

## La Piana di Brindisi: fenomeni di interazione fra le falde idriche sotterranee presenti nell'area

Michele Spizzico<sup>1</sup>, Nicola Lopez<sup>2</sup>, Donato Sciannamblo<sup>3</sup>, Roccaldo Tinelli<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, m.spizzico@poliba.it

<sup>2</sup>Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, nicola.lopez@fastwebnet.it

<sup>3</sup>Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, d.sciannamblo@poliba.it

<sup>4</sup>Politecnico di Bari - Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, r.tinelli@poliba.it

*The Plane of Brindisi: interaction phenomena between groundwaters present in the area*

**ABSTRACT:** The inland of Brindisi district (ITALY) is represented by a large subflat area where sea calcarenitic and sandy deposits, of Middle-Upper Pleistocenian age, outcrop. These terrains overlay a Calabrian clay layer, that overlaps Mesozoic calcareous-dolomitic rocks and Lower Pleistocenian calcarenites which represents lower terms of Bradanic Trough sedimentary cycle. In this area, two different hydrogeological environments are found: 1) the first is represented by “deep groundwater”, housed by the carbonatic aquifer which represents the main water resource for Apulian Region; 2) the second hydrogeological environment is represented by “surface groundwater”, which is housed by Middle-Upper Pleistocenian deposits and is separated from deep aquifer by a clay layer of variable thickness. An exploitation of two aquifers have complied with a larger request of water resources owing to a gradual anthropization. This situation have caused an increase of wells, which often have been carried out without considering the particular features of two aquifers. This paper represents a further contribute to knowledge of: 1) lithological, geological, structural and hydrogeological features of Brindisi Plane; 2) current quality degree of two groundwaters; 3) interactions between two hydrogeological environments caused by anthropic activities in the investigated area. In particular, a chemical characterization of two groundwaters have highlighted that there is an anthropic contamination of surface aquifer that is not reflected on deep aquifer. Some exceptions are pertinent to local situations, where the wrong realization of pumping-wells links two different hydrogeological environments causing the local contamination of deep aquifer.

*Key terms:* Quaternary aquifer, deep aquifer, hydrochemical characterisation, anthropic pollution

*Termini chiave:* acquifero quaternario, acquifero profondo, caratterizzazione idrochimica, inquinamento antropico

### Riassunto

La Piana di Brindisi si caratterizza per l'elevata vocazione agricola dei suoi terreni e per la presenza di due acquiferi tra loro ben distinti: uno, più superficiale, costituito dalle sabbie calcarenitiche medio-pleistoceniche e l'altro, più profondo, costituito dai calcari mesozoici.

La progressiva antropizzazione del territorio e la conseguenziale esigenza di maggiori disponibilità idriche sono state soddisfatte, prevalentemente, attingendo dai due corpi idrici presenti nell'area; questo ha comportato l'intensificarsi di opere di adduzione eseguite, spesso, senza le necessarie conoscenze sulle particolari caratteristiche strutturali dei due acquiferi.

Con il presente studio si è voluto portare un ulteriore contributo alle conoscenze: litologiche, geologico-strutturali e idrogeologiche della Piana brindisina; sull'attuale grado di qualità delle due falde; sulle interazioni prodotte tra i due corpi idrici dalle attività antropiche insistenti nell'area.

### 1. Premesse

L'entroterra brindisino è costituito da un'ampia area sub-pianeggiante ove affiorano, prevalentemente, depositi calcarenitici e sabbiosi di origine marina; questi terreni poggiano su un banco argilloso del pleistocene inferiore, a sua volta sovrastante la piattaforma carbonatica costituita da calcari mesozoici e dai terreni relativi ai termini inferiori del ciclo sedimentario della fossa Bradanica.

I particolari caratteri litologici e geologico-strutturali concretizzano, nella zona, due ambienti idrogeologici distinti: uno rappresentato dalla cosiddetta “falda profonda”, principale risorsa idrica della regione, circolante nei calcari; l'altro costituito dalla falda “superficiale”, di discreto interesse locale, attestata nei depositi quaternari e separata dalla “profonda” da un orizzonte argilloso a spessore variabile.

La spiccata vocazione agricola di questo territorio ha prodotto uno sfruttamento sempre più intensivo sia dei suoli che delle acque favorendo così l'insorgere di un inquinamento diffuso della falda superficiale.

Di qui la necessità di caratterizzare compiutamente gli aspetti geolitologici e stratigrafici della zona, quelli idrogeologici dei due acquiferi nonché definire le eventuali interazioni tra le acque delle due falde e valutare l'impatto prodotto dalle attività antropiche sulla risorsa idrica principale.

## 2. Caratteri tettonici e geostratigrafici

L'area oggetto delle indagini è a confine tra l'altopiano delle Murge e la Penisola Salentina ed è caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione NW e SE.

In particolare l'area corrisponde ad una vasta depressione tettonica delle rocce carbonatiche mesozoiche che, dall'entroterra intorno a Francavilla Fontana, si apre verso il mare Adriatico; tale depressione, a "gradinata", è stata colmata dai depositi del "Ciclo della Fossa Bradanica" e dai "Depositi marini" terrazzati (Ciaranfi et al, 1992).

