

## SALVIAMO IL LAGO DI BRACCIANO CON L'ACQUA DEL DEPURATORE COBIS

Massimo Pizzichini, Andrea Agnelli, Genelab Srl;  
Massimiliano Pennacchio B&P Water Technologies Srl

### 1. Introduzione

Senza voler fare terrorismo ambientale è piuttosto probabile che il lago di Bracciano si vada rapidamente ritirando se sussistono le attuali condizioni idrogeologiche e di variazioni climatiche. Pensate a cosa potrebbe succedere al paesaggio e all'economia locale se il lago si andasse gradualmente prosciugando?

E' necessario prevenire per tempo questa sciagurata eventualità, ed è proprio questo lo scopo dello studio-progetto eseguito da ricercatori che da sempre si occupano della gestione idrica e della progettazione e costruzioni di impianti di trattamento delle acque, in particolare di osmosi inversa.

L'acqua è una sostanza preziosa per la vita e per il Pianeta. La sua disponibilità, soprattutto quella dolce, quella dei fiumi, dei laghi e delle falde è a rischio anche a causa di comportamenti di Paesi come il nostro. E' necessario quindi adottare tutte le misure possibili per non disperdere questo patrimonio per altro già a rischio a causa dei cambiamenti climatici. Il nostro pianeta possiede sufficiente acqua potabile per far sì che sia accessibile e pulita per tutti. Ma a causa di infrastrutture scadenti o cattiva gestione economica, ogni anno milioni di persone, di cui la gran parte bambini, muoiono per malattie dovute ad approvvigionamento d'acqua, servizi sanitari e livelli d'igiene inadeguati.

I mari contengono il 97,5% dell'acqua del pianeta ma si tratta di acqua salata, solo il 2,5% è acqua dolce, di cui il 70% è congelato nelle calotte polari. Solo lo 0,007% dello stock d'acqua mondiale è disponibile in fiumi, laghi e giacimenti sotterranei, comunque un valore piuttosto piccolo.

In questo articolo si riporta un esempio concreto di riutilizzo dell'acqua proveniente da un depuratore biologico (Cobis) per depurarla ulteriormente con tecniche di osmosi inversa, che genera un'acqua praticamente distillata, e reimmetterla nel lago di Bracciano. Il Cobis restituisce un'acqua depurata piuttosto purificata, con un COD compreso fra 20 e 50ppm di ossigeno, un BOD di circa 10-20ppm di ossigeno, quindi ben al di sotto della soglia dei 100ppm per il COD e di 50ppm per il BOD. Il volume di quest'acqua è di circa 24.600m<sup>3</sup> nelle 24 ore e deriva da un bacino di servizi di oltre 90.000 persone che comprende oltre ai tre Comuni del lago anche quelli di Manziana, Oriolo, Caprarola, il quartiere di Cesano ecc.

Attualmente l'acqua depurata del COBIS, dopo clorazione, viene riversata nel fiume Arrone che scarica a mare nei pressi di Maccarese. Basterebbe semplicemente eseguire una seconda fase di depurazione, come l'osmosi inversa, per immettere quest'acqua chimicamente potabile nel lago di Bracciano e prevenirne il rischio di un progressivo prosciugamento. Basterebbe trattare soltanto 6.000m<sup>3</sup>/giorno per restituirle a quelle del Lago, lasciando il resto delle acque del Cobis circa 19.000m<sup>3</sup>/giorno sempre nel fiume Arrone che non si può prosciugare.

Lo studio tiene conto dell'assetto idrogeologico del territorio per evitare di non ridurre troppo i volumi di sversamento nel fiume Arrone liberando il lago di Bracciano dalla scomoda funzione di bacino di riserva idrica potabile per la città di Roma, cosa che ha portato all'attuale impoverimento delle acque del lago. La proposta tecnica è centrata sulla progettazione dell'impianto di osmosi inversa (6.000 m<sup>3</sup>/giorno) che quindi andrebbero riversate nel Lago di Bracciano sul versante di Anguillara Sabazia. L'impianto di Osmosi progettato può essere allestito all'interno del Cobis perché è compatto e completamente automatizzato, quindi richiede pochissima manodopera, perché è gestito da remoto. Il consumo energetico dell'impianto di osmosi sarà di 3.600kWh/giorno, equivalente ad un costo di circa 622 €/giorno, il costo dell'impianto è di circa 760.000 €.

