

TECNICHE PER IL RIUTILIZZO DELLE ACQUE DEPURATE PER L'APPROVVIGIONAMENTO IDRICO DI EMERGENZA

Dott. ing. Luigi Lamberto

1. Premessa

La relativa abbondanza di risorse idriche in molti paesi industrializzati ha consentito, fino a tempi recenti, un uso di fatto sperequato delle acque.

Lo sviluppo industriale ed urbano è stato fortemente favorito dalla presenza di risorse idriche a scapito però di investimenti nella salvaguardia delle stesse, portando ad un peggioramento della qualità delle acque superficiali e sotterranee e un conseguente aumento dei costi per i trattamenti delle acque e per l'approvvigionamento di popolazioni ed industrie.

Oggi, in molte regioni europee, l'offerta di risorse idriche sarebbe quantitativamente sufficiente a far fronte alle domande, a prescindere da scarsità locali, abbastanza compensabili con trasferimenti (acquedotti) e con la razionalizzazione dei consumi. Il problema principale dell'economia delle acque è di natura qualitativa, poiché le qualità idriche necessarie per le più importanti forme di utilizzazione non sono più disponibili in misura sufficiente.

L'aumento della richiesta di acqua potabile sia per usi civili, sia per usi produttivi nelle industrie alimentari, ha portato a considerare con maggiore attenzione fonti di approvvigionamento alternative alle sorgenti sotterranee. Da qui il ricorso sempre più esteso al riciclo delle acque nelle industrie, e il maggior utilizzo di acque superficiali e freatiche negli acquedotti per la produzione di acqua potabile.

In Italia, il consumo idrico annuo ammonta a circa 50 miliardi di m³ così suddiviso: il 12% per uso potabile, il 25 % per uso industriale, e il 63% per uso agricolo. Diventa quindi interessante (e talvolta indispensabile) prendere in considerazione le risorse "non convenzionali" tra le quali le acque reflue in uscita degli impianti di depurazione che, si stima, in Italia servano "effettivamente" 34 milioni di abitanti.

2. Le problematiche del riutilizzo

La fig. 1 rappresenta, in sequenza temporale, le modifiche qualitative conseguenti l'impiego delle acque. Risorse idriche di buona qualità sono di norma utilizzate per produrre acqua potabile, successivamente inquinata dagli usi urbani ed industriali. Gli impianti di depurazione sono oggi concepiti per recuperare il livello qualitativo richiesto allo scarico, tenuto conto delle esigenze dell'ambiente acquatico e degli usi multipli dei corpi ricettori.

A tal fine sono in genere sufficienti obiettivi di depurazione non particolarmente stringenti, conseguibili con i consueti processi depurativi che restituiscono reflui di qualità peraltro inferiore a quella delle acque originariamente attinte.

Il riuso richiede invece alcune fasi aggiuntive di *affinamento* diversificate in funzione delle utilizzazioni previste che possono anche comprendere il riuso potabile diretto. Le tecnologie oggi disponibili sono infatti in grado di produrre, dai reflui, acqua di qualità comunque elevata, utilizzabile per qualsiasi uso, bisognerà però fare i conti con vincoli di carattere economico.

Parlando di riuso si dovrà anche valutare il sistema di infrastrutture esistenti o necessarie per pianificare interventi nel settore, bisognerà avere un quadro completo del sistema depurativo

esistente (tipologia dei trattamenti utilizzati), delle infrastrutture di adduzione e di distribuzione da realizzare, il tutto in relazione alla “domanda” di risorsa alternativa espressa dagli utilizzatori, dagli organismi decisori e più in generale dall’opinione pubblica.

3. Il riutilizzo nella normativa

A livello comunitario e nazionale, la legislazione vigente fornisce ampi margini di possibilità al riutilizzo dei reflui depurati, inteso come strumento di pianificazione integrata dell’uso dell’acqua e di risparmio idrico.

La legge 183/89 che si prefigge lo scopo di “*assicurare la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la funzione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essa connessi*” parla chiaramente della necessità di pianificazione degli interventi in un’ottica di bacino e indica nella razionalizzazione dell’uso delle risorse la strada per risanare, prevenire e salvaguardare le risorse stesse.

La legge 36/94 “*Disposizioni in materia di risorse idriche*”, la cosiddetta “legge Galli”, che riordina il settore idrico in Italia, punta molto sui concetti di risparmio idrico e di riutilizzo delle acque e indica le strade da percorrere per la loro applicazione: modernizzazione delle reti di adduzione e distribuzione, nuove norme sul riutilizzo dei reflui depurati.

Questi principi sono ribaditi e rafforzati dal **D.lgs. 152/99** che recepisce alcune direttive emanate dalla comunità europea (Dir 91/271/CEE; Dir 98/83/CEE) questo provvedimento è stato comunemente chiamato “Testo unico sulle acque” e si presenta come una “*Legge quadro per la tutela delle acque dall’inquinamento*”, in cui si afferma che “*...la tutela quantitativa della risorsa concorre al raggiungimento degli obiettivi di qualità attraverso una pianificazione delle utilizzazioni delle acque volta ad evitare ripercussioni sulla qualità delle stesse e a consentire un consumo idrico sostenibile...*”. Relativamente al risparmio idrico e al riutilizzo dell’acqua il D.lgs 152 riprende i concetti espressi negli art. 5 e 6 della legge 36/94: alle Regioni è affidato il compito di individuare “*...le misure necessarie all’eliminazione degli sprechi e alla riduzione dei consumi e a incrementare il riciclo e il riutilizzo...*”.

