

# ALLEGATO\_A\_1

alla “Relazione Generale Sugli Impianti Di Depurazione e sul Riuso Idrico e dei Fanghi”

## PROBLEMATICHE RELATIVE AL RIUSO DELLE ACQUE REFLUE

<b>1. Rassegna dei casi di riutilizzo esistenti.....</b>	<b>2</b>
1.1. Riutilizzo agricolo: casi esistenti ed in fase di progettazione .....	2
1.2. Riutilizzo industriale: casi esistenti ed in fase di progettazione .....	6
1.3. Riutilizzo multiplo: casi esistenti ed in fase di progettazione.....	12
1.4. Sperimentazioni nel campo del riutilizzo agricolo .....	14
1.5. Sperimentazioni e progetti di riutilizzo industriale.....	17
<b>2. Problematiche connesse all'applicabilità del D.M. 185/03 .....</b>	<b>18</b>
2.1. Riuso agricolo .....	18
2.1.1 I principali fattori di rischio .....	18
2.1.2 Il rispetto dei limiti tabellari del D.M. 185/03 .....	21
2.1.3 Altri aspetti critici .....	22
2.1.4 Integrazioni impiantistiche richieste per l'affinamento dei reflui depurati.....	23
2.2. Riuso industriale .....	25
<b>Bibliografia .....</b>	<b>28</b>

## 1. Rassegna dei casi di riutilizzo esistenti

Si descrivono in questo capitolo i principali casi di riuso di cui si è attualmente a conoscenza, suddivisi per tipologia di destinazione delle acque e censiti tra quelli di maggiore interesse fra quelli già messi in atto e, quindi, operativi, e quelli ancora in fase di studio o valutazione di fattibilità. I casi riportati non pretendono certamente di essere esaustivi dello stato del riuso delle acque reflue in Italia soprattutto perché i dati e le informazioni raccolte fanno spesso riferimento a una situazione non sempre aggiornata (per cui potrebbero, in alcuni casi, essersi modificate le condizioni al contorno, quali lo stato di attuazione del riuso, le condizioni di trattamento e/o utilizzo della risorsa idrica, gli obiettivi di qualità nel caso industriale, ecc.).

La fonte principale dei dati utilizzati sono le relazioni redatte dalle Agenzie partecipanti al Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”. Tra le altre fonti, tutte segnalate in ciascuna scheda descrittiva, le principali sono:

- Atti della 23<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: “Il riutilizzo delle acque reflue – risparmio idrico e riduzione dell’impatto sull’ambiente”. Cremona, 20 novembre 2003;
- Atti della 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: “Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali”. Verona, 16 aprile 2004;
- Atti del convegno Federchimica – Acfis “Il riutilizzo delle acque ad uso industriale”. Milano, 18 maggio 2005.

### 1.1. Riutilizzo agricolo: casi esistenti ed in fase di progettazione

#### IMPIANTO: ROSOLINA MARE (ROVIGO) - 180.000 A.E.

*Veneto*

PORTATA TRATTATA	30.000 m <sup>3</sup> /d
SCHEMA IMPIANTO	Grigliatura - dissabbiatura - disoleatura - ossidazione a biomassa sospesa - nitro-denitro - defosfatazione - disinfezione
AFFINAMENTO	Disinfezione con ipoclorito per abbattere i microinquinanti organici
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso irriguo per verde pubblico

*Fonte: Relazione ARPA Veneto per il Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”*

Il riutilizzo delle acque reflue è in fase di attivazione per l’impianto di Rosolina mare, situato a Rovigo. Nel triennio 2003/2005 è stata condotta un’analisi sull’effluente per verificare il rispetto dei limiti del D.M. 185/03. Tra i parametri per i quali si è registrato un superamento dei limiti si segnalano: i cloruri (solo per 2003 e 2004) e i solidi sospesi totali (per tutti e tre gli anni).

#### IMPIANTO: CREMONA - 180.000 A.E.

*Lombardia*

PORTATA TRATTATA	51.000 m <sup>3</sup> /d
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Per il 60% di origine civile, per il 40% industriale (prevalentemente industrie alimentari)
SCHEMA IMPIANTO	Dissabbiatura - disoleatura - sedimentazione primaria - ossidazione - nitro-denitro - sedimentazione secondaria - filtrazione - disinfezione
AFFINAMENTO	Filtrazione su tela – disinfezione con raggi UV
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni agricoli, mediante il sistema di canali del Consorzio Dugali di Cremona
ACQUE RECUPERATE	51.000 m <sup>3</sup> /d

*Fonte: 23<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: “Il riutilizzo delle acque reflue – risparmio idrico e riduzione dell’impatto sull’ambiente”. Cremona, 20 novembre 2003*

Per giungere all'obiettivo del riutilizzo delle acque reflue trattate è stata attuata una collaborazione tra A.E.M. (Ambiente Energia Mobilità) s.p.a. ed il Consorzio di Bonifica Dugali. Il progetto ha preso corpo nel 1991 ed è consistito nell'inserimento dei trattamenti terziari di filtrazione su tela e disinfezione. In realtà per particolari episodi e per brevi periodi di tempo veniva già utilizzato l'ipoclorito di sodio. Dovendo, però, garantire un funzionamento in continuo si è deciso di effettuare la disinfezione con raggi UV. Si ha il riutilizzo dell'intera portata trattata, pari a 51.000 m<sup>3</sup>/d. Nella stagione irrigua (da aprile a settembre) l'acqua viene immessa in un canale di irrigazione avente portata di 8 m<sup>3</sup>/s, alimentato mediante pompaggio dal fiume Po e da questo distribuito in canali secondari. Nelle stagioni non irrigue può essere deviata in altri corsi d'acqua (Cavo Cerca, Morta, Reale) per mantenere una portata d'acqua adeguata.

L'introduzione delle due nuove sezioni di trattamento ha portato un notevole miglioramento della qualità dell'effluente. In particolare, tra l'impianto originario e quello attuale si sono rilevate le seguenti variazioni:

- SST da 13 a 5 mg/l;
- N<sub>tot</sub> da 14 a 5 mg/l;
- P<sub>tot</sub> da 2.5 a 1.4;
- Escherichia Coli da 600.000 a 6 UFC/100 ml.

### IMPIANTO: MILANO Nosedo – 1.250.000 A.E.

*Lombardia*

PORTATA TRATTATA	5 m <sup>3</sup> /s
SCHEMA IMPIANTO	grigliatura grossolana e fine - dissabbiatura/disoletatura - trattamento biologico con denitrificazione e nitrificazione - sedimentazione finale - filtrazione - disinfezione
AFFINAMENTO	Filtrazione a sabbia - disinfezione con acido peracetico (PAA)
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni agricoli
ACQUE RECUPERATE	4 m <sup>3</sup> /s

Fonte: Relazione ARPA Lombardia per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

Il Consorzio Roggia Vettabbia usa attualmente le acque reflue effluenti dall'impianto di Milano Nosedo, e affina mediante un trattamento di filtrazione a sabbia e disinfezione con acido peracetico, per l'irrigazione, effettuata tramite una rete di canalizzazioni, dei propri terreni.

Il quantitativo di acque reso disponibile per l'irrigazione risulta, in alcuni periodi, ancora insufficiente per soddisfare la richiesta del Consorzio, che auspica un aumento della portata da destinare al riuso, ancorché essa sia comunque già consistente.

Si ricorda infatti che la portata media di tempo secco trattata dall'impianto di Nosedo risulta essere pari a circa 4,5 – 5 m<sup>3</sup>/s e che al riuso irriguo vengano adottati circa 3,6-4 m<sup>3</sup>/s, di cui 2,2 -2,4 m<sup>3</sup>/s alla roggia Vettabbia Alta e 1,4-1,6 m<sup>3</sup>/s alla roggia Vettabbia Bassa.

### IMPIANTO: MANCASALE – REGGIO EMILIA – 280.000 A.E.

*Emilia Romagna*

PORTATA TRATTATA	74.400 m <sup>3</sup> /d
AFFINAMENTO	Filtrazione - disinfezione
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso irriguo delle acque nel periodo estivo
ACQUE RECUPERATE	74.400 m <sup>3</sup> /d, in previsione

Fonte: Convegno "Risorse idriche: conservazione e difesa". Reggio Emilia, 20 maggio 2005

È in progetto il riutilizzo dell'effluente in uscita dall'impianto di depurazione della città di Reggio Emilia.

Dall'analisi dei parametri normati nel D.M.185/03 risulta che le loro concentrazioni nell'effluente si attestano su valori rispondenti ai limiti, eccetto che per: SST, azoto ammoniacale, cloruri, fosfati tensioattivi totali, oli minerali, Escherichia-coli, Salmonella. In particolare risulta necessario un trattamento che consenta una rimozione maggiore al 95% per gli oli minerali e vicina al 100% per Salmonella ed Escherichia-coli.

Per effettuare una stima dei costi di investimento e di gestione, sono state prese in esame diverse tecnologie di affinamento:

- filtrazione su tela e disinfezione con UV;
- filtrazione rapida e disinfezione con UV;
- filtrazione rapida e disinfezione con ozono;
- filtrazione su tela e disinfezione con ozono.

Le prime due opzioni sono risultate economicamente più vantaggiose delle altre due (a causa degli elevati costi dell'ozono) e comunque sufficienti a garantire la rimozione di SST ed agenti patogeni.

Si ritiene, invece, che i trattamenti analizzati non potranno permettere la rimozione degli oli minerali, per i quali si dovrà prevedere uno specifico trattamento aggiuntivo.

## IMPIANTO: PESCARA

*Abruzzo*

DESTINAZIONE ACQUE	Terreni agricoli
ACQUE RECUPERATE	26.000 m <sup>3</sup> /d

*Fonte: Relazione ARTA Abruzzo per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"*

Il Consorzio di Bonifica Centro ha sul territorio una rete di distribuzione che copre la vallata del fiume Pescara; tale rete è dotata di vasche di carico e di compenso disposte sulle colline laterali alla vallata. Nel 1990 è stato redatto un progetto che prevede il riutilizzo delle acque reflue del depuratore di Pescara per irrigare una vasta area di terreni agricoli nel territorio servito dal Consorzio di Bonifica Centro. Il progetto prevedeva il rilancio delle acque recuperate con una portata di 1.080 m<sup>3</sup>/h, prevalenza 117 metri, potenza 557 kW.

## IMPIANTO: STIGLIANO (MT) - (7.000 A.E)

*Basilicata*

SCHEMA IMPIANTO	Pretrattamenti - sedimentazione primaria – fanghi attivi combinato - disinfezione, filtrazione
AFFINAMENTO	disinfezione, filtrazione
DESTINAZIONE ACQUE	arboricoltura da legno
ACQUE RECUPERATE	426.000 m <sup>3</sup> /anno

*Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"*

Il progetto preliminare "Recupero e riutilizzo acque reflue", predisposto dall'amministrazione del Comune di Stigliano (MT), è finalizzato al recupero, e successivo riuso, delle acque reflue depurate dall'impianto di trattamento comunale. Tali acque saranno impiegate per l'irrigazione di un'area di circa 200 ettari, da riconvertire ad arboricoltura da legno per la fabbricazione di prodotti in legno.

L'esecuzione dell'intervento richiede l'adeguamento dell'impianto di depurazione esistente e la realizzazione di una rete di distribuzione, principale e secondaria, delle acque depurate nell'area individuata. Gli interventi sull'impianto sono finalizzati all'affinamento dei reflui da destinare al riutilizzo e consistono nella riduzione della sostanza organica, della carica microbica e dei solidi sospesi.

