

17. - AREA IDROGEOLOGICA DELL'ARCO IONICO TARANTINO

17.1. - INTRODUZIONE

L'Arco Ionico Tarantino, settore meridionale della Fossa Premurgiana, si estende dal Fiume Bradano, ad Ovest, fino alle propaggini delle Murge tarantine ad Est, e confina a Nord con le pendici dell'altopiano murgiano (Murge di Matera-Castellaneta; tav. 1 f.t.). Esso presenta una configurazione morfologica ad anfiteatro e a gradinata, definita da una successione di ripiani e di scarpate (terrazzamenti marini) che si articolano a partire da circa 400 metri s.l.m. fino all'attuale linea di costa. Detti terrazzi marini sono il risultato dell'interazione tra il sollevamento tettonico della piattaforma apula e le variazioni glacio-eustatiche del livello del mare avvenute durante il Pleistocene, come enunciato al capitolo 1. Estendendosi per lo più con uno svi-

luppo longitudinale parallelo alla costa, essi sono caratterizzati da superfici di abrasione, con margini interni corrispondenti a linee di riva riferibili a stazionamenti di livelli marini posti a quote maggiori rispetto a quelle attuali.

Le ripetute oscillazioni del livello di base, prodotte dalle fluttuazioni eustatiche pleistoceniche, hanno lasciato tracce evidenti sia nell'idrografia di superficie (terrazzamenti marini e fluviali, valli epigenetiche, sovraincisioni e interrimenti del talweg, ecc.) sia nel sottosuolo (morfologie fossili di falde superficiali e profonde), condizionando così la circolazione idrica sotterranea attuale. In particolare, gli assetti strutturali acquisiti dalle formazioni geologiche ivi affioranti, e la notevole variabilità delle permeabilità che le caratterizzano, hanno causato l'instaurarsi di modalità di deflusso delle acque di falda notevolmente articolate, dando luogo a numerose manifestazioni sorgentizie, subaeree e sottomarine, e influenzando in maniera determinante i rapporti tra acqua dolce e acqua di mare.

Gran parte delle acque circolanti nell'ammasso carbonatico mesozoico murgiano trovano recapito nel Mar Piccolo (circa $2 \div 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$), attraverso efflussi subacquei (noti anche come Citri), o in canali alimentati dalle acque venute a giorno da sorgenti subaeree di trabocco. Fra le sorgenti subacquee, la principale manifestazione sorgentizia è rappresentata dal Citro Galeso, che eroga una portata di picco di circa 800 l/s con concentrazione salina dell'ordine di 4 g/l . Il grande efflusso idrico subaereo è quello delle Sorgenti del Tara (con punte di $4 \text{ m}^3/\text{s}$), le cui acque si riversano nel Mare Ionio.

Il Mar Piccolo di Taranto rappresenta, per la sua conformazione morfologico-strutturale, una sorta di anomalia del paesaggio fisico pugliese che ha richiamato l'attenzione di più studiosi (DE GIORGI, 1913; VERRI & DE ANGELIS D'OSSAT, 1899; PARENZAN, 1960; 1984; PAGLIARULO & BRUNO, 1990). Diverse sono state le ipotesi sulla sua genesi, addebitata tanto a processi carsici, quanto a processi tettonici; nell'Atlante dei tipi geografici è inserito fra le forme costiere (MARINELLI, 1922). L'attribuzione delle forme del Mar Piccolo a modellamento marino non è, però, né così immediata, né così chiara, né così esclusiva. Nel suo modellamento, sino al raggiungimento della sua configurazione attuale,

sono intervenuti diversi fattori, tra cui l'assetto strutturale preesistente del basamento carbonatico, l'erosione fluviale, il sollevamento regionale e le variazioni glacio-eustatiche (MASTRONUZZI, 1996), circostanze che hanno condizionato anche la struttura idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino, in cui il Mar Piccolo si inserisce. Pertanto, per la comprensione delle dinamiche che coinvolgono le acque sotterranee circolanti nel sottosuolo dell'Arco Ionico Tarantino, unitamente alla definizione dei rapporti stratigrafici delle formazioni ivi esistenti, si ritiene indispensabile premettere una dettagliata ricostruzione delle caratteristiche morfologico-strutturali dell'area stessa, considerando sia l'andamento del tetto del basamento carbonatico, all'interno del quale la falda acquifera profonda circola, sia gli assetti dei depositi Plio-Pleistocenici ivi affioranti, aventi funzioni ove di sostegno, ove di tamponamento della falda acquifera profonda. Saranno poi approfonditi i caratteri idrogeologici ed idrochimici delle falde idriche ivi circolanti, scaturiti dai risultati dei molteplici rilievi, indagini e accertamenti svoltisi nell'ultimo sessantennio.

17.2. - CARATTERI LITOSTRATIGRAFICI DELL'ARCO IONICO TARANTINO

La configurazione geologico-strutturale dell'Arco Ionico Tarantino è definita da un'impalcatura di rocce calcareo-dolomitiche del Cretaceo superiore, ascrivibile alla formazione del Calcarea di Altamura, quindi a successioni carbonatiche di piattaforma interna (tav. 1), su cui poggiano in trasgressione, con lieve discordanza angolare, lembi discontinui e di diverso spessore sia di unità marine plio-pleistoceniche (Calcareniti di Gravina ed Argille Subappennine), sia di unità marine terrazzate pleistoceniche (Supersintemi, cap. 1). Localmente affiorano anche sedimenti alluvionali e costieri olocenici (fig. 17.1).

17.2.1. - I calcari del Cretacico

I calcari del Cretacico (Calcarea di Altamura, Cretaceo sup.) affiorano in modo più o meno continuo a NE di Taranto lungo l'asse Crispiano-Grottaglie-

Manduria (figg. 17.1 e 17.2). Nell'area in esame, questa formazione è rappresentata da una sequenza stratificata di calcari compatti, ceroidi, grigio nocciola talvolta rosati, calcari cristallini, vacuolari e localmente calcari dolomitici. In generale, sono presenti calcari micritici in cui sono immersi intraclasti e resti fossili di Rudiste e di grossi foraminiferi. Localmente, la successione carbonatica si presenta fessurata con evidenti fenomeni di erosione per dissoluzione carsica; le superfici di frattura sono sempre incrostate da una patina rossastra e, localmente, giallastra a composizione limonitica.