Nell'area, la più antica formazione presente (figg. 1,2) è rappresentata dai calcari dolomitici e dalle dolomie grigio-nocciola, raggruppati nella formazione di piattaforma continentale dei "Calcari di Altamura", riferita al Cretaceo sup. Questi litotipi, localmente, sono caratterizzati da un vario grado di fratturazione e carsismo che risulta più

intenso in corrispondenza dei principali lineamenti tettonici.

La formazione, che affiora diffusamente a NW della "Piana di Brindisi", viene interessata da faglie, principali in direzione NW-SE e secondarie in direzione E-W, e digrada a blocchi raggiungendo presso la costa quote inferiori ai -40 metri s.l.m. (Ciaranfi et al, 1983).

In trasgressione su tale formazione carbonatica mesozoica, si rinvengono i terreni relativi ai termini inferiori del ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica" costituiti dai depositi calcarenitico-sabbiosi (Pliocene-Pleistocene inf.) localmente riconosciuti come "Calcareniti del Salento".

In continuità di sedimentazione, in quasi tutta l'area indagata, sono presenti banchi non stratificati di argille grigio-azzurre caratterizzati da intercalazioni di marne e/o sabbie calcaree. Le argille sono caratterizzate da associazioni fossilifere (*Hyalinea baltica*, *Artica islandica*, ecc.), tipiche di mare freddo e sono riferibili al Calabriano (Pleistocene inf.). Si tratta, in generale, di sedimenti di mare profondo, che alternano episodi di mare basso legati ad oscillazioni temporanee del livello marino; al passaggio con la formazione soprastante le associazioni fossilifere indicherebbero un ambiente litorale.