Le acque trattate verranno accumulate temporaneamente presso l'impianto, dove sarà realizzata un'unità di 400 m<sup>3</sup> di volume avente lo scopo di compenso giornaliero, e addotte all'area da irrigare attraverso una condotta di circa 5 km.

**IMPIANTO: ACQUA DEI CORSARI - PALERMO***Sicilia*

PORTATA TRATTATA	30.000.000 m <sup>3</sup> /anno
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine civile
AFFINAMENTO	Filtrazione a sabbia – disinfezione (UV, PAA e cloro)
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni agricoli

Fonte: Attività di supporto per la redazione del piano di tutela delle acque-schede 6.3

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

**IMPIANTO: C.DA POGGIARELLI - CALTAGIRONE***Sicilia*

PORTATA TRATTATA	2.449.700 m <sup>3</sup> /anno
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine civile
AFFINAMENTO	Filtrazione a sabbia – disinfezione con cloro
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni agricoli

Fonte: Attività di supporto per la redazione del piano di tutela delle acque-schede 6.3

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

**IMPIANTO: CAGLIARI – 32.114 A.E.***Sardegna (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

PORTATA TRATTATA	30.000.000 m <sup>3</sup> /d, in aumento
AFFINAMENTO	Trattamento con ozono, filtrazione su sabbia, disinfezione
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione per attività agricole
ACQUE RECUPERABILE	30.000.000 m <sup>3</sup> /d, in aumento

Fonte: Convegno tecnico-informativo "La depurazione delle acque reflue - Aspetti tecnologici e normativi" Cagliari, 28 giugno 2001

Il progetto per il riutilizzo, realizzato dall'EAF, consiste nel convogliare, previo ulteriore trattamento chimico (trattamento terziario), i reflui civili trattati dall'impianto di depurazione di Cagliari verso il serbatoio artificiale di Simbirizzi, posto a qualche chilometro dalla città di Cagliari ed attualmente operante come serbatoio di testata dello schema idrico. In questo lago confluiscono, infatti, le acque di supero del sistema, rappresentate, in particolare, dai deflussi naturali del bacino del Fluminimannu di Cagliari. I reflui, accumulati nell'invaso assieme alle altre risorse "fresche", saranno destinati all'irrigazione del comprensorio irriguo della Sardegna meridionale.

Per la realizzazione del progetto l'EAF ha avviato, ormai da diversi anni, numerose attività sperimentali e di studio in collaborazione con qualificate istituzioni del mondo scientifico fra cui le Università di Cagliari, Sassari e Napoli, l'Istituto Superiore di Sanità di Roma, il CCR (Centro Comune di Ricerca della Comunità Europea) di Ispra e il Consiglio Nazionale delle Ricerche di Pisa.

Scopo di queste attività è, soprattutto, lo studio dei due aspetti ritenuti prioritari e fondamentali per la buona riuscita del progetto: da un lato non compromettere, tramite l'immissione dei reflui, il già precario stato trofico dell'invaso del Simbirizzi; e dall'altro accertare la capacità dei suoli del comprensorio irriguo della Sardegna meridionale d'essere irrigati con refluo senza che ciò provochi un'alterazione delle proprietà chimico-fisiche ed idrauliche.

Le principali conclusioni che si possono trarre dagli studi effettuati sono le seguenti:

- Dal punto di vista della qualità delle acque, il solo problema rilevante emerso è l'alta presenza di cloruri e sodio nell'acqua in uscita dall'impianto. Il problema è legato ad immissioni e/o infiltrazioni di acque saline nel collettore fognario ed è attualmente in corso di soluzione. Per il resto la qualità dell'acqua in uscita dall'impianto esistente è soddisfacente sia dal punto di vista chimico che batteriologico e, dopo il trattamento terziario, la sua immissione nel Simbirizzi non dovrebbe alterarne le caratteristiche trofiche. Al raggiungimento di questo obiettivo contribuirà in modo rilevante una corretta gestione del serbatoio, con riferimento ai rapporti di miscelazione con acque fresche ed al volume invasato.
- Per quanto riguarda le proprietà idrauliche del suolo, si è osservata una variazione di conducibilità e dispersività solo nel primo strato (primi 20-25 cm), con una diminuzione, dopo i cicli con refluo, della conducibilità alla saturazione e delle proprietà diffusive del mezzo. Questo comportamento, presente in tutti i profili seppure in diversa entità, va attentamente valutato nel piano di utilizzo della risorsa. Ma il fatto che sia confinato allo strato più superficiale, cioè a quello soggetto alle lavorazioni, è senz'altro positivo ed a vantaggio di più facili e meno dispendiosi interventi correttivi.
- Inquinamento della falda. Si è osservato come il suolo funzioni da efficace "filtro" per gli inquinanti microbiologici, con livelli di abbattimento del 100% anche in presenza di carichi in ingresso elevati. Riguardo agli inquinanti chimici, non si sono osservati particolari problemi neppure per i temuti nitrati. Una certa attenzione va invece posta sulla tendenza ad accumulo nel suolo del boro, che è notoriamente un elemento fitotossico. Non si notano particolari fenomeni di accumulo di metalli pesanti.
- È stato osservato inoltre come l'indice di umificazione, che esprime il grado di condensazione aromatica delle molecole organiche, si sia posizionato attorno al valore 1 (uno), tipico delle sostanze ben umificate, anche dopo trattamento ripetuto con acqua reflua. In aggiunta si è notato che i processi di mineralizzazione sembrano non interessare i complessi umo-enzimatici stabili, ma solo la frazione definita "labile" della sostanza organica. Anche il rapporto fra i componenti alifatici/aromatici usciti dalla pirolisi, infine, indica una generale stabilità strutturale.

## 1.2. Riutilizzo industriale: casi esistenti ed in fase di progettazione

### IMPIANTI: ACEGAS - Zaule (TS) - 66.000 A.E.

*Friuli Venezia Giulia*

SCHEMA IMPIANTO	Pretrattamenti - sedimentazione primaria – fanghi attivi combinato - filtrazione - disinfezione
AFFINAMENTO	Filtrazione su sabbia (con rimozione di P) e disinfezione con ipoclorito di sodio
PARAMETRI OPERATIVI CONTROLLATI	BOD <sub>5</sub> , P, N <sub>tot</sub> , SST, Cl, Coliformi
DESTINAZIONE ACQUE	Acquedotto industriale a Trieste: processi produttivi
ACQUE RECUPERABILI	5.000.000 m <sup>3</sup> /anno

Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004

I principali trattamenti aggiuntivi predisposti al fine di rendere riutilizzabili le acque reflue depurate sono:

- potenziamento della fase biologica, con l'introduzione di una fase di pre-denitrificazione;
- filtrazione su letto di sabbia con lavaggio in continuo, previo dosaggio di reattivi con funzione di flocculanti e di precipitanti del fosforo. I solidi trattenuti dai filtri sono allontanati di continuo, senza richiedere periodiche messe fuori esercizio per effettuare gli interventi di controlavaggio;

- disinfezione mediante dosaggio bi-stadio di ipoclorito di sodio, con immissione diretta nella tubazione che collega la stazione di sollevamento con i filtri e successivamente nella vasca di aspirazione delle pompe di sollevamento terminale. Il necessario tempo di contatto viene ottenuto, in assenza di una capacità specificatamente dedicata, dalla permanenza nelle unità filtranti e nelle tubazioni dell'acquedotto industriale. Per maggiore sicurezza un ulteriore dosaggio di ipoclorito è realizzato all'interno del serbatoio per l'acqua industriale.

## IMPIANTO: IDL di BACIACAVALLO - ACQUEDOTTO INDUSTRIALE DI PRATO

*Toscana*

PORTATA TRATTATA	3.500.000 m <sup>3</sup> /anno
AFFINAMENTO	Coagulazione-flocculazione - filtrazione su sabbia/antracite e su carbone attivo, disinfezione. Miscelazione con acqua superficiale (fiume Bisenzio) pretrattata con filtri a sabbia (2/3 acque di riuso 1/3 acque naturali)
DESTINAZIONE ACQUE	Aziende tessili del comprensorio di Prato, servite da apposito acquedotto
ACQUE RECUPERATE	3.5 milioni di m <sup>3</sup> /anno

*Fonti: Relazione ARPA Toscana per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"; 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004; Convegno Federchimica - Acfis "Il riutilizzo delle acque ad uso industriale". Milano, 18 maggio 2005.*

Un importante esempio di riutilizzo industriale dell'acqua derivante dai reflui depurati è l'acquedotto industriale di Prato che, nato per il riciclo nel 1° macrolotto industriale di un'aliquota delle acque reflue scaricate dal depuratore di Baciacavallo, si è via via espanso fin ad abbracciare tutta la città. Detto acquedotto attualmente eroga circa 3.5 milioni di m<sup>3</sup>/anno di risorsa riciclati, provenienti dall'affinamento dell'effluente dell'impianto consortile IDL di Baciacavallo opportunamente poi miscelata con circa 1.5 milioni di m<sup>3</sup>/anno di acqua derivata dal fiume Bisenzio.

Il trattamento delle acque da riciclare provenienti dal depuratore IDL, avviene sostanzialmente attraverso filtrazione su sabbia/antracite e su carbone attivo. Il processo può essere descritto come segue:

- mediante l'ausilio di pompe, viene fornito ai reflui provenienti dall'impianto di depurazione di Baciacavallo (già trattati e conformi a quanto previsto dal D.Lgs. 152/99), il carico idraulico sufficiente a far progredire il processo seguente per gravità;
- i reflui da trattare sono addizionati con sostanze decoloranti (poliammina) e/o flocculanti e polielettroliti e successivamente inviati ad una vasca di contatto munita di agitatori meccanici che aiutano la formazione dei fiocchi e li mantengono in sospensione. La vasca è dotata di setti che costituendo un percorso obbligato favoriscono l'omogeneizzazione;
- a questo punto i reflui sono avviati ai 7 filtri a sabbia/antracite, in cui vengono trattenute tutte le sostanze sospese coagulatesi in fiocchi a seguito dei trattamenti precedenti. In questi filtri i coloranti e i corpi solidi in sospensione, aggregatesi per i trattamenti già subiti, sono più facilmente catturabili. I reflui provenienti dai controlavaggi dei filtri sono rinviati all'inizio del processo depurativo dell'IDL. I controlavaggi si effettuano generalmente ogni 12 – 30 ore a seconda della qualità dei reflui trattati, a tal fine si sfrutta acqua che ha già subito il trattamento agli stessi filtri che viene appositamente stoccata. Segue quindi una fase di ossigenazione spinta che consente la sopravvivenza della massa biologica sui filtri a carbone. L'operazione avviene mediante iniettori di ossigeno gassoso a monte dei filtri;
- le acque sovrasaturate con ossigeno, giungono nei 5 filtri a carbone attivo. Una volta il carbone attivo veniva inviato alla rigenerazione ogni 20 – 30 giorni con evidenti esborsi economici e con utilizzo di processi termici ad alta temperatura e notevole dispendio energetico. Si è poi adottata l'ossigenazione preventiva per far diventare il filtro a carbone come un reattore biologico dove si combinano le funzioni di adsorbimento e di digestione biologica dell'adsorbito. L'ipotesi

seguita è che la biomassa funzioni da rigenerante per il carbone stesso liberandolo da parte dalla materia adsorbita. Tramite questa biofiltrazione sono trattenuti parte dei microinquinanti organici fuggiti ai filtri a sabbia; questo ha consentito di minimizzare il numero di rigenerazioni effettuate (nel corso dei primi anni di esercizio - '90/'91 - avveniva circa 1 rigenerazione al mese mentre oggi vengono effettuate solo n. 2 rigenerazioni anno). Anche per questi filtri si provvede ad un controlavaggio effettuato, di norma, ogni 5-7 giorni di esercizio;

- l'acqua viene inviata allo stoccaggio finale previa disinfezione con acqua ossigenata e ipoclorito di sodio.