E' ormai certo che l'ACEA si appresta ad inviare le acque depurate del Cobis direttamente ai giardini del Vaticano, dopo avere costruito un acquedotto ad hoc costato 40 milioni di €. Le acque del depuratore sono patrimonio della comunità locale quindi devono essere impiegate localmente prima di tutto per l'agricoltura.

## 2. Recupero- rigenerazione- riutilizzo dell'acqua

Quantità enormi d'acqua vengono utilizzate dall'uomo nei settori civile, industriale ed agricolo e poi riversate direttamente, dopo processi di depurazione nei fiumi, nel mare o nel suolo, senza badare alle opportunità di rigenerazione al fine di riutilizzarla nelle attività utili all'uomo, spesso nello stesso comparto produttivo o nella stessa azienda che ha generato gli effluenti. Il riutilizzo dell'acqua da parte delle stesse aziende produttive è anche incentivato con contributi che riguardano, ad esempio, il costo agevolato dell'energia elettrica ed è tra l'altro presente in uno dei 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Sustainable Development Goals, SDGs) inglobati dall'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile, un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Si riportano di seguito alcuni punti importanti.

*6.3 Migliorare entro il 2030 la qualità dell'acqua eliminando le discariche, riducendo l'inquinamento e il rilascio di prodotti chimici e scorie pericolose, dimezzando la quantità di acque reflue non trattate e aumentando considerevolmente il riciclaggio e il reimpiego sicuro a livello globale*

*6.4 Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze*

*6.a Espandere entro il 2030 la cooperazione internazionale e il supporto per creare attività e programmi legati all'acqua e agli impianti igienici nei paesi in via di sviluppo, compresa la raccolta d'acqua, la desalinizzazione, l'efficienza idrica, il trattamento delle acque reflue e le tecnologie di riciclaggio e reimpiego*

Le raccomandazioni dell'Agenda 2030 devono promuovere e sostenere la cultura e la pratica del riciclo-riutilizzo che è ancora poco applicata nel nostro Paese. Uno dei problemi che ostacolano la pratica del riciclo e riutilizzo dell'acqua dipende dal fatto che le industrie praticamente non la pagano o lo fanno in maniera simbolica. Di solito le industrie stipulano una convenzione con le amministrazioni locali con le quali concordano una tariffa forfettaria ben diversa da quella che pagano i singoli cittadini per le loro abitazioni.

Dal punto di vista tecnico anche le acque nere possono essere trasformate in acqua potabile, come avviene ad esempio per gli astronauti nello spazio. Per motivi di sicurezza tuttavia è proibito, giustamente, fare un uso potabile di un'acqua reflua da rete fognaria.

Oggi per fortuna i depuratori a fanghi attivi e quelli chimico-fisici civili, operanti sia su scarichi civili sia su quelli industriali, funzionano egregiamente e sono in grado di rispettare le specifiche di uno scarico nei corpi idrici recettori. In termini molto indicativi le acque depurate dagli impianti consortili o industriali devono avere per legge (D.L.152 del.2006) un carico inquinante inferiore ad un valore di COD (Chemical Oxygen Demand) di 100ppm di Ossigeno, e un BOD (Biological Oxygen Demand) inferiore a 50ppm di Ossigeno, il che significa un'acqua piuttosto pulita. Perché allora non utilizzare questa risorsa, eventualmente depurata ulteriormente, per applicazioni industriali, ad esempio impiegandola come liquido di raffreddamento delle torri industriali o semplicemente per l'irrigazione dei campi o dei giardini pubblici e privati? Forse manca una sensibilità per questo tipo di riutilizzo che ricade soprattutto sulle aziende che gestiscono gli acquedotti. Per rendere più esplicita questa possibilità di riutilizzo facciamo un esempio pratico vicino a Roma.

Il famoso lago di Bracciano è purtroppo a rischio di prosciugamento, negli ultimi 5 anni il suo livello idrico si è abbassato di circa 2-3 metri, come si vede dalla figura 1. D'altro canto in tutto il perimetro del lago c'è una rete fognaria, detta anche anello, che raccoglie le acque di alcuni comuni come Bracciano, Trevignano, Anguillara, Manziana, Oriolo, Cesano ecc. e che conferisce queste acque al grande depuratore dell'Acea denominato COBIS (Collettore Biologico Sabatino) sito nel comune di Anguillara.



