

POSSIBILITÀ DI BONIFICA DELLE FALDE COSTIERE INQUINATE DA INTRUSIONE MARINA: ASPETTI TECNICI E LEGISLATIVI

Antonio Di Fazio

Consiglio dell'Ordine dei Geologi della Puglia

1. PREMESSA

Le falde pugliesi possono essere definite quasi tutte "di tipo costiero" a causa sia della natura del sottosuolo che per la particolare conformazione e disposizione planimetrica regionale che si affaccia e protende nel mare con i suoi 800 km di costa.

Gli acquiferi costieri trovano il loro livello di base nell'acqua di mare d'invasione continentale per cui l'acqua dolce, a causa della differenza di densità, galleggia sull'acqua di mare in condizioni di equilibrio, come regolato dalla legge di Ghyben-Herzeberg. Il contatto tra le due acque è caratterizzato da una zona di transizione con un gradiente di salinità crescente verso il basso.

Tale situazione naturale le rende particolarmente vulnerabili all'intrusione marina che determina il degrado della qualità dell'acqua di falda giungendo alla salificazione più o meno spinta delle stesse.

Quando il bilancio naturale della falda, tra ricarica naturale come termine positivo e la somma degli emungimenti come termine negativo, è deficitario, si rompe il naturale equilibrio esistente tra i due tipi di acqua a contatto.

Il suddetto deficit determina prima un assottigliamento dello spessore della falda, quindi l'avvicinamento pericoloso della zona di transizione ai punti di aspirazione delle pompe di emungimento e, infine, l'aspirazione di una miscela di acqua dolce e di acqua di mare. Lo scadimento progressivo della qualità dell'acqua estratta è documentato dal continuo arretramento verso monte dell'isosalina di 1,0 g/l (Provincia di Lecce, 2000).

E' intuitivo che in periodi siccitosi il deficit della falda si esalta in maniera esponenziale portando spesso alla rottura irreversibile dell'equilibrio tra acqua dolce ed acqua di mare.

Tale degrado si manifesta essenzialmente con l'incremento della presenza dei sali e degli elementi contenuti nell'acqua di mare; si tratta essenzialmente di inquinanti inorganici, quali, *i Cloruri*, *la Durezza Totale e Calcica*, *la Salinità Totale (T.D.S.)*, *il S.A.R. (Sodium Adsorption Ratio)*; quest'ultimo rappresenta la capacità dell'acqua di modificare in senso peggiorativo la struttura dei suoli irrigati in funzione della presenza del Sodio.

Il problema ha rilevanza socio-economica poiché si innesca un circolo vizioso con gravi risvolti rispetto al problema incumbente costituito

dalla erodibilità dei suoli che, purtroppo, continuano ad essere irrigati con acque sempre più salmastre. Il primo passo verso la desertificazione è già in atto.

Il fenomeno dell'intrusione marina non è nuovo, anzi è ben conosciuto in tutti quei posti che hanno già sperimentato il sovrasfruttamento delle falde e le sue conseguenze.

Le tecniche di salvaguardia e di bonifica per ridurre e contrastare tale fenomeno sono ormai consolidate dall'esperienza di altri Paesi; esse tendono a recuperare la condizione di equilibrio preesistente tra l'acqua di falda dolce sovrastante e quella di mare sottostante e sono essenzialmente "la ricarica artificiale delle falde" e le "barriere idrodinamiche"; tali tecniche possono essere utilizzate sia separatamente che, meglio, in sinergia.

Purtroppo non è possibile utilizzare tali tecniche in Italia a causa di impedimenti che le norme ambientali determinano.