Le caratteristiche qualitative medie dell'acqua erogata dall'acquedotto (quindi si fa riferimento alla portata miscelata con l'acqua proveniente dal fiume) sono riportate in tabella 1.

**Tabella 1 - Caratteristiche qualitative dell'acqua erogata dall'acquedotto industriale di Prato**

Parametro	Diluita	Non diluita
pH	7,53	7,57
Conducibilità	1.271 $\mu$ S/cm	1.596 $\mu$ S/cm
Cloruri	256 mg/l	325 mg/l
SST	0,67 mg/l	1,98 mg/l
Torbidità	0,55 NTU	1,12 NTU
COD	16,39 mg/l	25,60 mg/l
MBAS	0,07 mg/l	0,07 mg/l
BiAS	0,52 mg/l	0,48 mg/l
Tensioattivi totali	0,58 mg/l	0,53 mg/l
colore	0,005 ABS 420 nm	0,007 ABS 420 nm
ORP	158 mV	138 mV

Le caratteristiche dell'acqua fornita tramite la rete acquedottistica non rispondono ai requisiti di tutte le lavorazioni presenti nelle industrie del comprensorio del tessile servite, poiché ogni utente adotta modalità lavorative diverse. Per le lavorazioni meno delicate, che assorbono il 50% dei consumi, l'acqua va bene così com'è; per le lavorazioni che richiedono caratteristiche qualitative più elevate lo stesso utente si prepara l'acqua idonea mediante diluizione con acqua pregiata (dal 30 al 70%).

### **IMPIANTI: depuratori di CECINA (LI) e ROSIGNANO (LI)**

*Toscana*

AFFINAMENTO	Chiariflocculazione – filtrazione su sabbia - filtro biologico a carbone attivo – disinfezione con UV
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso industriale per acque di processo
ACQUE RECUPERATE	4.000.000 m <sup>3</sup> /anno

Fonte: Convegno Federchimica – Acfis "Il riutilizzo delle acque ad uso industriale". Milano, 18 maggio 2005

La fornitura di 4 milioni di metri cubi di acqua all'anno allo stabilimento Solvay (che, stando alle previsioni, è partita nel luglio 2005) va a sostituirsi al prelievo da falda e permette, inoltre, la diminuzione degli scarichi a mare da parte dei depuratori di Cecina e Rosignano.

**IMPIANTO: SAN NICOLA DI MELFI (PZ) (200.000 A.E)***Basilicata*

DATI DI PROGETTO	PORTATA TRATTATA	CARICO ORGANICO			
	2.500.000 m <sup>3</sup> /anno	12.000 kg BOD <sub>5</sub> /d			
SCHEMA IMPIANTO	Sgrassatura/disoleatura – bilanciamento – coagulazione/ flocculazione – sedimentazione primaria – ossidazione a fanghi attivi – denitrificazione – sedimentazione secondaria - disinfezione				
AFFINAMENTO	Chiariflocculazione – filtrazione a sabbia				
CARATTERISTICHE REFLUO	COD(mg/l)	BOD5(mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Ptot(mg/l)	SST(mg/l)
DEPURATO	50-100	15-30	0,5-2,5	0,3-1,2	10-60
DESTINAZIONE ACQUE	Lavorazione orzo – produzione biscotti – servizi (bar, ristoranti, hotel) - metalmeccanica				
ACQUE RECUPERATE	2.220.480 m <sup>3</sup> /anno				

Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”

Nell’area industriale di S. Nicola di Melfi, estesa per 9.790.000 m<sup>2</sup>, sono insediate 55 aziende per un totale di 9.507 addetti. Sono presenti una rete idrica potabile ed una industriale e due reti fognarie separate, per le acque nere e bianche. L’impianto di depurazione consortile ha una potenzialità di circa 200.000 A.E. La quantità di acqua riutilizzata per uso industriale, dopo trattamenti terziari, è pari a 2.220.480 m<sup>3</sup>/anno.

**IMPIANTO: BARAGIANO (PZ) (50.000 A.E.)***Basilicata*

DATI DI PROGETTO	PORTATA TRATTATA	CARICO ORGANICO			
	400.000 m <sup>3</sup> /anno	3.000 kg BOD <sub>5</sub> /d			
SCHEMA IMPIANTO	Sgrassatura/disoleatura – bilanciamento – chiariflocculazione – ossidazione a fanghi attivi – sedimentazione secondaria - disinfezione				
AFFINAMENTO	Filtri a sabbia e filtri a carbone				
CARATTERISTICHE REFLUO	COD(mg/l)	BOD5(mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Ptot(mg/l)	SST(mg/l)
DEPURATO	10-50	5-10	0,2-1,0	0,5-1,5	10-40
DESTINAZIONE ACQUE	Produzione birra – manufatti in cls – profilati in alluminio – prodotti del latte – infissi in legno				

Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”

Nell’area di Baragiano, a 27 Km da Potenza, estesa per 638.570 m<sup>2</sup>, sono insediate 15 attività industriali. Sono presenti una rete idrica potabile ed una industriale e due reti fognarie separate, per le acque nere e bianche. Non è definito il quantitativo del recupero idrico industriale.

**IMPIANTO: VIGGIANO (PZ) (6.000 A.E)***Basilicata*

DATI DI PROGETTO	PORTATA TRATTATA	CARICO ORGANICO			
	350.000 m <sup>3</sup> /anno	400 kg BOD <sub>5</sub> /d			
SCHEMA IMPIANTO	Sgrassatura/disoleatura - bilanciamento - sedimentazione primaria - ossidazione a fanghi attivi - sedimentazione secondaria - disinfezione				
AFFINAMENTO	Filtri a sabbia e filtri a carbone				
CARATTERISTICHE REFLUO	COD(mg/l)	BOD5(mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Ptot(mg/l)	SST(mg/l)
DEPURATO	15-100	10-30	0,4-1,3	0,5-2,0	10-50
DESTINAZIONE ACQUE	Film in plp per alimenti – estrazione petrolio- carpenteria metallica- falegnameria- abbigliamento				
ACQUE RECUPERATE	311.040 m <sup>3</sup> /anno				

Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”

Nell'agglomerato industriale di Viggiano, esteso per 1.901.500 m<sup>2</sup>, sono insediate 32 aziende per un totale di 619 addetti. Sono presenti una rete idrica potabile ed una industriale e due reti fognarie separate, per le acque nere e bianche.

### IMPIANTO: BALVANO (PZ) (30.000 A.E.)

*Basilicata*

DATI DI PROGETTO	PORTATA TRATTATA		CARICO ORGANICO		
	160.000 m <sup>3</sup> /anno		1.950 kg BOD <sub>5</sub> /d		
SCHEMA IMPIANTO	Sgrassatura/disoletatura - bilanciamento - chiariflocculazione - percolazione - ossidazione a fanghi attivi - sedimentazione secondaria - disinfezione				
AFFINAMENTO	Filtri a sabbia e filtri a carbone (in fase di collaudo)				
CARATTERISTICHE REFLUO DEPURATO	COD(mg/l)	BOD <sub>5</sub> (mg/l)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Ptot(mg/l)	SST(mg/l)
	30-80	5-20	0,5-1,5	0,2-0,8	15-50
DESTINAZIONE ACQUE	Prodotti da forno e confezionamento prodotti dolciari				

Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

L'area industriale di Balvano, a 33 km da Potenza, si estende per 176.000 m<sup>2</sup> ed è costituita da 2 aziende per un totale di 447 addetti. Sono presenti una rete idrica potabile ed una industriale e due reti fognarie separate, per le acque nere e bianche.

E' in fase di realizzazione il nuovo impianto di depurazione delle acque reflue di Potenza, posto a valle del capoluogo, in località Tiera di Vaglio, al quale confluiranno le acque reflue urbane della città e della vicina area industriale di Tito. Anche per tale impianto è previsto il riuso delle acque a fini industriali.

### IMPIANTO: CONSORZIO ASI - PRIOLO

*Sicilia*

PORTATA TRATTATA	15.330.000 m <sup>3</sup> /anno
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine industriale
AFFINAMENTO	Nessun affinamento (solo processo biologico a fanghi attivi)
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso industriale

Fonte: Attività di supporto per la redazione del piano di tutela delle acque-schede 6.3

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

### IMPIANTO: SMAT - Settimo Torinese (TO) - 2.100.000 A.E.

*Piemonte (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

PORTATA TRATTATA	1.700 m <sup>3</sup> /h
SCHEMA IMPIANTO	Pretrattamenti - sedimentazione primaria - pre-denitro - fanghi attivi con rim. del P - filtri multistadio
AFFINAMENTO	Disinfezione con ipoclorito di sodio
PARAMETRI OPERATIVI CONTROLLATI	pH, BOD <sub>5</sub> , COD, Cl, CE, P, N-NH <sub>4</sub> , SST, Cl, Coliformi, durezza totale, Fe, Ca, Mg, Na, SiO <sub>2</sub>
POSSIBILI DESTINAZIONI ACQUE	Processi produttivi, abbattimento polveri, raffreddamento e usi civili in cartiere, industrie della gomma e pneumatici, metalmeccaniche, casa circondariale
ACQUE RECUPERABILI	1.700 m <sup>3</sup> /h
COSTI	0,04 €/ m <sup>3</sup> , compresi oneri di pompaggio

Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004

Il principale problema riscontrato nella attuazione del riuso industriale delle acque provenienti dal depuratore di Settimo Torinese è rappresentato dal reperimento delle utenze. Attualmente, infatti, il costo di trattamento dell'impianto di affinamento SMAT per il riuso dell'acqua depurata è di 0,04 €/m<sup>3</sup> (comprensivo di disinfezione e oneri di pompaggio) a fronte di un costo di approvvigionamento da pozzi e/o acque superficiali che, per le aziende della zona, è di circa 0,02 €/m<sup>3</sup>. Il riutilizzo delle acque reflue dell'impianto di SMAT risulta proponibile solo se confrontato ai costi di approvvigionamento da acquedotto, che a Torino sono tra 0.5 e 0.8 €/m<sup>3</sup>, anche se occorrerebbe mettere in conto i costi di realizzazione di una rete duale di distribuzione alle utenze.