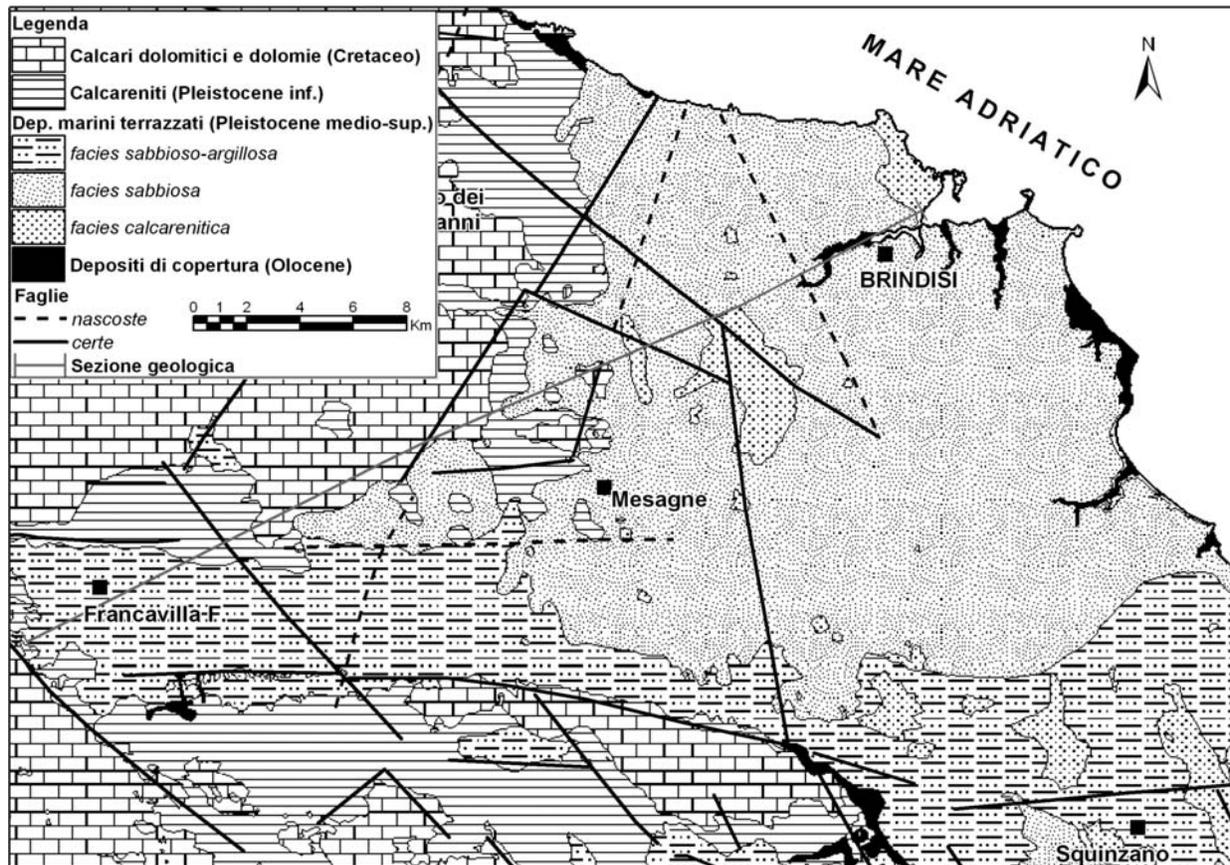


Fig 1 - Carta geologica  
Geological map

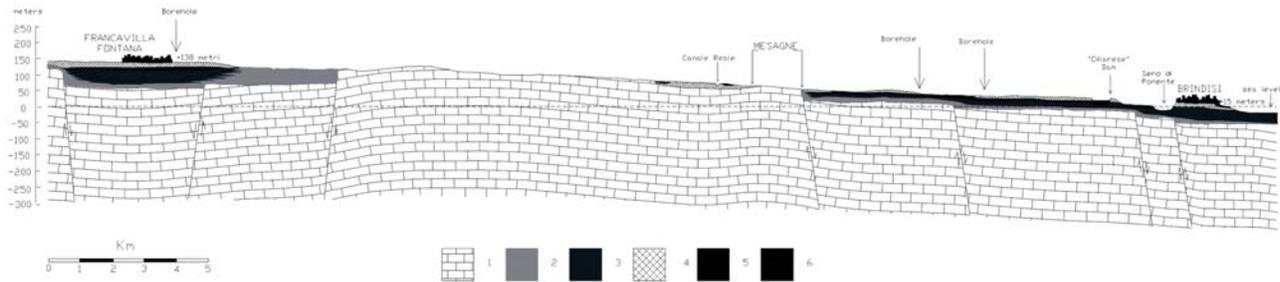


Fig. 2 - Sezione geologica. Legenda: 1) Calcari (Cretaceo); 2) Calcareniti (Pliocene sup. Pleistocene inf.); 3) Argille (Calabrian); 4) Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio – sup.); 5) Calcareniti (Pleistocene medio – sup.); 6) Falda superficiale  
*Geological cross-section. Legend: 1) Limestones (Cretaceous) 2) Calcareenites (upper Pliocene – lower Pleistocene); 3) Clays (Calabrian); 4) Sea terraced deposits (middle-upper Pleistocene); 5) Calcareenites (middle-upper Pleistocene); 6) Surface groundwater*

La formazione argillosa si rinviene, generalmente, al di sotto dei depositi di copertura medio-suprapleistocenici e solo a tratti, in limitati lembi, affiora nella parte di territorio a S-SW dell'area in esame. Il tetto di questa coltre argillosa è quasi sempre al di sopra del livello del mare tranne nella fascia costiera attorno alla città di Brindisi allorché raggiunge profondità comprese tra -10÷-20 m s.l.m.

Nel sottosuolo la continuità spaziale della formazione argillosa è di difficile ricostruzione, a causa delle frequenti variazioni di spessore e delle locali eterotopie con i depositi calcarenitici, tuttavia dalle indicazioni tratte dai sondaggi, nel tempo eseguiti, si può dedurre che la formazione tende ad aumentare di spessore in direzione SW-NE; peraltro, è caratterizzata da una potenza variabile da pochi metri, zona compresa tra Tutturano e Mesagne, a circa 50 metri in prossimità di Brindisi.

Come già evidenziato, la formazione argillosa è anche presente sotto i “Depositi marini terrazzati”, affioranti diffusamente tra Francavilla Fontana e Brindisi; sono questi, depositi sabbioso-calcarenitico-argillosi di spiaggia sia emersa che sommersa. I “Depositi marini”, sono caratterizzati da spessori limitati, comunque non eccedenti i 20÷25 metri, da giaciture sub-orizzontali e trasgressive su distinte superfici di abrasione poste a quote differenti; tali superfici sono incise, a seconda dei luoghi, nelle formazioni del ciclo Bradanico e negli stessi “Depositi marini” medio-supra pleistocenici, determinandone il terrazzamento.

Nell'area si possono distinguere due facies principali: la prima, affiorante tra Francavilla Fontana e Mesagne e a sud di Brindisi, è costituita da sabbie calcaree, debolmente cementate, con intercalazioni di calcare tipo “panchina”; talora le sabbie sono argillose e verso il basso passano ad argille grigio-azzurrognole. La seconda facies, affiorante diffusamente nella piana attorno alla città di Brindisi, è costituita da sabbie argillose e argille grigio-azzurrine, con intercalazioni di banchi calcarenitici e arenacei bioclastici. La facies sabbioso-argilloso è da riferirsi ad una trasgressione di età post-calabrian pre-tirreniana, mentre le facies calcareo-calcarenitiche, meno frequenti della precedente, sono da attribuirsi a una fase trasgressiva del Tirreniano.

Infine i depositi continentale olocenici, di limitata estensione e con spessori esigui, costituiti da limi e argille palustri e da sabbie fluviali e di duna.

### 3. Aspetti idrogeologici

I caratteri geologico-strutturali e litostratigrafici consentono alla zona di ospitare due ben distinti ambienti idrogeologici tra loro separati da un orizzonte impermeabile.

Di estrema importanza è il ruolo idrogeologico che esplica nell'area la formazione argillosa *calabrian*; praticamente impermeabile la formazione argillosa costituisce l'elemento di separazione tra i “*Depositi marini terrazzati*” calcarenitico-sabbiosi in cui ha sede una falda idrica, localmente indicata come falda *superficiale*, e l'ammasso carbonatico sede di una falda definita *profonda*.

Questa coltre a bassissima permeabilità digrada dolcemente verso il mare passando da 130 m s.l.m. nelle zone più interne a -20 m s. l. m. in prossimità di Brindisi e si estende, senza soluzioni di continuità al di sotto dei terreni permeabili impedendo così alle acque della falda superficiale di raggiungere l'ambiente carbonatico.

Inoltre, lo strato argilloso, funge da barriera al libero deflusso della falda profonda che è costretta a defluire, verso il mare, prevalentemente, in pressione trovando la sua emergenza a notevole distanza dalla costa, come viene testimoniato dalla presenza di numerose *polle sottomarine* al largo della città di Brindisi.

