

## 16. - AREA IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI BRINDISI

### 16.1. - INTRODUZIONE

La Piana di Brindisi corrisponde ad una vasta depressione strutturale, affacciatesi sulla costa adriatica, costituitasi a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico, che dagli affioramenti di Francavilla Fontana si spinge sino al litorale adriatico ed oltre, laddove, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati.

Immergente debolmente verso costa, la Piana presenta variazioni altimetriche alquanto modeste ed un litorale caratterizzato da tratti a falesia, in particolare nell'area compresa tra Cerano e S. Pietro Vernotico, ove la stessa raggiunge una quota di circa 15 m s.l.m., da litorali sabbiosi e da zone costiere lagunari, tra le quali si segnalano Torre Guaceto e le Saline di Brindisi. Gli elementi morfologici caratterizzanti l'area sono rappresentati da superfici terrazzate digradanti verso il mare Adriatico, con modeste e discontinue cadute di pendio, in corrispondenza di antiche linee di costa.

La rete idrografica comprende un reticolo di incisioni ben gerarchizzato, nel quale sono disposti, con direzione prevalente SO-NE il Canale Reale, il Foggia Rau e il Canale Cillarese, sfocianti nell'Adriatico. Le incisioni maggiori sono separate fra loro da spartiacque poco marcati, mentre le numerose canalizzazioni minori formano piccole aree depresse, che favoriscono frequenti alluvionamenti.

L'assetto stratigrafico dei Depositi marini terrazzati favorisce la presenza di una falda acquifera superficiale, piana ed epidermica, la cui geometria e proprietà idrogeologiche sono condizionate dalla variabilità verticale ed orizzontale della permeabilità degli strati costituenti i suddetti sedimenti. Ciò determina una sistema idrico sotterraneo discontinuo, che fino a qualche tempo addietro ha alimentato in prevalenza il settore irriguo della Piana.

La base di detto acquifero superficiale è costituita da argille pleistoceniche, poggianti sui calcari fratturati e carsici del Cretacico; in questi ultimi ha sede l'acquifero profondo, in continuità con quello

che impegna l'intera piattaforma apula. Al tetto della formazione cretacica, fra la stessa e le argille predette, si rinviene talora la formazione delle Calcareniti di Gravina, la cui prevalente impermeabilità contribuisce ad una circolazione idrica confinata nell'acquifero profondo.

La falda idrica profonda trae alimentazione dall'altopiano murgiano e fluisce verso il mare, prevalentemente in pressione, con una cadente piezometrica modesta, in genere inferiore ad 1‰. L'efflusso a mare della falda profonda avviene spesso in punti distanti dalla linea di costa, stante la presenza della copertura argillosa impermeabile lungo la fascia costiera e sui fondali marini prossimi alla linea di costa; situazione quest'ultima che costringe le acque sotterranee a circolare in pressione ed emergere talora oltre la costa sui fondali marini.

Nelle condizioni sopra riassunte è evidente che l'idrogeologia dell'area è fortemente condizionata dal fenomeno dell'intrusione marina continentale, che determina, in ragione delle locali condizioni idrogeologiche, una spiccata stratificazione salina delle acque sotterranee profonde. In prossimità della costa, ed in particolare dell'abitato di Brindisi, i calcari acquiferi degradano rapidamente sotto alla quota del mare; qui la circolazione idrica sotterranea si svolge in pressione e le acque sono spesso fortemente salmastre. Nelle porzioni più interne della Piana, ove i calcari di base hanno quote maggiori del livello marino, si riscontra invece una discreta qualità delle acque sotterranee, a meno di locali peggioramenti quantitativi e qualitativi dovuti all'influenza di scorrette estrazioni antropiche, consistenti in una incontrollata ed errata realizzazione di pozzi di captazione.

L'intesa antropizzazione del territorio e lo sviluppo dell'agricoltura ha generato, nella Piana di Brindisi, negli ultimi decenni, una densa irrigazione, determinando via via un degrado qualitativo delle acque sotterranee, anche laddove l'agricoltore si avvale insieme di acque derivanti dalla falda superficiale e dalla falda profonda. Inoltre, la falda superficiale è spesso interessata da fenomeni di inquinamento antropico, conseguente ad attività industriali (cap. 19).

Le risorse idriche sotterranee della Piana di Brindisi, disposta a saldatura dei margini murgiani

a Nord-Ovest e l'estremità settentrionale degli acquiferi dell'area del Salento, hanno sino ad oggi soddisfatto gran parte del fabbisogno irriguo ed industriale di quest'area. Le estrazioni sono tuttavia avvenute senza pianificazione e controllo, determinando il progressivo degrado quantitativo e qualitativo sia della falda superficiale sia di quella profonda. Tuttavia, le acque sotterranee della Piana di Brindisi rappresentano ad oggi una risorsa idrica meritevole di maggiori attenzioni pluridisciplinari, purtroppo mai considerate efficacemente dagli Organi preposti alla gestione delle acque sotterranee.

## 16.2. - ASSETTO GEOLOGICO

Nella piana di Brindisi sono presenti in affioramento (fig. 16.1) ed in sequenza stratigrafica (fig. 16.2) sul basamento mesozoico, localmente ascrivibile alla Formazione del Calcarea di Altamura (Cretacico sup.) e al Calcarea di Caranna (Cretacico sup.), la Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.), le Argille subappennine (Pleistocene inf.), i Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore) e i Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri).

Il substrato carbonatico è rappresentato quasi esclusivamente dalla Formazione del Calcarea di Altamura, mentre il Calcarea di Caranna affiora in un'area limitata di pochi km<sup>2</sup>. Il Calcarea di Altamura è costituito prevalentemente da calcari micritici bianchi a grana fine e media, ben litificati e stratificati, con ricorrenti strutture biogeniche (stromatoliti e bancate biostromali a rudiste). Si alternano dolomie grigio-nerastre, organizzate in strati e banchi. L'assetto è generalmente tabulare, con strati debolmente immergenti verso SSE e SE. Il Calcarea di Caranna è invece costituito da calcareniti e calciruditi bioclastiche in facies di scarpata.

In trasgressione sulle rocce carbonatiche mesozoiche affiorano i depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale, ascrivibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina, (Pleistocene inf.), che raggiungerebbe spessori massimi intorno ai 30 m (MARGIOTTA *et alii*, 2010). In continuità di sedimentazione su quest'ultima formazione poggiano le Argille subappennine, essen-

zialmente riscontrate in profondità, rappresentate da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose. Nella Piana di Brindisi le Argille subappennine presentano spessori alquanto variabili (fig. 16.2), che aumentano procedendo sia da Ovest verso Est che da Sud verso Nord. Lungo la costa, ad esempio, lo spessore passa da circa 20 m a 45 m, muovendosi dall'area di Cerano fino al Porto di Brindisi. Secondo quanto riportato in MARGIOTTA *et alii*, (2008, 2010), sulla formazione argillosa pleistocenica, mediante un contatto erosivo, sarebbero deposte le Sabbie di Brindisi; esse costituiscono un'unità informale istituita dai suddetti autori, affiorante lungo la falesia di Cerano, di età Pleistocene inferiore-medio, in base alla sua posizione stratigrafica. Questa unità, in media spessa 13-14 m, è costituita da sabbie fini, di colore variabile dal giallo al grigio muovendosi verso l'alto stratigrafico, con abbondanti concrezioni diagenetiche nella porzione superiore dell'unità.

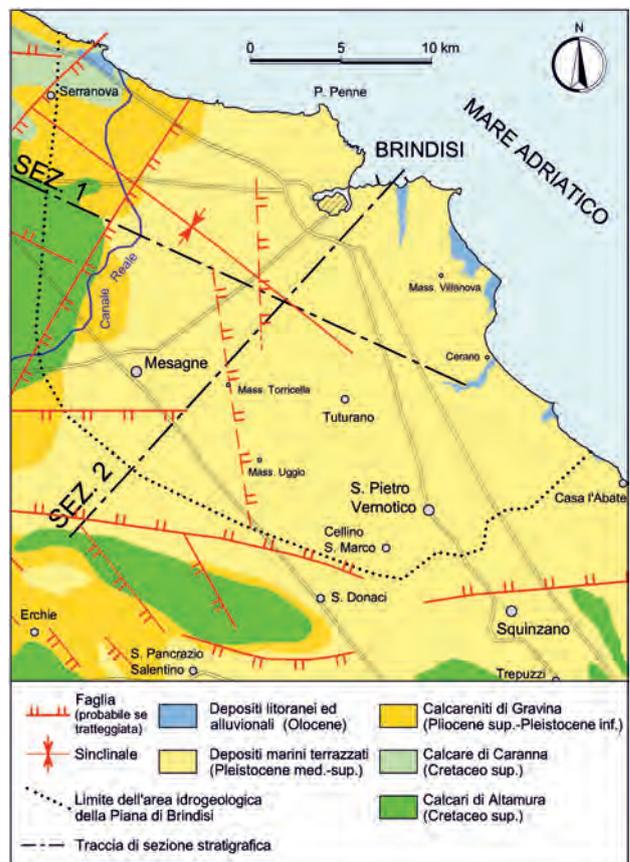


Fig. 16.1 - Carta geologico-strutturale della Piana di Brindisi.  
- Geological-structural map of the Brindisi plain.

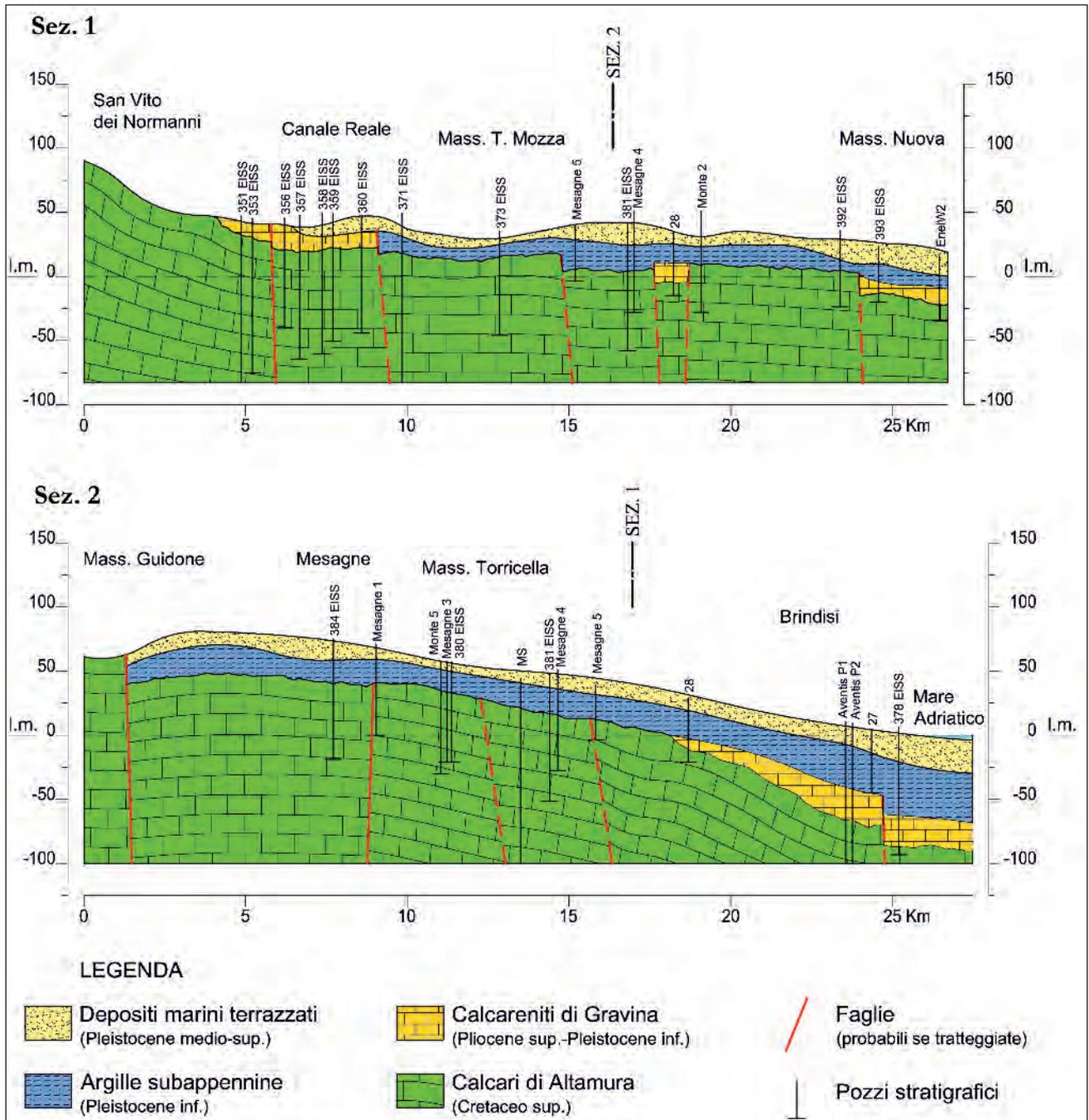


Fig. 16.2 - Sezioni geologiche della Piana di Brindisi le cui tracce sono ubicate in figura 16.1.

- Geological sections of the Brindisi Plain (traces shown in figure 16.1).

I Depositi marini terrazzati, di età Pleistocene medio-superiore, affiorano estesamente nella Piana di Brindisi con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 20 m (fig. 16.2) (CIARANFI *et alii*, 1988; MARGIOTTA *et alii*, 2010) e riferibili a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivo-regressivi (Supersintemi marini; cap. 1). Infatti, secondo quanto esaminato da Mastronuzzi *et alii*

(2011), nel corso del Pleistocene medio, nella Piana di Brindisi, si accumulavano, intercalati a fasi di emersione, depositi marini sabbioso-argillosi più spessi di quelli affioranti nelle zone murgiane limitrofe. A partire dal Pleistocene superiore, l'area in esame fu caratterizzata da stabilità o, localmente, da relativa blanda subsidenza.

Nella Piana di Brindisi i Depositi marini terrazzati sono costituiti da biocalcareni grossolani giallastre con intervalli sabbiosi o di calcari organogeni. I depositi terrazzati più antichi contengono vulcanoclasti provenienti dalle prime fasi eruttive del M. Vulture, mentre quelli più recenti sono caratterizzati dalla presenza di un'associazione faunistica *senegalensis* che, insieme alle datazioni U/Th eseguite su esemplari di *Cladocora caespitosa*, hanno permesso, anche grazie a datazioni assolute, di attribuirli allo stadio isotopico 5 (SHACKLETON & OPDYKE, 1973; MASTRONUZZI & SANSÒ, 2002; MASTRONUZZI *et alii*, 2011).

Lungo la fascia costiera sono presenti dune oloceniche, costituite da sabbie compatte e parzialmente cementate. Il litorale è formato da sabbie grigio-giallastre, talora rossastre per alterazione, contenenti concrezioni calcaree. Sono presenti anche depositi alluvionali ed eluvio-colluviali sabbiosi, limosi ed argillosi variamente distribuiti principalmente lungo solchi erosivi e nelle aree più depresse vicino alla costa, e ricoprono localmente i depositi pleistocenici in lembi non cartografabili a causa dell'assetto tabulare e dell'intensa attività antropica.

### 16.3. - CARATTERI GEOSTRUTTURALI

La Piana di Brindisi, corrispondente strutturalmente al Bacino di Brindisi, è caratterizzata da una serie di "Horst" e "Graben", di varia estensione, generalmente orientati in direzione NW e SE. Essa separa l'esteso affioramento del substrato carbonatico cretaceo delle Murge dai meno rilevanti affioramenti del Salento centrale e meridionale. In particolare, l'elemento che segna il confine Murgia-Salento in termini strutturali è rappresentato dalla Soglia Messapica, una paleostruttura riattivata dalla tettonica e oggi in gran parte sepolta dai sedimenti del ciclo plio-pleistocenico (cap. 15).

Il tetto del substrato carbonatico mesozoico si approfondisce progressivamente dalla Murgia verso la Piana di Brindisi e raggiunge, nella parte terminale antistante il litorale, quote abbondantemente inferiori a quella medio-marina (fig. 16.3). In particolare, in prossimità del Porto di Brindisi, il basamento calcareo mesozoico si rinviene ad una profondità dal livello medio marino di 70 m circa, mentre locali affioramenti si rilevano nelle aree li-

mitrofe alla Piana di Brindisi, poste a Sud e a Nord-Ovest della stessa (figg. 16.2 e 16.3).

Dalla sezione 2 di figura 16.2 si osserva chiaramente che l'affondamento dei calcari cretacei al di sotto dei terreni plio-pleistocenici raggiunge valori massimi in prossimità del litorale. Esso diminuisce progressivamente man mano che ci si sposta verso occidente e verso l'interno, tanto che a distanze di 7-8 km dal litorale i calcari si rinvergono al di sopra del livello medio marino, per poi affiorare a circa 25 km dalla costa (fig. 16.3). Man mano che l'affondamento dei calcari si riduce diminuiscono progressivamente gli spessori dei depositi sovrastanti, finché questi scompaiono del tutto (fig. 16.2).