17.2.2. - *Le formazioni plio-pleistoceniche*

Sui calcari del Cretacico, a valle della scarpata murgiana, si conservano le testimonianze di un'avanzata del mare sulle terre, emerse per buona parte del Cenozoico (cap. 1). La trasgressione plio-pleistocenica consentì l'accumulo in ambiente costiero delle Calcareni di Gravina e in quello epipelagico delle Argille subappennine. Nel loro complesso, questi depositi di copertura sono costituiti da litotipi meno cementati rispetto alle rocce del substrato sottostante, su cui giacciono con contatti inconformi e talora con la presenza di un conglomerato di transizione basale.

Nell'area in esame le Calcareni di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inferiore), spesse al massimo una cinquantina di metri, sono costituite da calcareniti bioclastiche, di colore bianco-giallastro, con un tenore dei carbonati molto elevato (80-99%). L'assortimento granulometrico ed il grado di diagenesi dei suddetti litotipi sono molto variabili: da una granulometria medio grossolana si passa ad una medio-fine, da un litotipo a consistenza lapidea ad una sorta di sabbione debolmente cementato, talora facilmente frantumabile. Come si evince dalla figura 17.1, in affioramento le Calcareni di Gravina sono presenti nella zona pedemurgiana, raggiungendo i maggiori spessori nella zona fra Massafra e Crispiano e nell'area fra Francavilla Fontana e Manduria. Talora si ritrovano solo nel sottosuolo, interposte fra i calcari cretacei e le Argille subappennine, mentre all'intorno del Mar Piccolo sono spesso assenti anche in profondità, e nel caso in cui sono presenti hanno spessori ridotti (figg. 17.1÷17.4).

Come noto, le Calcareni di Gravina passano in continuità stratigrafica verso l'alto e lateralmente alle Argille subappennine (Pliocene sup. - Pleistocene medio), definite da argille fortemente consistenti, a frattura concoide, marne argillose, argille marnose e siltose grigio-azzurrognole, fossilifere e con un abbondante tenore di carbonati. A diverse altezze stratigrafiche sono presenti intercalazioni sabbiose di colore grigio-azzurro e talora grigio-verdastro. Questa formazione si presenta generalmente compatta ed interessata da discontinuità sia singenetiche, quali i piani di stratificazione sub-orizzontali, con spaziature da decimetriche a centimetriche, sia secondarie, sub-verticali, prodottesi durante il sollevamento neotettonico. Di norma la porzione più superficiale della formazione, per uno spessore di qualche metro, è caratterizzata da una colorazione ocracea - marroncino chiara, con fiamme di ossidazione dovute a fenomeni di alterazione fisico-chimica (COTECCHIA, 1971; CAFARO & COTECCHIA, 2001). Inoltre, a luoghi, nella parte più alta, sono presenti anche croste ricche di carbonati e/o solfati.

Lo spessore della formazione è molto variabile (CIARANFI *et alii*, 1971): da pochi metri si passa a 250 m a NE di Taranto e ad oltre i 700÷800 m approssimandosi verso la Fossa Bradanica (figg. 17.2, 17.3). Essa affiora nell'area di Grottaglie e di Montemesola, dove sono presenti grandi cave; altri affioramenti si rinvencono nella zona delle Saline di Taranto e lungo la costa del Mar Piccolo in corrispondenza della scarpata del terrazzo marino ivi presente.

17.2.3. - *I depositi marini terrazzati pleistocenici*

I Depositi marini terrazzati, ascrivibili ai Superintemi marini del Pleistocene medio-superiore (cap. 1), poggiano in discordanza su superfici di abrasione, poste a quote diverse degradanti verso il Mare Ionio, incise nel substrato mesozoico o nei depositi plio-pleistocenici (figg. 17.1÷17.4) (DAI PRA & HEARTY, 1988; CIARANFI *et alii*, 1988a, 1988b). In affioramento nella città di Taranto e su tutta la fascia costiera orientale e nel relativo entroterra, i Depositi marini terrazzati sono costituiti da calcareniti grossolane organogene di colore grigio-