Fa eccezione a tale tipologia di circolazione idrica sotterranea la zona umida a nord di Brindisi dove la falda idrica profonda si confonde con quella circolante negli ammassi sabbiosi-calcarenitici ed emerge attraverso manifestazioni sorgentizie, subaeree e subacquee, diffusamente presenti in una plaga morfologicamente depressa, prossima alla costa (Sciannamblo D., et al. 1994).

La falda *superficiale* viene alimentata direttamente dagli eventi pluviali, ha ciclo stagionale e ha valenza economica locale; in funzione della morfologia del terreno che la ospita e del tetto dello strato argilloso varia i suoi carichi idraulici pur mantenendo modeste le portate e ben definite le direttrici di deflusso preferenziale.

Limitata o praticamente nulla è la discarica diretta a mare della falda che risente pochissimo degli effetti dell'intrusione marina e che, in condizioni di massima ricarica, drena le sue acque nelle incisioni, fossati e canali presenti sul territorio.

Per entrambi gli acquiferi, il coefficiente di permeabilità risulta abbastanza vario, con le profondità e da zona a zona. Prove di assorbimento e di portata indicano che nell'acquifero superficiale il coefficiente di permeabilità varia da  $5 \cdot 10^{-6}$  cm/sec a  $1 \cdot 10^{-4}$  cm/sec ed è in stretta dipendenza del contenuto di limo e/o argilla presente; mentre nella formazione calcareo – dolomitica di base la permeabilità è riconducibile a valori di  $10^{-1} \div 10^{-2}$  cm/sec. (Spizzico M., et al. 2005a).

Per la bassa permeabilità dei terreni costituenti l'acquifero superficiale, la mobilità della falda è molto limitata inoltre la bassa porosità dinamica (tra 18%-28%) determina durante gli eventi piovosi di notevole intensità,

ma di breve durata, ampie zone di allagamento.

#### 4. Caratteri chimici delle falde “superficiale” e “profonde”

Nell'area, attraverso una preconstituita rete di pozzi, trivellati e a scavo, si sono espletate prospezioni, accertamenti in sito di parametri chimico-fisici (pH, conducibilità specifica, temperatura, ecc.) e cicli di campionamenti per una caratterizzazione chimica e qualitativa delle acque.

Sulla base di tali determinazioni è stato possibile elaborare la distribuzione del contenuto salino delle acque della falda superficiale (Fig. 3) che, riferita alla fine del periodo di alimentazione (mese di aprile 2005), evidenzia come i contenuti salini in prossimità della città di Brindisi e nella parte sud-orientale siano superiori ai 2 g/l mentre restano al di sotto di 1 g/l su oltre l'80% dell'area indagata.

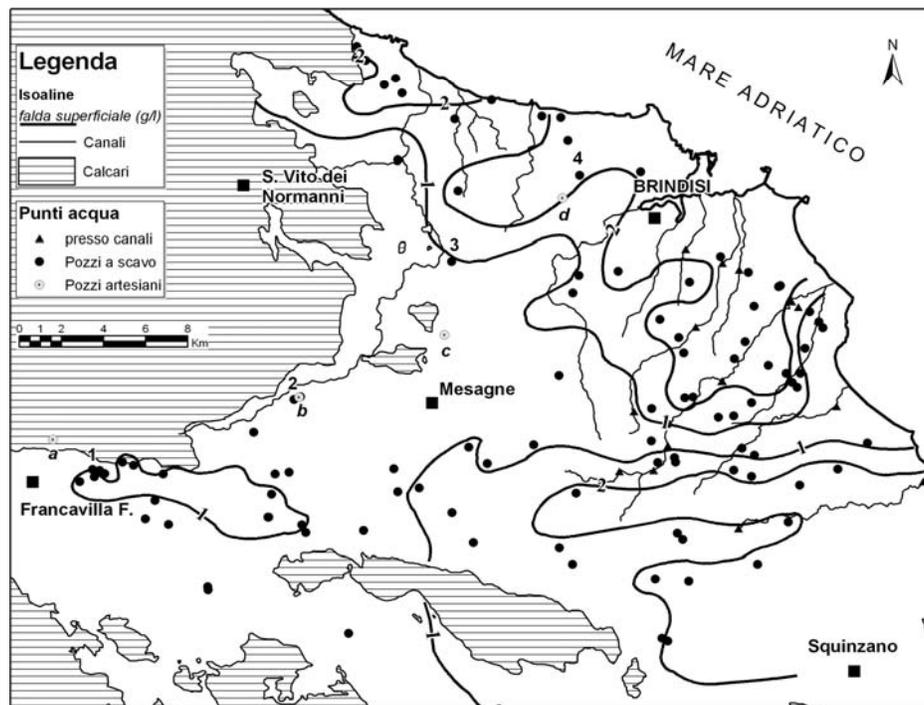


Fig. 3 – Carta delle isoaline  
Salinity map

Dalle indagini espletate è emerso anche che, nella porzione di acquifero più lontana dal mare, le acque della falda superficiale hanno una concentrazione salina che oscilla, nell'arco dell'anno e a luoghi, fra 0,30-1,0 g/l. Gli accertamenti hanno anche evidenziato che il contenuto salino delle acque tende generalmente ad aumentare con la profondità e che tali incrementi sono legati allo spessore idrico.