2. LA RICARICA NATURALE DELLE FALDE

La *ricarica naturale delle falde* è il fenomeno naturale per cui l'acqua meteorica che cade sulla superficie percola attraverso il suolo ed il sottosuolo sino a raccogliersi in una zona satura

Gli elementi che caratterizzano la percolazione delle acque e che influenzano il bilancio di una falda sotterranea sono di natura sia quantitativa che qualitativa, anche se nella realtà essi sono strettamente correlati:

Elementi che incidono sulla quantità:

- i millimetri di pioggia caduti dell'anno e l'intensità di quelli relativi ai singoli eventi meteorici;
- la superficie di infiltrazione e percolazione naturale su cui cade la pioggia;
- la capacità di assorbimento del suolo e la permeabilità del sottosuolo;
- le perdite per evaporazione e scorrimento superficiale
- l'emungimento ed il prelievo dell'acqua dalle falde per i vari scopi;
- le perdite per sorgenti e risorgive lungo la costa;
- altro....

Elementi che incidono sulla qualità:

- le sostanze presenti sulla superficie di scorri-

mento e di infiltrazione in relazione alle attività antropiche che vi si esercitano;

- lo spessore del suolo e del sottosuolo anidro che sovrasta la zona saturata;
- la natura chimica del suolo e del sottosuolo con la capacità di influire direttamente sulle caratteristiche chimiche ed organolettiche mediante la dissoluzione di alcuni elementi costitutivi delle rocce;
- la natura chimico-fisica del suolo e del sottosuolo con la capacità interagire o di adsorbire le sostanze inquinanti, anche quelle bio-resistenti, e ritardarne la veicolazione;
- la struttura fisica del suolo e del sottosuolo con la sua capacità di esercitare un'azione di filtrazione rispetto alle sostanze sedimentabili trasportate dall'acqua di percolazione;
- le sostanze organiche e la carica batterica del suolo con la loro capacità di demolire le sostanze inquinanti biodegradabili;
- la distanza dalla linea di costa e quindi la profondità della zona di transizione acque dolci-acque salate;
- altro...

2.1 Problemi di gestione delle falde

Nella normale gestione di una falda pugliese si constata che

- negli ultimi tempi la pluviometria registra una diminuzione;
- i prelievi aumentano progressivamente per le sempre crescenti esigenze di tutti gli usi, specie nell'agricoltura dove, a fronte del passaggio a coltivazioni sempre più idroesigenti, scarseggiano i sistemi di irrigazione a più alto rendimento;

- le superfici di infiltrazione diminuiscono in continuazione a causa dei processi di urbanizzazione in atto che determinano la progressiva e continua impermeabilizzazione di superfici di suolo una volta destinato a tale compito. Si pensi a tutte quelle aree su si svolgono attività agricole, industriali, commerciali, di servizi ed infrastrutture che, di fatto, non consentono più l'infiltrazione dell'acqua piovana diffusa sul territorio regionale ma che necessitano di una raccolta puntuale delle le acque piovane che devono essere smaltite in condizioni compatibili con la tutela ambientale e senza provocare rischi idraulici.

- Molte aree del territorio pugliese sono ancora prive di reti fognarie o lo sono state per molto tempo con l'utilizzo di sistemi individuali di smaltimento dei reflui civili che hanno determinato lo scadimento della qualità delle acque sotterranee, specie nelle zone in cui lo spessore di suolo è insufficiente a garantire quei processi naturali di salvaguardia.

- La legge 319/76 e la conseguente regolamentazione regionale (che hanno rappresentato la prima vera benemerita tutela delle acque dall'inquinamento) hanno consentito lo smaltimento:

- delle acque meteoriche direttamente in falda,
- delle acque depurate da impianti di trattamento per reflui civili in falda profonda, nella zona di transizione acqua dolce-acqua di mare.