In particolare le Regioni sono invitate ad adottare misure volte a favorire il riutilizzo delle acque reflue depurate, mediante incentivi ed agevolazioni alle imprese che adottano impianti di riciclo. Inoltre, riportando l’articolo 26 comma 1 della 152/99, “*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 delle quantità di acqua riutilizzata e della quantità delle acque primarie impiegate*”.

Anche il **D.lgs 18 agosto 2000, n. 258** recante “*Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall’inquinamento*” ripropone in maniera marcata l’esigenza di riutilizzo dell’acqua e di risparmio idrico.

Dal quadro normativo presentato emerge che ciascuno dei potenziali riutilizzi richiede specifici standards di qualità, che si possono conseguire attraverso trattamenti tecnicamente adeguati (allo specifico reimpiego), sicuri dal punto di vista igienico-sanitario e competitivi sul piano economico.

4. Reimpiego per uso potabile

Si distingue:

- un riutilizzo "diretto" (ciclo chiuso), che prevede una immissione diretta del refluo trattato nel sistema di distribuzione idrica;
- un riutilizzo "indiretto", che prevede lo stoccaggio intermedio del refluo in un bacino artificiale o naturale prima della distribuzione in rete.

Un caso rilevante di questa seconda modalità di riutilizzo è la "ricarica della falda" (ottenibile a sua volta o per iniezione diretta o mediante infiltrazione su terreno permeabile).

I requisiti di qualità da rispettare rimandano:

- per il riutilizzo "diretto" alla normativa che regola la qualità dell'acqua destinata al consumo umano (in particolare L. 236/88);
- per il riutilizzo "indiretto" alle norme che riguardano la qualità di acque destinabili a potabilizzazione (Direttiva CEE 75/440, normative nazionali, Piani di Risanamento Regionali etc.).

Per rispondere ai richiesti standards qualitativi, sono ovviamente molteplici le alternative di trattamento disponibili.

Dovendo necessariamente "schematizzare", si possono distinguere due schemi impiantistici:

- un processo "completo" che, a partire da acque depurate in un impianto convenzionale di depurazione degli scarichi urbani, preveda, in sequenza: chiariflocculazione - filtrazione - adsorbimento su carbone attivo - processo a membrana e disinfezione finale; tale schema è da ritenersi capace di produrre un'acqua potabile, destinabile quindi al riutilizzo diretto o alla ricarica della falda per iniezione diretta;
- un processo "semplificato" che, limitato a filtrazione - adsorbimento su carbone attivo e disinfezione, è destinato al riutilizzo indiretto (ricarica di falda per infiltrazione e, in generale, successivo trattamento di potabilizzazione).

Per quanto riguarda le applicazioni del reimpiego per uso potabile:

- in Italia non esistono né si prevedono applicazioni, per ora, alla scala reale;
- all'estero esiste un non trascurabile numero di applicazioni sia in ciclo chiuso (Africa, Colorado) sia, soprattutto, di riutilizzo indiretto (California, Israele, Messico etc.).

5. Reimpiego per uso industriale

Si distinguono:

- reimpieghi per servizi generali (essenzialmente circuiti di raffreddamento e caldaie);
- reimpieghi specifici in diversi cicli tecnologici (tessile, conciario, cartiere, acciaierie etc.).

In assenza di standards di legge, esistono, nella letteratura tecnica, linee guida che fissano le caratteristiche delle acque per i riutilizzi sia generali che specifici.

I conseguenti schemi impiantistici proponibili sono i seguenti:

- per il reimpiego in circuiti di raffreddamento può essere sufficiente la sequenza chiariflocculazione-filtrazione ed eventuale disinfezione;
- per il reimpiego in caldaia, alla chiariflocculazione-filtrazione va aggiunta senz'altro una demineralizzazione (tramite resine a scambio ionico);
- per i reimpieghi specifici, la sequenza di trattamento è evidentemente (molto) variabile con la natura del processo produttivo.

Per quanto riguarda le applicazioni del reimpiego in campo industriale, esistono già in Italia esempi assai interessanti, alcuni dei quali ormai collaudati dall'esperienza di un certo numero di anni; tra questi sono da citare:

- il caso delle aziende tessili del comprensorio di Prato, ove l'acquedotto industriale è alimentato da una miscela costituita da acque superficiali e dall'effluente di un impianto consortile (quest'ultimo affinato mediante filtrazione, adsorbimento su carbone attivo e clorazione);
- il caso del reimpiego in acciaieria di reflui urbani (affinati mediante flottazione, filtrazione e disinfezione a Piombino);
- il caso del reimpiego nell'industria tessile di reflui affinati a Como.

Nei suddetti e altri casi si ha inoltre notizia, a conferma dell'attualità dell'interesse di questo tipo di reimpiego idrico, della sperimentazione di trattamenti di affinamento innovativi (ozonizzazione, elettro-flocculazione, sistemi a membrana etc.).