*Fig. 1 : Il lago di Bracciano sul litorale di Anguillara Sabazia, a fine Maggio 2020.*

Questo impianto restituisce un'acqua depurata piuttosto purificata, con un COD compreso fra 20 e 50ppm di ossigeno, un BOD di circa 10-20ppm di ossigeno, quindi ben al di sotto della soglia dei 100ppm per il COD e di 50ppm per il BOD. Il volume di quest'acqua è di circa  $24.600\text{m}^3$  nelle 24 ore e deriva da un bacino di servizi di oltre 90.000 persone.

L'acqua depurata del COBIS, dopo clorazione, viene riversata nel fiume Arrone che scarica a mare nei pressi di Maccarese. Basterebbe semplicemente eseguire una seconda fase di depurazione, ad esempio impiegando tecnologie di membrana come l'osmosi inversa, per immettere quest'acqua chimicamente potabile nel lago di Bracciano e prevenirne il rischio di un progressivo prosciugamento. Basterebbe trattare soltanto  $6.000\text{m}^3/\text{giorno}$  per restituirla a quelle del Lago, lasciando il resto delle acque del Cobis circa  $19.000\text{m}^3/\text{giorno}$  sempre nel fiume Arrone che non si può prosciugare.

### **3. I processi di filtrazione tangenziale**

Si chiamano tecnologie di filtrazione tangenziale perché questi filtri speciali (membrane) operano in una condizione fluidodinamica particolare: il liquido da filtrare lambisce tangenzialmente il filtro che pertanto si intasa molto di meno di una filtrazione tradizionale, cioè con filtrazione del liquido perpendicolare al filtro stesso. Queste tecniche si applicano particolarmente nell'industria agro-alimentare perché operano a temperatura ambiente, quindi non danneggiano con il calore i principi attivi presenti in queste matrici che vanno dai mosti, al vino, alla birra, ai succhi di frutta, al latte, al siero di latte etc. (1); ma anche dall'industria come quella conciaria (2,3). Ogni giorno nel mondo si producono milioni di  $\text{m}^3$  di acqua potabile a partire da quella del mare, con tecniche di Osmosi Inversa (OI), membrane che lasciano passare solo la molecola dell'acqua (filtrato) e trattengono i sali minerali e tutto il resto nel concentrato. Nello schema di figura 2 vengono riportate tutte le tecniche di membrana con i simboli che mostrano le sostanze trattenute e permeate. Si indicano le pressioni di esercizio tipiche di ogni tecnica ed anche le dimensioni dei "pori" delle membrane (*cut-off*) che indicano le specie chimiche che vengono trattenute o permeano attraverso le diverse membrane.

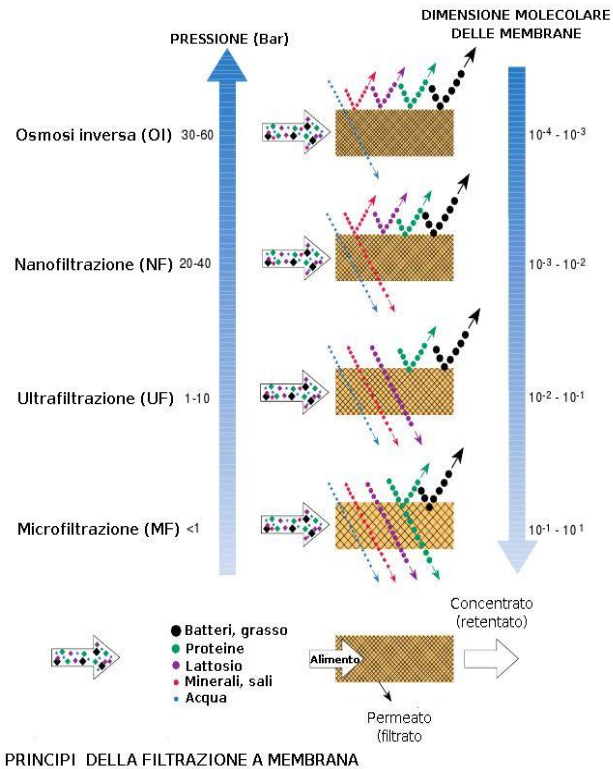


Fig. 2 : principi e schemi di filtrazione delle tecnologie di membrana, i numeri a destra sono in micron

Queste tecniche si applicano diffusamente in diversi settori produttivi in cui c'è di mezzo l'acqua ma anche reflui industriali come le acque di vegetazione olearie (4). Tuttavia le tecniche di membrana si applicano particolarmente nei processi di depurazione spesso accoppiati con altre tecniche come: la sedimentazione, la centrifugazione, l'elettrodialisi, la flocculazione, l'evaporazione, ecc.