Tale sistema di scarico è stato ampiamente usato nella nostra regione, spesso come unica pos-

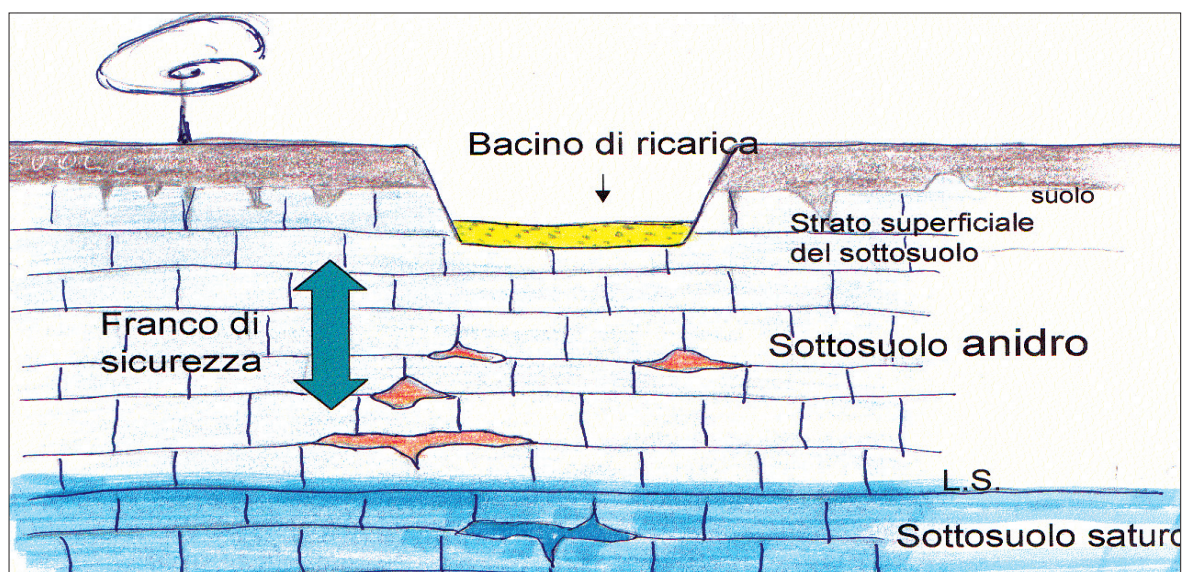


Figura 1 - Schema di sezione idrogeologica

sibilità di smaltimento, complice la morfologia del nostro territorio privo di corsi d'acqua superficiale. Se si tiene conto che le acque sotterranee rappresentano un serbatoio privilegiato di acqua di buona qualità, questo sistema di smaltimento ha costituito un vulnus per la qualità delle stesse poiché si bypassavano quei sistemi di filtrazione, ritardo e abbattimento biologico che il suolo ed il sottosuolo hanno sempre esercitato a salvaguardia della qualità dell'acqua.

Recentemente la normativa nazionale si è evoluta per migliorare ulteriormente la tutela delle acque e quindi il sistema di salvaguardia della qualità delle falde con il D.Lgs.152/99 e sue modificazioni ed integrazioni, che ha proibito lo smaltimento di qualsiasi tipo di acqua sia nel sottosuolo che direttamente in falda.

Le due disposizioni legislative citate, la L. 319/76 e il D. Lgs. 152/99, rappresentano due posizioni estreme che creano in uguale misura problemi alla gestione corretta delle falde.

La normativa regionale può e deve trovare un punto di mediazione necessario a consentire il recupero di tutta l'acqua meteorica.

Potrà e dovrà tenere conto della realtà regionale nel dare le definizioni di "suolo", "sottosuolo", "strato superficiale del sottosuolo" e "acque di prima pioggia" mancanti nella legislazione nazionale. Potrà inoltre prescrivere:

- la eliminazione di quelle sostanze indesiderabili veicolate dalle acque di pioggia e che inciderebbero negativamente sulla qualità finale dell'acqua di falda;
- la individuazione dello strato superficiale che lasci comunque uno strato di suolo e sottosuolo al di sopra dello strato saturo a tutela della qualità della falda (vedi schema in figura 1).