### 16.4. - MORFOLOGIA E IDROGRAFIA

La Piana di Brindisi presenta una dolce morfologia, caratterizzata da una serie di terrazzi plio-pleistocenici, raccordati da scarpate debolmente acclivi,

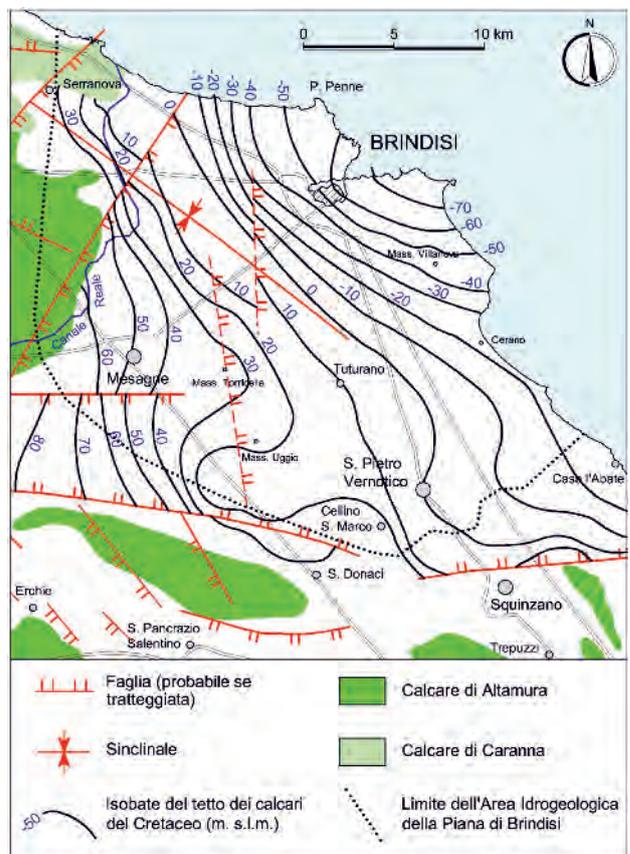


Fig. 16.3 - Carta tettonica con indicazione delle isobatte del tetto del basamento carbonatico cretaceo della Piana di Brindisi.

- Tectonic map showing the isobaths of the top of the Cretaceous carbonate bedrock of the Brindisi Plain.

che si estendono parallelamente alla costa e a quote progressivamente decrescenti. Il territorio è sub-pianeggiante, leggermente digradante verso mare, in più luoghi segnato da incisioni, naturali e/o di natura antropica, costituenti la rete idrografica (fig. 16.4). Nell'entroterra, pur mascherate da estese coperture di terreno vegetale e/o depositi continentali recenti, si riconoscono una serie di ripiani collegati tra loro da gradini corrispondenti ad antiche linee di costa (CIARANFI *et alii*, 1988). Questi elementi morfologici, riconducibili geologicamente all'unità dei Depositi marini terrazzati, sono la testimonianza delle periodiche invasioni dell'ambiente marino su quello continentale e rispettive ritirate, legate in particolare alle variazioni del livello marino per i fenomeni, prevalentemente glacio-eustatici, che si sono succeduti nel Pleistocene medio-superiore.

La blanda morfologia del paesaggio brindisino risulta essere interrotta da una rete idrografica esoreica attiva. Le diverse incisioni torrentizie presenti si sviluppano in direzione grossomodo normale alla linea di costa attuale e si raccordano presumibilmente con una linea di costa sommersa. A Sud di Brindisi è evidente come tali solchi erosivi siano,

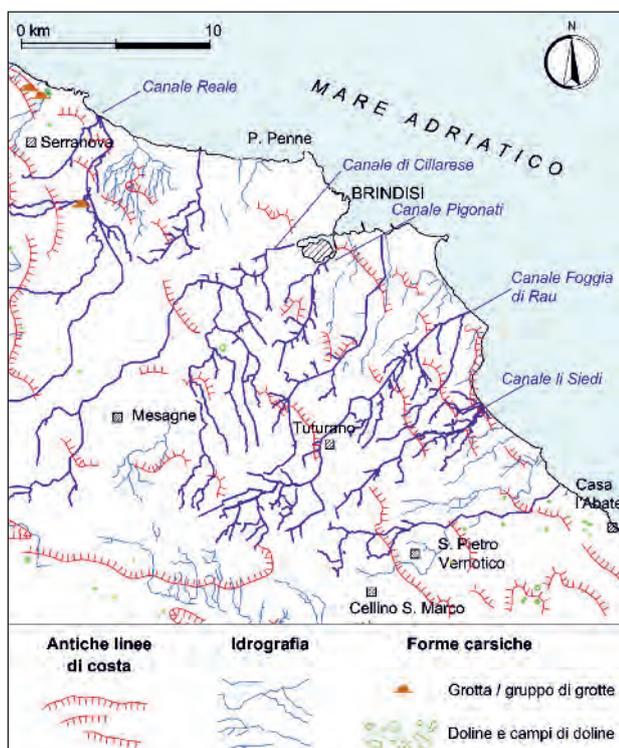


Fig. 16.4 - Carta geomorfologica della Piana di Brindisi.  
- Geomorphological map of the Brindisi Plain.

almeno nei loro tratti terminali, sovralluvionati e tagliati dalla falesia attuale. Qui, l'alta falesia sabbioso-limososa ha subito, negli ultimi decenni, continui e vistosi arretramenti causati da progressivi crolli. Nella zona prospiciente Campo di Mare (San Pietro Verrotico), a Sud di Brindisi, la velocità di arretramento della falesia e della spiaggia, misurata topograficamente, è risultata variabile tra 0,5÷2 m/anno, e ciò in ragione di fenomeni di instabilità causati dall'erosione marina al piede (fig. 16.5). In detto tratto di litorale, ove l'unica alimentazione

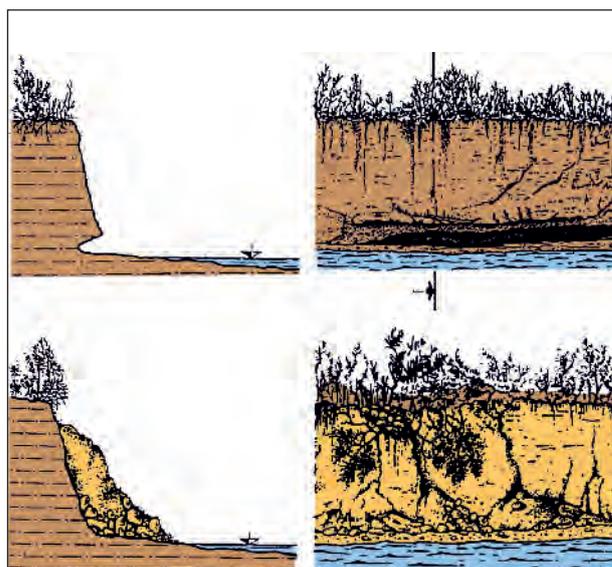


Fig. 16.5 - Evoluzione dinamica dei fenomeni di instabilità della falesia causati dall'erosione marina al piede.

- Evolution of cliff instability caused by sea wave erosion at the foot.

della spiaggia derivava dai crolli della retrostante falesia, studi meteomarini evidenziavano la necessità di realizzare, al fine di interrompere il progressivo arretramento della spiaggia, opere marittime consistenti in sei scogliere, poi realizzate negli anni novanta (fig. 16.6). Nonostante il successo raggiunto con detti interventi, continuavano a sussistere, ancorchè con frequenza più ridotta, problemi di instabilità a causa delle scadenti proprietà geotecniche dei terreni sabbioso-limosi costituenti la falesia, in genere aggravati da mareggiate eccezionali, cui conseguiva la realizzazione di notevoli opere di stabilizzazione di ingegneria civile e naturalistica (COTECCHIA & TAFUNI, 2011).

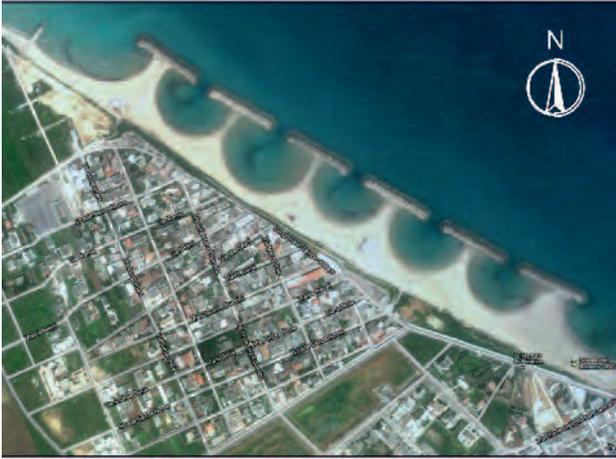


Fig. 16.6 - Opere marittime a scogliera per la difesa costiera di Campo di Mare (S. Pietro Vernotico) con la creazione dei caratteristici tomboli.  
- *Defensive reef works for protecting the Campo di Mare coast (S. Pietro Vernotico) by means of the typical tombolos.*

La Piana di Brindisi è caratterizzata dalla presenza di numerosi corsi d'acqua che, canalizzati, hanno contribuito alla bonifica idraulica iniziata nei primi del Novecento, con la quale sono stati eliminati i diffusi ristagni d'acqua dovuti alla impermeabilità superficiale e alle scarse possibilità di deflusso derivanti dalla morfologia poco acclive. La maggior parte dei corsi d'acqua sono a portata stagionale, fatta eccezione per il Canale Reale (fig. 16.4), lungo più di 48 km, che attraversa con il suo corso mediano e basso la piana costeggiando, nella parte terminale, gli affioramenti calcarei fino alla sua confluenza in mare nella riserva di Torre Guaceto.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da numerose linee di deflusso generalmente poco profonde. Solo alcuni corsi d'acqua principali, quali il Canale di Cillarese ed il Canale di Siedi, presentano delle incisioni segnatamente più profonde in prossimità della linea di costa. Lungo tali incisioni si rilevano localmente i depositi del ciclo della Fossa Bradanica. A causa dell'assetto tabulare, gli spartiacque non sono generalmente ben marcati. Sono frequenti piccole aree depresse, anche a carattere endoreico, soggette a fenomeni di alluvionamento durante le precipitazioni più intense. In prossimità della linea di costa, in particolare a Sud dell'abitato di Brindisi, sono presenti aree paludose in corrispondenza della foce di corsi d'acqua e di emergenze di acque sotterranee.

La linea di riva attuale taglia trasversalmente

molti dei canali costituenti la rete idrografica, con delle ripide falesie in rapido arretramento. In altri casi, la risalita olocenica del livello del mare è stata accompagnata dall'invasione dei tratti terminali delle valli più profonde e sviluppate, come quelle (Canale Pigionati, Seno di Levante e Seno di Ponente) che hanno dato luogo al porto naturale di Brindisi.

#### 16.5. - CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'assetto geologico-strutturale della Piana di Brindisi determina la geometria e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, influenzando sia sulle modalità di circolazione e di efflusso a mare, sia sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee.

È possibile distinguere un acquifero profondo, avente sede come in precedenza già detto, nell'ammasso carbonatico fessurato e carsificato e sostenuto alla base dall'acqua marina di invasione continentale; segue quindi al tetto un acquifero superficiale, avente sede nella formazione sabbioso-calcarenitica del Pleistocene medio-superiore (Depositi marini terrazzati) e sostenuto alla base dalla Formazione delle Argille subappennine (figg. 16.6, 16.7). Va evidenziato che in alcune aree, come ad esempio in prossimità di Cerano (COTECCHIA, 1985), la formazione plio-pleistocenica (Calcareniti di Gravina) a diretto contatto con i calcari del cretaceo, concorre a formare l'acquifero della falda profonda. Detta circostanza si verifica allorché la formazione sabbioso-calcarenitica presenta una permeabilità per porosità, fratturazione e carsismo, non trascurabile.

Falda superficiale e falda profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dal banco di Argille subappennine, considerabile ai fini idrogeologici praticamente impermeabile. L'acquifero superficiale presenta in genere modeste potenzialità idriche, sicché le portate da esso emungibili con i pozzi sono modeste. L'unica risorsa idrica disponibile di rilievo della Piana di Brindisi è quindi presente nell'acquifero profondo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono state indagate già a partire dagli anni '50 del secolo scorso (COTECCHIA *et alii*, 1957; ZORZI & REINA, 1957; ZORZI, 1961).

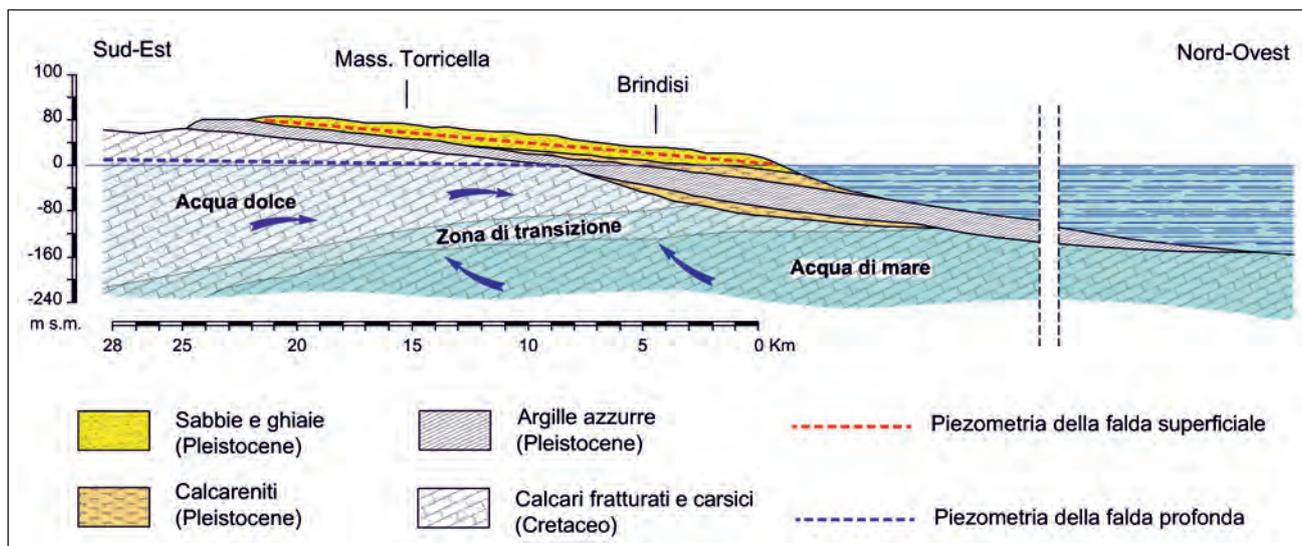


Fig. 16.7 - Sezione idrogeologica schematica della Piana di Brindisi perpendicolare al litorale adriatico.  
 - Hydrogeological section of the Brindisi Plain, perpendicular to the Adriatic Sea shoreline.

#### 16.5.1. - Caratterizzazione dell'acquifero carbonatico profondo

L'acquifero profondo è presente principalmente nel basamento calcareo mesozoico, permeabile per fessurazione e carsismo, e subordinatamente (lì dove presenti e poco compatti) nei depositi appartenenti alla sovrastante Formazione delle Calcareniti di Gravina. Si tratta dunque di un acquifero localmente passante a due strati a differente permeabilità, con i depositi calcarenitici generalmente a permeabilità ridotta rispetto ai calcari di base.

Finché il tetto calcareo giace a quote superiori a quella medio marina, circostanza che si verifica nella parte occidentale della piana, la falda profonda è generalmente freatica. Si segnala, a tal riguardo, il pozzo Montecatini di figura 16.8, nel quale il tetto dei calcari è stato rinvenuto a quota +35 m s.l.m. circa e il pelo libero della falda profonda a quota +3.5 m s.l.m. circa. In alcuni casi si osserva la presenza di una falda confinata anche quando il tetto dei calcari è presente a quote abbondantemente superiori a quella del livello mare; si tratta di situazioni particolari in cui il confinamento della falda è determinato dalla presenza di banchi di roccia compatti nell'ambito della formazione cretacea. Via via che ci si approssima al litorale le acque sotterranee tendono a circolare in condizioni confinate. A tal riguardo è rappresen-

tativo il pozzo 14/AB di figura 16.8, in cui i calcari cretacei, interessati dalla circolazione idrica sotterranea profonda, sono stati intercettati a circa -64 m s.l.m. e la falda profonda ha presentato un'altezza piezometrica pari a 1,4 m s.l.m. circa. In questo caso il confinamento della falda è dovuto alla presenza di calcareniti.