Nel settore del reimpiego industriale dei reflui affinati, si segnalano all'estero numerose applicazioni sia nei circuiti di raffreddamento/riscaldamento (centrali di potenza, raffinerie di petrolio, industrie chimiche etc. in U.S.A., Israele, Sud-Africa) sia in cicli tecnologici specifici (nell'industria conciaria, cartaria etc., in Germania, Turchia e altrove).

6. Reimpiego per uso agricolo

Nella vasta casistica di uno dei reimpieghi più largamente adottati, si distinguono:

- l'utilizzo diretto (che vede il refluo, più o meno affinato, direttamente reimpiegato a scopo irriguo);
- l'utilizzo indiretto (ove il refluo è sversato in corpo idrico destinato all'uso irriguo).

I requisiti di qualità per le acque ad uso irriguo non trovano un univoco riferimento nè a livello internazionale, nè a livello italiano.

Per quanto riguarda i trattamenti di affinamento (a partire dall'effluente secondario di un impianto di trattamento per reflui urbani), una soluzione tradizionalmente proposta è la seguente:

- chiariflocculazione-filtrazione-disinfezione ed eventuale lagunaggio per acque destinate ad irrigare ortaggi e comunque colture da consumarsi crude;
- chiariflocculazione (o stagno biologico) ed eventuale disinfezione per acque destinate ad irrigare frutteti e pascoli;
- stagno biologico (ed eventuale laguna di stoccaggio) per acque da inviare su colture non alimentari.

Le applicazioni italiane di questa forma di reimpiego sono numerose così come quelle in programma per il prossimo futuro:

in Puglia si sono realizzati numerosi impianti il cui effluente è destinato ad affinamento per successivo uso agricolo; inoltre, in questa Regione, sono recenti gli studi sperimentali, soprattutto finalizzati a definire la forma ottimale di disinfezione;

in Sicilia e in Sardegna si stanno costruendo impianti con affinamento per uso irriguo dell'effluente; in Emilia Romagna si stanno utilizzando in agricoltura reflui trattati mediante fasi di affinamento sia chimico fisiche sia "naturali" (fitodepurazione).

All'estero, le applicazioni sono numerosissime: tra le tante si segnala il caso di Israele, ove oltre il 70% dei reflui urbani è reimpiegato in agricoltura.

Altre applicazioni in Messico, Giordania, Perù e Kuwait.

6. Altri impieghi: usi civili non potabili

Le alternative di utilizzo riguardano:

irrigazione di parchi, aree verdi, campi di golf etc.;

uso domestico in servizi igienici (non a contatto con la persona);

usi commerciali (es.: lavaggio autoveicoli);

usi ornamentali (es.: fontane),

e si prestano ad essere alimentati dai cosiddetti "sistemi duali" di distribuzione (con una rete che trasporta acqua ad uso "potabile" e un'altra che contiene acqua di reimpiego ad uso "non potabile").

Per quanto riguarda i requisiti di qualità, non esistono standards di legge ma, come per altre forme di reimpiego, linee guida per riutilizzi specifici.

Gli schemi di trattamento proposti sono costituiti da chiariflocculazione-filtrazione-disinfezione e successivo invio alla rete non potabile (a partire dall'effluente di un impianto convenzionale per liquami domestici).

Applicazioni in questo settore sono segnalate:

- in Olanda (con sistemi duali che destinano l'acqua di recupero ai classici riutilizzi civili non potabili);
- in Finlandia (ove da oltre 20 anni la pratica ha una certa diffusione).

7. Cenni alle tecniche di affinamento dei reflui depurati

Con il termine "affinamento" o "trattamento terziario" viene indicato un ulteriore stadio di trattamento depurativo da effettuare dopo il trattamento primario (sedimentazione primaria) e secondario (ad es: aerazione e sedimentazione secondaria) in un impianto di depurazione, avente lo scopo di migliorare le caratteristiche dell'effluente con gli obiettivi di riutilizzo sopra descritti (fig.2).

Le tecniche di affinamento utilizzabili sono abbastanza ben consolidate e principalmente dirette alla rimozione dei SS¹ e all'abbattimento del BOD₅² le principali si avvalgono di:

- microfiltri
- filtri a sabbia lenti
- filtri a sabbia rapidi
- filtri in ghiaia su vasche di sedimentazione secondaria
- contattori a carboni attivi

¹ solidi sospesi: si indicano le sostanze presenti nell'acqua sotto forma di particelle sospese e colloidali, in pratica sono le sostanze visibili non filtrabili.

² Si indica con BOD (Biochemical Oxygen Demand) la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi aerobi, per poter procedere all'assimilazione e alla degradazione delle sostanze organiche presenti nei liquami.

Microfiltri

In casi particolari, specie dove s'incontrano grosse difficoltà nel reperimento di aree, si può ricorrere ai microfiltri, costituiti da un cilindro ruotante attorno al suo asse con velocità periferica di 0,5 m/s, sulla cui superficie è disposta una tela finissima di acciaio inox (la trama della rete può variare fino a 170 fori/mm²); il carico idraulico superficiale CIS³ applicato e compreso tra 3 e 10 m³/h per m² di superficie della tela. Le particelle del fango, bloccate dalla rete del microfiltro, sono poi rimosse a mezzo di getti di acqua depurata, riciclata (fig. 3).