3. LE TECNICHE DI BONIFICA

Con la *ricarica artificiale delle falde* si creano, in apposite aree o bacini attrezzati, le condizioni per facilitare e migliorare le condizioni di infiltrazione e di percolazione delle acque meteoriche o acque deviate da fiumi e torrenti, ovvero destinando alla percolazione acque di buona qualità altrimenti destinate allo smaltimento.

Mediante la nuova disciplina regionale bisognerà cercare la possibilità di individuare quelle situazioni idrogeologiche per le quali si potrà percorrere la strada della ricarica delle falde mediante acqua di origine meteorica risolvendo positivamente molte, non tutte, situazioni di disagio in cui versano molte aree comunali.

Si vuole citare il caso di una ricarica artificiale indiretta e dei suoi effetti benefici rispetto all'in-

trusione marina verificata da ricercatori dell'IRSA (Masciopinto 2000, *et al.*) che ha posto in evidenza come l'acqua proveniente dal depuratore di una cittadina prossima alla costa del Salento, scaricata in un canale che si perde in cavità carsiche naturali, ha determinato localmente la risospinta verso la costa del fronte salino che aveva invaso la falda.

Tale tecnica necessita di grandi quantità di acqua che, in assenza di altre fonti, potrebbe essere fornita dagli impianti di depurazione ed affinamento delle acque reflue urbane, specie nei periodi invernali in cui queste non avrebbero altro utilizzo (Convenzione IRSA-Prefettura di Bari, 1997).

Con le *barriere idrodinamiche* si realizza una serie di pozzi rovesci, scavati a profondità e distanza opportuna, dislocati lungo la linea di costa, nei quali si immette in maniera forzata dell'acqua che produce un effetto barriera e che ostacola l'ingresso dell'acqua di mare. Tale barriera determina a valle un'azione di contrasto all'ingresso dell'acqua di mare ed a monte, nel contempo, l'innalzamento del livello statico della falda: tutto ciò si traduce in un effetto benefico sia qualitativo che quantitativo.

4. GLI IMPEDIMENTI NORMATIVI

Stanti i divieti già citati di smaltimento in falda delle acque di qualsiasi origine, risulta impossibile attuare la sperimentazione delle *barriere idrodinamiche* che, come già detto, prevedono l'immissione diretta in falda di acqua di buona qualità.

PARAMETRI	Concentrazione Limite nelle acque sotterranee Parametri inorganici All. 1 - D.M. 471/99
Boro (mg/l)	1000
Cianuri liberi (CN) (mg/l)	50
Fluoruri (F) (mg/l)	1500
Nitriti (N) (mg/l)	500
Solfati (SO ⁼) (mg/l)	250
Salinità totale (g/l)	Da inserire
Cond. Elett.r μS/cm	"
Cloruri (Cl) mg/l	"
Calcio (Ca) mg/l	"
Magnesio (Mg) mg/l	"
Sodio (Na) mg/l	"
SAR	"
Durezza Totale °F	"

Tabella 1 - Parametri previsti dal D.M. 471/99 per la bonifica delle acque sotterranee

Inoltre, anche il Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica ed il ripristino ambientale dei siti inquinati di cui al D.M. 25/10/99 n. 471, non consente tale pratica per la ragione che, nella Tabella dei "Valori di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee" che è nell'Allegato 1 al D.M.

citato, non sono menzionate, tra gli inquinanti inorganici per cui si contempla l'azione di bonifica, le sostanze caratteristiche dell'intrusione marina che, come già detto in premessa, sono i Cloruri, la Salinità totale, la Durezza totale, il Sodio, il Calcio ed il Magnesio; vi compaiono solo i solfati, il Boro, i Cianuri liberi, i fluoruri ed i solfiti.

In sostanza la non menzione dei suddetti parametri nella Tabella suddetta non consente di definire inquinate le falde soggette all'intrusione marina e quindi oggetto di possibili azioni di bonifica.