La geometria della falda profonda è fortemente condizionata dal rapporto esistente tra la profondità entro cui si rinviene l'acquifero profondo e le altezze piezometriche della falda. Presso costa, in prossimità dell'abitato di Brindisi, il tetto dei calcari è presente a notevole profondità (a quote in genere inferiori a -50 m s.l.m.) e le altezze piezometriche della falda sono modeste (in genere inferiori a 1,5 m s.l.m.). In dette condizioni la profondità dell'interfaccia teorica acqua dolce-acqua di mare calcolabile con la relazione di Ghyben - Herzberg, è minore di quella del tetto dei calcari, per cui l'acquifero risulta invaso, già a partire dalla sommità, da acqua salmastra appartenente alla "zona di transizione" acqua dolce-acqua di mare. A tal riguardo si segnala che dal già citato pozzo 14/AB (fig. 16.8), durante una prova di emungimento, si sono estratte acque sotterranee con concentrazione salina pari a quella dell'acqua di mare. Si segnalano inoltre i pozzi P1 e P2, trivellati nel 2004 in prossimità del Porto di Brindisi, in cui l'acquifero profondo è stato intercettato a quota pari a circa -70 m s.l.m. al di

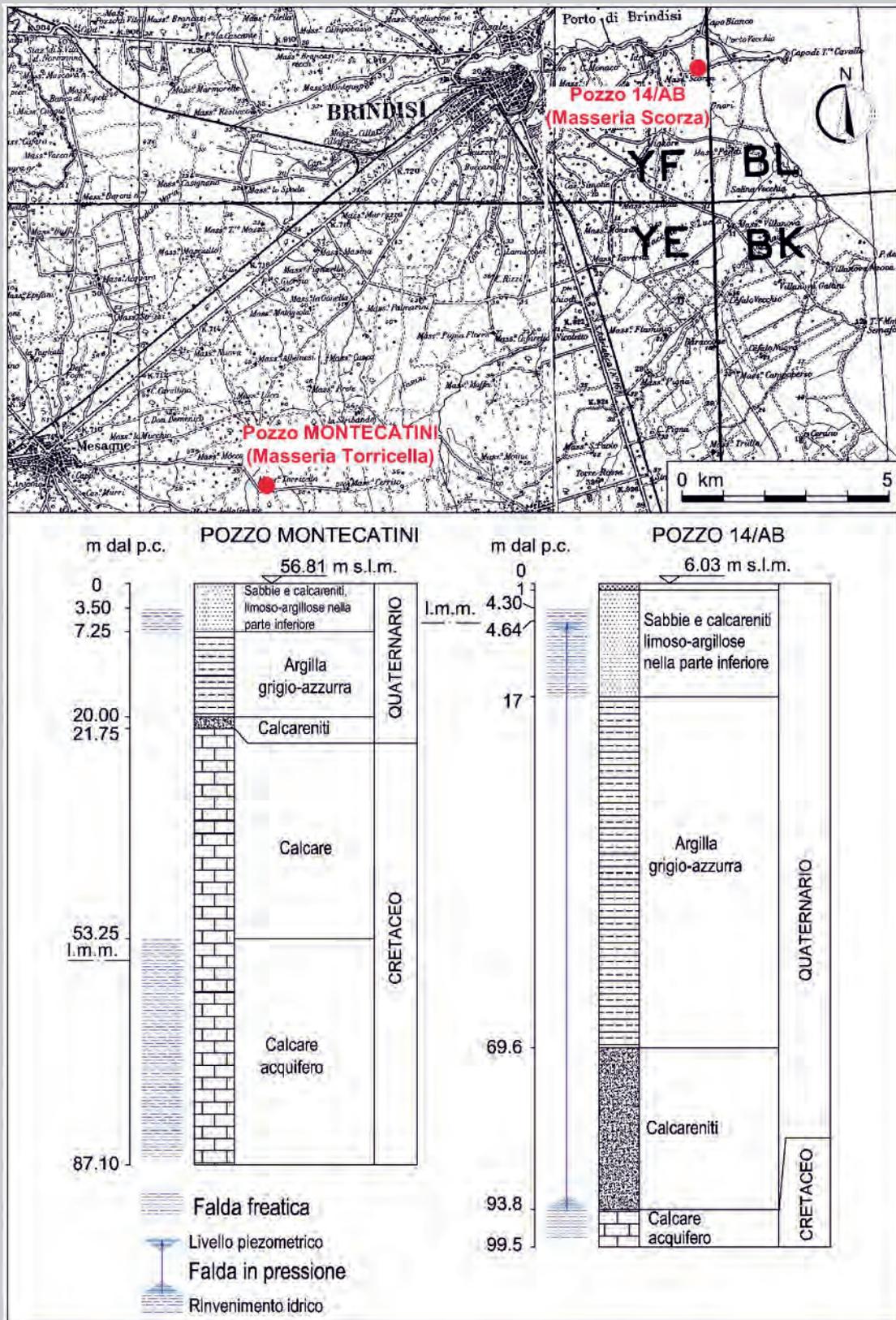


Fig. 16.8 - Stratigrafie di due pozzi eseguiti negli anni '50, con indicazione dei rinvenimenti idrici intercettati durante la perforazione e delle relative altezze piezometriche.

- Stratigraphy of two wells drilled in the '50s, showing the depths to groundwater intercepted during drilling and the corresponding piezometric beads.

sotto di un banco di argille potente circa 40 metri e un banco di calcareniti potente circa 20-30 metri, con falda avente altezza piezometrica pari a circa 1,5 m (fig. 16.9). Dai diagrammi di figura 16.10 e

16.11 si rileva che, dal tetto dei calcari (- 70 m s.l.m. circa) e per uno spessore di circa 5 m misurato verso il basso, la falda idrica presenta una concentrazione salina pari a circa 5 g/l, una temperatura

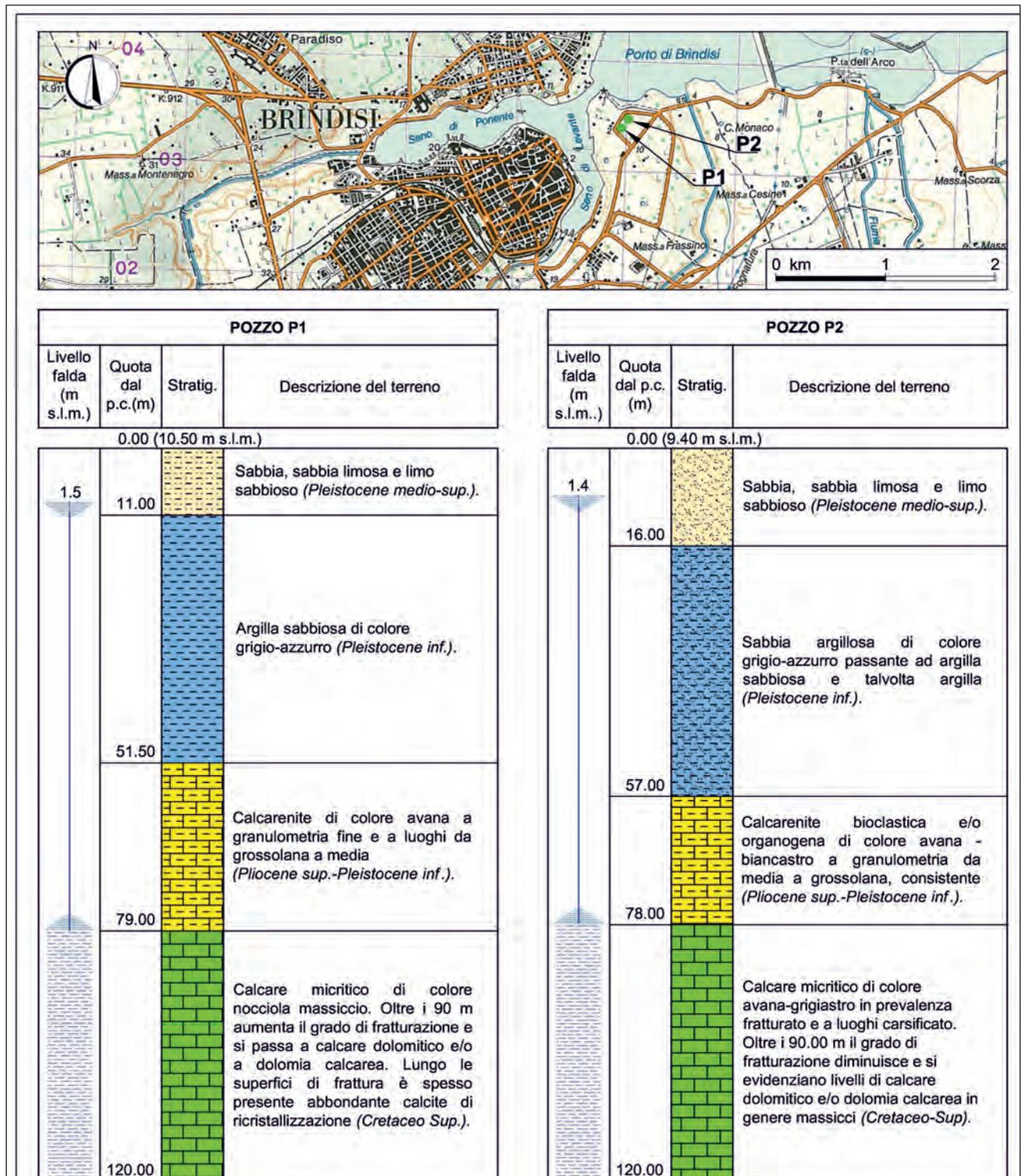


Fig. 16.9 - Colonne stratigrafiche dei pozzi P1 e P2 trivellati in prossimità del Porto di Brindisi.  
- Stratigraphy of the wells P1 and P2 drilled near the Port of Brindisi.

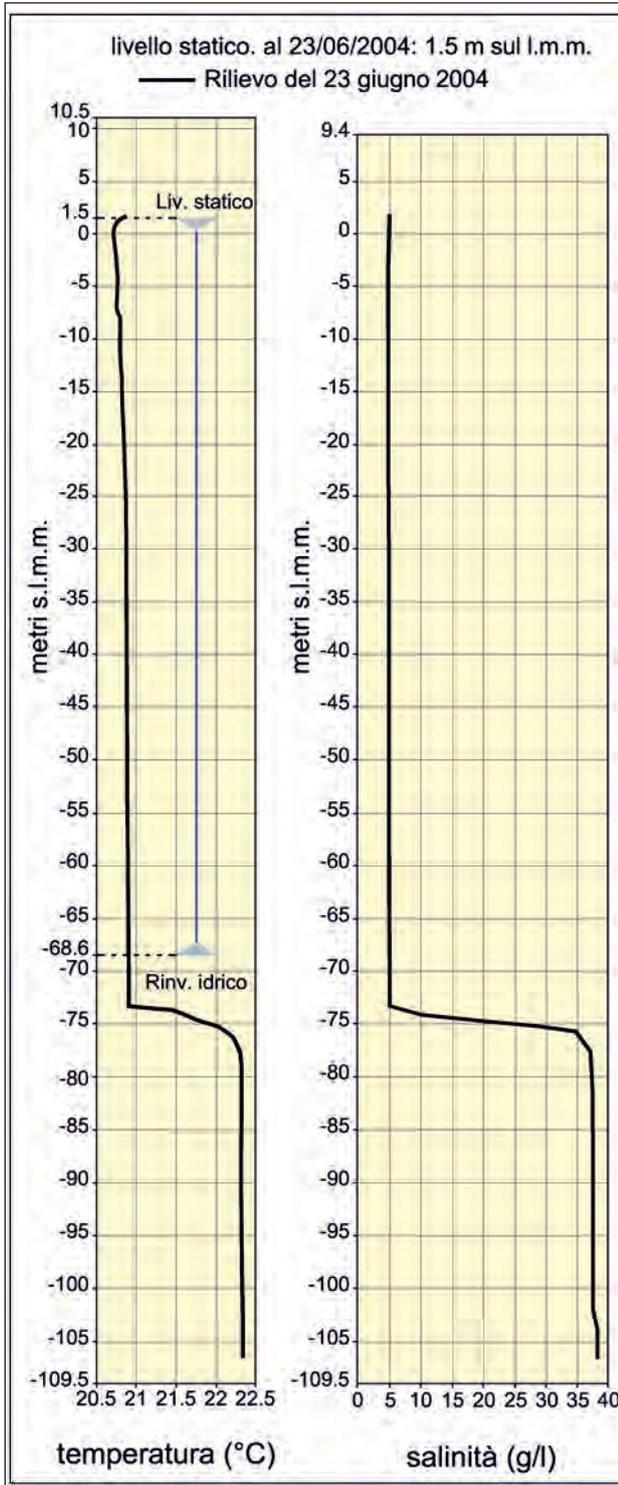


Fig. 16.10 - Carotaggio termo-salinometrico, eseguito nel 2004, nel pozzo P1 ubicato in figura 16.9.  
 - Thermo-salinometric log, performed in 2004, in the well P1 (location shown in figure 16.9).

inferiore a 21° ed una significativa mobilità, essendo la velocità di filtrazione dell'ordine di 1 m/g. Il passaggio all'acqua di mare avviene quasi repentinamente, essendo la zona di transizione dotata di uno

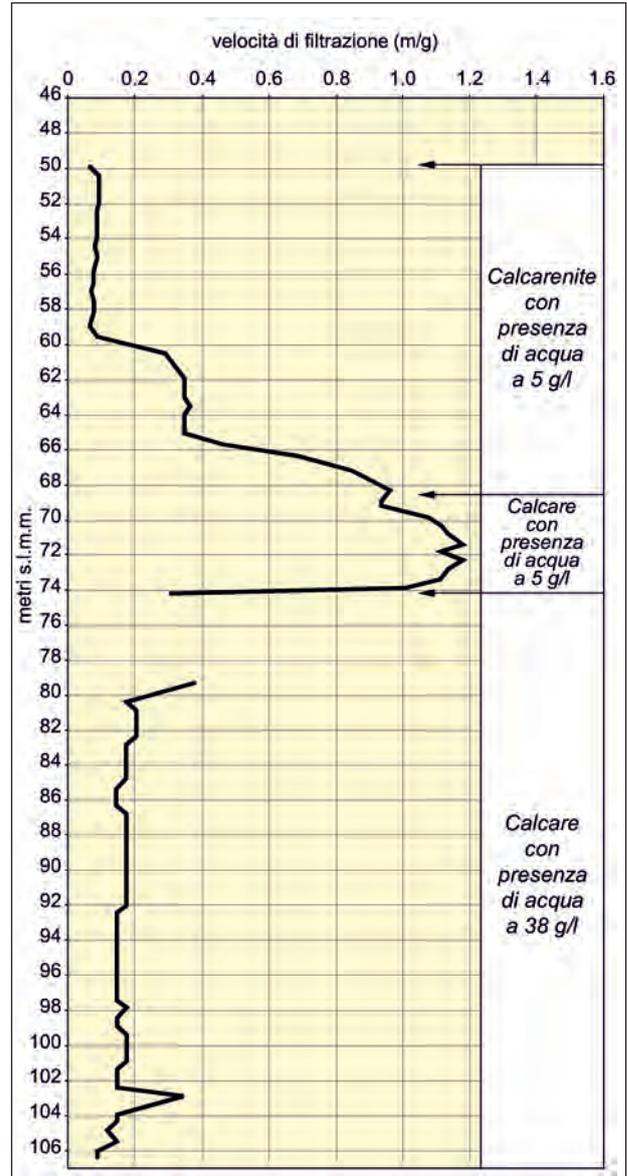


Fig. 16.11 - Andamento, con la profondità, della velocità di filtrazione misurata nel pozzo P1 ubicato in figura 16.9.  
 - Groundwater flow versus depth measured in the well P1 (location shown in figure 16.9).

spessore dell'ordine dei 4-5 m. Si segnala la presenza di velocità di filtrazione diverse da zero anche nell'acqua di mare (fig. 16.11) a causa della vicinanza dalla costa. Inoltre, è stata misurata una modesta velocità di filtrazione in una piccola porzione delle calcareniti sovrastanti all'acquifero cretatico (figg. 16.9, 16.11) e ciò in quanto esse, pur presentando una permeabilità molto ridotta tale da determinare il locale confinamento della falda profonda, al contatto con la sottostante formazione possono essere alterate e dunque maggiormente permeabili per fratturazione e carsismo.

### 16.5.1.1 - Alimentazione della falda profonda

Nella Piana di Brindisi l'alimentazione della falda profonda è da ritenere nulla, se si fa eccezione per una piccola aliquota di acque meteoriche che si infiltrano negli affioramenti calcarei ad Est del Canale Reale (fig. 16.1). Detta circostanza è dovuta all'estesa presenza, al di sotto dei Depositi marini terrazzati, della Formazione delle Argille subappennine, da ritenere pressoché impermeabile, che impedisce, a meno di localizzate eccezioni, il realizzarsi di un apporto diretto delle acque meteoriche nei confronti della falda profonda. Le precipitazioni che insistono nella Piana di Brindisi, ove la piovosità media annua si attesta tra i 500 e i 600 mm di pioggia (cap. 7), rappresentano dunque, al netto dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale, l'alimentazione del solo acquifero superficiale.

In presenza di discontinuità del livello argilloso si possono verificare delle interazioni idrauliche tra la falda superficiale e quella profonda. Ciò accade, ad esempio, in presenza di lineamenti strutturali disgiuntivi quali fratture o faglie che interessano anche il deposito argilloso. Tali interazioni darebbero origine a travasi di acque sotterranee dalla falda superficiale a quella profonda, risultando lunga una stessa verticale i carichi piezometrici della prima maggiori di quelli della seconda. Altre vie di comunicazione tra i due acquiferi possono crearsi in corrispondenza di pozzi male eseguiti che, attraversando l'acquifero superficiale, si attestano nell'acquifero profondo. Il mancato isolamento del tratto di pozzo interessante l'acquifero superficiale può infatti determinare, nel pozzo stesso, il travaso della falda superficiale in quella profonda. Dette circostanze assumono particolare rilevanza in quanto possono determinare la migrazione di sostanze inquinanti dalla falda superficiale a quella profonda, quest'ultima in genere poco vulnerabile all'inquinamento perché protetta dalla presenza delle Argille subappennine.