### **IMPIANTO: SMAT - Collegno (TO) – 400.000 A.E.**

*Piemonte (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

PORTATA TRATTATA	250 m <sup>3</sup> /h
AFFINAMENTO	Filtrazione su sabbia, carbone attivo, ultrafiltrazione, disinfezione con ipoclorito di sodio
PARAMETRI OPERATIVI CONTROLLATI	pH, BOD <sub>5</sub> , COD, Cl, CE, P, N-NH <sub>4</sub> , SST, Cl, Coliformi, durezza totale, Fe, Ca, Mg, Na, SiO <sub>2</sub>
POSSIBILI DESTINAZIONI ACQUE	Processi produttivi, abbattimento polveri, raffreddamento e usi civili in cartiere, industrie della gomma e pneumatici, metalmeccaniche, casa circondariale
ACQUE RECUPERATE	250 m <sup>3</sup> /h
COSTI	0.25 €/m <sup>3</sup>

*Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004*

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

### **IMPIANTO: AMIAS – Cassano Spinola (AL)**

*Piemonte (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

AFFINAMENTO	Chiariflocculazione, filtrazione, disinfezione con UV, dosaggio fosfonati
PARAMETRI OPERATIVI CONTROLLATI	pH, BOD <sub>5</sub> , COD, Cl, CE, P, N-NH <sub>4</sub> , SST, Cl, Coliformi, durezza totale, Fe, Ca, Mg, Na, SiO <sub>2</sub>
POSSIBILI DESTINAZIONI ACQUE	Processi produttivi, abbattimento polveri, raffreddamento e usi civili in cartiere, industrie della gomma e pneumatici, metalmeccaniche, casa circondariale
ACQUE RECUPERATE	375 m <sup>3</sup> /h
COSTI	0.11 €/m <sup>3</sup>

*Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004*

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

**IMPIANTO: AMIAS – Novi Ligure (AL)***Piemonte (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

AFFINAMENTO	Chiariflocculazione, filtrazione, disinfezione con UV, addolcimento con resine a scambio ionico su metà portata
PARAMETRI OPERATIVI CONTROLLATI	pH, BOD <sub>5</sub> , COD, Cl, CE, P, N-NH <sub>4</sub> , SST, Cl, Coliformi, durezza totale, Fe, Ca, Mg, Na, SiO <sub>2</sub>
POSSIBILI DESTINAZIONI ACQUE	Processi produttivi, abbattimento polveri, raffreddamento e usi civili in cartiere, industrie della gomma e pneumatici, metalmeccaniche, casa circondariale
ACQUE RECUPERATE	375 m <sup>3</sup> /h
COSTI	0.16 €/ m <sup>3</sup>

Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

**1.3. Riutilizzo multiplo: casi esistenti ed in fase di progettazione****IMPIANTO: C.DA PADULA, zona ind. MONTEODORISIO - MONTENERO DI BISACCIA (CB) - (150.000 A.E)***Molise*

DATI DI PROGETTO	PORTATA TRATTATA	CARICO ORGANICO
	24.000 m <sup>3</sup> /d	4.839 kg BOD <sub>5</sub> /d
SCHEMA IMPIANTO	Preliminare – primario - fanghi attivi combinato – disinfezione	
AFFINAMENTO ATTUALE	disinfezione con ipoclorito di sodio	
AFFINAMENTO PREVISTO	Filtrazione idrodinamica – osmosi inversa	
DESTINAZIONE ACQUE	Industriale (zona industriale di San Salvo) e agricolo (Consorzio di Bonifica in agro di San Salvo)	
ACQUE RECUPERATE	8.600m <sup>3</sup> /d per uso industriale (in via sperimentale) 5.000-8.000 per uso irriguo (per mezzo di un collegamento estemporaneo) Richiesta autorizzazione ad ampliamento	

Fonte: Relazioni ARTA Abruzzo e ARPA Molise per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

L'impianto e lo scarico delle acque reflue sono ubicati nel Comune di Montenero di Bisaccia (CB), nella porzione molisana della sponda sinistra del fiume Trigno. Le acque trattate provengono, però, oltre che da Comune di Montenero di Bisaccia, principalmente da comuni abruzzesi (San Salvo, San Salvo Marina, Vasto Marina) e dalle aziende del Nucleo Industriale del Vastese. Inoltre, il Consorzio tratta le acque del fiume Trigno (40 l/s) destinandole a scopo potabile ai comuni della fascia costiera di San Salvo, Vasto e Montenero di Bisaccia.

Il riutilizzo irriguo delle acque, inoltre, previsto in Abruzzo, è stato fortemente richiesto per la mancanza di risorse idriche sul territorio. Proprietario dell'impianto è, infatti, il Consorzio per lo Sviluppo Industriale dell'Area del Vastese di Vasto (CH) e l'ente Gestore è la Ditta CONIV, con sede legale a Vasto.

L'impianto è stato indicato idoneo al riuso delle acque in base ad uno studio condotto dall'Università degli Studi dell'Aquila. Nel 2001 ha praticato in via sperimentale il riutilizzo delle acque a fini industriali per circa 100 l/s, per mezzo di una condotta di 400 m, tuttora esistente, che lo collega all'impianto di San Salvo. Inoltre, su richiesta del Consorzio di Bonifica Sud del Vastese e delle associazioni agricole, l'impianto ha erogato circa 60 – 100 l/s di acqua depurata per uso irriguo per mezzo di un collegamento estemporaneo realizzato fra la condotta da 400 m sopra

menzionata e la rete di distribuzione del Consorzio di Bonifica che alimenta Piana Sant'Angelo in agro di San Salvo – Montenero di Bisaccia.

Poiché dai dati analitici è emerso che le acque trattate sono difformi rispetto ai limiti del DM 185/03 relativamente ai parametri “Cloruri” e “Solidi Sospesi”, il gestore ha chiesto l'autorizzazione all'ampliamento dell'impianto per la produzione di acqua di altissima qualità, conforme ai limiti del D.M. 185/03, da destinare alle industrie localizzate nella zona (Nucleo Industriale di San Salvo) ed eventualmente anche a scopo irriguo, a servizio del Consorzio di Bonifica. Tale circostanza consentirebbe di risparmiare le acque del fiume Trigno, che allo stato attuale vengono captate e utilizzate anche a scopo industriale in ragione di circa 80 – 110 l/s, destinandole esclusivamente all'utilizzo a scopo potabile sopra menzionato.

L'ampliamento dell'impianto consiste nel:

- potenziamento dell'impianto biologico esistente: aumento del volume di ossidazione, realizzazione di un bacino plurivasca per la denitrificazione, realizzazione di un bacino supplementare di sedimentazione finale, realizzazione di un bacino multivasca di accumulo che assicuri una portata costante alla sezione di osmosi;
- recupero della unità di filtrazione idrodinamica da utilizzare con sabbia di quarzo a granulometria differenziata;
- impianto di trattamento a tecnologia avanzata tramite il processo di osmosi inversa.

### **IMPIANTO: GISSI, zona ind. Monteodorisio - GISSI (CH) – (23.300 A.E)**

*Abruzzo*

SCHEMA IMPIANTO	Preliminare – primario - fanghi attivi combinato
DESTINAZIONE ACQUE	È ancora in fase di sperimentazione e sono previsti più tipi di riutilizzo, a seconda delle possibilità offerte dal territorio

*Fonte: Relazioni ARTA Abruzzo per il Tavolo Tecnico Interagenziale “Gestione sostenibile delle risorse idriche”*

Attualmente l'impianto è dotato di stazione di sollevamento che prevede il rilancio dell'effluente recuperato alle vasche di derivazione ed accumulo dell'acqua proveniente dall'opera alla traversa di presa sul fiume che alimenta il fabbisogno idrico della zona industriale.

E' in previsione:

- un nuovo sedimentatore secondario;
- la sostituzione del sistema di aerazione, impianto di filtrazione (a sabbia o carboni ) terziario.

L'impianto è già dotato di sistema di sollevamento che rimanda ad una vasca di accumulo ed equalizzazione che può rifornire a gravità la zona industriale di Monteodorisio.

Attualmente l'impianto ha una potenziale utenza civile, ma è a totale servizio della zona industriale. Il mancato collegamento della città di Gissi è di tipo temporaneo ed è dovuto ad una interruzione della condotta.

### **IMPIANTO: SIRACUSA**

*Sicilia*

PORTATA TRATTATA	7.174.080 m <sup>3</sup> /anno
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine civile
AFFINAMENTO	Tamburo filtrante - clorazione
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso agricolo (3.000.000m <sup>3</sup> /anno) e industriale (1.400.000m <sup>3</sup> /anno)

*Fonte: Attività di supporto per la redazione del piano di tutela delle acque-schede 6.3*

Non si hanno, al momento, ulteriori informazioni relativamente a tale impianto ed alle caratteristiche quali-quantitative delle acque di recupero.

**IMPIANTO: VILLASIMIUS (CA) – 32.114 A.E.***Sardegna (non partecipa al Tavolo Tecnico)*

PORTATA TRATTATA	6.000 m <sup>3</sup> /d
AFFINAMENTO	Trattamento con ozono, filtrazione su sabbia, disinfezione
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione per attività agricole e giardinaggio e alimentazione di numerosi idranti antincendio
ACQUE RECUPERATE	6.000 m <sup>3</sup> /d

Fonte: 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004

Oltre che per ottenere una risorsa utilizzabile per le attività agricole e di giardinaggio, il riuso delle acque reflue depurate è stato cercato anche per combattere l'intrusione salina dalla falda sottomarina, e la conseguente desertificazione dei terreni, causata soprattutto dall'eccessivo prelievo da parte degli insediamenti umani.

È stata, perciò, realizzata una nuova sezione di affinamento dei reflui depurati, costituita dalle fasi di trattamento con ozono, filtrazione su sabbia, disinfezione.

Alla base delle scelte progettuali si è assunta la considerazione che il trattamento delle acque reflue non doveva garantire solo la disinfezione ma anche rimuovere tutte le sostanze sospese o disciolte bioaccumulabili che potessero, in conseguenza di un uso prolungato, alterare la composizione dei suoli ed in particolare determinare una riduzione della porosità e un loro intasamento.

L'ozonizzazione, infatti, non è vista solo come trattamento disinfezione ma anche come trattamento rivolto a far precipitare alcune sostanze organiche disciolte (ad es. idrocarburi) ed a mineralizzare sostanze organiche residue, consentendo una loro successiva filtrazione. La presenza di ozono non consente lo sviluppo nei letti filtranti di una coltura batterica che accentuerebbe il problema della disinfezione.

Il progetto originario prevedeva una sezione iniziale di chiariflocculazione, non realizzata per mancanza di fondi. Questo costringe ad un maggiore numero di lavaggi dei filtri.

**1.4. Sperimentazioni nel campo del riutilizzo agricolo****IMPIANTO: VESCOVATO (CR) - 9.000 A.E.***Lombardia*

TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine civile
SCHEMA IMPIANTO	Filtrazione- ossidazione - sedimentazione secondaria
AFFINAMENTO	Fitodepurazione
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni coltivati con piante a rapido accrescimento

Fonte: 23<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue – risparmio idrico e riduzione dell'impatto sull'ambiente". Cremona, 20 novembre 2003

L'A.E.M. s.p.a. sta conducendo, in collaborazione con la Regione Lombardia, la facoltà di Agraria dell'Università di Milano e il Comitato Termotecnica Italiano, una sperimentazione su due ettari di terreno coltivati con diverse piantagioni a rapido accrescimento. Le piante, irrigate con l'utilizzo delle acque reflue depurate, una volta raccolte vengono utilizzate per produrre energia termica in appositi impianti.

**IMPIANTO: impianto pilota presso il depuratore di BRESCIA (Verziano)***Lombardia*

PORTATA TRATTATA	15 l/h
SCHEMA IMPIANTO	Pretrattamenti meccanici - sedimentazione primaria - ossidazione - sedimentazione secondaria
AFFINAMENTO	Lagunaggio - filtrazione – disinfezione
DESTINAZIONE ACQUE	Irrigazione di terreni agricoli in serra, coltivati con differenti specie orticole
ACQUE RECUPERATE	15 l/h

Fonte: 23<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue – risparmio idrico e riduzione dell'impatto sull'ambiente". Cremona, 20 novembre 2003

Presso l'impianto di depurazione di Brescia è stato allestito, in passato, un impianto pilota per l'affinamento delle acque in uscita dallo stesso, per compiere una ricerca sugli effetti della contaminazione delle acque sulle colture orticole.