Progettare impianti di ricarica artificiale o barriere idrodinamiche richiederà una fase di ricerca e di sperimentazione in pieno campo per verificarne le potenzialità e gli effetti in un classico raffronto costi-benefici; tutto ciò richiederà del tempo per cui è necessario rimuovere al più presto le cause normative che osteggiano tali sperimentazioni.

In Tab. 1 si riportano i valori di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee ed i parametri *inorganici* previsti nell'Allegato 1 del D.M. 25/09/1999 n. 471 per la bonifica delle acque sotterranee.

Sarebbe importante includere anche quelli più caratteristici dell'inquinamento salino, o solo alcuni di quelli, almeno per consentire in aree particolarmente idonee dal punto di vista idrogeologico, la sperimentazione e l'efficacia di tali sistemi di bonifica, come già si fa per altri scopi.

Infatti, mentre è stata possibile la bonifica di falde inquinate da Mercurio, utilizzando peraltro acque reflue depurate per la realizzazione di barriere idrodinamiche (vedi Manfredonia), non è possibile bonificare le falde inquinate dall'intrusione marina!

5. CONCLUSIONI

La bonifica delle falde costiere già compromesse dall'intrusione marina non è più procrastinabile, anche alla luce dell'andamento deficitario delle precipitazioni meteoriche che le pone in condizioni di maggiore vulnerabilità.

Nelle regioni dove i fenomeni di erosione dei suoli e di desertificazione sono incombenti, sia per cause naturali che antropiche, è indispensabile poter contare su un ventaglio di possibilità e di tecniche per bonificare e contrastare l'avanzamento dell'intrusione marina e salvaguardare le falde acquifere.

Per questa ragione, le regioni del Sud Italia che

maggiormente avvertono il problema, come la Regione Puglia, devono emanare la disciplina delle acque meteoriche ed iniziare un'azione di sensibilizzazione a livello governativo per rimuovere gli ostacoli legislativi che attualmente non consentono di predisporre azioni di bonifica e che giunga all'inclusione di tutti i parametri caratteristici dell'inquinamento da acqua di mare nell'Allegato 1 del D.M. 25/09/1999 n. 471.

BIBLIOGRAFIA

Decreto Legislativo 11 Maggio 1999, n. 152 come novellato dal D. Lgs. 18 agosto 2000, n. 258. Gazzetta Ufficiale. "*Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento...omissis*".

Decreto Ministeriale 25 Ottobre 1999, n. 471. Gazzetta Ufficiale. "*Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ... omissis*".

Masciopinto C., Carrieri C., Di Fazio A. (2000) - *Trasformazioni biologiche e trasporto di contaminanti in una falda fratturata alimentata con scarichi urbani depurati*. Atti XXVII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Vol. III, pp. 279-286, Genova 12-15 Settembre.

Convenzione fra l'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR e la Prefettura di Bari del 14/11/97. *Linee guida per l'affinamento, la disinfezione e l'invasamento degli effluenti dagli impianti di depurazione per uso irriguo nel Salento*.

Provincia di Lecce - Settore Ambiente - *Studio di verifica dello stato qualitativo della falda* - Luglio 2000.

Autore

Dott. Geol. Antonio Di Fazio – Libero professionista. Consulente ambientale presso diverse Amministrazioni pubbliche e private. Consigliere Ordine Regionale Geologi della Puglia.

Presso l'IRSA-CNR ha maturato esperienze nel campo della dissalazione e del disinquinamento delle acque reflue. Dal 1980 si occupa principalmente di acque sotterranee, delle tecniche di misura dei parametri idrogeologici, del movimento e dell'interazione con la matrice solida degli inquinanti in falda. Esperto nelle ricerche con traccianti, ha lanciato l'uso della Clorofilla come tracciante nelle ricerche idrogeologiche in acquiferi di buona qualità. Ha messo a punto campionatori originali per il prelievo di campioni indisturbati dalle falde.