Nella figura 3 si riporta uno schema idraulico del processo di trattamento con la ripartizione dei flussi idrici fra il fiume Arrone e l'impianto a membrane che restituisce acqua demineralizzata al bacino del Lago. Lo schema tiene conto.

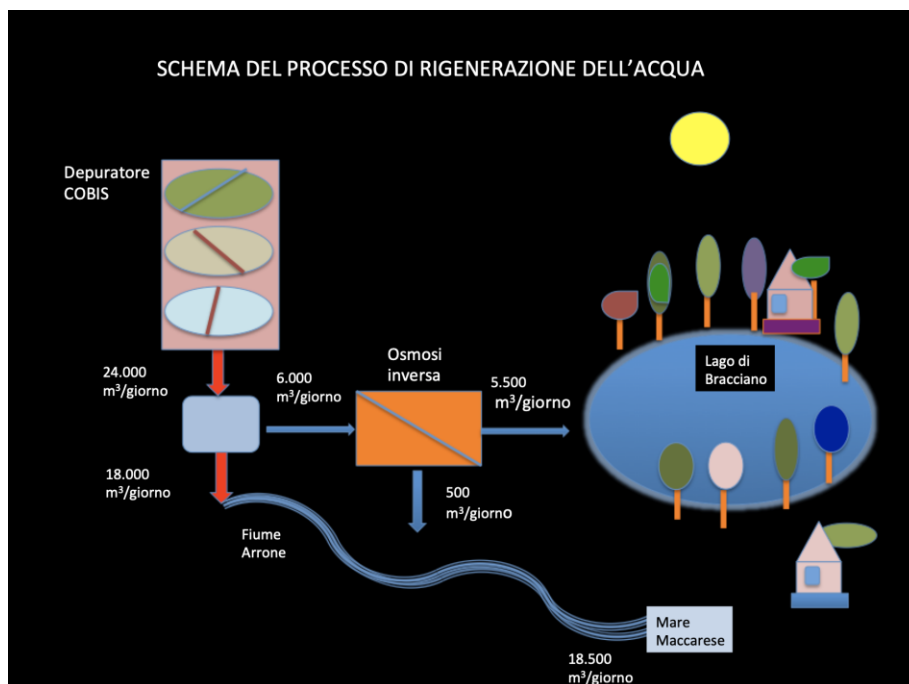


Fig. 3: Schema idrico di trattamento: dal depuratore, tramite l'osmosi inversa al Lago di Bracciano

Riportiamo di seguito le specifiche tecniche generali dell'impianto di Osmosi inversa e il suo schema di processo (P&I), in modo da poterne valutare le possibilità concrete di una realizzazione all'interno del comprensorio del Cobis stesso. Il costo di questo impianto è di circa 760.000,00€.

Descrizione	Osmosi inversa a doppio stadio con un totale di 266 membrane in 38 contenitori
Percentuale di recupero	85 %
Portata di alimentazione	250 m <sup>3</sup> /h (6000 m <sup>3</sup> /giorno)
Pretrattamenti	Pre-filtro autopulente, 2 filtri a cartucce, Gruppo dosaggio antincrostante
Strumentazione	Trasmettitori di portata alimento, permeato e concentrato, trasmettitori di pressione membrane, manometri, conduttivimetro, trasmettitore di temperatura
Quadro di comando e controllo	Gestione automatica
Materiali	Bassa pressione: PVC; Alta pressione: Acciaio Inox
Potenza installata	Circa 150 kW