L'alimentazione della falda profonda avviene quindi a Nord-Ovest della Piana di Brindisi, in corrispondenza dell'altopiano murgiano.

### 16.5.1.2 - Permeabilità dell'acquifero profondo e piezometria della falda

Le rocce del Cretaceo, costituenti l'acquifero profondo, sono permeabili per fratturazione e carsismo. Il coefficiente di permeabilità dell'acquifero profondo, calcolato a partire da risultati di prove di portata (tav. 3 f.t.), è compreso nell'intervallo  $10^{-3}$ ÷ $1$  cm/s (fig. 16.12). I valori inferiori del coefficiente di permeabilità si osservano presso costa. Invece, a Sud-Est, lungo l'allineamento Tutturano-Cellino S. Marco, e a Nord, in prossimità di Serranova, sono presenti valori del coefficiente di permeabilità dell'ordine di 1 cm/s.

La piezometria della falda profonda indica che il deflusso idrico sotterraneo, proveniente dalla contigua Murgia, ha prevalentemente direzione NO-SE (fig. 16.13; tav. 4 f.t.). Un importante asse drenaggio si rileva nell'area fra Tutturano e Cellino S. Marco, coerentemente con gli elevati valori del coefficiente di permeabilità ivi registrati.

All'interno della piana la cadente piezometrica è in genere inferiore a 1‰. I minimi valori di cadente piezometrica si osservano nella parte meridionale dell'area (fig. 16.13).

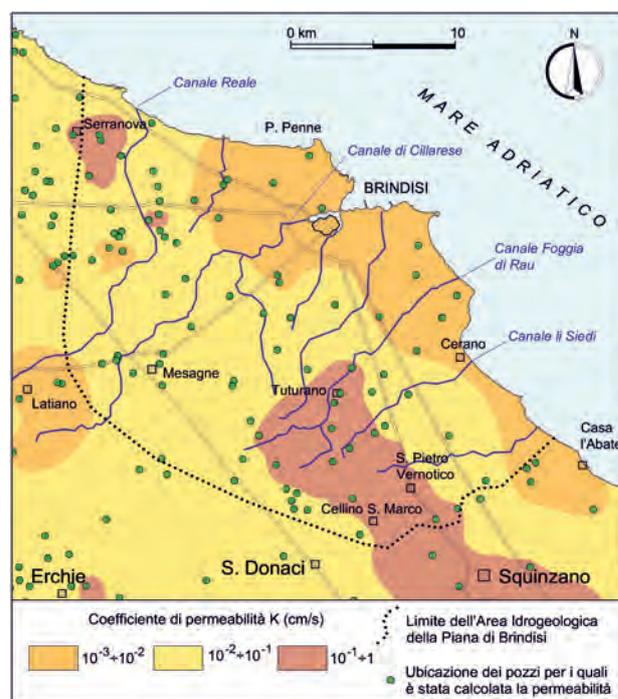


Fig. 16.12 - Distribuzione del coefficiente di permeabilità dell'acquifero carbonatico profondo della Piana di Brindisi.

- Distribution of the permeability coefficient of the deep carbonate aquifer of the Brindisi Plain.



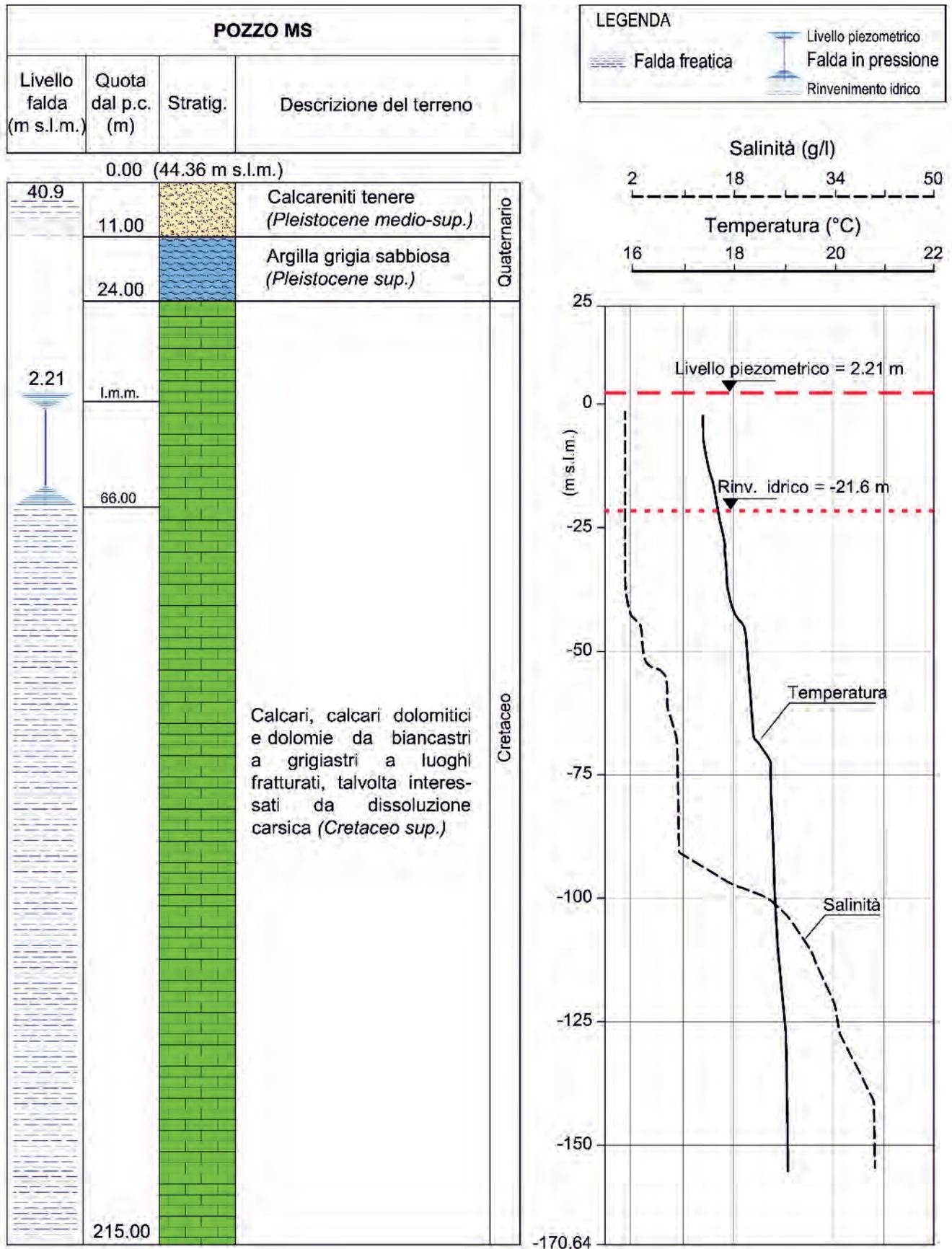


Fig. 16.14 - Stratigrafia e carotaggio termo-salinometrico eseguito negli anni '70 nel pozzo spia MS ubicato in figura 16.13.  
 - Stratigraphy and thermo-salinometric log performed in the seventies in the observation well MS (location shown in figure 16.13).

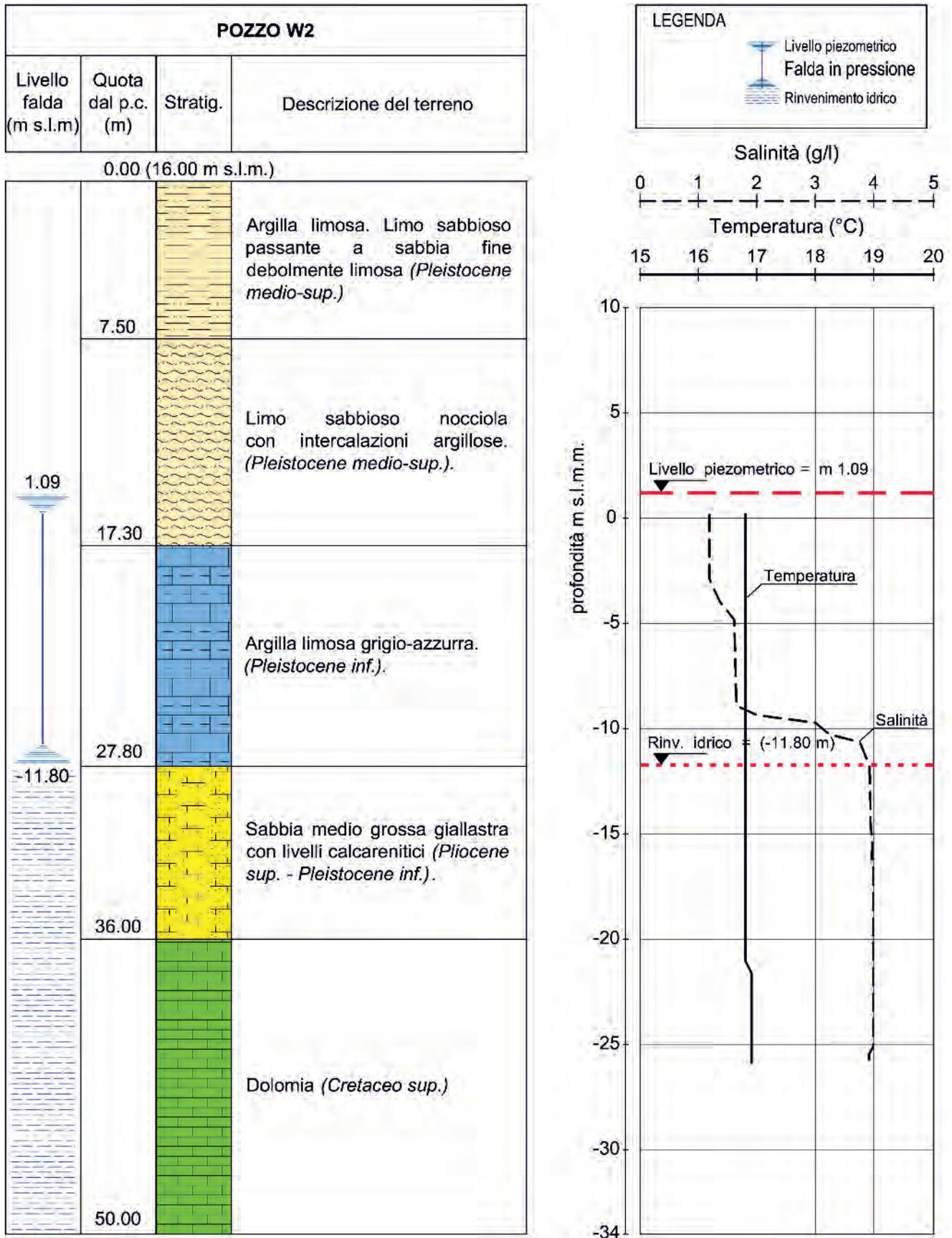


Fig. 16.15 - Sezione stratigrafica e carotaggio termo-salinometrico eseguito il 18-05-1985 nel pozzo W2 perforato dall'ENEL in località Cerano ubicato in figura 16.13.  
 - Stratigraphy and thermo-salinometric log performed by ENEL on May 18, 1985, in the well W2 at Cerano (location shown in figure 16.13).

sotto delle Argille subappennine. Il carotaggio termo-salinometrico eseguito nel 1985 ha evidenziato una concentrazione salina della falda profonda pari a circa 4 g/l sino alla massima profondità investigata. L'elevata concentrazione salina rilevata è da attribuire sia alla vicinanza dalla costa, sia alla profondità dell'acquifero, pari a circa 10 volte l'altezza piezometrica.

L'esame dei carotaggi salini dei pozzi 388 EISS e 371 EISS (fig. 16.16) evidenzia un significativo peggioramento nel tempo delle caratteristiche qualitative della falda profonda. Entrambi i pozzi in-

dicano un incremento di concentrazione salina della falda sviluppatosi negli ultimi decenni dell'ordine di 1 g/l già a partire da una quota pari a quella del tetto dell'acquifero. Il pozzo 371 ha inoltre indicato un sollevamento della zona di transizione stimabile in circa 10 m nel periodo 1966-2007. Nello stesso intervallo temporale, a fondo foro di detto pozzo, la concentrazione salina è passata da circa 10 g/l a quasi 20 g/l.

In figura 16.17 sono riportate due sezioni idrogeologiche della Piana di Brindisi, le cui tracce sono riportate in figura 16.1, determinate a partire

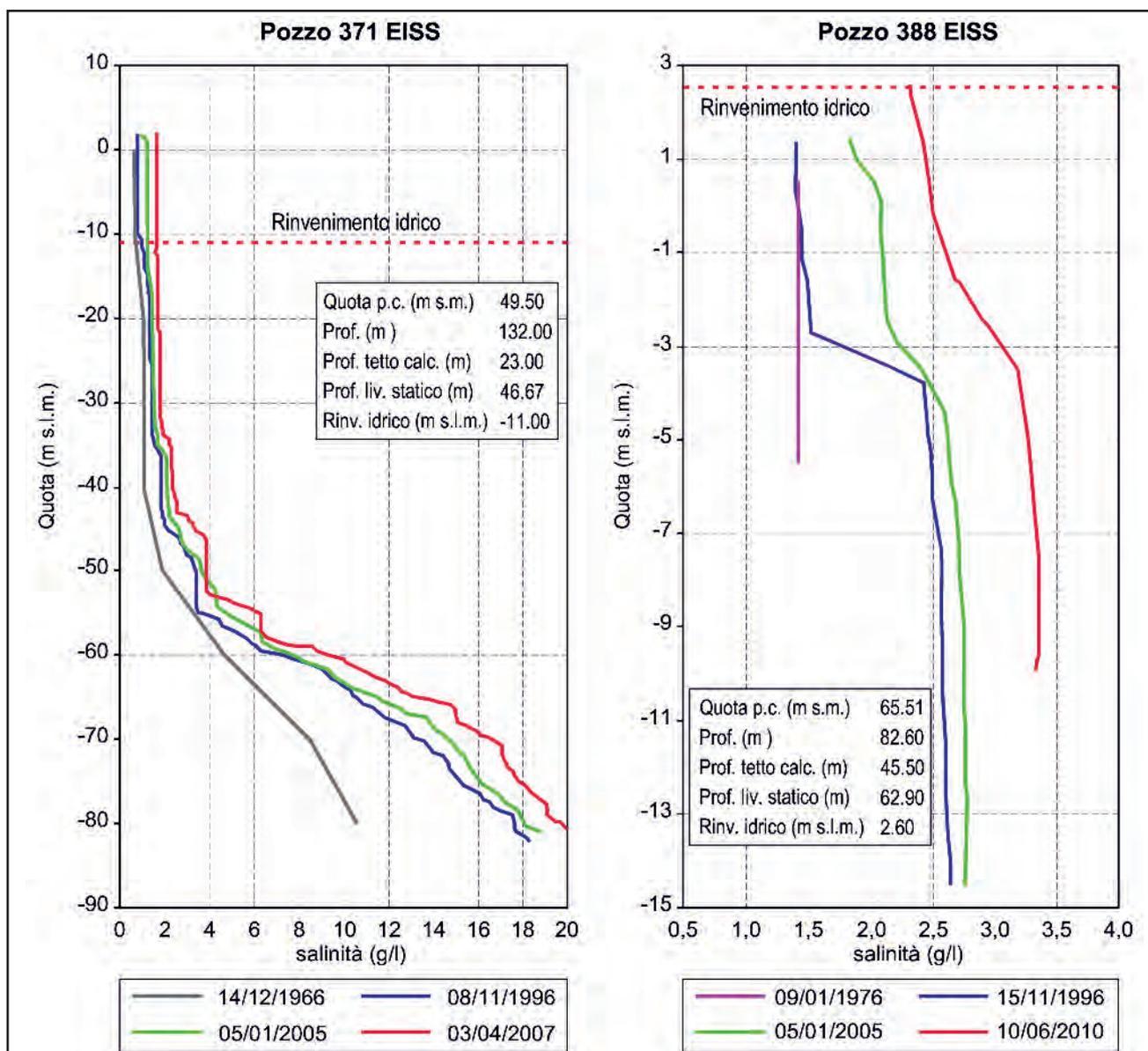


Fig. 16.16 - Log salinometrici dei pozzi 371 EISS e 388 EISS, ubicati in figura 16.13.  
 - Salinity logs of the wells 371 EISS and 388 EISS (location shown in figure 16.13).