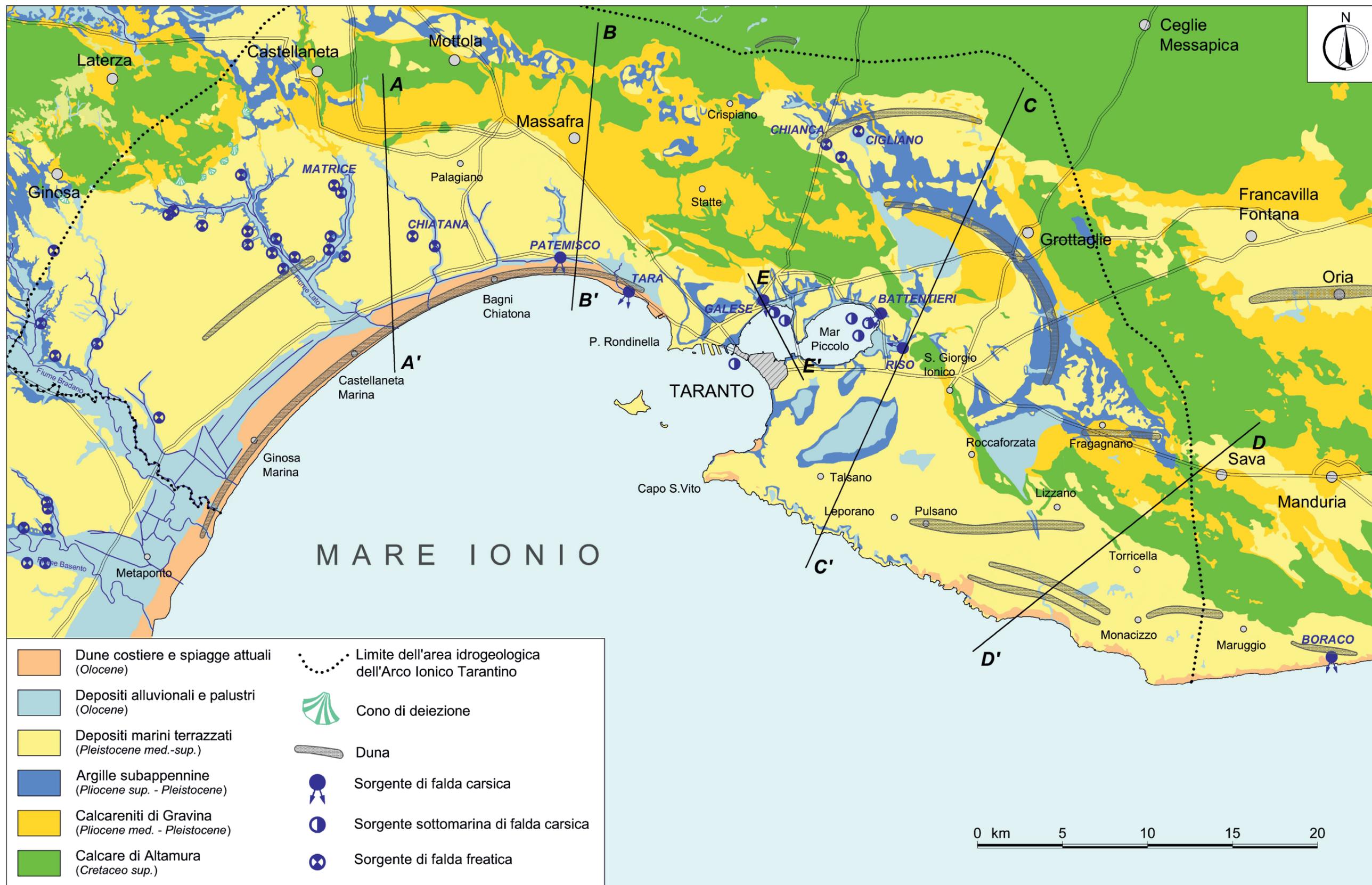


Fig. 17.1 - Carta geologica schematica dell'Arco Ionico Tarantino. - Schematic geological map of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