Vengono utilizzate cinque differenti acque per l'irrigazione:

- acqua di pozzo;
- liquame chiarificato (sottoposto solo ai trattamenti primari);
- effluente dell'impianto di depurazione di Brescia;
- effluente dell'impianto di depurazione, affinato tramite lagunaggio;
- effluente dell'impianto di depurazione, affinato tramite lagunaggio, filtrazione e disinfezione.

Sono stati monitorati gli effetti sulla contaminazione delle acque, delle piante e dei suoli. I risultati possono essere così riassunti:

- l'impianto pilota per l'affinamento dei reflui permette il rispetto dei limiti imposti dal D.M. 185/03, eccetto che per SST e COD;
- tutte le colture testate, indipendentemente dal tipo di ortaggi coltivati e dal metodo di irrigazione adottato, hanno mostrato, dal punto di vista della contaminazione, risultati del tutto analoghi a quelli conseguiti irrigando gli ortaggi con acqua di pozzo. La contaminazione microbiologica è risultata significativa solo nel caso di irrigazione con liquame solo chiarificato.

**IMPIANTO: CALICE – PRATO***Toscana*

AFFINAMENTO	Filtrazione – Disinfezione con PAA e UV
ACQUE RECUPERABILI	8.000.000 m <sup>3</sup> /anno, in previsione
DESTINAZIONE ACQUE	Coltura di piante ornamentali

Fonte: Relazione ARPA Toscana per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"; 26<sup>a</sup> Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria Ambientale: "Il riutilizzo delle acque reflue - aspetti impiantistici e gestionali" Verona, 16 aprile 2004

Impianto pilota sperimentale con cui è stata testata la possibilità di riutilizzo di reflui prevalentemente industriali nella coltura di piante ornamentali.

Tale esperienza ha dato confortanti risultati, dimostrando la fattibilità dell'uso. L'impianto di Calice è in grado di fornire, limitatamente ai mesi in cui per motivi meteorologici la richiesta è più pressante, l'equivalente del fabbisogno stimato per l'attività di vasetteria con irrigazione a goccia di tutta l'apianura pistoiese, pari a circa 8 milioni di m<sup>3</sup>/anno.

Si è evidenziata, inoltre, la necessità di una filtrazione più efficace dell'effluente, prima del trattamento germicida, affinché l'azione combinata di PAA e raggio UV possa massimizzare gli effetti attesi.

**IMPIANTO: PISTOIA***Toscana*

DESTINAZIONE ACQUE	Riutilizzo in campo floro-vivaistico
--------------------	--------------------------------------

Fonte: Relazione ARPA Toscana per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

Impianto pilota con cui è stata testata la possibilità di riutilizzo in campo floro-vivaistico delle acque reflue urbane trattate all'impianto centralizzato di Pistoia; anche in questo caso è stata accertata la fattibilità dell'iniziativa e la possibilità che le acque reflue possano efficacemente sostituire quelle di falda per gli usi vivaisti, con la ulteriore possibilità di ridurre le concimazioni, avendo i reflui ancora una capacità fertilizzante non propriamente trascurabile.

**IMPIANTI: MARINA DI GROSSETO e CASTIGLIONE DELLA PESCAIA***Toscana*

DESTINAZIONE ACQUE	Colture orticole: pomodoro da industria e melanzana
--------------------	---

Fonte: Relazione ARPA Toscana per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

Dal 1998 al 2002 l'ARSIA ha condotto specifiche attività di sperimentazione per verificare le possibilità di utilizzo a scopo irriguo dei reflui urbani depurati su colture orticole. Le prove, eseguite su pomodoro da industria prima, a Marina di Grosseto e su melanzana poi, a Castiglione della Pescaia, hanno evidenziato come l'applicazione di appropriate tecnologie di distribuzione (erogando le acque reflue con impianti di irrigazione a goccia sulla base del decorso del fabbisogno idrico della coltura) e di una attenta tecnica di fertilizzazione (complementando con la fertirrigazione i nutrienti apportanti con i reflui) possa consentire un uso delle acque reflue in agricoltura compatibile con le esigenze igienico- sanitarie del prodotto e la tutela dell'ambiente, anche ai fini della salvaguardia dell'inquinamento da nitrati.

**IMPIANTO: FERRANDINA (MT)***Basilicata*

AFFINAMENTO	Chiariflocculazione - filtrazione - disinfezione con cloro
-------------	--

DESTINAZIONE ACQUE	Colture arboree ed erbacee da foraggio
--------------------	--

ACQUE RECUPERATE	40-80 m <sup>3</sup> /d
------------------	-------------------------

Fonte: Relazione ARPA Basilicata per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"

Nell'ambito del POM "Attività di sostegno ai servizi di sviluppo per l'agricoltura", l'IRSA-CNR e l'Università di Basilicata stanno effettuando indagini finalizzate alla determinazione di schemi semplificati per il trattamento delle acque reflue urbane destinate all'irrigazione di colture arboree ed erbacee da foraggio. La sperimentazione è stata condotta sull'impianto di depurazione di Ferrandina in Provincia di Matera. L'impianto è stato dimensionato per il trattamento di una portata di 40/80 m<sup>3</sup>/d, sufficiente per l'irrigazione di circa 2 ettari di terreno. Al fine di garantirne il controllo è stato previsto un funzionamento durante il solo periodo di sorveglianza pari ad 8 ore/giorno.

La coltura oggetto della sperimentazione è l'olivo della varietà maiatica, che nel solo comune di Ferrandina interessa oltre 5.000 ettari. Lo schema di trattamento è di tipo chimico-fisico ed è basato su tre distinte fasi operative:

- chiariflocculazione primaria con aggiunta di coagulanti di tipo chimico;
- filtrazione in pressione dell'effluente della chiariflocculazione attraverso filtri a sabbia di quarzo o antracite;
- disinfezione con cloro delle acque chiarificate e filtrate a monte della vasca di accumulo per la distribuzione irrigua.

**IMPIANTO: impianto pilota presso BARI Ovest***Puglia*

PORTATA TRATTATA	100 m <sup>3</sup> /h
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	Di origine civile
AFFINAMENTO	Chiariflocculazione – filtrazione disinfezione (raggi UV, ozono e acido peracetico, PAA)
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso irriguo in terreni agricoli

Fonte: "Advanced treatment and disinfection for municipal wastewater reuse in agriculture", *Liberti e Notarnicola. Water Science and Technology*, 40 (4-5), 235-45.

Con un progetto di ricerca della durata di 3 anni (iniziato nel 1996) è stata studiata l'applicabilità di differenti metodi di disinfezione al fine di rendere l'effluente dell'impianto di depurazione di Bari Ovest riutilizzabile in agricoltura.

Sono stati utilizzati tre agenti disinfettanti: ozono, acido peracetico e raggi ultravioletti. I risultati migliori si sono avuti con i raggi UV, che hanno permesso di raggiungere valori inferiori a 2 CFU/100 ml. Non è stata rilevata la formazione di prodotti secondari con l'utilizzo di UV e PAA, mentre si è registrata una limitata presenza di aldeidi con l'ozonizzazione.

In tutti i casi, comunque, per raggiungere le efficienze di disinfezione desiderate, è risultato necessario un pretrattamento con chiariflocculazione e filtrazione.

**1.5. Sperimentazioni e progetti di riutilizzo industriale****IMPIANTO: impianto pilota presso COMO***Lombardia*

PORTATA TRATTATA	100 m <sup>3</sup> /h
TIPOLOGIA ACQUE TRATTATE	In parte di origine civile e in parte industriale (tessile)
AFFINAMENTO	1) Chiariflocculazione – filtrazione - carbone attivo granulare 2) Membrane
DESTINAZIONE ACQUE	Riuso nell'industria del tessile

Fonte: "Textile wastewater reuse in Northern Italy (Como)", *Rozzi et al.. Water Science and Technology*, 39/5), 121-28

Si tratta di una ricerca che ha testato l'applicabilità di trattamenti a membrana (dalla microfiltrazione all'osmosi inversa) e a carbone attivo granulare (preceduto da chiariflocculazione e filtrazione) al fine di utilizzare le acque reflue provenienti dagli impianti della Lariana Depur per il riuso nell'industria tessile.

In entrambi i casi si sono prodotte acque utilizzabili nei processi industriali delle aziende tessili.

L'utilizzo delle membrane, però ha permesso di raggiungere risultati migliori e con più continuità.

**IMPIANTO: VASTO PUNTA PENNA - PUNTA PENNA (CH) – (32.500 A.E)***Abruzzo*

SCHEMA IMPIANTO	Preliminare – primario - fanghi attivi combinato - disinfezione
DESTINAZIONE ACQUE	e sono previsti più tipi di riutilizzo, a seconda delle possibilità offerte dal territorio. Probabile è il riuso industriale nelle aziende della zona industriale di Punta Penna

Fonti: *Relazioni ARTA Abruzzo per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche"*

Il riutilizzo delle acque reflue è ancora in fase di sperimentazione.

## 2. Problematiche connesse all'applicabilità del D.M. 185/03

### 2.1. Riuso agricolo

L'importanza di questo tipo di riutilizzazione sta acquistando sempre maggiore rilievo in Europa e, soprattutto, nel bacino del Mediterraneo, dove la tradizionale carenza di risorse idriche naturali si manifesta con picchi stagionali che incidono negativamente non solo sull'agricoltura, ma anche sulle altre attività economiche (e particolarmente sul turismo) e sul benessere della popolazione.

Oltre che al risparmio delle risorse idriche naturali, che possono così essere indirizzate a scopi civili e industriali, qualitativamente più esigenti, un diffuso ricorso a forme di riutilizzazione agricola (o paesaggistica) porta il considerevole vantaggio di ridurre l'inquinamento dei corpi idrici ricettori. Da non sottovalutare è, infine, il potenziale apporto di nutrienti e micro-elementi (che nelle acque depurate per via biologica sono in concentrazioni superiori rispetto alle acque naturali) al terreno agricolo.

#### 2.1.1 I principali fattori di rischio

Allo stesso tempo è necessario porre attenzione ai potenziali effetti negativi connessi alla realizzazione di un progetto di riuso agricolo dei liquami. In prima battuta, possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

- rischio microbiologico (batteri, elminti, protozoi, virus);
- salinità, SAR, Boro, metalli, composti organici, etc.;
- inquinamento cronico del suolo;
- possibili fenomeni di eutrofia nei bacini di accumulo.

Oltre agli aspetti microbiologici, su cui di solito si focalizza buona parte dell'attenzione, esistono numerosi altri aspetti della qualità delle acque recuperate che possono avere influenza non trascurabile sul successo di un progetto di recupero e reimpiego agricolo. Tra questi si elencano i seguenti:

- sviluppo di biomasse nella rete di distribuzione;
- incrostazioni e intasamenti del sistema di erogazione (sistemi goccia a goccia);
- accumulo di sali nell'intorno del punto di erogazione (sistemi goccia a goccia);
- rischi di inquinamento della falda (per infiltrazione e dilavamento degli strati superficiali) e delle acque superficiali per scorrimento (irrigazione a spruzzo e per scorrimento superficiale);
- riduzione nel tempo della permeabilità dei suoli, dovuto a TSS;
- riduzione del potenziale osmotico dovuto alla salinità dell'acqua con riduzione dell'assorbimento idrico da parte della vegetazione;
- fenomeni di fitotossicità - sia per l'apparato radicale, che per quello aereo (nel caso di irrigazione a spruzzo) - dovuti alla presenza di metalli, boro, cloro-residuo, etc;
- problemi di ordine idraulico, poiché gli scarichi di reflui sono soggetti a violente variazioni di portata in occasione di precipitazioni intense, specie in corrispondenza di vaste aree urbane impermeabilizzate.