Il processo, desumibile dallo schema P&I di figura 4 procede in automatico (sia per l'esercizio che per i lavaggi necessari al ripristino della permeabilità delle membrane) attraverso una pre-filtrazione a due stadi: un filtro autopulente a monte e un doppio filtro tradizionale intervallate da un sistema di sterilizzazione UV automatico. Due sistemi di dosaggio antincrostante prima e dopo la 2° pre-filtrazione garantiscono un prodotto idoneo alla successiva filtrazione a membrana. L'osmosi avviene attraverso due sistemi in serie e la portata e la pressione sono garantiti da un'unica pompa: l'uscita del concentrato dalle membrane del primo stadio (175 membrane) entra direttamente in pressione nel secondo stadio dove avviene la filtrazione finale (91 membrane). Il permeato dei 2 stadi è riunito e convogliato alla produzione previo eventuale dosaggio automatico di soda caustica. Il sistema di lavaggio automatico, necessario per il ripristino saltuario della produttività delle membrane è costituito da un serbatoio da 10m<sup>3</sup> una pompa di idonee caratteristiche idrauliche che porta il prodotto di lavaggio in aspirazione alla pompa di pressurizzazione delle membrane, e quindi di tutto il lato del concentrato, previo passaggio in un filtro a cartucce da 5-20 micron. Durante le operazioni di lavaggio sia il permeato sia il concentrato vengono riciclati sul serbatoio di alimentazione. Le due pompe di processo (alimentazione e alta pressione) sono regolate da inverter, un PLC montato sul quadro elettrico provvede a impostarne i valori di frequenza in funzione dei valori della strumentazione proveniente dall'impianto (flussimetri, conduttivimetri, trasmettitori di pressione, timer, ecc.) in modo da rendere le operazioni totalmente automatiche.

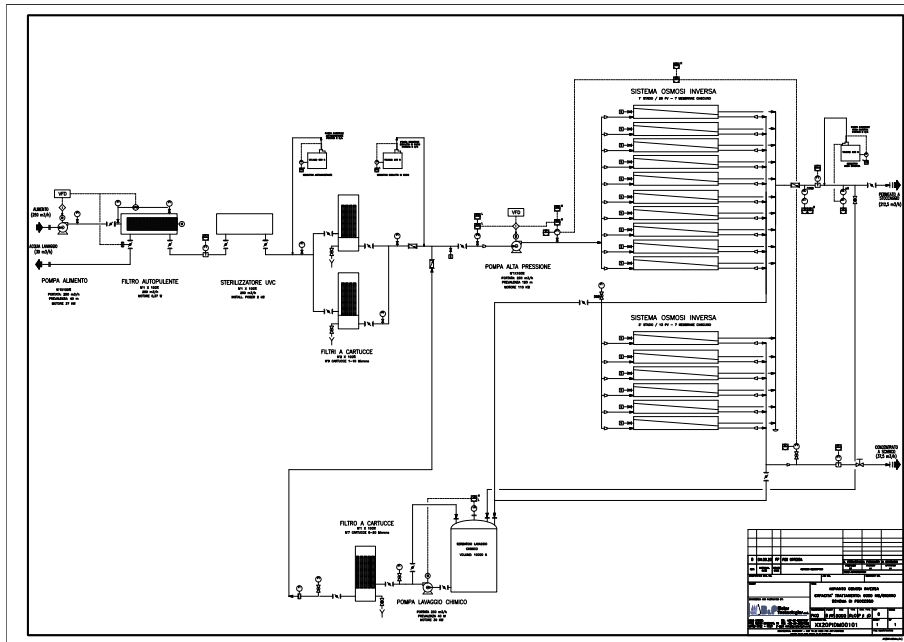


Fig. 4 : Schema di processo (P&I) impianto di osmosi inversa (B&P Water Technologies)

Di seguito riportiamo come esempio in figura 5, l'immagine di un impianto tipico di Osmosi inversa. L'impianto, molto compatto lungo 8m e largo 3m, è completamente automatizzato (gestito da un PLC) quindi senza impiego di manodopera.



Fig. 5 : Esempio di Impianto di osmosi inversa (B&P Water Technologies)

I consumi energetici di questa operazione di post trattamento a membrana sono stati calcolati in circa 3.600kWh/giorno che equivalgono ad un costo di circa 622,80€/giorno considerando la tariffa di 17,3c€/kWh, applicata in Italia ai medi consumatori (300-1.200 MWh/anno), questo significa che considerando ogni giorno trattati circa 6.000m<sup>3</sup> di acqua il costo per m<sup>3</sup> è di appena **0,10€/m<sup>3</sup>**. Un decimo circa del costo della tariffa idrica che paghiamo alla stessa ACEA per l'acqua domestica compresa la depurazione. Questo è un esempio concreto di come una gestione razionale della risorsa idrica porti vantaggi ai cittadini e all'ambiente.