La determinazione delle concentrazioni dei costituenti chimici maggiori ha consentito di classificare le acque più interne dell'acquifero superficiale come acque bicarbonato-

calciche con una influenza cloruro-sodica che è certamente da attribuire alla genesi dei depositi calcarenitico-sabbiosi definita in ambiente marino. Si è anche accertato che, in tale settore, la concentrazione ionica delle acque può oscillare in intervalli abbastanza contenuti come si evince dal diagramma riportati in Fig. 4.

In prossimità della zona costiera le acque cambiano la loro precedente connotazione in cloruro-sodiche (Fig. 5) manifestando, a luoghi, un incremento di salinità anche superiore ai 3g/l.

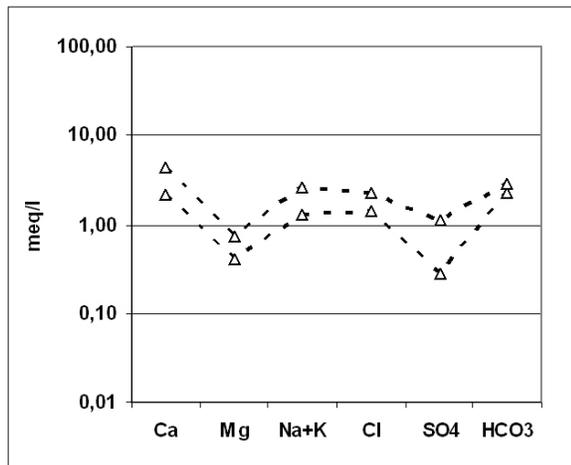


Fig. 4 – Falda superficiale – Concentrazioni ioniche minime e massime nel settore interno  
*Surface groundwater: minimum and maximum of ionic concentrations that are pertinent to inland*

Nella fascia costiera il contenuto salino resta connesso, in parte, al fenomeno dell'intrusione marina e, prevalentemente, a particolari situazioni litologiche e strutturali. Questo implica che a distanze brevi e da zona a zona le acque possono presentare una variabilità salina anche di 2 g/l che si riflette sui contenuti dei costituenti chimici maggiori delle acque. La Fig. 6, mette in evidenza l'intervallo tra i valori massimi e i minimi dei costituenti chimici maggiori delle acque circolanti nella fascia costiera.

Il progressivo incremento salino delle acque della falda superficiale, nel defluire dalla zona più interna (0,4 g/l) verso l'area costiera (2,50 g/l), viene agevolato dai maggiori tempi di interazione acqua-roccia dovuti alle basse velocità.

In Fig. 7, sono riportate le concentrazioni ioniche riscontrate nelle acque prelevate da pozzi a scavo ubicati lungo la direttrice Francavilla Fontana-Brindisi.

Un confronto tra le caratteristiche chimiche delle acque della falda superficiale con quelle della falda profonda è stato effettuato lungo la stessa direttrice.

Dai pozzi attestati nell'acquifero carbonatico, si sono prelevati, ciclicamente, campioni di acqua per analizzare, nel tempo, l'evoluzione salina (Tab. 1).

Si è accertato che nella zona più interna le acque hanno una salinità di 0,30 g/l mentre, in prossimità della costa, la concentrazione salina non supera 1,60 g/l; in Fig. 8 sono riportate le concentrazioni ioniche delle acque della falda profonda campionate dai pozzi insistenti lungo la stessa direttrice Francavilla Fontana-Brindisi. Dal confronto si deduce che entrambe le acque inizialmente, bicarbonato-calciche, in prossimità della costa diventano cloruro-sodiche; ben evidenti risultano anche le variazioni ioniche legate alle particolari condizioni degli ambienti percorsi: le maggiori fluttuazioni degli ioni calcio e solfati che le acque superficiali fanno registrare sono certamente da imputare alle pratiche agricole.

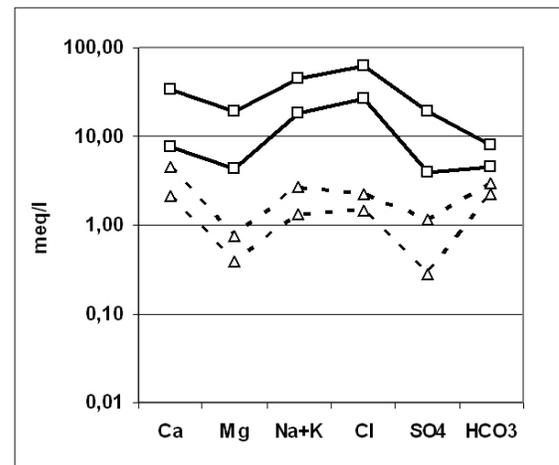


Fig. 5 – Falda superficiale – Concentrazioni ioniche minime e massime nell'area di Brindisi e nel settore interno  
*Surface groundwater: minimum and maximum of ionic concentrations that are pertinent to Brindisi area and inland*

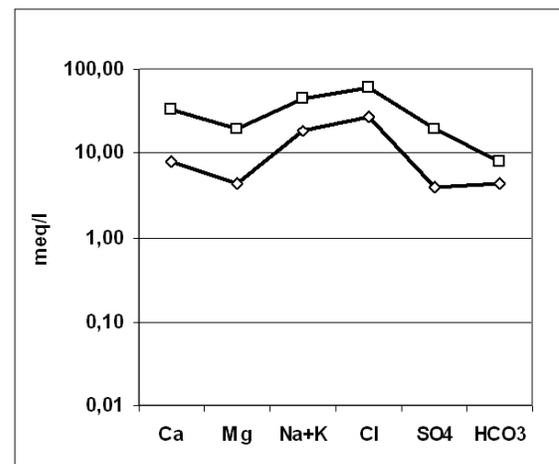


Fig. 6 – Falda superficiale – Concentrazioni ioniche minime e massime nella fascia costiera  
*Surface groundwater: minimum and maximum of ionic concentrations that are pertinent to coastal belt*