I consumi di acqua di lavaggio ammontano a circa il 5% dell'acqua trattata.

Con i microfiltri si possono ottenere rendimenti nella rimozione dei solidi sospesi dell'ordine del 50-60% e del BOD dell'ordine del 20-30%; modesto è l'abbattimento della carica batterica, non superiore al 20-30%.

Filtri lenti

Sono costituiti da vasche che vengono poste in successione alla sedimentazione secondaria, all'interno la massa filtrante è formata da uno strato di sabbia dello spessore da 50 cm a 1 m con granulometria di 0,25-0,60 mm poggiante su uno strato inferiore di ghiaietto della pezzatura di circa 10 mm entro il quale è posta una tubazione di drenaggio (fig. 4).

I due meccanismi depurativi principali sono:

- *filtrazione superficiale*: i solidi sospesi vengono trattenuti sulla superficie della massa filtrante e così anche una parte delle sostanze organiche inquinanti;
- *ossidazione*: il materiale granulare costituisce un reattore biologico, un supporto di superficie specifica estesa sul quale si stabiliscono e si sviluppano i batteri aerobici responsabili dell'ossidazione delle sostanze inquinanti (azoto organico, azoto ammoniacale, ecc).

L'aerazione avviene tramite una convezione dovuta allo spostamento degli strati d'acqua, si può anche immettere ossigeno nella zona porosa attraverso condotte d'aerazione.

Il CIS applicabile è dell'ordine di 3-3,5 m³/m² x giorno.

La pulizia della superficie si presenta necessaria ogni 15-30 giorni.

Tuttavia i filtri lenti non sono esenti da inconvenienti: essi talvolta tendono ad intasarsi e a gelare durante l'inverno, inoltre per impianti di una certa potenzialità le aree di terreno diventano eccessive.

Filtri a sabbia rapidi

I filtri rapidi si caratterizzano rispetto ai filtri lenti, per le velocità di filtrazione molto più elevate: 100-500 m³/m² x giorno, pari a 4-20 m³/m² x h che consentono di ridurre notevolmente le superfici occorrenti. Tale sistema presenta il vantaggio di elevata elasticità di funzionamento e ridotte dimensioni d'ingombro.

Secondo l'impostazione tradizionale, un filtro rapido è costituito da uno o più strati di materiale granulare, supportati da un fondo drenante, attraversati dall'alto verso il basso dalla corrente di acqua da filtrare.

Il fondo drenante assolve a tre funzioni:

- impedire il passaggio della sabbia con l'acqua filtrata
- ripartire uniformemente il flusso durante la filtrazione

³ CIS (carico idraulico superficiale): la quantità di liquido che irroro dall'unità di superficie del mezzo filtrante nell'unità di tempo, indica quindi la velocità di attraversamento del filtro. Si misura in m³/m² x h oppure in m/h

- ripartire l'acqua durante il lavaggio

La filtrazione si realizza con un processo ciclico discontinuo, il filtro viene mantenuto in esercizio finché le perdite di carico dovute all'accumulo di impurità diventano eccessivamente elevate, si procede così un "lavaggio" del materiale filtrante, in controcorrente, a mezzo di energico flusso di acqua (o acqua e aria), per durate di circa 15-20 min. Il materiale filtrante deve essere di natura silicea, per resistere agli attriti che si creano nel lavaggio (fig. 5).

Talvolta si usa la **flocculazione filtrazione** impiegando reagenti chimici coagulanti quali sali minerali metallici o polielettroliti:

- solfato di alluminio,
- solfato ferroso e ferrico,
- cloruro ferrico,
- policloruro di alluminio.

Tali prodotti attuano azione destabilizzante grazie alla carica elettropositiva del catione metallico in grado di annullare la carica elettronegativa delle particelle colloidali in sospensione.

Si ha quindi il trattamento chimico di coagulazione-filtrazione:

- la flocculazione si attua all'interno del filtro che consente ottime possibilità di collisione tra i micro fiocchi (fase di flocculazione);
- la massa filtrante, successivamente, provvede al bloccaggio dei microfocchi (fase di filtrazione).

Con tale sistema, rispetto la semplice filtrazione, si ottengono rendimenti depurativi maggiori (fig.6), inoltre si ha una rimozione della carica batterica fino al 90%.

Filtri in ghiaia su vasche di sedimentazione secondaria

Tali impianti si usano per migliorare il rendimento della fase di sedimentazione secondaria nel rimuovere i solidi sospesi. Il liquame chiarificato, prima di uscire dalla vasca di sedimentazione è costretto a passare, con flusso ascendente, attraverso uno strato di ghiaietto, supportato da un graticcio metallico, costituito da una rete con maglie dell'apertura di circa 4mm (fig.7). Vasche di questo tipo sono molto usate in Inghilterra, con strato di spessore di 15 cm, e con materiali di pezzatura di 5-6 mm. I rendimenti nella rimozione dei SS sono dell'ordine del 50%.

Periodicamente viene effettuata la pulizia abbassando il livello liquido della vasca e provvedendo ad un energico lavaggio con getto d'acqua in controcorrente.