#### 4. Conclusioni

L'impianto di osmosi inversa dimensionato per trattare le acque depurate del COBIS ha una capacità di 6.000m<sup>3</sup>/giorno e potrebbe essere installato all'interno del comprensorio del depuratore, visto che si tratta di un sistema molto compatto. Questo trattamento di osmosi non modifica sostanzialmente il quadro idrico generale del territorio perché comunque scarica nell'Arrone poco meno dell'attuale volume idrico (18.000 contro i 24.000m<sup>3</sup>/giorno). Il costo dell'impianto è 760.000€ che è ragionevole in relazione alle sue prestazioni, i costi per i consumi energetici sono contenuti a circa (0,10€/m<sup>3</sup>) di acqua immessa nel lago.

Questo tipo di trattamento garantisce la fornitura di un'acqua praticamente distillata e sicura dal punto di vista chimico e batteriologico.

Per salvare il Lago di Bracciano da una eventuale carestia idrica è bene pensarci per tempo. Cosa succederebbe all'economia del territorio turistico considerato se, malauguratamente, il lago di Bracciano dovesse scomparire nell'arco di un decennio?

È doveroso ricordare, ma la cosa è ben nota, che tutto il sottosuolo del lago ed anche di tutto l'alto Lazio è di origine vulcanica, il che significa che le acque di falda sono contaminate dall'arsenico (arseniti e arseniati), che in alcuni comuni arrivano a concentrazioni tre volte superiori al limite consentito di 10ppm, ma consigliato di 5ppm. Gli abitanti del bacino sabatino sono costretti ad alimentarsi con acque contaminate da arsenico provenienti da pozzi artesiani e parzialmente diluite con quelle di acquedotto per tenere bassi i livelli di arsenico, mentre l'acqua del lago è utilizzata come riserva idrica della città di Roma. L'arsenico inorganico è in forma anionica ed è perfettamente trattenuto dalle membrane di osmosi inversa, cioè l'acqua depurata sarà completamente priva di arsenico oltre che di altri eventuali metalli pesanti tossici e nocivi. L'ENEA ha effettuato uno studio importante per rimuovere l'arsenico dalle acque proprio con tecnologie di membrana (5) ma la cosa è passata sotto silenzio, si usano tecnologie obsolete a base di sali di ferro o di altri materiali adsorbenti di origine minerali che spesso rilasciano contaminanti per conto loro (boro, bromati, uranio, cadmio). Ancora oggi non solo nei paesi che si affacciano sul lago (Anguillara, Bracciano e Trevignano) ma in tutto l'alto Lazio il problema dell'arsenico rimane grave anche a fronte delle statistiche di mortalità per tumori che sono 8 volte superiori alla media della Regione Lazio.

#### 5. Bibliografia

1. Pizzichini M. ; Tecnologie di processo per il recupero e la valorizzazione delle componenti del siero di latte, Prima Print. Ed., ENEA, Giugno (2006).
2. Fabiani, C.; F. Ruscio, M. Pizzichini, Chromium (III) salts recovery process from tannery wastewaters; Desalination 108, 183-191, (1986).
3. Pizzichini, M., C., Fabiani, R., Montani, M. Spadoni, Tecnologie per ridurre l'impatto ambientale dell'industria conciaria", ENEA Report, Energia Ambiente Innovazione 5/97, 47, (1997).
4. Pizzichini, M, Russo C. "Process for recovering the components of olive mill wastewater with membrane technologies". Int. Patent WO2005123603 (2005).
5. Pizzichini M. Pizzichini D., Russo C.; De-arsenificazione delle acque potabili con tecnologie di membrana; Ingegneria Ambientale Vol. XI.I n.5, settembre (2012).

Gli autori:

Dr. Massimo Pizzichini, senior scientist, ex dirigente dell'ENEA, biotecnologo ed esperto di tecnologie separative mediante membrane.

Ing. Andrea Agnelli progettista di impianti industriali.

Ing. Massimiliano Pennacchio progettista e costruttore di impianti per il trattamento delle acque.