia (PN)

Sudati Giorgio

Torchiani Impianti, Brescia

Vaccari Mentore

Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio e Ambiente, Università degli Studi di Brescia

Zanetti Maria Chiara

Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie (DITAG), Politecnico di Torino

INDICE

<input type="checkbox"/>	PREMESSA	IX
	<i>C. Collivignarelli</i>	
1.	TIPOLOGIE DI ACQUE REFLUE INDUSTRIALI: CARATTERISTICHE QUALITATIVE IN INGRESSO E IN USCITA, PROBLEMATICHE	1
	<i>S. Fiore, M.C. Zanetti, F. Ferrero</i>	
	1.1 INTRODUZIONE	1
	1.2 LE ACQUE DI RAFFREDDAMENTO	1
	1.3 LE ACQUE DI CALDAIA.....	6
	1.4 LE ACQUE DI PROCESSO	7
	1.4.1 Le acque dell'industria tessile.....	7
	1.4.2 Le acque dell'industria cartaria	9
	1.4.3 Le acque di altre tipologie di industrie	12
	1.5 ALTRE TIPOLOGIE DI ACQUE INDUSTRIALI.....	12
	1.6 LE PROBLEMATICHE DELLE ACQUE INDUSTRIALI: LA FORMAZIONE DI DEPOSITI....	13
	1.7 LE PROBLEMATICHE DELLE ACQUE INDUSTRIALI: LA CORROSIONE.....	15
	1.8 LE PROBLEMATICHE DELLE ACQUE INDUSTRIALI: I FENOMENI BIOLOGICI (BIO-FOULING)	18
<input type="checkbox"/>	BIBLIOGRAFIA	19
2.	RIDUZIONE DEI CONSUMI IN CAMPO INDUSTRIALE.....	20
	<i>B. Ruffino, M.C. Zanetti</i>	
	2.1 INTRODUZIONE	20
	2.2 STRATEGIE PER LA MINIMIZZAZIONE DEI CONSUMI: STRUMENTI GESTIONALI	20
	2.2.1 Raccolta ed organizzazione dei dati	21
	2.2.2 Identificazione ed eliminazione degli sprechi.....	22
	2.2.3 Ottimizzazione dei consumi all'interno ed all'esterno delle linee produttive	23
	2.2.4 Riutilizzo delle acque reflue.....	23
	2.2.5 Implementazione di tecnologie volte al risparmio idrico.....	24
	2.3 STRATEGIE PER LA MINIMIZZAZIONE DEI CONSUMI: STRUMENTI TECNOLOGICI.....	24
	2.3.1 Preparazione dei prodotti	25
	2.3.2 Pulizia.....	26
	2.3.3 Trasporto.....	29
	2.3.4 Abbattimento delle polveri	29
	2.3.5 Raffreddamento	30
	2.4 TECNICHE ANALITICHE E GRAFICHE PER L'OTTIMIZZAZIONE DEI CONSUMI IDRICI (ANALISI PINCH).....	31
	2.5 USO PLURIMO IN CASCATA, PROCESSI MULTISTADIO IN CONTROCORRENTE	37
	2.5.1 Industria alimentare.....	37
	2.5.2 Industria tessile.....	38