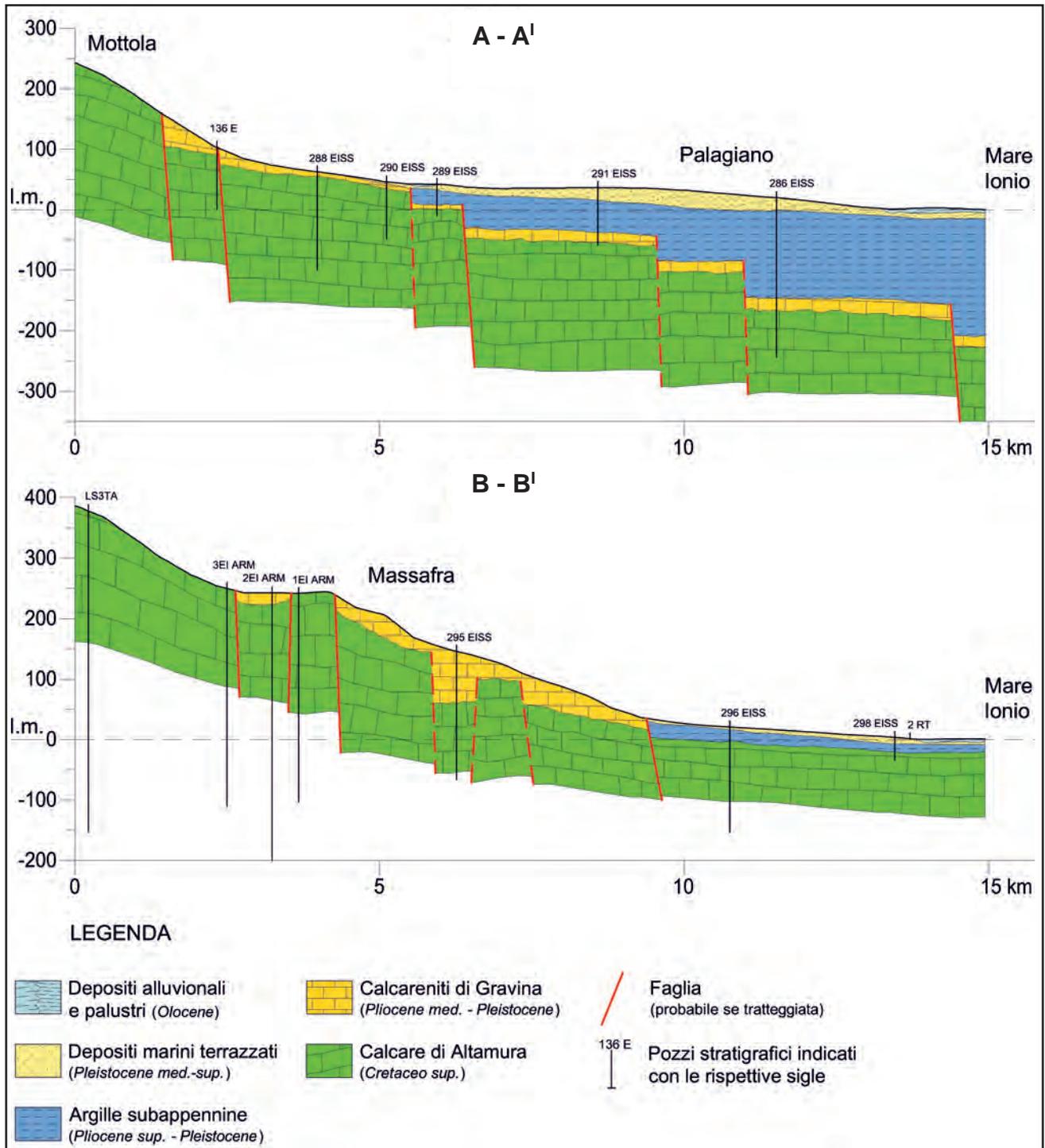
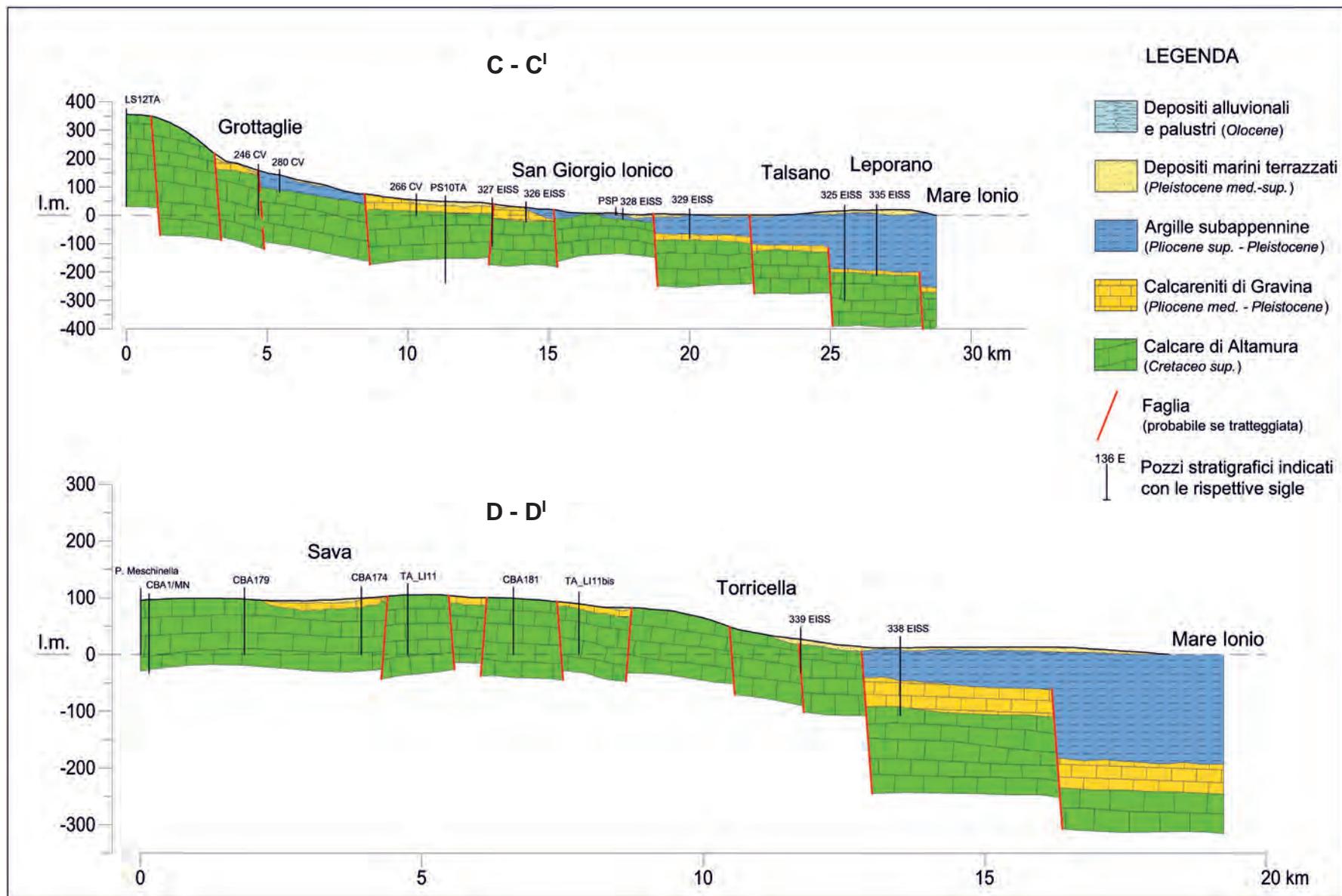


Fig. 17.2 - Sezioni litostratigrafiche A-A' e B-B' dell'Arco Ionico Tarantino, le cui tracce sono indicate in figura 17.1.
- Lithostratigraphic profiles A-A' and B-B' of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto; traces of profiles shown in figure 17.1.

biancastro o giallastro, massicce e in facies tipo panchina, nonché da conglomerati e sabbie a stratificazione in prevalenza sub-orizzontale, ma a luoghi incrociata/laminata, con un grado di diagenesi variabile da luogo a luogo (fig. 17.1). Inoltre, localmente sono presenti croste fortemente diagenizzate

per effetto dei fenomeni di evapo-traspirazione che danno luogo a livelli superficiali caratterizzati da elevatissime resistenze meccaniche. I Depositi marini terrazzati sono costituiti da sabbie e ghiaie con limo ed argilla nell'area ad Ovest di Taranto, mentre da ghiaie poligeniche con ciottoli ben arroton-