Contattori a carboni attivi

Con i normali filtri non si riesce ad ottenere l'abbattimento di sostanze microinquinanti quali: insetticidi, pesticidi, metalli pesanti, sostanze tossiche. Si utilizzano così processi fisici impiegando carboni attivi, che generano fenomeni di attrazione superficiale determinati dall'enorme superficie "attiva" della massa dei carboni, che è in grado di catturare per adsorbimento le particelle delle sostanze inquinanti prima indicate.

In commercio si hanno due tipi di carbone attivo:

- in polvere
- in granuli

Il carbone attivo in polvere può essere aggiunto a monte della filtrazione finale (fig. 8), oppure a monte o a valle della vasca di ossidazione dove, vengono adsorbite, le sostanze inibenti i processi biologici (fig. 9).

Nel primo caso, il carbone attivo rimane bloccato sulla superficie del filtro, e in fase di lavaggio in controcorrente, viene rinviato a monte del trattamento chimico, in modo da esaurire la sua capacità depurativa prima di essere eliminato.

Nel secondo caso il carbone attivo viene eliminato nella fase di sedimentazione.

Il carbone attivo in polvere presenta difficoltà nel reperimento, inoltre non può essere recuperato e rigenerato.

Il carbone attivo in granuli è adatto per impianti superiori a 100.000 AE, normalmente è posto in strutture metalliche in “pressione”, simili a quelle viste per i filtri a sabbia, di altezza di circa 5 m, considerando un franco libero del 10% atto a consentire una espansione della massa filtrante durante il lavaggio. I tempi di contatto necessari per l’adsorbimento degli inquinanti si aggirano intorno ai 15-30 min. con velocità di attraversamento di 4-10 m/h. E’ sempre opportuno che la filtrazione sui carboni attivi sia preceduta da una filtrazione rapida su sabbia, per trattenere solidi sospesi, che, se bloccati dal filtro a carbone, ne determinerebbero un rapido decadimento delle proprietà adsorbenti. Inoltre nei casi in cui, nei processi depurativi, si adotti l’uso di calce, la filtrazione a sabbia posta a monte dei carboni attivi, consente la precipitazione sui granuli di sabbia del carbonato di calcio, che così non va ad intaccare la capacità depurante dei granuli del carbone attivo.

A differenza del carbone attivo in polvere, quello a granuli può essere agevolmente rigenerato con trattamenti termici, che avvengono con riscaldamento dei granuli stessi ad alta temperatura, in speciali forni che provocano il “desorbimento”, cioè la separazione dal carbone attivo delle sostanze organiche precedentemente trattenute (fig. 10).

8. I sistemi di affinamento naturale

Le tecniche di affinamento naturale, sono processi di trattamento delle acque che sfruttano colture su supporto fide oppure colture libere che utilizzano l’energia solare per produrre ossigeno tramite fotosintesi. I vantaggi dati da questi impianti, detti anche estensivi, sono:

- consumi energetici nulli o ridotti
- costi di gestione limitati
- buon inserimento ambientale
- buoni risultati in termini di abbattimento di parametri microbiologici

- di contro abbisognano di ampie superfici.

Bisogna precisare che tali tecniche vengono utilizzate, oltre che come sistemi di affinamento, come trattamenti di depurazione secondari.

Si andranno ora a descrivere brevemente le tecnologie di affinamento più usate:

- la fitodepurazione
- il lagunaggio naturale

Il lagunaggio naturale

La depurazione avviene grazie ad una fase di permanenza all’interno di bacini impermeabili. Il meccanismo da cui muove la tecnica delle lagune naturali è la fotosintesi. La massa d’acqua che staziona sulla superficie del bacino è a contatto con la luce; le alghe così formate producono l’ossigeno necessario allo sviluppo e al mantenimento dei batteri aerobici, così come i sali minerali

contenuti nelle acque, permettono alle alghe di proliferare. Si assiste così allo sviluppo di due popolazioni interdipendenti: batteri e alghe, entrambi detti “microfiti”.

Sul fondo del bacino, invece, dove la luce non penetra, la degradazione dei sedimenti prodotti dalla decantazione della materia organica ha luogo grazie alle attività di batteri anaerobi (fig. 11).

8. Conclusioni

Bisogna precisare che i trattamenti “terziari” devono essere differenziati in funzione del tipo di reimpiego: il loro grado di complessità è normalmente crescente a partire dall’uso agricolo per andare a quello industriale e finire con quello potabile.

Il riutilizzo rappresenta quindi un obiettivo sempre più realistico alla luce degli interventi di miglioramento richiesti, per far fronte ai nuovi standards imposti agli scarichi: esistono già esempi, in proposito, nei quali relativamente modesti incrementi di costo consentono di passare da uno scarico in linea con limiti stringenti ad un effluente reimpiegabile (in campo industriale o agricolo).

Bibliografia

Nurizzo C., Vismara R., Butelli P., Mezzanotte V. (1989). *Trattamenti per il reimpiego irriguo di liquami depurati*. Quaderni di ingegneria Ambientale n.10, ed. CIPA, Milano.

Masotti L. (1987). *Depurazione delle acque, tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto*. Ed. Calderini, Bologna.