Qui di seguito saranno brevemente richiamati alcuni aspetti relativi ai parametri di maggiore influenza per la riuscita di un progetto di riuso agricolo.

#### *Rischio microbiologico*

Tra tutti i rischi citati, quello microbiologico assume particolare rilievo. Può essere affrontato con approcci diversi:

*Rischio accettabile, in funzione della situazione epidemiologica locale:* dipende dalla qualità media delle acque (in prevalenza superficiali) utilizzate ad uso irriguo e dalla conoscenza di documentati rischi igienici ad essa correlati.

*Rischio accettabile, in funzione del tipo di raccolti irrigati e delle tecniche di irrigazione:* dipende dagli usi prevalenti dell'acqua recuperata, dal modo in cui essa viene distribuita e dall'intervallo di tempo minimo tra irrigazione e raccolto. Ad esempio la resistenza dei virus in ambiente esterno varia tra circa 2 settimane in estate e 6 settimane in autunno e in primavera, ma già durante la prima settimana si hanno riduzioni di circa due unità logaritmiche (Yates, Gerba, 1998).

*Criterio di protezione totale:* l'acqua recuperata non deve produrre in nessun caso prevedibile problemi di tipo ambientale o igienico. Questa, ad esempio, è stata la via seguita per la cosiddetta "Emergenza Puglia" (Bonomo, Nurizzo, Rolle, 1999), che ha previsto standard di qualità per 52 diversi parametri, compresi metalli e composti organici.

Comunemente, ai fini della impostazione dei rischi nel caso di riuso agricolo, si fa riferimento a due diverse situazioni:

- riuso non limitato (unrestricted irrigation): quando l'irrigazione è effettuata su prodotti agricoli da consumare crudi o su aree aperte al pubblico (ad esempio, parchi pubblici);
- riuso limitato (restricted irrigation): quando l'irrigazione è effettuata su prodotti da non consumare crudi o su aree non aperte al pubblico (ad esempio, produzione di foraggio).

Probabilmente sarebbero opportune anche altre distinzioni legate al tipo di coltura e di contatto tra acqua e prodotto. Da questo punto di vista le tecniche di distribuzione assumono grande rilevanza: i problemi microbiologici sono infatti notevoli per l'irrigazione a spruzzo con contatto diretto (ad esempio, fragole, insalata, etc.), mentre altrettanto non accade quando si usano sistemi di erogazione goccia a goccia, soprattutto se a livello dell'apparato radicale delle colture.

È peraltro evidente che, a meno di condizioni estremamente favorevoli, risulta difficile pensare alla produzione di acque recuperate di qualità differenziata e pertanto, in assenza di una rete protetta e di una costosa struttura di controllo degli usi, diventa quasi obbligata la scelta del livello qualitativo più elevato, con evidenti ricadute sui costi.

#### *Solidi sospesi totali*

L'uso di effluenti almeno filtrati, con TSS costantemente inferiori ai 20 mg/l, non sembra portare a significative variazioni nella permeabilità dei terreni. Problemi possono per contro sorgere nei sistemi di irrigazione goccia a goccia, per i quali sono stati rilevati, con contenuto medio di TSS era mediamente dell'ordine di 50 mg/l, problemi di intasamento rapido (dell'ordine dei mesi) imputabili prevalentemente alle particelle con dimensioni tra 60 e 300  $\mu\text{m}$  (Adin e Sacks, 1988).

#### *Salinità*

Le colture vengono classificate a tale proposito in funzione del loro limite di resistenza, espressa come conducibilità elettrica specifica; le classi sono le seguenti:

- colture sensibili CES < 5 mS/cm
- colture moderatamente sensibili CES = 5÷10 mS/cm
- colture moderatamente resistenti CES = 10÷15 mS/cm
- colture resistenti CES < 25 mS/cm.

#### *SAR (Sodium Adsorption Ratio)*

Questo parametro può incidere sullo scambio cationico e sull'interazione tra suolo e radici, provocando effetti simili a quelli indotti da un'eccessiva salinità, con significative cadute di produttività; esiste una scala di accettabilità del SAR in funzione della tolleranza delle colture:

- accettabile da tutte le colture SAR<10
- determina ridotte limitazioni SAR=10÷18
- determina forti (o inaccettabili) limitazioni SAR>18.

### *Boro*

È probabilmente l'elemento la cui presenza determina le maggiori conseguenze negative per le colture (clorosi e danni all'apparato aereo): per molti raccolti il Boro è in grado di esercitare effetti tossici già a concentrazioni dell'ordine di 0,75 mg/l. Benché i suoi composti siano solubili, il Boro può accumularsi nel terreno peggiorando ulteriormente la situazione; un controllo effettuato su parcelle di terreno irrigato con liquami affinati contenenti fino a 2,5 mg B/l ha portato a rilevare incrementi fino al 400% del contenuto in Boro del terreno, rispetto ai valori delle parcelle di controllo irrigate con acqua (Indelicato et al., 1988).

È opportuno osservare, inoltre, che gli interventi depurativi tradizionali incidono solo marginalmente sulla sua concentrazione residua. A questo proposito si segnala che un'indagine svolta su 10 impianti dell'area milanese (e quindi in situazioni di generale diluizione degli effluenti) ha portato a rilevare un valore medio annuo di 0,76 mg/l, con punte fino a 1,5 mg/l (Mezzanotte et al., 1995).

### *Cloro-residuo e cloruri*

Il cloro-residuo libero non porta normalmente a conseguenze per le colture se la sua concentrazione non eccede 1 mg/l (anche se alcuni raccolti appaiono sensibili già a concentrazioni inferiori a 0,1 mg/l), mentre è sempre dannoso se supera i 5 mg/l (USEPA, 1992).

I cloruri provocano effetti simili (clorosi fogliare) a concentrazioni molto superiori: si ritiene opportuno non irrigare a spruzzo con concentrazioni di cloruri maggiori di 140 mg/l (Mara, 1998).

### *Azoto e Fosforo*

La presenza di azoto in forma nitrica costituisce una fonte di nutrienti significativa, anche se deve essere controllata la situazione idrogeologica dell'area irrigata per evitare accumuli di nitrati in falda. Minori sono gli apporti fertilizzanti per quanto riguarda il fosforo, soprattutto perché da diversi anni ne è stato bandito la presenza nei detersivi.

In tabella 2 sono riassunti i dati sugli apporti di N e P desunti dalla lunga esperienza israeliana nel settore del riutilizzo agricolo dei liquami affinati, confrontati con i fabbisogni medi. Come si può rilevare gli apporti di N sono significativi, mentre quelli di P, pur non trascurabili sono insufficienti; fa eccezione, per entrambi i nutrienti il caso delle coltivazioni ad agrumi, anche in conseguenza dell'elevato tasso di irrigazione segnalato.

**Tabella 2 - Apporti medi di N e P fornito dai liquami affinati (contenenti in media 45 mg N/l e 8 mg P/l) usati per l'irrigazione di diverse colture in Israele (Avnimelech, 1993).**

Raccolto	Irrigazione (m <sup>3</sup> /ha/anno)	Azoto (kg N/ha/anno)		Fosforo (kg P/ha/anno)	
		Apporto	Richiesta	Apporto	Richiesta
Frumento	4.600	210	250-350	37	100
Mais	2.000	90	250-350	16	100
Cotone	4.000	180	300	32	100
Cotone	8.000	360	300	64	100
Agrumi	7.000	320	120-200	56	10-30

Si ricorda, inoltre, quanto dice l'art.10 del D.M. 185/03: "gli apporti di azoto derivanti dal riutilizzo di acque reflue concorrono al raggiungimento dei carichi massimi ammissibili e alla determinazione dell'equilibrio tra il fabbisogno di azoto delle colture e l'apporto di azoto proveniente dal terreno e dalla fertilizzazione".

### *Metalli*

Molti metalli (Fe, Cu, Zn, Mn, etc.) sono micronutrienti essenziali per il metabolismo vegetale, mentre possono esercitare effetti tossici, se in elevata concentrazione.

Per quanto riguarda i metalli pesanti, uno studio californiano (citato in USEPA, 1992) ha portato a rilevare che dopo 5 anni di irrigazione con liquami affinati non erano registrati accumuli nel suolo se non per lo Zinco e il Rame; le parcelle irrigate con acqua di pozzo hanno invece evidenziato aumenti del contenuto di Ferro e, ancora, di Rame. È stato inoltre rilevato come l'apporto di metalli pesanti dovuto ai fertilizzanti chimici sia spesso decisamente superiore a quello derivante dall'impiego di liquami affinati.

#### *Risparmio idrico e codice di buona pratica agricola*

Ancora dall'art.10 del D.M. 185/03:

- “Il riutilizzo irriguo di acque reflue recuperate deve essere realizzato con modalità che assicurino il risparmio idrico e non può comunque superare il fabbisogno delle colture e delle aree verdi, anche in relazione al metodo di distribuzione impiegato;
- Il riutilizzo irriguo è comunque subordinato al rispetto del codice di buona pratica agricola”.

#### **2.1.2 Il rispetto dei limiti tabellari del D.M. 185/03**

Federgasacqua ha condotto una indagine (Drusiani, 2003; AA.VV. 2003) acquisendo dati gestionali da 94 impianti di depurazione italiani. Lo scopo dell'indagine era quello di valutare la compatibilità dei reflui prodotti con i limiti previsti dal D.M 185/03, nonché la compatibilità economica associata. I parametri che sono risultati essere “critici” per il riutilizzo delle acque reflue, vale a dire i più difficili da rispettare, sono i seguenti:

- *E. coli*, con differenze, in alcuni casi, superiori anche di due ordini di grandezza, con difficoltà anche da parte di impianti (che pur presentano performance migliori rispetto alla media) dotati di stadio terziario e disinfezione finale;
- *solidi sospesi*;
- *oli minerali*;
- *fenoli, fosforo, cromo, tensioattivi, azoto ammoniacale*.

D'altra parte è opportuno evidenziare, limitatamente ai nutrienti, quanto indicato al punto quattro dell'allegato al D.M. 185/03: “nel caso di riutilizzo irriguo i limiti per fosforo e azoto totale possono essere elevati rispettivamente a 10 e 35 mg/l”. Ciò rende di fatto inutile (soprattutto per il fosforo) l'adozione di specifici trattamenti di affinamento dell'effluente depurato.

Uno studio analogo è stato compiuto in Veneto: sono state acquisite le analisi allo scarico disponibili per gli impianti di depurazione di reflui urbani del Veneto aventi potenzialità superiore a 10.000 abitanti equivalenti, con l'obiettivo di definire la “conformità” o meno degli impianti in relazione a ciascun parametro normato nel D.M. 185/2003, in base ai criteri stabiliti al punto 5 dello stesso allegato

I parametri per i quali si sono registrate le percentuali più basse di impianti conformi sono:

- i due parametri microbiologici, *Escherichia Coli* (7%) e *Salmonelle* (17%);
- i *Solidi Sospesi Totali* (39%).