Per quanto attiene l'analisi qualitativa delle acque delle due falde, è emerso che nelle acque superficiali gli elementi del gruppo dell'azoto ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$ ) non sono tra loro in correlazione statistica e spaziale ma la variabilità delle concentrazioni è fortemente legata alla tipologia produttiva della zona che è indirizzata a forme intensive di colture ortive (Lopez N., et al. 2005)..

Nell'entroterra brindisino le pratiche irrigue iniziano verso la metà di maggio e già a fine giugno oltre il 70% delle acque campionate in questo periodo presentano C.M.A. (Concentrazione Massima Ammissibile) di azoto ammoniacale, nitriti, nitrati e fosfati superiori a quelli riportati nella normativa vigente (Spizzico M., et al. 2004).

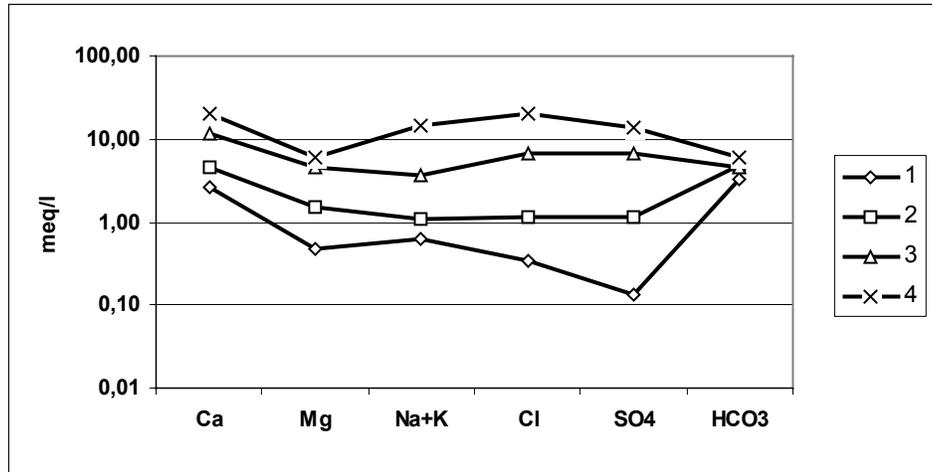


Fig. 7 – Falda superficiale – Pozzi lungo la direttrice Francavilla Fontana – Brindisi.  
*Surface groundwater: wells distributed along the Francavilla Fontana – Brindisi direction*

Tab. 1 – Concentrazioni ioniche e salinità delle acque delle falde superficiali e profonde. Direttrice Francavilla Fontana – Brindisi  
*Ionic concentrations and salinity of surface groundwater and deep groundwater along the Francavilla Fontana – Brindisi direction*

Pozzi. Superf./Prof.	Ca <sup>++</sup> meq/l	Mg <sup>++</sup> meq/l	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> meq/l	Cl <sup>-</sup> meq/l	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/l	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> meq/l	Salinità g/l
<b>1</b>	2,63	0,48	0,63	0,34	0,14	3,31	0,24
<b>2</b>	4,54	1,51	1,08	1,12	1,12	4,88	0,43
<b>3</b>	11,50	4,64	3,58	6,69	6,77	4,55	1,10
<b>4</b>	20,03	5,90	14,39	20,35	13,77	5,95	2,15
<b>a</b>	3,93	0,73	0,57	0,44	0,08	4,22	0,31
<b>b</b>	4,45	3,36	2,27	2,72	0,96	5,90	0,57
<b>c</b>	5,49	3,88	2,84	3,60	0,35	8,39	0,65
<b>d</b>	4,94	7,46	14,16	16,74	1,58	6,8	1,58

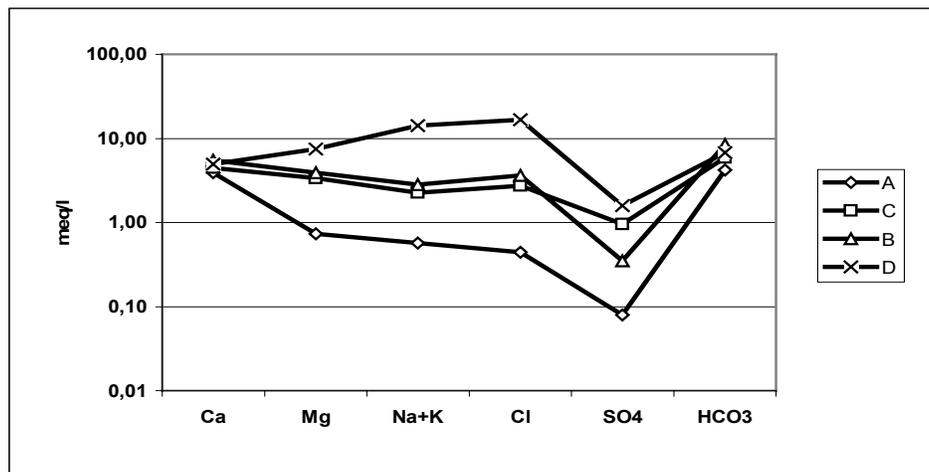


Fig. 8 – Falda profonda – Pozzi lungo la direttrice Francavilla Fontana – Brindisi  
*Deep groundwater: wells distributed along the Francavilla Fontana – Brindisi direction*

La rappresentazione spaziale della distribuzione dei nitrati, riportata in Fig. 9, mostra come le acque della falda superficiale siano ampiamente interessate da questa forma di inquinamento e che le aree a maggiore concentrazione sono quelle localizzate a sud di Brindisi, in direzione nord della costa adriatica e a sud di Mesagne.