AA.VV. (2001). *Processi estensivi di depurazione delle acque reflue, specifici per piccoli e medi insediamenti*. Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle comunità europee, Lussemburgo.

Vismara R. (1998). *Depurazione Biologica, teoria e processi*. Ed. Hoepli.

Hammer M. (1986). *Manuale di tecnologia dell’acqua*. Ed Tecniche nuove.

Passino R. (1980). *La conduzione degli impianti di depurazione delle acque di scarico*. Ed scientifiche A. Cremonese, Roma.

Franco M., Passadore L. (1999). *Testo unico sulle acque, disposizioni sulla tutela delle acque dall’inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE*. Ed Hyper, Venezia.

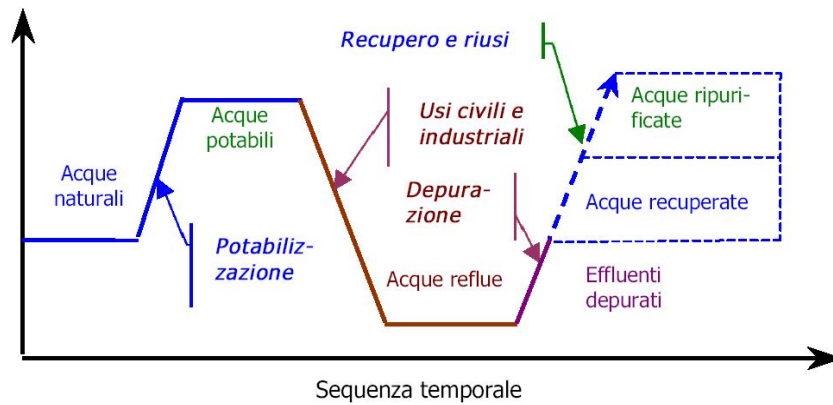


fig. 1- Modifiche delle caratteristiche delle acque connesse al loro uso ed ai trattamenti di potabilizzazione, depurazione e affinamento (Mujeriego & Asano).

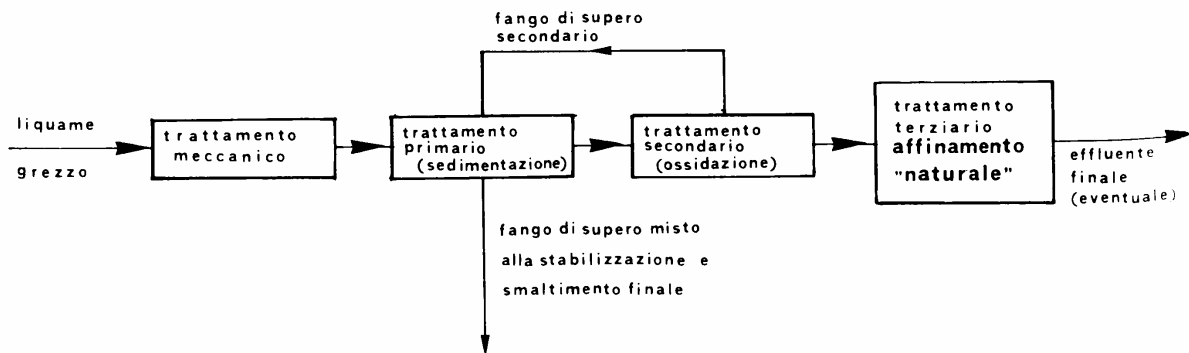


fig. 2- Schema di funzionamento di un sistema di affinamento disposto a valle di un trattamento depurativo.

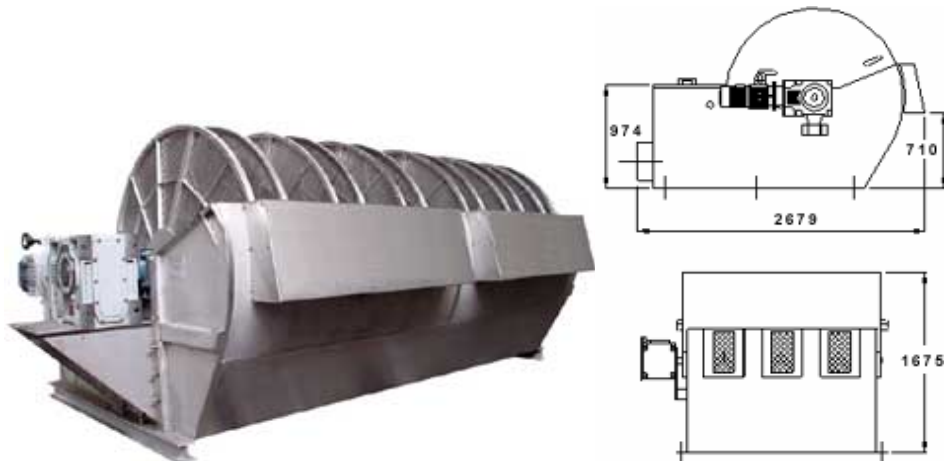


fig. 3- Microfiltro brevettato dalla Nuove Energie s.r.l.