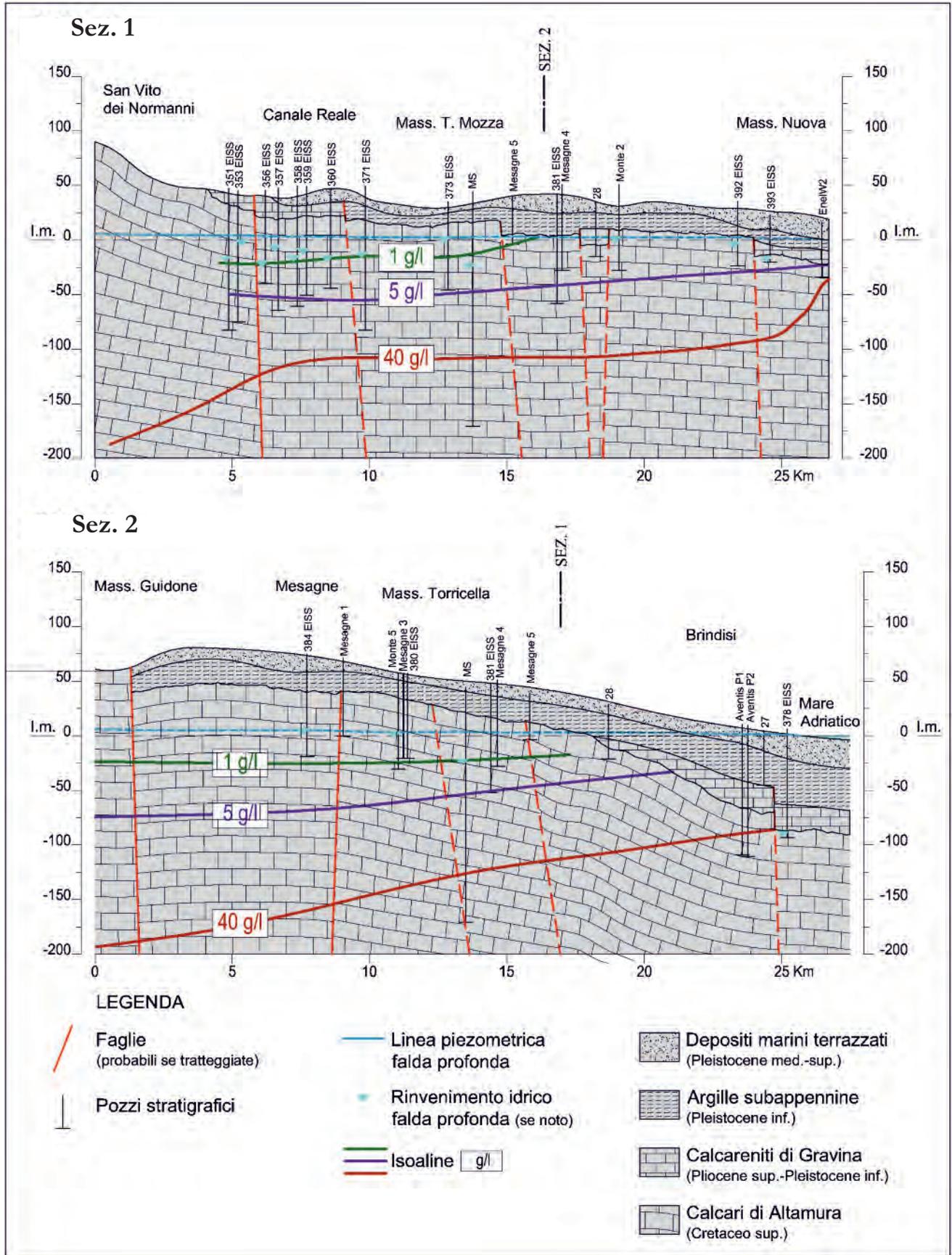


Fig. 16.17 - Sezioni idrogeologiche della Piana di Brindisi, le cui tracce di sezione sono indicate in figura 16.1  
 - Hydrogeological sections of the Brindisi Plain (traces shown in figure 16.1).

dai dati stratigrafici, piezometrici e qualitativi delle acque della falda profonda desunti dai pozzi ivi rappresentati. Va sottolineato che i dati piezometrici e qualitativi utilizzati per la rappresentazione non sono coevi, per cui le dette sezioni sono da intendersi solo descrittive. La isoalina 40 g/l, ove non intercettata dai pozzi, è stata assunta ad una profondità dal livello mare pari a 40 volte l'altezza piezometrica della falda.

La stratificazione salina illustrata nelle due sezioni mostra l'impossibilità di estrarre, se non localmente ed a significativa distanza dalla costa, acque con contenuto salino inferiore ad 1 g/l. I fattori che concorrono a determinare l'elevata concentrazione salina della falda già per profondità prossime a quelle del tetto dell'acquifero sono sia di carattere geostrutturale (elevata profondità dell'acquifero, assenza di alimentazione diretta nella piana), sia antropico (elevata portata estratta con i pozzi).

La isoalina 40 g/l, che può orientativamente essere assunta coincidente con il tetto dell'acqua di mare di intrusione continentale, è a quote dell'ordine di -200 m s.l.m. nelle zone interne, ove le altezze piezometriche della falda superano i 5 m s.l.m. Nelle zone costiere, ove le altezze piezometriche della falda sono in genere inferiori a 2 m s.l.m., essa è a quote dell'ordine di -50 ÷ -100 m s.l.m.

#### 16.5.1.4 - Distribuzione areale della concentrazione salina delle acque di falda e sua variazione nel tempo

Nel paragrafo precedente è stato evidenziato che la concentrazione salina della falda profonda subisce significative variazioni con la profondità, già per quote superiori a quelle della zona di transizione alla sottostante acqua di mare. Nel capitolo 3 è stata calcolata la distribuzione nello spazio della concentrazione salina media delle acque di falda per livelli di falda di profondità e spessore funzione dell'altezza piezometrica  $h$ , e ciò al fine di tener conto della variabilità di detto parametro con la profondità. In particolare, è stato individuato un primo di livello di falda, definito "livello A" (fig. 16.18), compreso tra la superficie freatica della falda (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata) ed una profondità dalla su-

perficie piezometrica pari a  $10h$ . Più in profondità è stato individuato il "livello B", compreso tra la base del "livello A" (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata a profondità maggiore di quella del "livello A") ed una profondità dalla superficie piezometrica pari a  $20h$ . Infine è stato individuato il "livello C", compreso tra la base del "livello B" (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata a profondità maggiore di quella del "livello B") ed una profondità dalla superficie piezometrica pari a  $40h$ .

Il livello A della falda profonda presenta, all'interno della Piana di Brindisi, una concentrazione salina quasi mai inferiore ad 1 g/l, e ciò in accordo con quanto illustrato nel paragrafo precedente. Acque sotterranee con concentrazione salina inferiore a 0,5 g/l sono presenti all'esterno della Piana di Brindisi, a più di 30 km di distanza dalla costa, come accade ad Oria. I carichi piezometrici massimi si riscontrano a Nord-Ovest della piana e si attestano intorno ai 5 m s.l.m., per cui ne derivano spessori massimi del livello A dell'ordine di 50 m. In prossimità di San Pietro Vernotico il livello A presenta spessore di circa 20-30 m e acque con concentrazione salina compresa tra 2,5-5 g/l. Per i livelli B e C non è stato possibile determinare in maniera sufficientemente rappresentativa la concentrazione salina, in quanto sono pochi i pozzi di profondità tale da intercettarli. I pochi pozzi che hanno intercettato il livello B, a Nord-Ovest della Piana, hanno indicato concentrazioni saline dell'ordine di 2-6 g/l.

Presso costa, ove il tetto dell'acquifero è a profondità dalla superficie piezometrica prossima o superiore a  $40h$ , i livelli A, B e C sono assenti. In dette aree, in genere, la concentrazione salina è molto elevata, spesso prossima a quella dell'acqua di mare.

Il confronto della distribuzione della concentrazione salina rilevata nel periodo 2007÷2010 con quella rilevata nel periodo 1970÷1990, eseguito per il livello A della falda (fig. 16.19), evidenzia un significativo peggioramento della qualità delle acque sotterranee (cap. 3). Si osservano infatti incrementi della concentrazione salina dell'ordine di 1÷2 g/l a NO e a SO della Piana, e di 0,5÷1 g/l in una ristretta porzione centrale. I log salinometrici eseguiti in varie epoche nei pozzi 388 EISS e 371

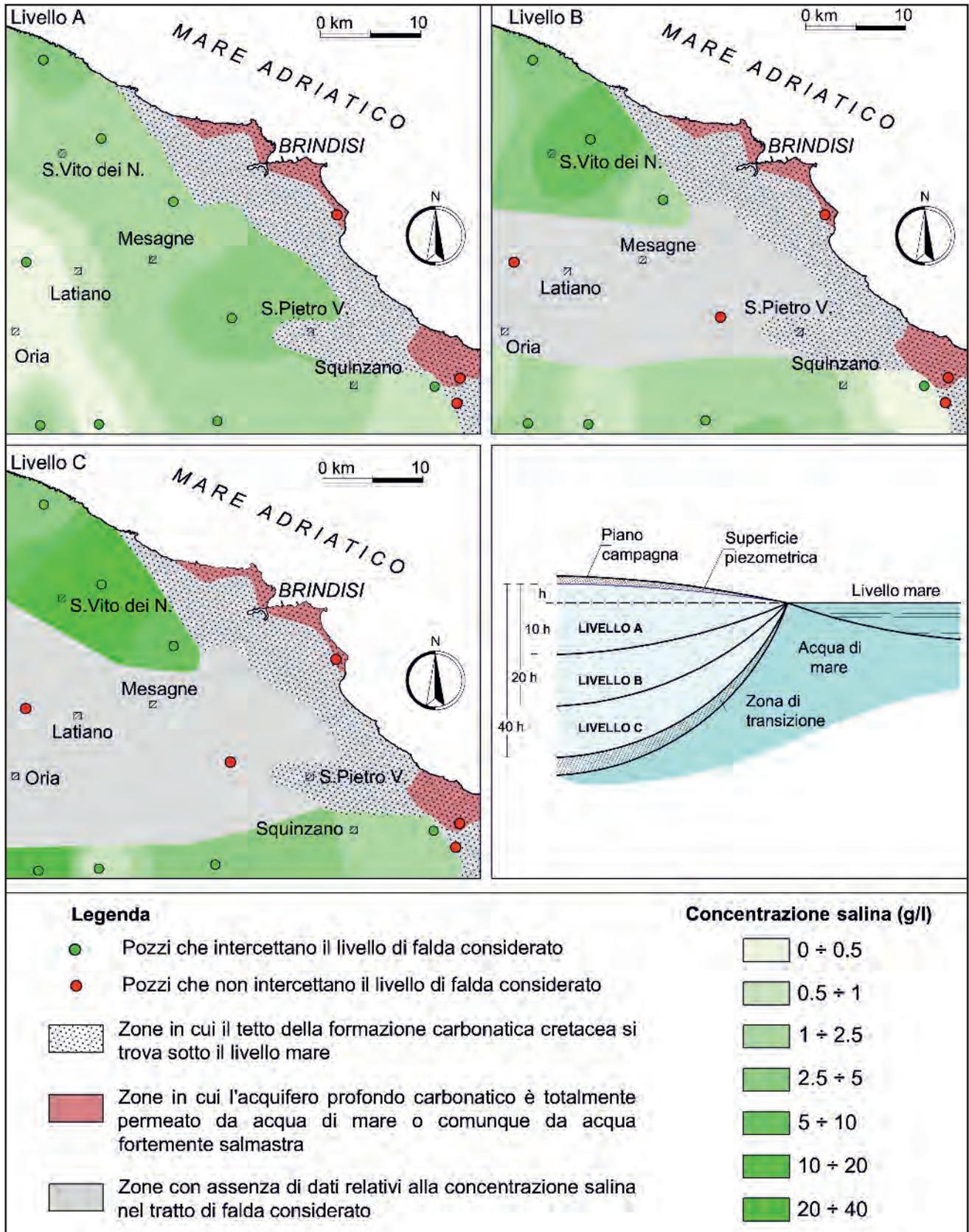


Fig. 16.18 - Distribuzione della concentrazione salina delle acque della falda idrica profonda della Piana di Brindisi nel periodo 2007-2010, determinata su livelli di falda (A, B e C) di profondità e spessore funzione della quota piezometrica.

- Groundwater salinity distribution of the deep aquifer of the Brindisi Plain in the period 2007-2010, measured on levels of the aquifer (A, B and C) which depth and thickness depend upon the piezometric head.

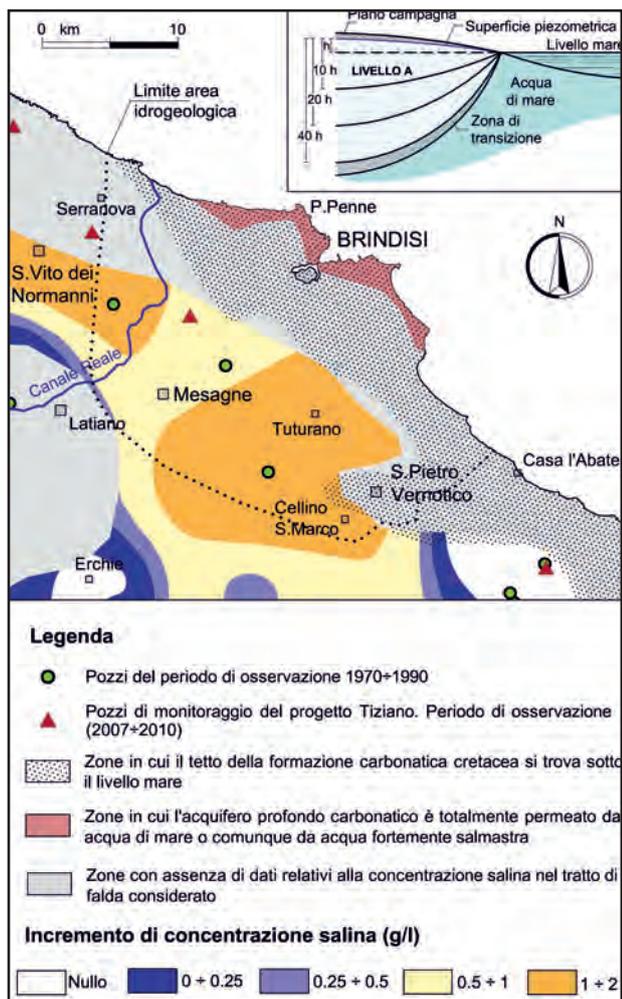


Fig. 16.19 - Incremento della concentrazione salina rilevato per il livello superficiale della falda profonda (livello A) nel passaggio dal periodo 1970÷1990 al periodo 2007÷2010.

- Increase in salt concentration observed in the upper level of the deep aquifer (level A) between the 1970÷1990 and 2007÷2010 periods.

EISS, già illustrati nel paragrafo precedente (fig. 16.14), confermano tale progressivo degrado qualitativo delle acque sotterranee di detta area.

#### 16.5.1.5 - Chimismo delle acque di falda

Il chimismo delle acque sotterranee dell'acquifero cretatico profondo e la sua variazione nello spazio fornisce informazioni sulla circolazione idrica sotterranea e sulle condizioni di equilibrio esistenti tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare, oltre che sulle possibilità di utilizzo delle acque sotterranee. Il chimismo delle acque di falda dipende, oltre che dalle acque di alimentazione e dagli eventuali scambi ionici con l'acquifero e con i terreni di copertura, anche dai tempi di re-

sidenza e dalla presenza dell'acqua di mare alla base dell'acquifero.

Lo studio del chimismo delle acque di falda è stato condotto attraverso i diagrammi di Schoeller e l'analisi dei rapporti caratteristici (cap. 2). Al fine di eseguire un efficace confronto con le due condizioni limite, rappresentate dall'acqua di mare e dall'acqua di falda incontaminata, nelle medesime rappresentazioni grafiche sono riportati i diagrammi di Schoeller ed i rapporti caratteristici dell'acqua di mare attuale e di un campione prelevato dalla Sorgente Canneto, appartenente all'Area Idrogeologica del Gargano e da ritenersi incontaminata dall'intrusione marina (capp. 4 e 13).