In queste aree si ha che oltre il 30 % dei pozzi campionati hanno una concentrazione di nitrati superiore a 4 volte circa la C.M.A. con valori massimi di 1300mg/l riscontrati in zona Francavilla Fontana.

Analoga verifica qualitativa è stata espletata sulle acque della falda profonda attraverso campionamenti ciclici effettuati tramite una rete di 40 pozzi.

Con tecniche geostatistiche univariate (Goovaerts P., 1997), si sono analizzati gli elementi azotati, inquinanti; per i nitrati si è definita la loro distribuzione spaziale, dopo aver interpolato il dato misurato con la tecnica del kriging, classificando le concentrazioni rilevate secondo tre delle "classi" di definizione di "impatto antropico" proposte nel D.L. 152 del 11/5/99: 1)  $\text{NO}_3^- \leq 25$  mg/l (Impatto Antropico Ridotto); 2)  $25,01 < \text{NO}_3^- \leq 50$  mg/l (Impatto Antropico Significativo); 3)  $\text{NO}_3^- > 50$  mg/l. (Impatto Antropico Rilevante).

Dalla rappresentazione riportata in Fig. 10 emerge che il

corpo idrico profondo non ha ancora subito gli effetti dell'antropizzazione, restando le aree a concentrazioni maggiori di 50 mg/l di nitrati circoscritte a sud di Mesagne.

In questa zona, le concentrazioni di nitrati nella falda profonda sono risultate variabili da 70 mg/l a oltre 200 mg/l; ripetute, in periodi diversi dell'anno, si è accertato una loro dipendenza dalle concentrazioni registrate nelle acque della falda superficiale che, nella zona, variano da 88 mg/l a oltre 250 mg/l con presenza di ammoniaca e nitriti.

Queste forme di inquinamento circoscritte ad alcuni impianti di captazione sono probabilmente riconducibili ad una cattiva realizzazione dell'opera di presa: la perforazione si è attestata nella falda profonda ma ha anche messo in comunicazione l'acquifero superficiale con quello profondo. Sarebbe bastato, in fase di esecuzione, cementare e opportunamente isolare il tratto di attraversamento della prima falda per evitare l'insorgere di tali situazioni. In presenza di tali opere di emungimento, che hanno modificato il naturale isolamento della risorsa idrica profonda, acque di infiltrazione, meteoriche o di irrigazione, idroveicolano i prodotti azotati utilizzati in modo ricorrente, diffuso e indiscriminato nelle pratiche agricole.

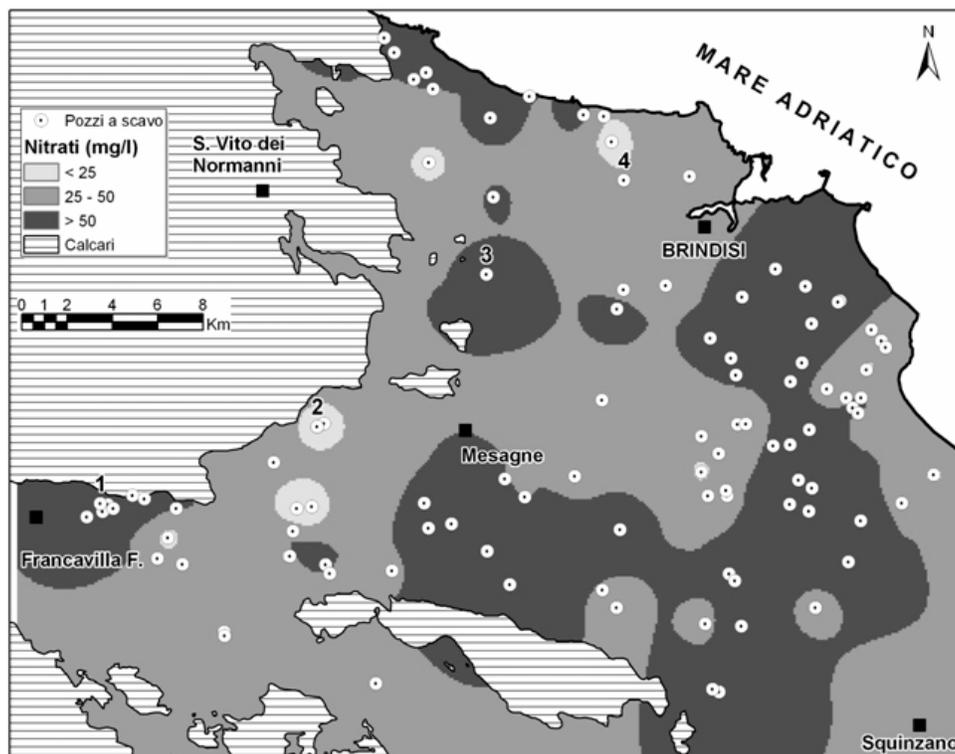


Fig. 9 – Concentrazione dei nitrati in falda superficiale  
*Nitrate concentration in surface groundwater*