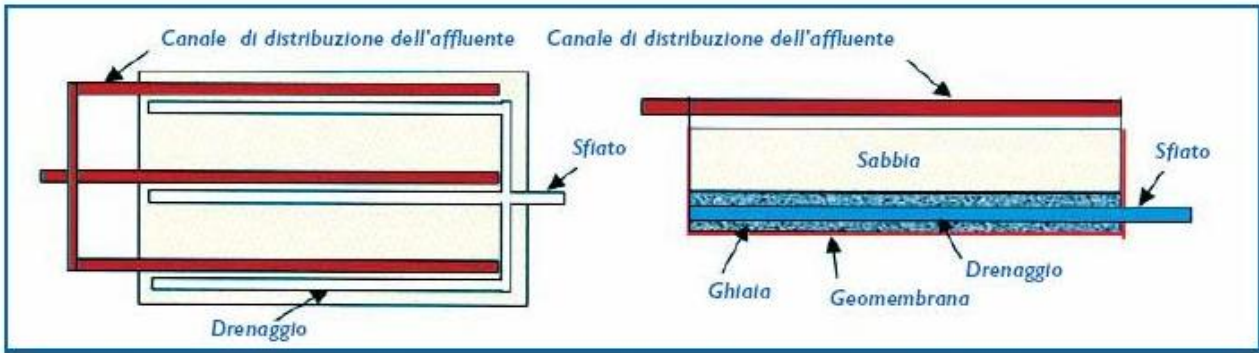


fig. 4- Filtro lento (Agences de l'Eau)

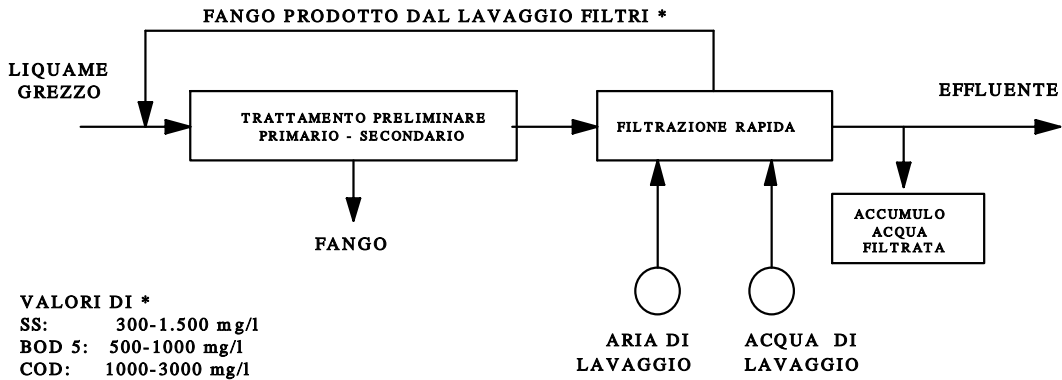


fig.5- Schema funzionale di impianto di filtrazione rapida.

	BOD 5 mg/l	SS mg/l	BOD 5 mg/l	SS mg/l
FILTRAZIONE CONVENZIONALE	12-15	15-25	2-5	1-4
FLOCCULAZIONE FILTRAZIONE			5-10	1-5
	PRIMA DELLA FILTRAZIONE		DOPO LA FILTRAZIONE	

fig.6- Confronto dei risultati depurativi con e senza reagenti chimici coagulanti.

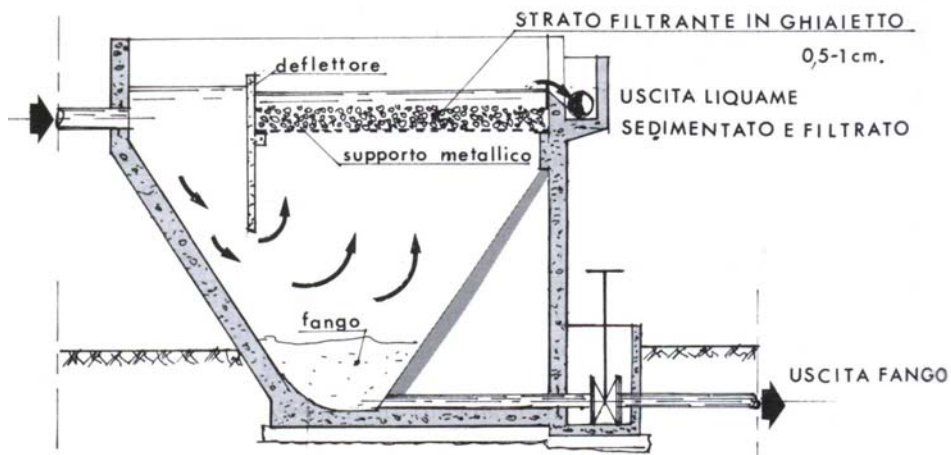


fig.7- Vasca di sedimentazione secondaria a flusso ascensionale, corredata da strato filtrante (dis.Banks)