Altri parametri che presentano frequenti situazioni di non conformità sono *Ammoniaca Totale* e *Fosforo Totale* (rispettivamente: 63% e 70% di impianti conformi), e in misura minore *BOD<sub>5</sub>* (93%) e *COD* (91%);

Per gli altri parametri, si segnalano situazioni di non conformità relative a singole province: Vicenza per la *Conducibilità* e Venezia per *Oli minerali* e *Composti Organici Aromatici*; negli ultimi due casi però i dati di Venezia sono gli unici disponibili.

Vi sono, infine, una serie di parametri che, nelle analisi pervenute, non sono stati rilevati mai o lo sono stati sporadicamente e comunque mai con valori superiori al limite previsto dal D.M. 185/2003:

- Cianuri: mai rilevati su 49 analisi pervenute;

- Grassi e oli animali e vegetali: mai rilevati su 103 analisi pervenute;
- Mercurio: mai rilevati su 106 analisi pervenute ;
- Selenio: un solo rilevamento su 22 analisi pervenute, nell'impianto di Paese, con un valore di 9 µg/l a fronte di un limite di 10 µg/l. A livello regionale, però il limite è di 1 µg/l.
- Somma di Tetracloroetilene e tricloroetilene: tre rilevamenti di tetracloroetilene su 104 analisi pervenute per ciascuno dei due, con valori compresi tra 0,9 e 1,4 µg/l (il limite è di 10 µg/l);
- Tensioattivi TOT: mai rilevati su 39 analisi pervenute.

### 2.1.3 Altri aspetti critici

Vi sono altri aspetti, che vale la pena citare, i quali possono avere una influenza più o meno marcata sulla diffusione della pratica del riutilizzo. Di seguito si riporta un elenco di quelli ritenuti più significativi.

#### *Riutilizzo indiretto*

In molti casi il riutilizzo avviene spesso, nella sostanza, dal momento che molti impianti scaricano in rogge, canali o altri copri idrici superficiali facenti parte di una rete irrigua o dai quali comunque vengono emunte acque per l'agricoltura. Si parla in tal caso di riutilizzo "indiretto".

Nel D.M. 185/03 (né in altra normativa nazionale) non si fa riferimento a criteri o limiti per regolamentare la pratica tuttora molto diffusa del riutilizzo indiretto.

Da una parte è auspicabile che questa modalità di riutilizzo delle acque sia mantenuta e valorizzata. Tuttavia è opportuno considerare che essa crea problemi di compatibilità qualitativa anche all'agricoltura, oltre che ai corsi d'acqua naturali; dunque la sua conferma, o addirittura la sua incentivazione, non può che presupporre un miglioramento anche degli attuali standard qualitativi per lo scarico dei reflui depurati in acqua superficiale.

#### *"Barriere sociali"*

Un elemento che può costituire un freno al riutilizzo è rappresentato dalle cosiddette "barriere sociali", ovvero da quella diffidenza che il potenziale utilizzatore inevitabilmente manifesta nei confronti di un'acqua ricavata dagli scarichi fognari.

In numerose situazioni, fra quelle descritte nel precedente capitolo, il reperimento di utenze per le acque depurate è stato uno dei compiti più difficili da svolgere.

#### *Limite su Escherichia coli*

L'allegato del D.M. 185/03 riporta, tra i parametri microbiologici, l'Escherichia coli: la sua concentrazione nelle acque reflue in uscita dall'impianto di recupero non deve mai superare le 100 UFC/100 ml (valore puntuale massimo) e l'80% dei campioni deve essere sotto le 10 UFC/100 ml. Si fa notare, però, che un'indagine sulla qualità delle acque nella Regione Emilia Romagna indica che, per 27 corsi d'acqua significativi (compreso il fiume Po), quasi tutti utilizzati a scopo irriguo, il 75° percentile della concentrazione di l'Escherichia coli nel biennio 2001-02 si attesta tra un valore minimo di 163 UFC/100 ml e un valore massimo di 92.500 UFC/100 ml.

Nella nota 3 dello stesso allegato, inoltre, si dice che per le acque reflue recuperate provenienti da lagunaggio o fitodepurazione valgono i limiti di 50 (80% dei campioni) e 200 UFC/100 ml (valore puntuale massimo). La causa di questa significativa differenza di limitazione, probabilmente legata al fatto che l'Escherichia coli rappresenta un parametro indice e non il solo patogeno potenzialmente presente nel refluo recuperato, non è stata, però, ancora chiarita.

#### *Colture di tipo biologico*

Non è stato ancora chiarito il rapporto tra il riutilizzo delle acque di scarico e l'identificazione di coltura di tipo biologico, che potrebbe essere messo in discussione a causa della presenza di sostanze contaminanti solitamente non presenti nelle acque di falda.

### 2.1.4 *Integrazioni impiantistiche richieste per l'affinamento dei reflui depurati*

Le tecniche di affinamento utilizzabili per recuperare acqua rinnovata da reflui urbani depurati sono abbastanza ben consolidate e dirette principalmente alla rimozione dei TSS residui, mediante processi chimico- fisici, e all'abbattimento della carica microbiologica.

Fra tutti i tipi di integrazioni teoricamente adottabili per un impianto di tipo convenzionale (non considerando i bioreattori a membrana che hanno già di per sé prestazioni molto elevate), si descrivono di seguito le unità di processo più comuni ed affidabili nel settore del riuso agricolo.

*Coagulazione-flocculazione*, in fase primaria come potenziamento della eventuale sedimentazione o in fase terziaria.

Rimozione TSS (soprattutto fini/colloidali), COD/BOD<sub>5</sub>, carica microbiologica, fosforo, metalli pesanti (con eventuale opportuna regolazione del pH). Dosi ridotte di coagulanti consentono di preservare gran parte del Fosforo (Nurizzo et al., 1995).

*Filtrazione su sabbia*, in fase terziaria, eventualmente coadiuvata dall'aggiunta di reattivi flocculanti.

Rimozione finale TSS (indispensabile anche per la disinfezione, soprattutto con UV e ozono), conseguente rimozione di azoto e fosforo per la frazione sospesa, di uova di elminti e protozoi. Sono rimossi anche batteri e virus (fino a 1,8 log, con 7 mg Fe/l, di enterovirus).

Simili ai filtri per potabilizzazione anche per i carichi idraulici (5-10 m/h); meglio operare ai limiti inferiori del campo (Rigby et al., 1985), per migliorare la rimozione dei TSS fini.

#### *Filtrazione per contatto*

Può sostituire la chiariflocculazione, soprattutto per effluenti di buona qualità. Prestazioni analoghe a quelle della chiariflocculazione, anche se lievemente inferiori; richiede filtri ad alto strato o multistrato per garantire cicli sufficientemente lunghi.

#### *Flottazione ad aria (DAF)*

La chiariflocculazione DAF è talora usata per gli effluenti di stagni biologici. Ha prestazioni analoghe alla chiariflocculazione, richiedendo minori dimensioni d'impianto (tempi di ritenzione di circa 15 minuti) e dosi di reagenti molto superiori, fino a 150 mg/l di coagulanti più alcuni mg/l di polielettrolita (Bosher et al., 1998).

*Adsorbimento su carbone attivo*, da dosare in vasca di ossidazione o da prevedere a valle della sedimentazione finale in appositi filtri (eventualmente in combinazione con i filtri a sabbia).

Rimozione di inquinanti disciolti (organici e metalli pesanti) presenti in bassissime concentrazioni.

*Ossidazione chimica* (ozonizzazione, processo UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, processo Fenton), in fase terziaria.

Rimozione degli organici bioresistenti (es. tensioattivi non ionici).

Il Fenton è convenientemente adottabile in combinazione con la coagulazione-flocculazione. I primi due trattamenti risultano efficaci anche in termini di rimozione della carica microbiologica.

*Disinfezione finale* (ipocloriti, cloro, biossido di cloro, ozono, acido peracetico, raggi UV).

Garantisce limiti anche molto severi per i parametri microbiologici. Ampiamente favorita da un pretrattamento per la rimozione dei TSS in quasi tutti i casi e, particolarmente, nel caso di UV e ozono. Il trattamento ottimale, fra quelli sopra riportati) va identificato caso per caso.

#### *Osmosi inversa*

Permette la rimozione delle sostanze "conservative" (es. cloruri, il cui riferimento è peraltro un valore guida). È pressoché improponibile per impianti di trattamento di acque reflue urbane, date le notevoli portate in gioco.

*Sistemi naturali* (stagni biologici, fitodepurazione, infiltrazione/percolazione. Spesso considerati in questo gruppo i bacini di stoccaggio finale).

Rimozione di tutti gli inquinanti residui (con particolare riferimento a carica microbiologica). Richiedono spesso elevate superfici e possono dare problemi di TSS. La richiesta di impermeabilizzazione può elevare i costi d'impianto.

Gli schemi utilizzabili per l'affinamento di acque reflue depurate biologicamente risentono abbastanza delle condizioni locali, ma nelle gran parte dei casi le scelte si riducono ad un gruppo piuttosto ridotto di schemi, qui di seguito brevemente illustrati:

*Filtrazione per contatto + disinfezione*: è lo schema al momento più diffuso, per quasi tutte le potenzialità di impianto, quando si vogliono privilegiare gli aspetti di semplicità (è infatti costituito da un sistema di miscelazione in linea dei coagulanti e da una filtrazione rapida ad alto strato), ingombro ridotto, costi ragionevoli ed elasticità di esercizio. Fornisce infatti risultati medi del tutto simili a quelli ottenibili con impianti più complessi; il confronto con la cosiddetta filtrazione diretta (coagulazione + flocculazione + filtrazione rapida) si risolve solitamente a favore della filtrazione per contatto. Operando con ridotte dosi di coagulanti, consente anche di non penalizzare il contenuto residuo di fosfati. L'aspetto di maggiore peso riguarda la scelta della fase (o delle fasi) di disinfezione: sempre più frequentemente (anche per motivi economici) viene presa in considerazione l'opzione a raggi UV, eventualmente combinata con modesti dosaggi di ipoclorito o PAA, con preferenza per quest'ultimo essendo ormai in disuso l'uso dei composti del cloro.

*Metodi naturali*: l'uso della fitodepurazione appare essere molto attraente, in particolare per le piccole e piccolissime potenzialità, anche se esistono in Europa esempi di applicazioni anche per impianti di media dimensione (ad esempio in Spagna, l'impianto di Empuriabrava). Altrettanto e forse maggiore interesse stanno destando nel medesimo ambito i cosiddetti sistemi ad infiltrazione-percolazione, che alla scala dimostrativa hanno dimostrato eccellenti capacità, con ingombri inferiori fino a 10 volte rispetto ai sistemi di fitodepurazione (operano infatti a carichi idraulici dell'ordine di 0,25-0,75 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d). Sta invece scemando l'interesse, almeno in Italia, per gli stagni biologici i quali risultano essere penalizzati dall'elevata superficie richiesta e dalla necessità d'impermeabilizzazione del fondo e degli argini.

*Bacini di stoccaggio*: benché non si tratti di un sistema di trattamento vero e proprio, l'uso di questi serbatoi sembra molto appropriato per aumentare la quantità di acqua recuperata riutilizzabile e per conseguenza ridurre l'incidenza della voce ammortamento sui costi di gestione. Essi consentono inoltre di garantire una notevole sicurezza di funzionamento anche in caso di malfunzionamento dell'impianto di affinamento e riducono i consumi di disinfettante e di coagulanti; per contro possono peggiorare il valore dei TSS in uscita e richiedere quindi una specifica fase di separazione a valle dell'accumulo finale.