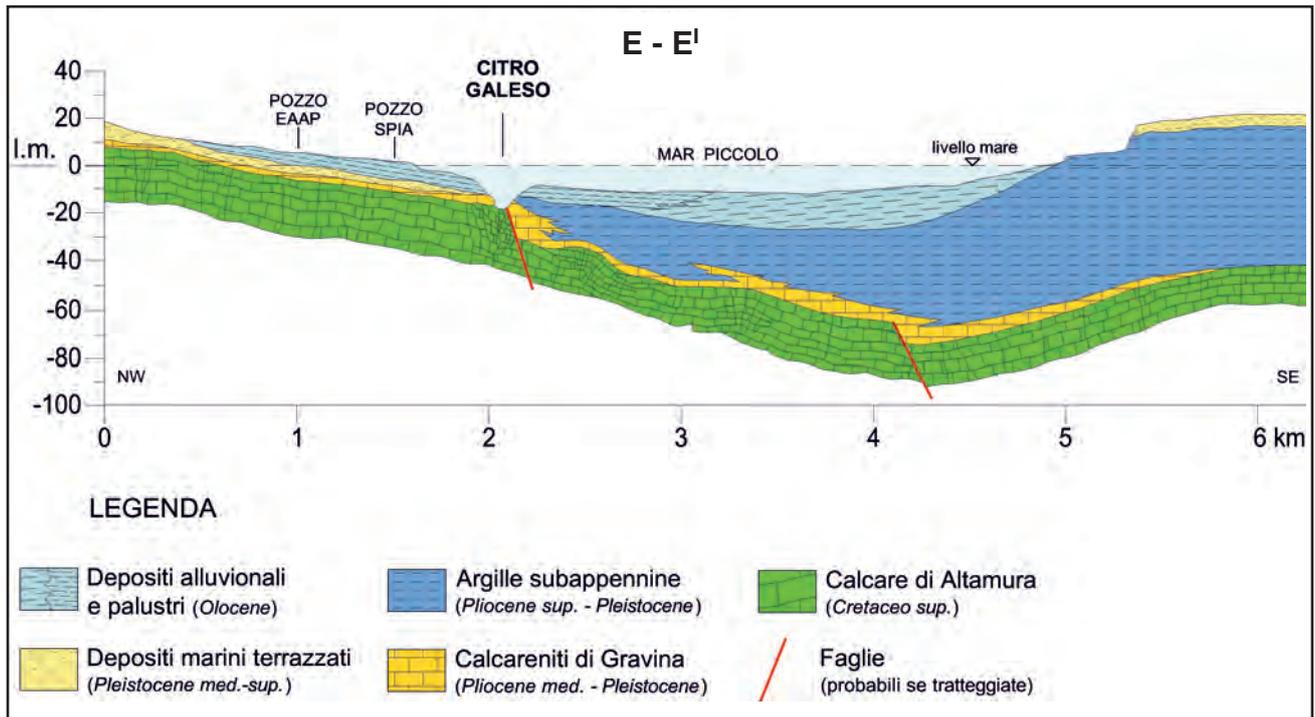


Fig. 17.4 - Sezione litostratigrafica E-E' dell'Arco Ionico Tarantino, le cui tracce sono indicate in figura 17.1.
 - Lithostratigraphic profile E-E' of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto; trace of profile shown in figure 17.1.

dati ed intercalazioni di livelli sabbiosi e limosi nell'area compresa tra Massafra ed il Bradano.

In generale, hanno uno spessore di pochi metri, ma localmente possono raggiungere spessori pari ad una decina di metri ed oltre, come ad Ovest del fiume Lato (COTECCHIA & MAGRI, 1967).

Infine, alcune datazioni assolute sono state eseguite, con il metodo della racemizzazione degli aminoacidi e con analisi del rapporto U/Th, sulle calcareniti algali con *Strombus bubonius Lamarck* e *Cladocora caespitosa* (L) afferenti ai Depositi marini terrazzati affioranti lungo la fascia costiera ionica pugliese. I risultati ottenuti hanno indicato età non superiori a 125 mila anni (COTECCHIA *et alii*, 1971; DAI PRA & STEARNS, 1977; HEARTY & DAI PRA, 1992; MASTRONUZZI *et alii*, 1999).

17.2.4. - Le coperture oloceniche

I depositi di copertura quaternari recenti (Olocene recente e attuale) sono costituiti sia dai sedimenti alluvionali presenti nel fondovalle delle incisioni morfologiche, sia dai depositi lagunari e palustri nelle zone retrodunari e dei bacini chiusi, nonché dai depositi delle dune costiere attuali e re-

centi che costituiscono zone topograficamente più elevate rispetto alle aree retrostanti (fig. 17.1).

I depositi alluvionali sono formati da elementi eterometrici di varia natura comprendenti limi, sabbie e ciottoli derivanti dalla disgregazione del substrato e dei terreni di copertura, con l'ulteriore apporto di materiale fine residuale (le terre rosse). I depositi dei sistemi di spiaggia sono rappresentati da una serie di cordoni dunari riconoscibili tanto a Nord quanto a Sud del capoluogo ionico, attribuibili a tre distinte fasi di morfogenesi costiera manifestatesi circa 6000÷2500 e in corrispondenza dell'attuale (DINI *et alii*, 1996; 2000; MASTRONUZZI *et alii*, 1989).

17.3. - LINEAMENTI GEOSTRUTTURALI

L'attuale configurazione strutturale dell'Arco Ionico è il risultato di diverse fasi tettoniche distensive postcretacee, durante le quali il basamento calcareo, localmente anche con i sovrastanti depositi plio-quaternari, è stato ribassato gradualmente dall'Altopiano murgiano verso il Mare Ionio (figg. 17.1÷17.3). Le stesse dislocazioni non sono sempre facilmente riscontrabili nei depositi plio-quaternari, data la loro natura "plastica" (MARTINIS, 1970; MARTINIS & ROBBA, 1971).

Come in precedenza enunciato, l'Arco Ionico è caratterizzato da ripiani derivati da antiche piattaforme d'erosione e/o di sedimentazione marina e da scarpate delle relative paleolinee di riva, createsi a più riprese a partire dal Pleistocene medio, a seguito di un progressivo ma discontinuo ritiro del mare verso l'attuale linea di costa, indotto anche da un irregolare sollevamento neotettonico dell'intero territorio regionale (cap. 1). Questi elementi geomorfologici hanno consentito, nei limiti del possibile, di ricostruire la storia locale delle oscillazioni del livello marino e l'entità dei movimenti in senso altimetrico delle terre (MASTRONUZZI & SANSÒ, 1999; 2000).

Le prime indicazioni sulle peculiarità tettonico-strutturali dell'area tarantina sono state fornite da ZORZI & REINA (1962), che riconobbero nell'area la presenza di fratture con allungamento NO-SE, considerate successivamente da CARISSIMO *et alii*, (1963) come prosecuzione di faglie di importanza regionale (fig. 17.5).