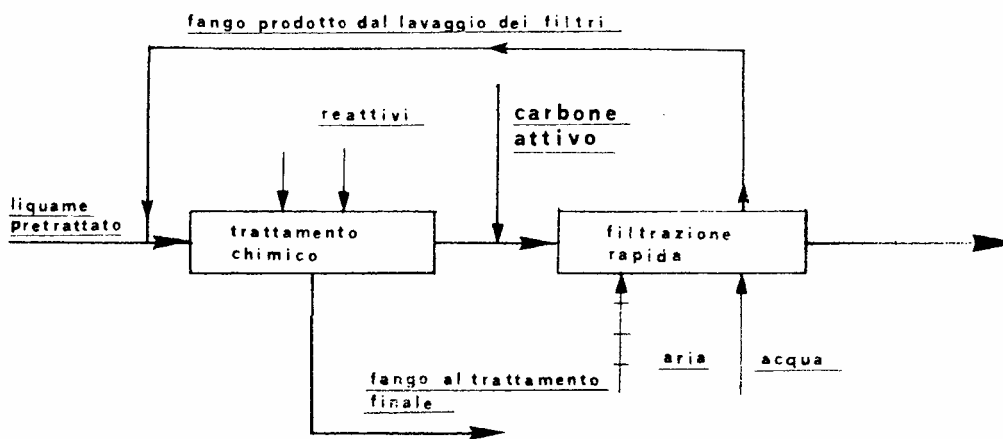


fig.8- Schema di trattamento con carbone attivo in polvere, associato ad un trattamento chimico, con dosaggio di carbone attivo a monte della filtrazione finale.

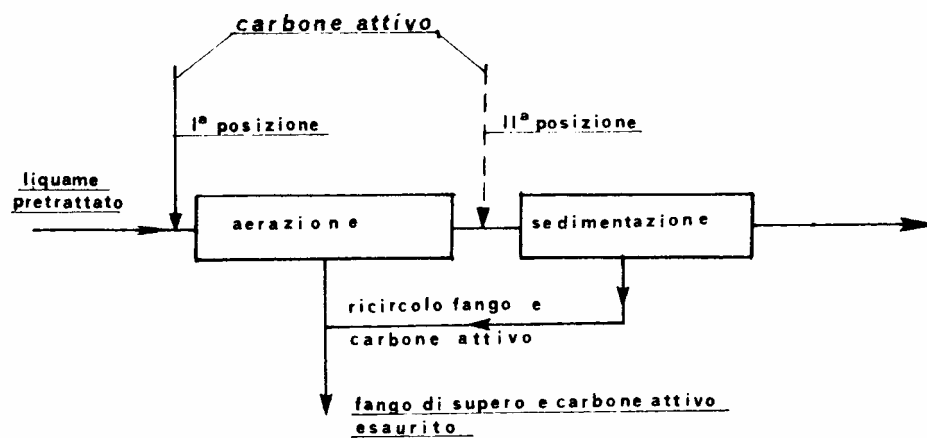


fig.9- Schema di trattamento con carbone attivo in polvere, associato ad un trattamento biologico a fanghi attivi.

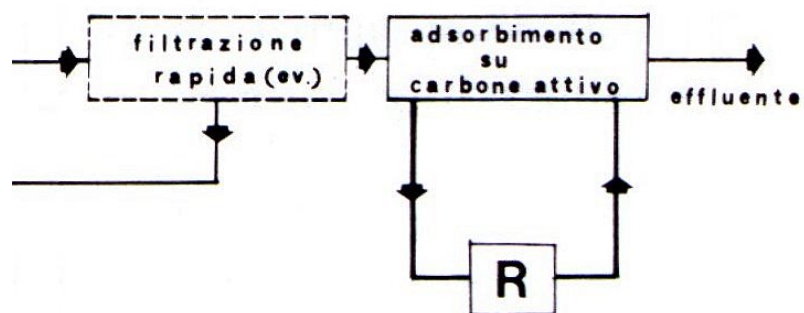


fig. 10- Schema utilizzando carbone attivo granulare con fase di rigenerazione.

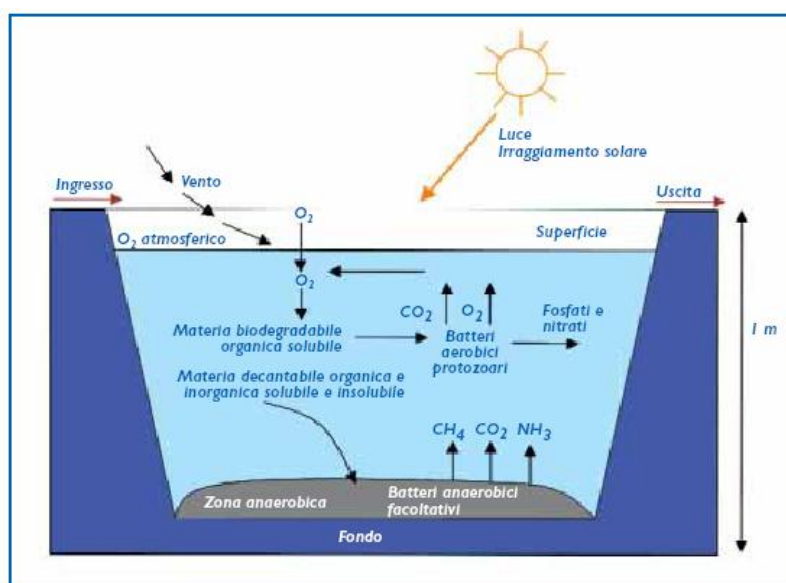


fig. 11- Meccanismi in gioco nel funzionamento dei bacini di lagunaggio naturale (Fonte Ctgref).