Le prime indagini condotte negli anni '50 del secolo scorso dall'Ente per l'Irrigazione e la Trasformazione Fondiaria in Puglia e Lucania hanno già evidenziato lo stretto legame esistente tra il chimismo delle acque sotterranee di quest'area e le condizioni geologico-strutturali dell'acquifero profondo. In figura 16.20 sono riportati i diagrammi di Schoeller, determinati a partire da campionamenti dinamici eseguiti in alcuni pozzi realizzati negli anni '50. I pozzi più prossimi alla costa (9/RF/BR e 29/RF/BR) hanno presentato una *facies* cloruro-sodica ed elevati valori di concentrazione salina (maggiore di 6 g/l) e ciò in quanto ubicati in porzioni di territorio ove l'acquifero è presente a profondità dell'ordine di alcune decine di metri sotto il livello del mare (fig. 16.3). Il pozzo 23/FR/BR, ubicato a circa 5 km ad Ovest di Mesagne e circa 15 km dalla costa, ha fornito invece acque di *facies* bicarbonato-calcica con concentrazione salina pari a 0,3 g/l, oggi non più riscontrabile in detta area a causa del sovrasfruttamento della falda (figg. 16.18 e 16.19). Il pozzo 16/RF/BR è invece rappresentativo della zona di passaggio tra le aree interne e quelle costiere. Esso presenta una concentrazione salina pari a circa 1,2 g/l ed una *facies* cloruro-sodica. All'aumentare della distanza dalla costa si ha quindi la progressiva riduzione delle concentrazioni salina, anche se, ad eccezione di alcune situazioni locali, le acque sotterranee della Piana di Brindisi presentano una *facies* chimica sempre fortemente influenzata dal mare. Detta circostanza era del resto già confermata dagli studi condotti dal prof. Cotecchia, sempre negli anni

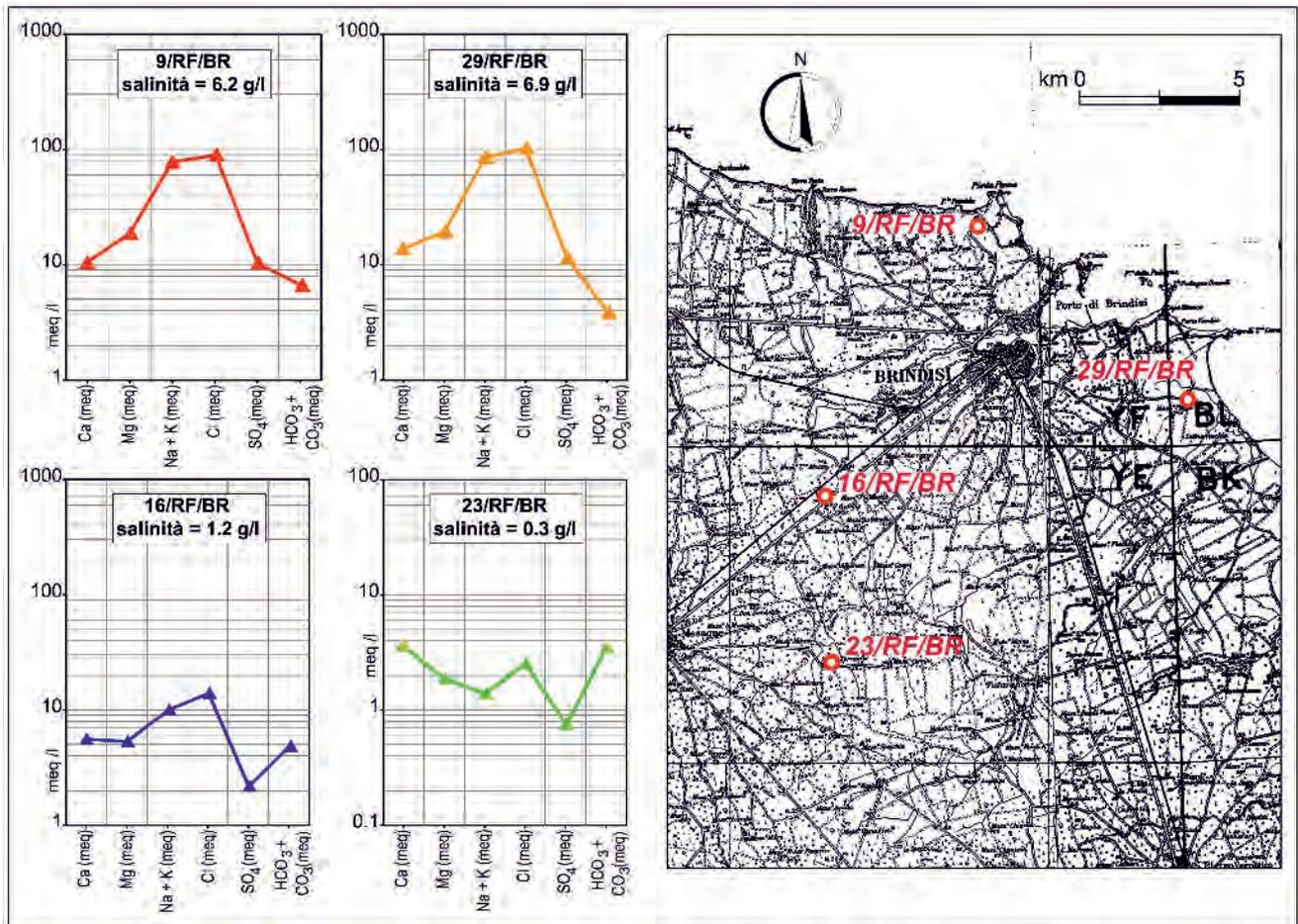


Fig. 16.20 - Diagrammi di Schoeller relativi alle acque campionate negli anni '50 in condizioni dinamiche nei pozzi 9/Rf/BR, 16/Rf/BR, 23/Rf/BR e 29/Rf/BR. - Schoeller diagrams of the waters sampled in the '50s under dynamic conditions in the wells 9/Rf/BR, 16/Rf/BR, 23/Rf/BR and 29/Rf/BR.

Cinquanta, finalizzati al reperimento di risorse idriche sotterranee per lo stabilimento Idrocarburi di Brindisi della Società Montecatini (fig. 16.21). In particolare i pozzi Montecatini 1, 2, 3 e 4 rilevarono acque sotterranee in pressione con concentrazione salina dell'ordine di 1-2 g/l e *facies* chimica cloruro-sodica. Solo il pozzo Montecatini 5, realizzato ad una distanza dalla costa maggiore di 10 km, fece registrare una concentrazione salina pari a 0,3 g/l ed una *facies* bicarbonato-calcica. In detta occasione fu indicata l'opportunità di realizzare due pozzi a sviluppo orizzontale (cap. 12), di cui tuttavia, all'attualità, non si hanno notizie. Sussistevano, infatti, già agli albori degli anni '60 dubbi sull'immutabilità della qualità delle acque sotterranee, dovuta al già acclarato sovrasfruttamento dell'acquifero profondo per scopi irrigui da parte di privati, autorizzati e non (COTECCHIA, 1959).

Il chimismo delle acque sotterranee della Piana

di Brindisi è stato qui analizzato con ulteriori 4 pozzi variabilmente distribuiti sul territorio e di cui si dispone dei risultati di analisi chimiche condotte in varie epoche su campioni d'acqua prelevati in condizioni statiche a diverse profondità (figg. 16.22-16.24; COTECCHIA *et alii*, 1957, 1998, 2005; PROGETTO TIZIANO, 2002).

I pozzi 371 EISS, 394 EISS e 388 EISS sono ubicati nella Piana di Brindisi, mentre il pozzo 828 EIARI è ubicato nell'Area Idrogeologica della Murgia. Quest'ultimo è stato considerato in quanto rappresentativo del chimismo delle acque che alimentano l'acquifero profondo della Piana di Brindisi.

Le analisi chimiche eseguite sui campioni d'acqua prelevati in condizioni statiche nei pozzi 371 EISS, 394 EISS e 388 EISS (fig. 16.22; tabb. 16.1÷16.3) hanno tutte evidenziato una *facies* cloruro-sodica e concentrazione salina superiore ad 1 g/l, e ciò già a partire dal rinvenimento della falda

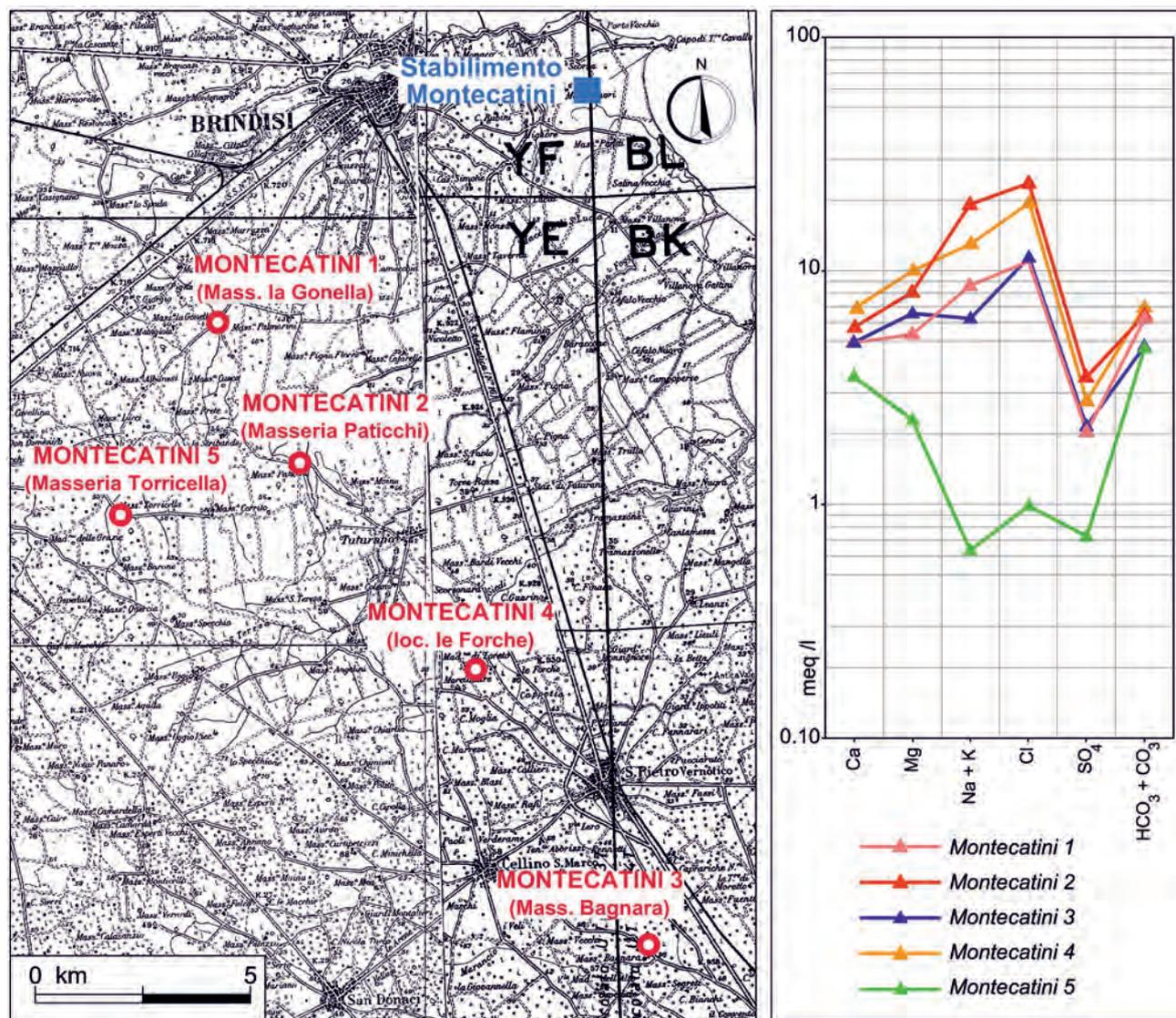


Fig. 16.21 - Ubicazione dei pozzi trivellati nel 1959 nell'ambito della realizzazione dello stabilimento Idrocarburi di Brindisi della Società Montecatini e composizioni chimiche delle acque da essi estratte (da COTECCHIA, 1959).

- Site of the wells drilled in 1959 during the implementation of the Montecatini Company hydrocarbon factory at Brindisi, and chemical composition of the pumped water (after COTECCHIA, 1959).

idrica profonda. I diagrammi di Schoeller ed i rapporti caratteristici attestano che in tutti i casi vi è mescolamento delle acque sotterranee dolci con acque marine (figg. 16.23 e 16.24). Inoltre, per contenuti in  $\text{Cl}^- > 30 \text{ meq/l}$  si riscontra, come accade per l'acqua di mare, che i solfati superano i bicarbonati ( $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ ). Ciò avviene ad esempio per il pozzo 388 EISS in corrispondenza dei più recenti campionamenti statici a quota -9,49 metri sul livello medio mare e per la quasi totalità dei campionamenti del pozzo 394 EISS.

Del pozzo 388 EISS si dispone di campionamento dinamico eseguito nel 1954 e di campiona-

menti statici più recenti, eseguiti a profondità dell'ordine di -10 m s.l.m. (fig. 16.23; tab. 16.3). Questi ultimi hanno fornito una concentrazione salina mediamente superiore a quella delle acque estratte dinamicamente circa 60 anni fa, ad indicare un peggioramento qualitativo.

I campionamenti statici relativi al pozzo 828 EIARI (fig. 16.23; tab. 16.4) quest'ultimo come già detto appartenente all'area idrogeologica della murgia, hanno fornito un TDS  $< 0,7 \text{ g/l}$ . Nell'arco di 10 anni (95-2005) si registra a quota -31,76 metri sul livello medio mare un aumento di salinità di circa  $0,2 \text{ g/l}$ , da imputare alla contaminazione ma-

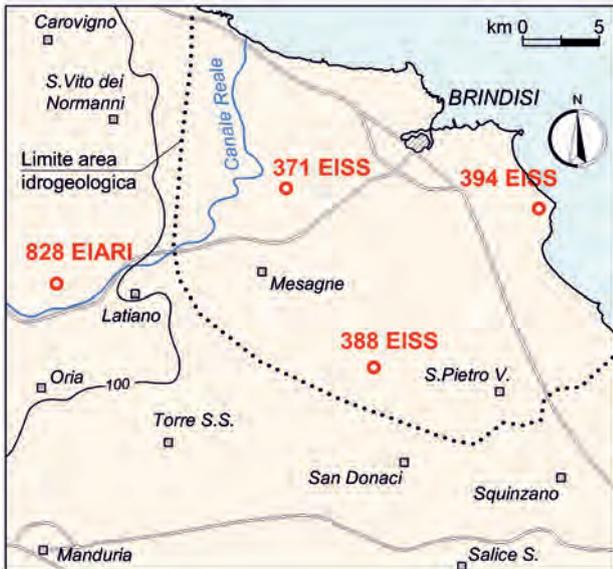


Fig. 16.22 - Planimetria con ubicazione dei pozzi esaminati nell'analisi del chimismo delle acque sotterranee della Piana di Brindisi.  
- Map showing location of the wells used for the groundwater chemistry analysis of the Brindisi Plain.

rina. In ogni caso, i rapporti caratteristici sono risultati tipici di acque sotterranee poco o per niente contaminate dal mare, così come indicato dai relativi diagrammi di Schoeller (figg. 16.23, 16.24).

#### 16.5.1.6 - Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi sulla concentrazione salina delle acque sotterranee estratte

Dopo aver analizzato il chimismo delle acque sotterranee contenute nell'acquifero profondo, si è focalizzata l'attenzione sui pozzi per i quali si dispone sia di risultati di determinazioni chimiche di laboratorio, sia di dati riguardanti le caratteristiche costruttive e di esercizio dell'opera di captazione. È stata quindi eseguita un'analisi finalizzata a relazionare la qualità delle acque estratte ai parametri condizionanti il *salt-water upconing*. In particolare sono stati ricercati i legami esistenti tra la concentrazione dello ione cloruro ( $Cl$ ) ed altri parametri, quali la concentrazione salina, la percentuale di penetrazione del pozzo in falda ( $P$ ), l'altezza piezometrica ( $t$ ) e la distanza della base del pozzo dall'interfaccia teorica ( $d$ ). L'analisi è stata eseguita seguendo la metodologia già illustrata nel capitolo 12 a cui si rimanda per la puntuale definizione delle grandezze utilizzate.

L'Area Idrogeologica della Piana di Brindisi è stata suddivisa, sulla base dei dati disponibili provenienti da 42 pozzi, in due zone, una interna (zona A) e l'altra costiera (zona B; fig. 16.25). Per ciascuna area i pozzi disponibili sono stati suddivisi in classi, in funzione della percentuale di penetrazione in falda e della concentrazione dello ione cloruro. La trattazione che segue è completata dalla tavola 5 che riporta, per tutto il territorio regionale, una suddivisione dei pozzi in gruppi in funzione della concentrazione dello ione cloruro e della distanza  $d$  della base del pozzo dall'interfaccia teorica.

La zona A è stata analizzata con 11 pozzi. La concentrazione salina e quella dello ione cloruro sono in genere risultata rispettivamente inferiori a 1 g/l e 2 g/l (fig. 16.26d), con valori inferiori misurati nelle aree più interne grazie ai notevoli spessori della falda determinati dalle maggiori altezze piezometriche ( $t$ ) della falda (figg. 16.26b). I pozzi presentanti  $Cl < 0,1$  g/l sono quelli che hanno presentato una distanza  $d$  superiore a 90 m circa (fig. 16.26c). Per la maggior parte dei pozzi la penetrazione in falda non ha superato il 40% e detto parametro sembra non influire molto sulla qualità delle acque estratte, la quale è invece fortemente influenzata dall'altezza piezometrica della falda e dalla distanza  $d$ .

La zona B è stata analizzata con i dati di 25 pozzi (fig. 16.25). In questa zona, indipendentemente dalle caratteristiche dimensionali dei pozzi e dalla portata, le acque estratte presentano sempre concentrazione di ione cloruro maggiore di 300 mg/l e notevole contaminazione marina (fig. 16.26), e ciò in quanto la falda di acqua dolce è fortemente contaminata dal mare già al tetto dell'acquifero. In ogni caso, il pompaggio determina un ulteriore incremento della concentrazione salina.