L'Altopiano murgiano, settore topograficamente e strutturalmente più elevato del territorio che si esamina, occupa la parte settentrionale dell'Arco Ionico Tarantino. Un succedersi di depressioni tettoniche lo separa dai rilievi carbonatici delle Murge tarantine, posti più a Sud. In particolare, gli ammassi carbonatici murgiani posti a Nord di Taranto, si presenterebbero intensamente disarticolati, fagliati e fratturati (GUERRICCHIO, 2000), condizionando in tal modo il reticolo idrografico del territorio che s'impone in corrispondenza delle zone e delle lineazioni tettoniche, la gran parte orientate E-O e ENE-OSO e caratterizzate da debole carattere di trascorrenza destra.

Secondo gli studi svolti da GUERRICCHIO & MELIDORO (1986) e da GUERRICCHIO & SIMEONE (2001), rotazioni strutturali e movimenti trascorrenti avrebbero coinvolto i diversi blocchi carbonatici della piattaforma carbonatica apula, definendo degli alti strutturali (alto di Ginosa-Laterza, alto di Castellaneta-Mottola ecc.), variamente disposti nel territorio in esame (figg. 17.1 e 17.5). In particolare, l'horst carbonatico, dove sono ubicati gli abitati di Laterza e Ginosa, nel suo spostamento verso OSO, avrebbe subito una rottura, mediamente orientata NE-SO, con movimento

trascorrente sinistro e parziale rotazione antioraria dell'horst. Tale rotazione avrebbe provocato o incrementato rotture da trazione a prevalente orientazione NNO-SSE, NO-SE, ONO-ESE, in corrispondenza delle quali si è impostato l'attuale reticolo fluviale (GUERRICCHIO & SIMEONE, 2001). Detto horst è separato dall'altopiano murgiano da un profondo graben, noto come Graben di Viglione, riempito da depositi plio-pleistocenici. Il blocco carbonatico posto a SO e ad O dell'abitato di Crispiano sarebbe interessato da tettonica gravitativa profonda, che lo avrebbe ribassato verso Sud provocandone anche una sua estesa rotazione contromonte. Inoltre, oltre al ribassamento, procedendo verso Est, il blocco carbonatico avrebbe subito un movimento a pendolo con rotazione oraria (fig. 17.5; GUERRICCHIO, 2000). L'horst carbonatico ubicato poco a NE di Grottaglie avrebbe anch'esso subito una rotazione a pendolo, in senso orario, con fulcro posizionabile nella sua parte limitrofa all'abitato di Crispiano, ed uno spostamento massimo di oltre 8.5 km verso OSO ed O. Questi movimenti avrebbero creato il graben, all'interno del quale attualmente ricadono, oltre a Crispiano, gli abitati di Montemesola, Monteiasi e Grottaglie (figg. 17.1 e 17.5).

Con riferimento all'area del Mar Piccolo, questo settore dell'Arco Ionico sarebbe stato interessato da due fasi tettoniche distensive (AUROUX *et alii*, 1985). Durante la prima fase, risalente a circa 60 milioni di anni fa, il bordo murgiano sarebbe stato dislocato da una serie di faglie dirette con orientazione circa E-O, che causarono anche il ribassamento dell'attuale Mar Piccolo, interrompendo, quindi, la continuità degli affioramenti mesozoici in prossimità di S. Giorgio Jonico e Monteiasi. Durante la seconda fase tettonica, presumibilmente più intensa e risalente a circa 2 milioni di anni fa, si generò un sistema di faglie dirette, con orientazioni appenninica (NO-SE) e antiappenninica (NE-SO), che ribassò ulteriormente la zona dell'attuale Mar Piccolo. Successive fasi tettoniche, distensive e compressive, avrebbero rimobilizzato le discontinuità esistenti, soprattutto quelle orientate NO-SE, determinando una relativa chiusura di alcuni piani di faglia e diminuzione del grado di permeabilità secondaria (PAGLIARULO & BRUNO, 1990).