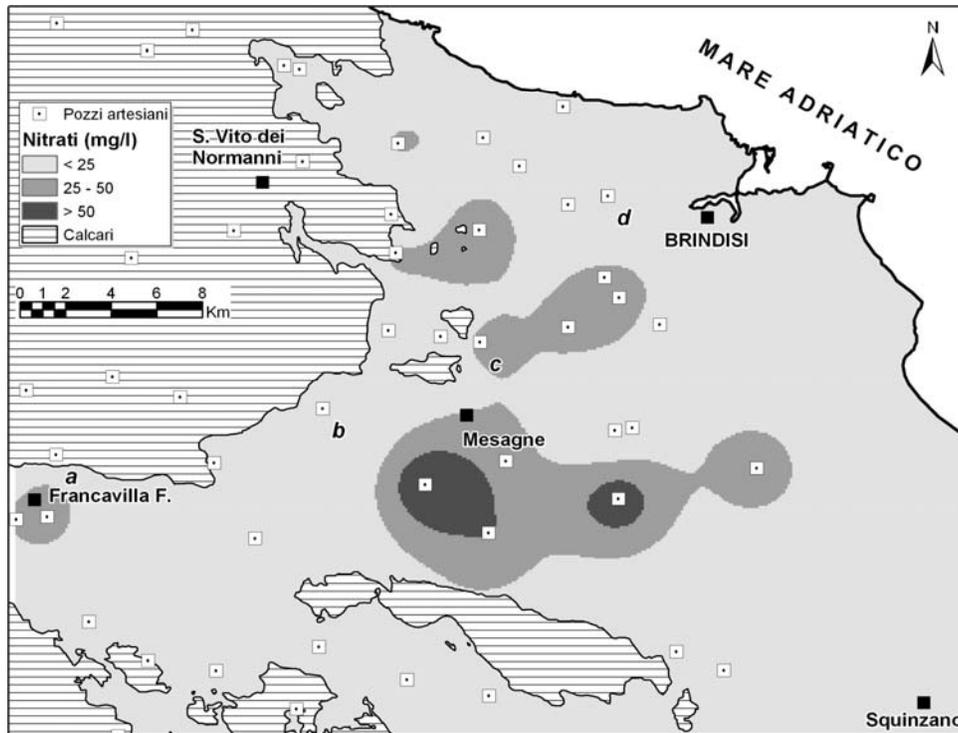


Fig. 10 - Concentrazione dei nitrati in falda profonda.  
Nitrate concentration in deep groundwater

## 5. Conclusioni

In generale, l'esistenza in un territorio di due acquiferi tra loro sovrapposti è condizione di sicurezza per le acque circolanti nell'acquifero più profondo; teoricamente, infatti, l'acquifero sottostante può essere considerato confinato, dallo strato impermeabile di fondo dell'acquifero superficiale, e quindi risultare protetto da potenziali forme di inquinamento antropiche.

E' quanto si verifica nell'area brindisina dove le caratteristiche geologico-strutturali sono tali da tutelare la principale risorsa idrica sotterranea locale (Spizzico M., et al. 2005b).

Tuttavia, a causa della cattiva esecuzione di alcune opere di attingimento, si sta verificando che, a luoghi, la falda superficiale è stata messa in comunicazione con quella profonda e riversa, in questa, sensibili carichi inquinanti.

L'operare in si fatti contesti ambientali richiede sempre particolari conoscenze, attenzioni e professionalità onde evitare situazioni che possono evolvere in senso peggiorativo sia nei confronti della qualità della risorsa e quindi nei confronti dello sviluppo socio-economico della zona.

## Bibliografia

Ciaranfi N., Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiasi S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L. & Vezzani L., 1983. Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale. C.N.R., Prog. Finaliz. Geodin., Pubbl. 515, pp. 62, Bari.

Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G., 1992. Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale). Mem. Soc. Geol. It., 41:449-460, Roma.

Goovaerts P., 1997. Geostatistics for Natural Resources Evaluation. Oxford Univ. Press, New York, 483 pp.

Lopez N., Sciannamblo D., Spizzico M., Tinelli R., 2005. Characterisation of the post-cretaceous aquifer in the brindisi plain aimed at recovering and protecting the groundwater" 3rd Symposium -quality and Management of Water Resources" St.Petersburg, Russia.

Sciannamblo D., Spizzico M., Tadolini T., Tinelli R., 1994. Lineamenti idrogeologici della zona umida di Torre Guaceto (Br), *Geologica Romana*, Vol. xxx, pp. 754-760.

Spizzico M., Lopez N., Sciannamblo D., 2004. Contaminazione di un acquifero profondo e costiero dovuta a cause naturali ed antropiche

*L'Ambiente* 2 pp. 8-12.

Spizzico M., Lopez N., Sciannamblo D., 2005a. Analysis of the potential contamination risk of groundwater resources circulating in areas with anthropogenic activities. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 5 pp. 1- 8.

Spizzico M., Lopez N., Sciannamblo D., 2005b. Valutazione della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero pugliese nell'area di Brindisi (Italia). *L'ACQUA*, 2 pp.17- 24.