#### 16.5.2. - L'acquifero superficiale della Piana di Brindisi

L'acquifero superficiale della Piana di Brindisi è localizzato nei Depositi marini terrazzati pleistocenici ed è sostenuto alla base dalla formazione delle Argille subappennine (fig. 16.1). L'acquifero superficiale è stato utilizzato fin dai tempi dell'Impero Romano per alimentare la città di Brindisi,

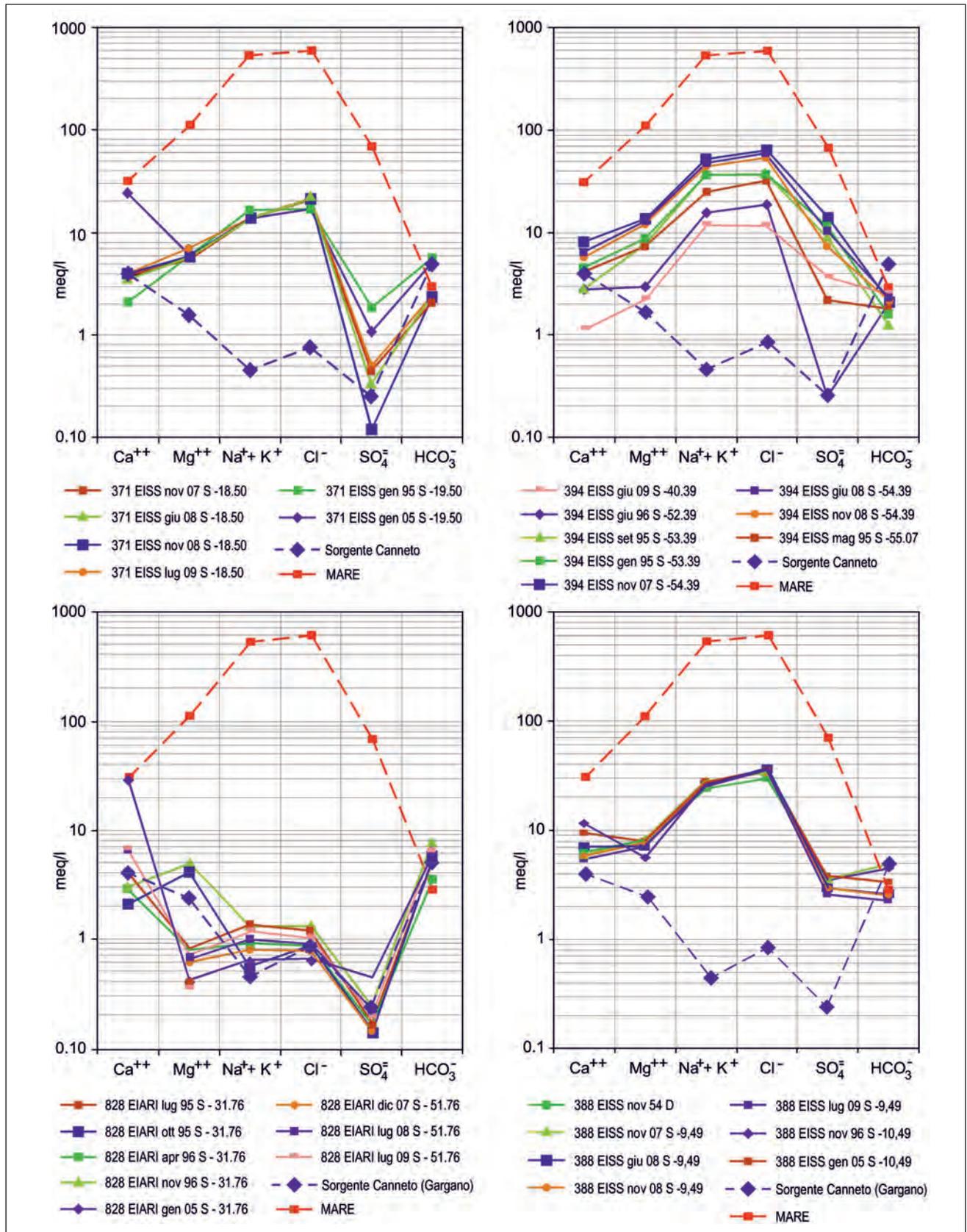


Fig. 16.23 - Diagrammi di Schoeller delle acque sotterranee dei pozzi 371 EISS, 394 EISS, 388 EISS e 828 EIARI, ubicati in figura 16.22, con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (S = statico; D = dinamico) e della quota di campionamento rispetto al livello medio mare.

- Schoeller diagrams of groundwater in the wells 371 EISS, 394 EISS, 388 EISS and 828 EIARI (location shown in figure 16.22), showing date of sampling, type of sampling (S = static; D = dynamic), and elevation of sampling with respect to mean sea level.

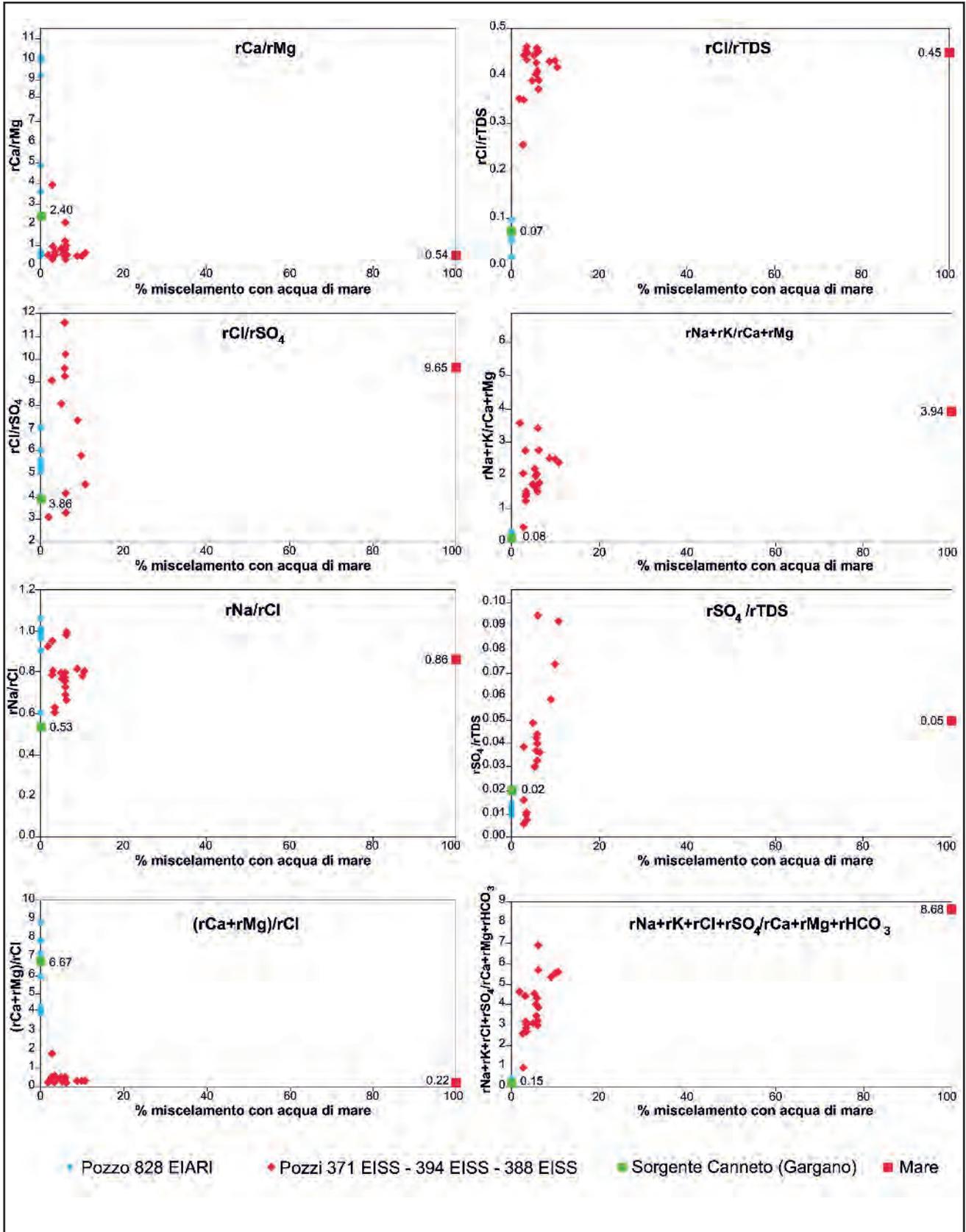


Fig. 16.24 - Variazione dei principali rapporti caratteristici in funzione della percentuale di mescolamento acqua dolce/acqua di mare, rilevata per i campioni d'acqua prelevati dai pozzi utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee della Piana di Brindisi.

- Changes in the main characteristic ratios versus fresh water/seawater mixing percentage, measured in water samples taken from the wells used for the groundwater chemistry analysis of the Brindisi Plain.

Tab. 16.1 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 371 EISS presente nella Piana di Brindisi.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 371 EISS in the Brindisi Plain.

POZZO	371 EISS					
Quota livello statico (m l.m.m.)	2.83					
Permeabilità (m/s)	1.01E-05					
Penetrazione	77%					
Data di campionamento	nov-07	giu-08	nov-08	lug-09	gen-95	gen-05
Tipo di Campionamento	S					
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-18.5	-18.5	-18.5	-18.5	-19.5	-19.5
TDS (mg/l)	1500.53	1522.54	1495.02	1619.55	1446	1590
Nitriti (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0.05	0.02
Nitrati (mg/l)	3.29	2.16	0.61	3.07	1.3	4.3

Tab. 16.2 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 394 EISS presente nella Piana di Brindisi.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 394 EISS in the Brindisi Plain.

POZZO	394 EISS							
Quota livello statico (m l.m.m.)	2.11							
Permeabilità (m/s)	2.94E-05							
Penetrazione	71%							
Data di campionamento	giu-09	nov-96	gen-95	set-95	nov-07	giu-08	nov-08	mag-95
Tipo di Campionamento	S							
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-40.39	-52.39	-53.39	-53.39	-54.39	-54.39	-54.39	-55.07
TDS (mg/l)	1091.86	1240	3200	2790	4705.92	4196.8	3887.2	3020
Nitriti (mg/l)	<0,05	1.57	0.3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0.1
Nitrati (mg/l)	2.7	6.8	1	5.3	0.8	<0.10	<0.10	1.8

Tab. 16.3 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 388 EISS presente nella Piana di Brindisi.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 388 EISS in the Brindisi Plain.

POZZO	388 EISS							
Quota livello statico (m l.m.m.)	2.61							
Permeabilità (m/s)	3.96E-02							
Penetrazione	19%							
Data di campionamento	nov-54	nov-07	giu-08	nov-08	lug-09	nov-96	gen-05	
Tipo di Campionamento	D	S	S	S	S	S	S	
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-	-9.49	-9.49	-9.49	-9.49	-10.49	-10.49	
TDS (mg/l)	2190	2672.88	2619.22	2648.11	2568.99	2150	2550	
Nitriti (mg/l)	-	<0,05	<0,05	<0,05	0.01	0.05	5.4	
Nitrati (mg/l)	-	12	3.76	6.46	4.98	3.8	0.02	

Tab. 16.4 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 828 EIARI presente nell'area idrogeologica della Murgia.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 828 EIARI in the Murgia hydro-geological area.

POZZO	828 EIARI							
Quota livello statico (m l.m.m.)	23.39							
Permeabilità (m/s)	1.22E-05							
Penetrazione	10%							
Data di campionamento	lug-95	ott-95	apr-96	nov-96	gen-05	dic-07	lug-08	lug-09
Tipo di Campionamento	S							
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-31.76	-31.76	-31.76	-31.76	-31.76	-51.76	-51.76	-51.76
TDS (mg/l)	487	412	269	247	639	457.52	465.78	480.91
Nitriti (mg/l)	<0.05	<0.05	-	0.02	0.01	<0,05	<0,05	<0,05
Nitrati (mg/l)	2.1	19.1	-	18.5	32.8	25	27.8	24.7

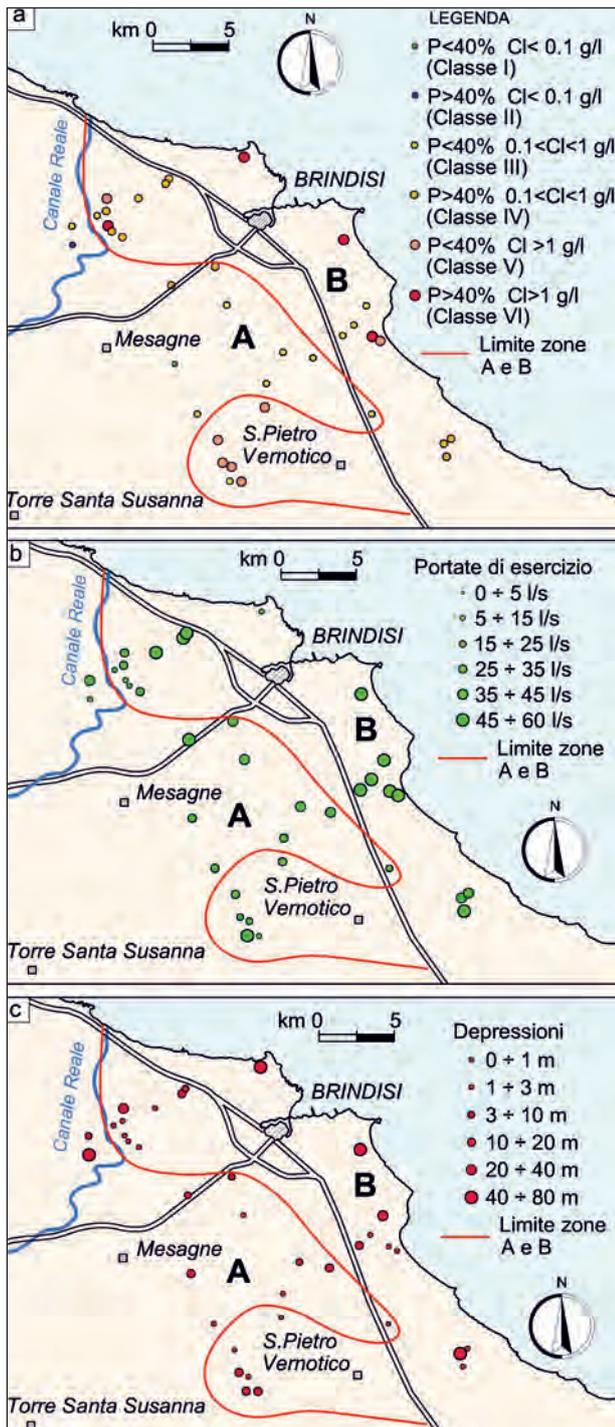


Fig. 16.25 - Suddivisione della Piana di Brindisi in 2 zone (A e B) in funzione della distanza dalla costa, delle condizioni idrogeologiche locali e dei dati disponibili. Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi della Piana di Brindisi sulla concentrazione salina delle acque sotterranee: a) percentuale di penetrazione dei pozzi in falda (P) e concentrazione dello ione cloruro delle acque sotterranee estratte in condizioni dinamiche (Cl); b) portate di esercizio dei pozzi; c) depressione piezometrica durante l'emungimento.

- Subdivision of the Brindisi Plain into 2 zones (A and B) depending on distance from the coast, local hydrogeological conditions and available data. Influence of the dimensional and working characteristics of wells on the saline concentration of groundwaters extracted in dynamic conditions (Cl-); b) pumping rates of wells; c) piezometric depression during the water extraction.

all'epoca il più importante porto dell'adriatico (ZORZI & REINA, 1957). In ragione delle modeste potenzialità idriche esso è diventato nel tempo prima di uso esclusivo del comparto agricolo, poi di quello domestico; l'attingimento avveniva prevalentemente tramite pozzi realizzati a scavo e di grande diametro, vista la modesta soggiacenza dello stesso.

Nell'ambito delle prime ricerche condotte sulle acque sotterranee regionali negli anni '50 del secolo scorso, detto acquifero è stato poco indagato. I primi pozzi realizzati dall'Ente Irrigazione nella Piana di Brindisi in genere "scavalcano" l'acquifero superficiale per poi proseguire sino alla intercettazione della falda profonda. Proprio in ragione della scarsa potenzialità idrica dell'acquifero superficiale della Piana di Brindisi, questo veniva del tutto ignorato nel Piano di Risanamento delle Acque della REGIONE PUGLIA, 1984.

Solo a partire dalla metà degli anni '80 sono state condotte indagini idrogeologiche di dettaglio sull'acquifero in esame, in particolare nella parte meridionale della piana, a Sud di Brindisi, e in prossimità dell'abitato di Mesagne. Si tratta di indagini espletate nell'ambito della costruzione della Centrale termoelettrica Enel "Federico II" di Cerano (COTECCHIA, 1985), dell'asse attrezzato policombustibile di proprietà Enel adibito al trasporto di carbone dal porto di Brindisi alla Centrale di Cerano (COTECCHIA, 1991), degli studi condotti per la salvaguardia e la difesa del centro abitato di Mesagne dagli allagamenti (COTECCHIA, 1981). Dette indagini, sebbene circoscritte a porzioni limitate dell'acquifero superficiale, hanno consentito di acquisire dati idrogeologici utili alla caratterizzazione idraulica dell'acquifero superficiale e allo studio dei caratteri qualitativi e quantitativi della falda.