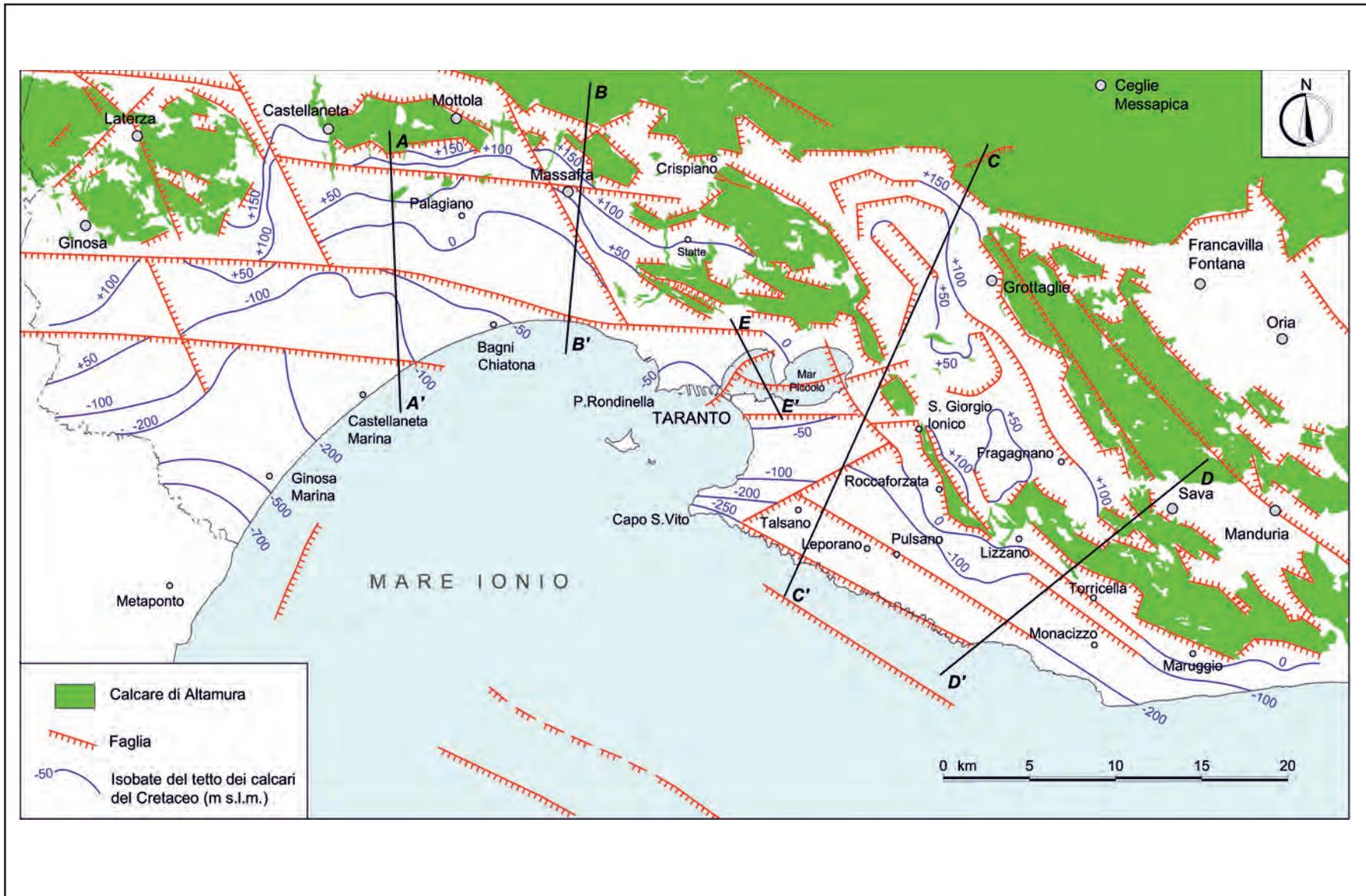


Fig. 17.5 - Carta tettonico-strutturale schematica dell'Arco Ionico Tarantino con indicazione delle isobate del tetto dei calcari cretacei.
 - Tectonic and structural schematic map of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto showing the isobaths of the top of the Cretaceous limestones.

Il tetto del basamento carbonatico cretacico degrada verso il mare con modalità che dipendono dalle diverse vicissitudini tettoniche che hanno determinato l'attuale assetto strutturale (fig. 17.5), descritto in precedenza. Com'è noto, laddove il substrato non affiora, esso è ricoperto da depositi plio-pleistocenici, con maggiori spessori per i depositi di copertura appartenenti alle Argille subappennine (fig. 17.1), i quali, essendo nel loro complesso impermeabili, costituiscono una barriera al deflusso delle acque della falda profonda.

Sulla base di dati stratigrafici di perforazioni eseguite nell'area di interesse, essenzialmente a scopo irriguo, integrati dalle conoscenze riguardanti l'assetto strutturale dell'area, è stato ricostruito il presunto andamento del tetto del substrato calcareo cretacico riportato in figura 17.5.

Nel complesso, per la presenza di un sistema di faglie ad orientazione appenninica, il tetto del substrato calcareo scende, abbastanza dolcemente, da NE a SO, partendo da quote prossime ai 150 m s.l.m. nell'area di Crispiano e Martina Franca e raggiungendo profondità di 50-100 m sotto il livello del mare in prossimità della costa tarantina. In particolare, nell'area urbana di Taranto il tetto della successione carbonatica cretacica è stato rilevato a profondità variabili dai 15 ai 50 m sotto il livello del mare (SPILOTRO, 1983). Tra Massafra e Ginosa, invece, il substrato carbonatico tenderebbe ad assumere la forma di un anfiteatro convergente verso la foce del Bradano, con isobate molto più ravvicinate, per effetto di lineazioni tettoniche antiappenniniche che avrebbero causato il sollevamento dei gruppi collinari di Ginosa, Laterza, Castellaneta e Mottola, ove si raggiungono profondità elevate, anche oltre 400 m sotto il livello mare.

Al di là dalla linea di costa, proseguendo verso il largo, il tetto si approfondirebbe sino a 200-250 m sotto il livello del mare a Sud di Taranto ed oltre i 700 m a Nord di Metaponto.

Ad una faglia antiappenninica sembra potersi attribuire la stessa apertura del Mar Piccolo, in corrispondenza del quale il tetto del substrato mesozoico è posizionato a quote variabili tra una decina di metri sino a circa 50-60 m sotto il livello del mare (figg. 17.4, 17.5).

La successione carbonatica cretacica si rinviene in affioramento, secondo direttrici E-O, nell'area

compresa tra Ginosa e Mottola, mentre con direttrici NO-SE nel settore orientale del territorio esaminato. La continuità degli affioramenti cretacei è interrotta da discontinuità strutturali ad andamento appenninico ed antiappenninico, che, come descritto nel precedente paragrafo, definiscono diverse depressioni tettoniche tra cui la struttura di sprofondamento che si estende dall'abitato di Crispiano fino a quello di Fragagnano ed oltre. La complessità di questa struttura è data dall'esistenza anche di lineazioni secondarie che hanno definito all'interno della depressione degli alti strutturali secondari, tra cui quello di Roccaforzata (100 m s.l.m.).

17.4. - CARATTERI GEOMORFOLOGICI

L'Arco Ionico Tarantino è contraddistinto da evidenze geomorfologiche ben distinguibili, sia laddove affiora il basamento carbonatico cretacico sia dove lo stesso è coperto da depositi plio-quaternari, con elementi morfologici elementari che variamente associati concorrono a definire paesaggi differenti fra loro variamente interconnessi: il paesaggio carsico, l'idrografia superficiale e le gravine, i terrazzi marini (fig. 17.6).

Il passaggio morfologico della zona settentrionale, ove affiorano rocce carbonatiche mesozoiche, permeabili a grande scala per fessurazione ed intensamente carsificate, è quello caratteristico di un rilievo carsico, brullo e segnato da estese forme tettono-carsiche e fluvio-carsiche. Al contrario, il settore meridionale, ove affiorano essenzialmente i depositi calcarenitici, sabbiosi ed argillosi plio-quaternari, è contraddistinto da molteplici superfici suborizzontali debolmente inclinate verso mare. Queste superfici sono separate da scarpate, la cui morfologia dipende dai litotipi in cui sono modellate. Infatti, a blande rotture di pendenza appena percettibili, dove la scarpata è modellata in formazioni argillose e sabbiose, si alternano scarpate piuttosto ripide, a gradoni alte qualche metro, dove la roccia in posto è calcarea o calcarenitica, disposte parallelamente all'attuale linea di riva, prodottesi a seguito delle oscillazioni glacioeustatiche del livello del mare e dei sollevamenti neotettonici, come in precedenza descritto.