2.5.3	Industria della carta	39
2.5.4	Industria conciaria.....	43
2.6	INTERCETTAZIONE (RIGENERAZIONE) DEI FLUSSI	46
2.6.1	Industria alimentare.....	47
2.6.2	Industria tessile.....	51
2.6.3	Industria della carta	53
2.6.4	Industria conciaria.....	55
2.7	SEGREGAZIONE DEGLI SCARICHI – RECUPERO DI MATERIA	56
2.7.1	Industria alimentare.....	56
2.7.2	Industria tessile.....	56
2.7.3	Industria della carta	58
2.7.4	Industria conciaria.....	59
2.7.5	Altre tipologie di industrie.....	60
□	BIBLIOGRAFIA	62
3.	TECNOLOGIE DI TRATTAMENTO	65
	<i>M. Vaccari, V. Di Bella, G. Sudati</i>	
3.1	GENERALITÀ SUI TRATTAMENTI	65
3.2	TRATTAMENTI A MEMBRANA	65
3.2.1	Generalità.....	65
3.2.2	Ultrafiltrazione.....	67
3.2.3	Nanofiltrazione	68
3.2.4	Osmosi inversa.....	70
3.2.5	Elettrodialisi	70
3.2.6	Principali problematiche gestionali	70
3.3	TRATTAMENTI TERMICI	71
3.3.1	Generalità.....	71
3.3.2	Strippaggio	72
3.3.3	Distillazione.....	73
3.3.4	Evaporazione.....	77
3.4	TRATTAMENTI A SCAMBIO IONICO	81
3.4.1	Generalità.....	81
3.4.2	Esempi di applicazione.....	84
□	BIBLIOGRAFIA	86
4.	ASPETTI DELLA SICUREZZA NEL TRATTAMENTO DEI REFLUI AI FINI DEL RIUTILIZZO.....	88
	<i>V. Riganti, C. di Girolamo, S. Sanviti</i>	
4.1	PREMESSA	88
4.2	PERICOLI E RISCHI NEI PROCESSI DI TRATTAMENTO DEI REFLUI AI FINI DEL RIUTILIZZO	88
4.3	LA NORMATIVA GENERALE SULLA SICUREZZA.....	88
4.4	PERICOLO E RISCHIO	90
4.5	L'ANALISI DEL RISCHIO	90
4.6	LE NORME DI LEGGE	92
4.7	I RISCHI DI NATURA MECCANICA	95

4.8	LE VIBRAZIONI MECCANICHE.....	97
4.9	IL RISCHIO ELETTRICO	98
4.10	IL RISCHIO DI INCENDIO.....	100
4.11	RISCHI DERIVANTI DALL'USO DELLE ATTREZZATURE A PRESSIONE	102
4.12	IL RISCHIO CHIMICO.....	104
4.13	IL RISCHIO BIOLOGICO.....	108
4.14	IL NUOVO REGOLAMENTO CE N. 1272/2008.....	109
4.15	LE SCHEDE DI SICUREZZA	111
4.16	I DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE.....	113
□	BIBLIOGRAFIA	113
5.	INDAGINE SULLE IMPRESE CHE RIUTILIZZANO LE PROPRIE ACQUE REFLUE ALL'INTERNO DEL CICLO AZIENDALE	114
	<i>M. Vaccari</i>	
5.1	SCOPO E IMPOSTAZIONE DELL'INDAGINE	114
5.2	SCHEDE DELLE AZIENDE VISITATE	115
5.2.1	Azienda estrattiva.....	115
5.2.2	Azienda galvanica A	117
5.2.3	Azienda galvanica B.....	120
5.2.4	Azienda galvanica C	121
5.2.5	Azienda galvanica D	123
5.2.6	Azienda galvanica E.....	126
5.2.7	Azienda metallurgica A.....	127
5.2.8	Azienda metallurgica B	130
5.2.9	Azienda tessile	134
5.2.10	Centrale elettrica	136
5.2.11	Azienda che produce sanitari	140
5.3.	SCHEDE DELLE AZIENDE NON VISITATE.....	142
5.3.1	Autolavaggio	142
5.3.2	Cartiera A.....	143
5.3.3	Azienda galvanica	144
5.3.4	Azienda metallurgica A	146
5.3.5	Azienda metallurgica B	147
5.3.6	Cartiera B	149
5.3.7	Azienda metallurgica C.....	150
5.4	ANALISI DEI DATI.....	152
	APPENDICE.....	155
□	APPROFONDIMENTI RELATIVI AL CAPITOLO 4	155
	<i>V. Riganti, C. di Girolamo</i>	
	ALLEGATO.....	159
□	SCHEDA PER AZIENDE CHE RIUTILIZZANO ACQUE REFLUE ALL'INTERNO DELLO CICLO AZIENDALE	159

PREMESSA

L'Autore di questo volume è il gruppo di lavoro "Gestione impianti di depurazione", sorto nel maggio 1998 presso la Facoltà di Ingegneria della Università di Brescia, potendo contare sul coinvolgimento di ricercatori universitari e di tecnici gestori di impianti pubblici e privati, che si sono posti l'obiettivo di approfondire lo studio delle tematiche più importanti inerenti la gestione degli impianti di depurazione.