L'acquifero presenta una bassa trasmissività, derivante sia dai ridotti valori di spessore del mezzo saturo (5÷10 m), sia dai ridotti valori del coefficiente di permeabilità ( $10^{-2}$ ÷ $10^{-6}$  cm/s). Quest'ultimo è variabile in funzione soprattutto del contenuto in limo/argilla dei terreni sabbioso-calcarenici, ed è, nella maggior parte dei casi, compreso tra  $10^{-3}$ ÷ $10^{-4}$  cm/s (COTECCHIA *et alii*, 1987; COTECCHIA, 1991; TINELLI & DAURÙ, 2002). La

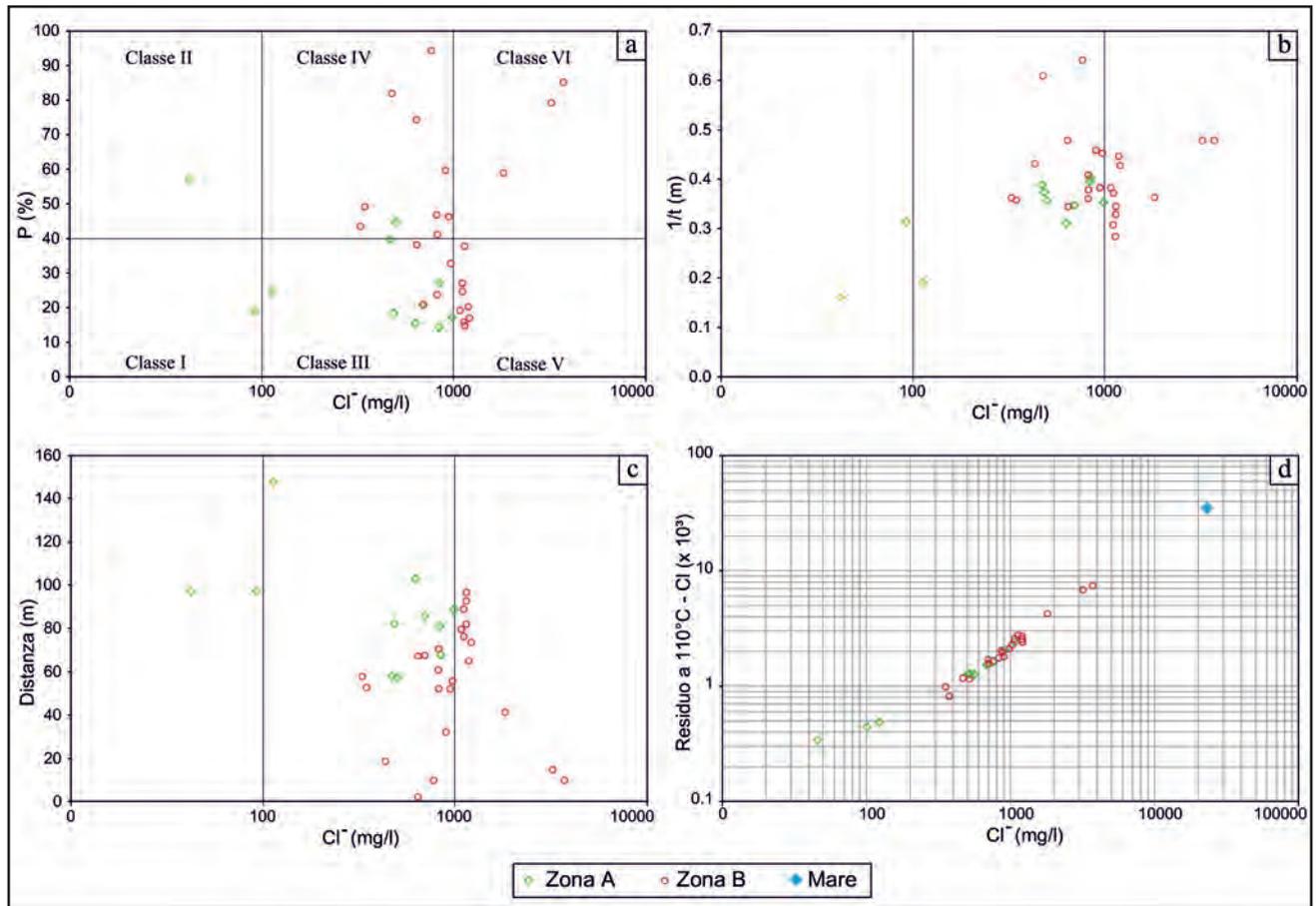


Fig. 16.26 - Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi dell'area della Piana di Brindisi sulla concentrazione salina delle acque sotterranee: a) confronto tra la percentuale di penetrazione dei pozzi in falda (P) e la concentrazione dello ione cloruro ( $Cl^-$ ) delle acque sotterranee prelevate in condizioni dinamiche con indicazioni delle classi indicate in figura 16.25; b) confronto tra il carico piezometrico della falda profonda (t) e la concentrazione dello ione cloruro con indicazione della percentuale di penetrazione; c) confronto tra la distanza della base del pozzo dalla interfaccia teorica acqua dolce-acqua di mare (d) e la concentrazione dello ione cloruro; d) confronto tra il residuo fisso e la concentrazione dello ione cloruro.

- Influence of dimensional and operational characteristics of the Brindisi plain wells on groundwater salt concentration: a) comparison between the well penetration percentage (P) and the chloride ion concentration ( $Cl^-$ ) of groundwater extracted under dynamic conditions with indication of the classes shown in figure 16.25; b) comparison between the piezometric head of the deep aquifer (t) and chloride ion concentration, with indication of the well penetration percentage; c) comparison between the distance of the base of the well from the theoretical freshwater-seawater interface (d) and chloride ion concentration; d) comparison between total dissolved salts and chloride ion concentration.

bassa trasmissività implica una bassa velocità di filtrazione (0,1-0,5 m/g), donde deriva la scarsa potenzialità idrica della falda in argomento. A seguito di emungimenti da pozzi di portate anche modeste, si verificano rapidi e pronunciati abbassamenti piezometrici, con conseguente possibile svuotamento dei pozzi stessi.

Il regime transitorio della filtrazione che si sviluppa in detto acquifero a causa degli impulsi esterni (eventi meteorici, emungimenti) presenta caratteristiche dipendenti sia dalla trasmissività sia dall'immagazzinamento. Trattandosi di un acquifero freatico, l'immagazzinamento è legato alla porosità efficace, la quale è in genere modesta. La bassa permeabilità e porosità determina quindi

una lunga durata del regime transitorio conseguente agli eventi pluviometrici. Il sollevamento della superficie freatica conseguente agli apporti pluviometrici può così permanere per lunghi periodi di tempo, prima del ripristino di condizioni di filtrazione stazionaria. Inoltre, a causa della bassa soggiacenza dell'acquifero, il sollevamento della superficie freatica conseguente soprattutto a piogge intense e di breve durata, può determinare condizioni di rischio idrogeologico dovute ad allagamenti di aree depresse (COTECCHIA 1981; TINELLI & DAURÙ, 2002; SPIZZICO *et alii*, 2006).

Ad esempio, nel biennio '83-'85, in corrispondenza dell'isola produttiva della Centrale termoelettrica Enel di Cerano, ove la permeabilità assume

valori molto bassi, dell'ordine di  $10^{-5} \div 10^{-6}$  cm/s, è stata osservata una escursione massima del livello freatico superiore a 4 m.

La ricostruzione delle isofreatiche effettuata su scala dell'intera piana (fig. 16.27) mostra che il deflusso della falda superficiale è diretto verso il mare, con cadente piezometrica mediamente variabile tra qualche unità per mille a qualche unità per cento. Localmente il deflusso è fortemente influenzato dall'azione drenante operata dal reticolo idrografico.

Le prime indagini condotte negli anni '80 in località Cerano hanno evidenziato contenuti salini della falda superficiale molto variabili, in genere relazionati alla permeabilità del mezzo. I valori massimi ( $>5$  g/l) sono stati infatti misurati ove risultava maggiore anche il coefficiente di permeabilità; viceversa, i valori minimi ( $< 1$  g/l) si sono presentati in corrispondenza della zona a minore permeabilità. Le successive indagini condotte nella stessa area negli anni 1990-1991 e 2001-2002, confermavano la presenza di acque di falda di elevata salinità (7-8 g/l) ed evidenziavano una sua generale diminuzione in prossimità delle incisioni del reticolo idrografico. Detta circostanza è da imputare al drenaggio operato dai corsi d'acqua, il quale determina un più veloce ricambio di acqua dell'acquifero superficiale.

Tra le cause primarie dell'elevata salinità spesso riscontrata per le acque sotterranee dell'acquifero superficiale è da considerare il fenomeno dell'in-

trusione marina, almeno per le zone costiere ove il tetto delle Argille subappennine giace a quote inferiori a quella del livello medio mare (fig. 16.28). In dette aree risulta difficile il prelievo di acque sotterranee dolci, anche a causa del richiamo di acque marine che consegue alle elevate depressioni della superficie freatica sotto emungimento, queste ultime causate dalla bassa permeabilità dell'acquifero. Va poi considerato, secondariamente, l'utilizzo di fertilizzanti e concimi nell'agricoltura, lo spray-marino, l'evapotraspirazione e gli elevati tempi di residenza delle acque nell'acquifero.

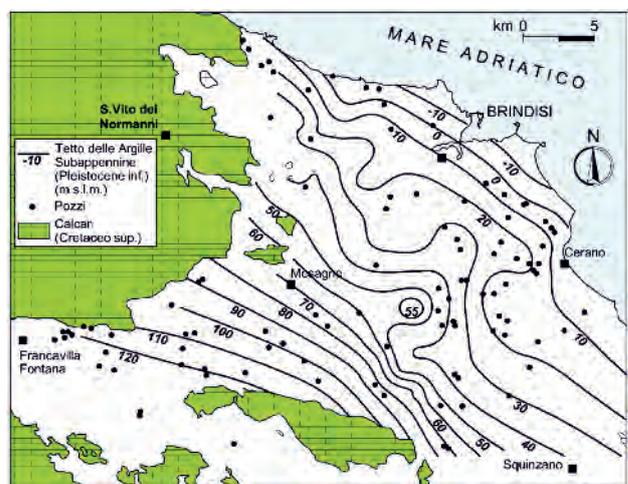


Fig. 16.28 - Isobate del tetto delle Argille Sub-appennine poste alla base dell'acquifero superficiale (da LOPEZ *et alii*, 2005).

- Isobaths of the top of the Sub-Apennine Clays at the base of the shallow aquifer (after LOPEZ *et alii*, 2005).

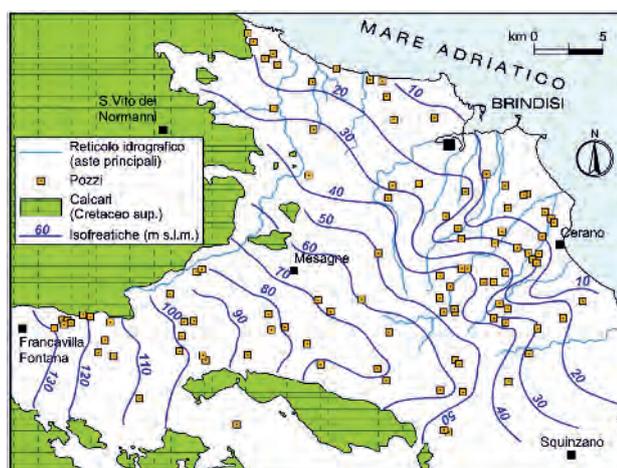


Fig. 16.27 - Superficie freatica della falda superficiale della Piana di Brindisi (da LOPEZ *et alii*, 2005).

- Water table contours of the shallow aquifer of the Brindisi Plain (after LOPEZ *et alii*, 2005).

### 16.5.3 - Le sorgenti della Piana di Brindisi

Gli efflussi costieri della Piana di Brindisi sono influenzati dalla permeabilità, dall'estensione e dalla potenza dei litotipi presenti al livello del mare e dei terreni affioranti. Mentre risultano diffusi lungo l'arco costiero brindisino gli efflussi, allorché modesti, dovuti all'acquifero superficiale, l'assetto geostrutturale dell'area complica gli efflussi dovuti invece all'acquifero profondo. Per quest'ultimo può verificarsi la totale assenza di deflussi o l'efflusso a mare ad una certa distanza dalla costa (fig. 16.13). In prossimità dell'abitato di Brindisi, ove si raggiunge la massima profondità del tetto delle rocce carbonatiche e aumenta lo spessore delle Argille subappennine, l'acquifero profondo è totalmente invaso da acqua di mare o fortemente

salmastra, e gli efflussi in mare sono da ritenere nulli. Proseguendo verso Nord-Ovest e verso Sud-Est di Brindisi, non si escludono, lì dove si riduce lo spessore dello strato argilloso ed in presenza di rotture di quest'ultimo, efflussi a mare in pressione della falda profonda ad una certa distanza dalla costa (COTECCHIA *et alii*, 1957), come peraltro è stato possibile osservare presso Cerano attraverso il manifestarsi di alcune polle (COTECCHIA, 1985).

Tra i principali efflussi costieri dell'acquifero profondo noti troviamo, a Nord, ossia al limite con l'Area Idrogeologica della Murgia, la Sorgente Lapani (portata media: 124 l/s; salinità media delle acque: 3 g/l). Essa è ubicata a circa 2 km a Sud della foce del Canale Reale, lì dove i calcari mesozoici acquiferi si riscontrano a minori profondità (fig. 16.3 e 16.13; MIN. LL.PP., 1953). Detta sorgente è caratterizzata dalla presenza di una superficie acquitrinosa depressa a forma allungata, coperta in gran parte di canneti, da cui scaturiscono numerose polle, le cui acque convergono in un canale naturale lungo circa 300 m, che riceve lungo il suo percorso l'apporto di altre acque sorgive, fino all'inizio del litorale sabbioso (fig. 16.29a). Con ulteriore breve percorso fra le dune sabbiose, tipiche di questo tratto di costa, il canale sfocia al mare.

Tra gli efflussi noti attribuiti alla falda superficiale si cita la sorgente Siedi, che ha sede lungo la fascia costiera compresa tra Brindisi e Lecce (figg. 16.13 e 16.29b). Essa è costituita da numerose polle disseminate in una superficie depressa, ricoperta da vegetazione palustre. Le più importanti manifestazioni si trovano verso il centro della zona, ove danno luogo ad un acquitrino di notevole profondità. Lo sfocio a mare avviene attraverso un breve canale tortuoso sulla sabbia. Nel predetto acquitrino si immette un canale naturale, che va sotto il nome di canale Siedi, proveniente dall'agro di Turturano. Tale canale, che sfocia a circa 150 m di distanza verso Brindisi dallo sfocio delle acque della Sorgente Siedi, riceve lungo il suo percorso l'apporto di modesti quantitativi di acque freatiche poco profonde, intercettate dall'alveo del canale stesso (MIN. LL.PP., 1953). La Sorgente Siedi presenta una portata molto variabile (50÷470 l/s) e ciò in ragione del piccolo bacino della stessa e delle acque raccolte dal canale Siedi.

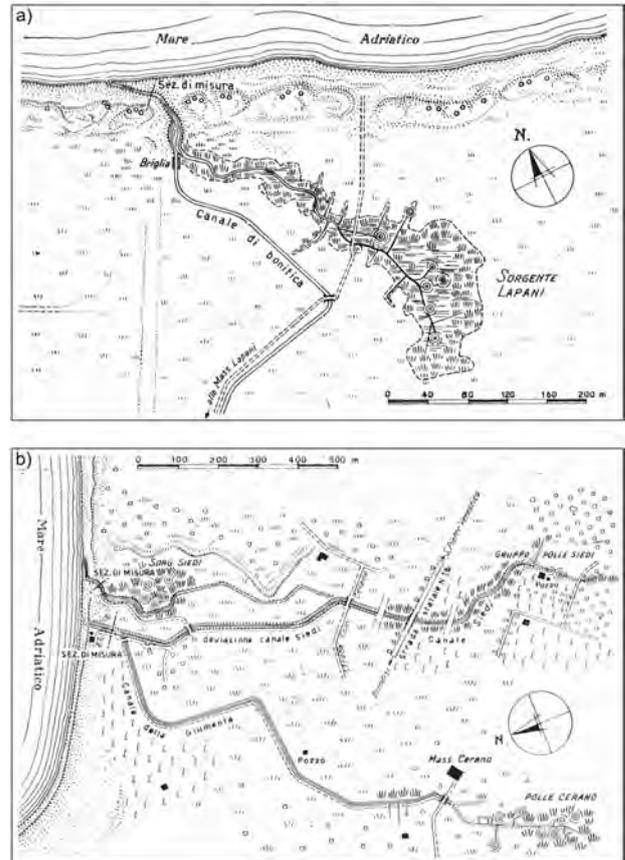


Fig. 16.29 - Planimetrie storiche: a) Sorgente Lapani; b) Sorgente Siedi (da MIN.LL.PP., 1953).

- Historical maps: a) Lapani spring; b) Siedi spring (after MIN. LL.PP., 1953).