Tuttavia possono essere proposti anche schemi che utilizzano altre unità di processo e tra quelle di non comune impiego nel settore del riuso irriguo si possono citare le tecniche BAC (biological activated carbon), lo scambio ionico su resine selettive ed i metodi a membrana (in particolare la microfiltrazione). Mentre i processi basati sull'adsorbimento e sullo scambio ionico appaiono marginali nel settore del riuso agricolo degli effluenti, è probabile che l'attuale forte sviluppo delle tecniche a membrana le porti in un prossimo futuro ad una più larga diffusione.

## 2.2. Riuso industriale

È opportuno, innanzitutto, fare due premesse:

- il D.M. 185/03 “non disciplina il riutilizzo di acque reflue presso il medesimo stabilimento o consorzio industriale che le ha prodotte” (art.1);
- l’art.4 del decreto sopra citato prevede che “in caso di riutilizzo per destinazione d’uso industriale, le parti interessate concordano limiti specifici in relazione alle esigenze dei cicli produttivi nei quali avviene il riutilizzo, nel rispetto comunque dei valori previsti per lo scarico in acque superficiali dalla tabella 3 dell’allegato 5 del decreto legislativo 152/99, come sostituito dal D. Lgs. 152/06 ”.

Per poter definire i potenziali punti critici nell’applicazione del D.M. 185/03 relativamente al riuso industriale, è necessario, quindi, far riferimento ai possibili usi dell’acqua in uno stabilimento industriale. All’interno di una stessa industria, infatti, si ha generalmente la concomitante presenza di più impianti, per i quali sono richiesti differenti requisiti di qualità delle acque. Le tre voci principali sono:

- acque di raffreddamento;
- acque di caldaia;
- acque di processo.

### *Acque di raffreddamento*

Per le esigenze di raffreddamento è importante garantire il mantenimento dell’efficienza di scambio termico del sistema ed evitare il verificarsi di corrosioni e incrostazioni. La qualità dell’acqua richiesta dipende dal tipo di circuito di raffreddamento utilizzato.

Nei casi di raffreddamento a contatto diretto (ad es. per spegnere le ceneri e le scorie dei forni o, nell’industria metallurgica, per raffreddare i metalli durante la lavorazione) non si hanno particolari requisiti di qualità: l’acqua può essere utilizzata più volte. Per il raffreddamento con ricircolazione sono necessarie acque di elevata qualità, soprattutto per quanto riguarda *i solidi sospesi*. Nel raffreddamento a perdere, infine, si deve porre attenzione alla presenza di *depositi biologici* nello scambiatore di calore, che possono limitare l’efficienza dello scambio e dar luogo a fenomeni di corrosione.

### *Acque di caldaia*

Il parametro da cui dipende la qualità dell’acqua utilizzata per le caldaie è la temperatura (e quindi la pressione di funzionamento della caldaia). In base a questo parametro vengono definiti i limiti di qualità minimi che l’acqua dell’impianto deve soddisfare. In generale la qualità richiesta è piuttosto elevata.

Il principale problema è rappresentato dal rischio di corrosione, la cui cinetica è favorita dalle alte temperature. La più comune fonte di corrosione in una caldaia sono i *gas disciolti: ossigeno, ammoniaca e anidride carbonica*. Un trattamento, quindi, molto importante da attuare prima di immettere l’acqua nel flusso, e necessario quasi sempre anche quando l’acqua proviene direttamente da pozzo o dall’acquedotto, è la rimozione dei gas disciolti. Tra quelli menzionati, il gas più aggressivo è l’ossigeno: anche a piccola concentrazione può causare seri problemi di corrosione, spesso in forma localizzata (pitting).

Un alto grado di *durezza*, inoltre, può portare alla formazione di incrostazioni che, se di grandi dimensioni, possono provocare anche l’esplosione della caldaia stessa.

### *Acque di processo: settore cartario*

Per quando riguarda le acque di processo, uno dei settori a maggior consumo è quello cartario: per produrre una tonnellata di carta sono mediamente necessarie 40 tonnellate di acqua, con valori che variano da 5 (per le aziende più moderne) a 400, a seconda della tipologia di impianti utilizzati. I

requisiti per l'acqua di processo variano in base alla qualità della carta che si vuole produrre: le caratteristiche migliori sono richieste nel caso di carta fine e sbiancata.

I valori di *torbidità* e *solidi sospesi* sono in stretta relazione con la brillantezza ottenibile sul prodotto finale.

La presenza di *sabbia* in sospensione può danneggiare le tele e i cilindri su cui avviene il processo di feltrazione.

Un alto grado di *durezza* può portare alla formazione di incrostazioni che finiscono come scaglie nella carta e richiede, inoltre, un impiego di maggiore quantità di collanti.

La presenza di *ferro*, *manganese* e *microrganismi* può portare ad una colorazione indesiderata della carta e alla formazione di macchie.

Corrosioni e incrostazioni possono essere provocate dalla presenza di *cloruri*, *silice* o *alluminio*.

#### *Acque di processo: settore tessile*

Un altro settore notevolmente idroesigente è quello tessile: nel ciclo di produzione di una tonnellata di tessuto, un'industria consuma mediamente 100 m<sup>3</sup> di acqua (e produce 100 kg di COD). La qualità richiesta dipende dalle differenti necessità di ciascuna fibra (seta, cotone, poliestere), dalla fase di lavorazione (lavaggio, finissaggio, tintura e risciacquo) e dalle differenti qualità richieste per il prodotto finale.

Acque di maggiori qualità sono richieste per fibre sintetiche e seta e per i colori più chiari.

Una bassa *durezza* è necessaria per il lavaggio iniziale e per la tintura, ma non è indispensabile per il risciacquo.

Un *pH* troppo elevato, specialmente se accompagnato da una elevata presenza di *cloruri*, può deteriorare alcuni tipi di fibre, soprattutto la lana.

Altri parametri cui porre attenzione sono: il contenuto di *sali*, *ammoniaca*, *solfiti*, *nitriti*.

In tabella 3 sono riportati i valori limite di alcuni parametri riguardanti i requisiti per il riutilizzo dell'acqua di raffreddamento e per la produzione stabiliti dall'USEPA, e i limiti per l'acqua di processo nell'industria tessile e della carta segnalati dalla TAPPI (Technological Association for Pulp and Paper Industry).

Un'ultima notazione che si ritiene di dover fare riguarda l'importanza che la pratica del riutilizzo in ambito industriale riveste anche dal punto di vista economico. Il decreto legislativo 152/06 stabilisce infatti nell'art. 155 (comma 6) quanto segue: "Allo scopo di incentivare il riutilizzo di acqua reflua o già usata nel ciclo produttivo, la tariffa per le utenze industriali è ridotta in funzione dell'utilizzo nel processo produttivo di acqua reflua o già usata. La riduzione si determina applicando alla tariffa un correttivo che tiene conto della quantità di acqua riutilizzata e della quantità delle acque primarie impiegate".

**Tabella 3 - Criteri di qualità delle acque per alcune delle principali applicazioni industriali (settori cartario e tessile)**

Parametro	Raffreddamento	Produzione di vapore	Carta fine	Carta medio fine	Industria tessile
	USEPA		Technological Association for Pulp and Paper Industry		
pH	6.9-9.0	8.2 -9.0	6-10	6-10	-
TDS (mg/l)	500	200	200	500	100
TSS (mg/l)	100	0.5	5	25	5
Torbidità (mg/l SiO <sub>2</sub> )	50	-	10	50	-
Colore (Pt)	-	-	5	30	5
Durezza (mg/l CaCO <sub>3</sub> )	-	0.07	100	200	25
Alcalinità (mg/l HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	350	40	75	150	-
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	500	-	75	75	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	200	-	-	-	-
Ca (mg/l)	50	0.01	10	20	-
Mg (mg/l)	0.5	0.01	10	12	-
Fe (mg/l)	0.5	0.05	0.1	0.3	0.1
Mn (mg/l)	0.5	0.01	0.05	0.1	0.01
Al (mg/l)	0.1	0.01	-	-	-
COD (mg/l)	75	10	-	-	-
BOD5 (mg/l)	25	-	-	-	-

## Bibliografia

- Al-Lahham A. et al. (2003). *Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit*. Agricultural Water Management 61, 51–62.
- APAT – Università degli studi di Brescia (2005). *Guida per l'adeguamento, miglioramento e razionalizzazione del servizio di depurazione delle acque di scarico urbane*.
- Atti del Convegno Federchimica–Acfis "Il riutilizzo delle acque ad uso industriale". Milano, 18 maggio 2005.
- Atti del Convegno tecnico-informativo "La depurazione delle acque reflue - Aspetti tecnologici e normativi". Cagliari, 28 giugno 2001.
- Atti del Convegno "Risorse idriche: conservazione e difesa". Reggio Emilia, 20 maggio 2005.
- Bonomo et al. (1999). *Advanced wastewater treatment and reuse: related problems and perspectives in Italy*. Water Science and Technologies 40(4-5), 21-28.
- Colt J. (2006). *Water quality requirements for reuse systems*. Aquacultural Engineering 34, 143–156.
- Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. "Norme in materia ambientale". Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 88 del 14 aprile 2006.
- Decreto ministeriale 12 giugno 2003, n. 185. "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152". Pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 169 del 23-7-2003.
- Federgasacqua – AMAP S.p.A. . Atti del seminario "Il riuso delle acque". Palermo, 7 novembre 2003.
- Gruppo di Ingegneria sanitaria-ambientale. Atti della 23a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale "La gestione degli impianti di depurazione. Il riutilizzo delle acque reflue: aspetti impiantistici e gestionali". Verona, 16 aprile 2004.
- Gruppo di Ingegneria sanitaria-ambientale. Atti della 26a Giornata di Studio di Ingegneria Sanitaria-Ambientale "La gestione degli impianti di depurazione. Il riutilizzo delle acque reflue: risparmio idrico e riduzione dell'impatto sull'ambiente". Cremona, 20 novembre 2003.
- Liberti L. e Notarnicola M. (1999). *Advanced treatment and disinfection for municipal wastewater reuse in agriculture*. Water Science and Technologies 40(4-5), 234-45.
- Lubello C. (2004). *Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation*. Water Research 38, 2939–2947.
- Marcucci M. e Tognotti L. (2002). *Reuse of wastewater for industrial needs: the Pontedera case*. Resources, Conservation and Recycling 34, 249–259.
- Regione Emilia Romagna (2004). *Studio finalizzato all'introduzione di norme e misure volte a favorire il riutilizzo delle acque reflue*.
- Regione Lombardia (2005). Corso di formazione "Le risorse idriche sotterranee e superficiali: le nuove competenze della Regione Lombardia e degli Enti Locali". Milano, 21 febbraio 2004.
- Regione Lombardia (2005). Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) - Allegato 5 alla Relazione generale: "Uso, risparmio e riuso della risorsa idrica".
- Regione Sicilia – Presidenza del Consiglio dei Ministri - SOGESID (Società Gestione Impianti Idrici) (2004). Attività di supporto per la redazione del Piano di Tutela delle Acque.
- Relazioni agenzie ARPA per il Tavolo Tecnico Interagenziale "Gestione sostenibile delle risorse idriche".
- Rozzi et al. (1999). *Textile wastewater reuse in Northern Italy (Como)*. Water Science and Technologies 39(5), 234-45.
- Toze S. (2006). *Water reuse and health risks - real vs. perceived*. Desalination 187 (2006) 41–51
- Weber S. et al. *Human risk assessment of organic contaminants in reclaimed wastewater used for irrigation*. Desalination 187, 53–64.