In precedenti pubblicazioni ("La gestione degli impianti di depurazione delle acque di scarico" e "La gestione delle acque di scarico industriali", pubblicati da Il Sole 24 Ore rispettivamente nel 2000 e nel 2003; "Ottimizzazione del trattamento e smaltimento dei fanghi da depurazione delle acque reflue urbane" del 2004; "La gestione degli impianti di trattamento di rifiuti liquidi" e "Acque ad uso umano: dalle acque di rete a quelle confezionate", entrambi del 2005; "La Gestione delle acque meteoriche di dilavamento" del 2006, pubblicati da CIPA Editore; "Ecogestione nel servizio idrico integrato: elementi per l'applicazione della norma ISO 14001:04" e "Influenza dei sistemi di distribuzione sulla qualità dell'acqua potabile" pubblicati nel 2007 da Aracne editore) sono state analizzate le numerose problematiche riguardanti la gestione degli impianti di trattamento delle acque (di approvvigionamento e di scarico) e dei rifiuti liquidi.

Nel 2003, inoltre, in occasione dell'entrata in vigore del DM 185/03, era iniziata l'attività di uno specifico sottogruppo sul tema del riutilizzo delle acque reflue depurate, il cui lavoro si è concretizzato nell'organizzazione di 4 Giornate di Studio ("La gestione degli impianti di depurazione: il riutilizzo delle acque reflue - Risparmio idrico e riduzione dell'impatto sull'ambiente", svoltasi a Cremona il 20 novembre 2003; "La gestione degli impianti di depurazione: il riutilizzo delle acque reflue - Aspetti impiantistici e gestionali", svoltasi a Verona il 16 aprile 2004; "Il risparmio idrico in azienda: aspetti impiantistici e gestionali", svoltasi a Torino il 14 luglio 2006; "Il riutilizzo delle acque reflue urbane e industriali", svoltasi a Cremona il 29-30 ottobre 2007) e nella stesura del volume "Riutilizzo delle acque reflue con destinazione d'uso industriale", pubblicato da Cipa Editore nell'ottobre 2007, nel quale è stato affrontato il tema del riutilizzo industriale di acque reflue provenienti da impianti di depurazione municipali o consortili.

La presente monografia, in particolare, prende in esame una casistica che, nel corso delle summenzionate giornate di studio, è risultata molto diffusa: il riutilizzo delle acque reflue industriali (non necessariamente trattate) all'interno della stessa azienda.

Il volume, che completa gli argomenti trattati nella precedente pubblicazione, è organizzato in cinque capitoli.

I primi due capitoli illustrano le caratteristiche qualitative che le acque trattate devono rispettare per essere riutilizzate nei diversi cicli industriali e le soluzioni processistiche, tecnologiche e gestionali che possono essere adottate per ridurre il consumo idrico aziendale.

Il terzo riguarda i trattamenti di depurazione che consentono di raggiungere gli standard qualitativi di cui sopra. La maggior parte di tali processi sono noti, ben consolidati e documentati in letteratura. Qui, piuttosto, si è posta l'attenzione su quei processi meno comuni (a membrana, termici e a scambio ionico) che trovano una specifica applicazione in

questo contesto in quanto consentono di produrre effluenti di qualità decisamente superiore rispetto ai processi convenzionali.

Il quarto capitolo prende in esame il tema della sicurezza, proponendo dapprima alcune considerazioni di carattere generale e analizzando in seguito le tipologie di rischio più frequenti e significative nel settore del riutilizzo dei reflui.

Il quinto capitolo, infine, presenta i risultati dell'indagine svolta dal gruppo di lavoro con l'obiettivo di definire le principali tipologie produttive in cui è diffuso il riutilizzo interno delle acque reflue, individuare i processi e le filiere di trattamento adottati, nonché le motivazioni che hanno spinto tali aziende ad operare in questa direzione, nonché le problematiche gestionali che ne derivano.

Questa breve introduzione non può concludersi se non ringraziando tutti coloro che hanno contribuito a questa iniziativa: gli estensori dei diversi capitoli, le Aziende e gli Enti che hanno fornito i dati relativi ai casi descritti, i numerosi colleghi (gestori e ricercatori) che hanno dato un importante contributo al gruppo di lavoro e i numerosi partecipanti alle citate giornate di studio che, con le loro apprezzate osservazioni, hanno arricchito il nostro lavoro.

Si ricorda che l'attività del Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione" continua e che essa è aperta alla collaborazione di tutti coloro che ne fossero interessati.

Brescia, agosto 2009

Il Coordinatore del
Gruppo di Lavoro "Gestione impianti di depurazione"

Prof. Ing. Carlo Collivignarelli