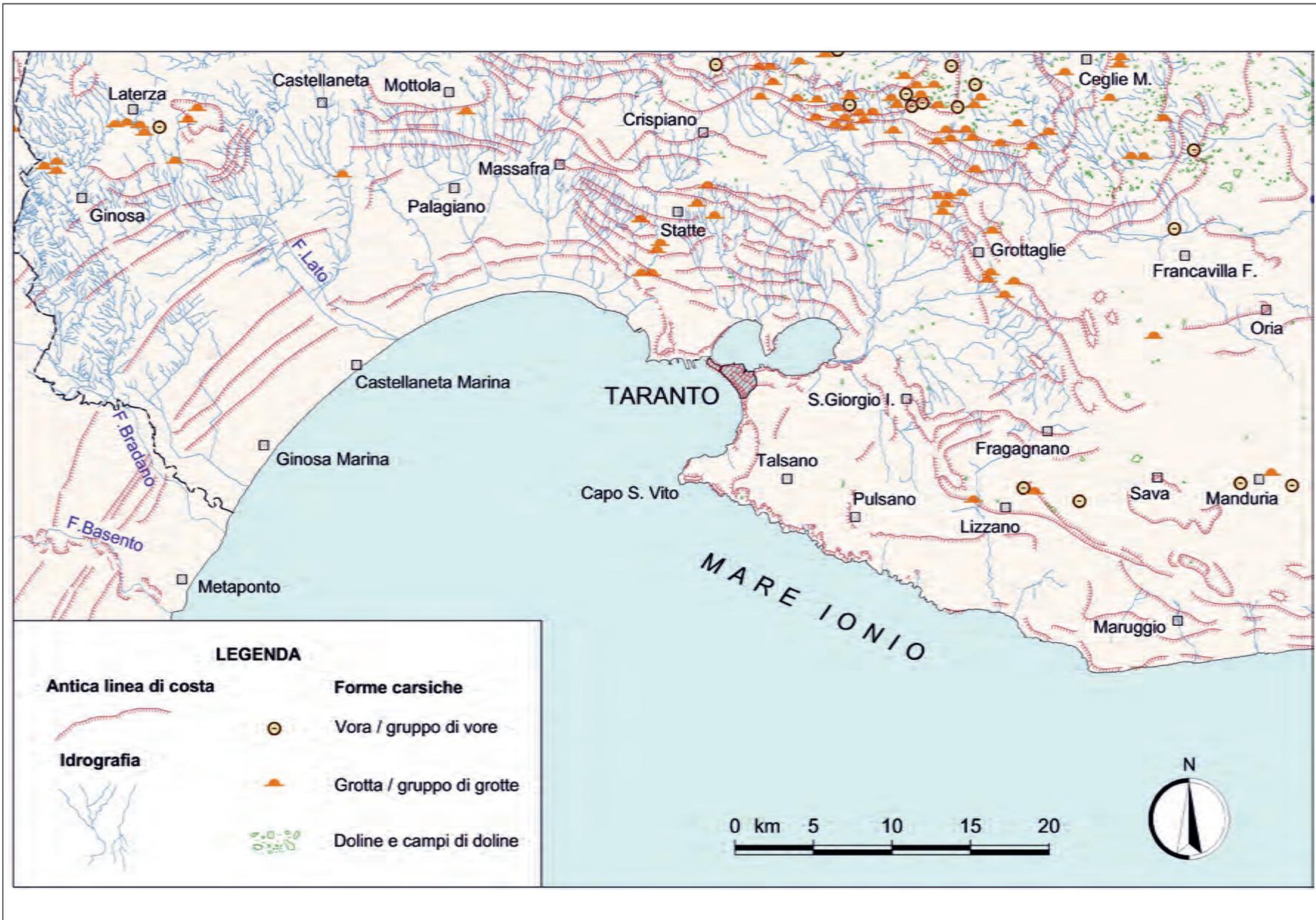


Fig. 17.6 - Carta geomorfologica dell'Arco Ionico Tarantino.
- Geomorphological map of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

17.4.1. - *Il Paesaggio Carsico, l'idrografia superficiale e le Gravine*

La superficie sommitale dell'Arco Ionico, fra i 300 e i 400 m s.l.m., si mostra suborizzontale e blandamente ondulata, con qualche rilievo isolato e con molteplici forme carsiche epigee, soprattutto doline spesso coalescenti, e di forme ipogee. Depressioni superficiali e cavità sotterranee sono collegate a costituire il tipico paesaggio carsico. Le depressioni e le cavità sono di frequente riempite da materiali residuali (Terre rosse), derivanti dalla dissoluzione delle stesse rocce calcaree (cap. 1).

Il ripiano carsico, la superficie inclinata e i ripiani a gradinata sono oggi dissecati e smembrati da numerose incisioni di natura torrentizia. La rete idrografica superficiale è rappresentata tanto da piccoli corsi d'acqua temporanei che incidono per brevi tratti le superfici, quanto da corsi d'acqua più importanti caratterizzati comunque da un regime variabile. In buona parte essi seguono percorsi irregolari, e talora discontinui, data la natura delle rocce, i quali rappresentano, in ogni modo, i relitti di un reticolo idrografico che in altre condizioni climatiche e con un livello di base differente, in particolare più basso, è stato in grado di raccogliere le acque meteoriche di scorrimento superficiale e di scavare profondamente le unità geologiche, incidendo profondi solchi di sovrainposizione, di cui le gravine o lame e lo stesso Mar Piccolo rappresentano gli elementi più appariscenti (fig. 17.6).

La presenza delle gravine è circoscritta alle zone nelle quali affiorano (o comunque si rinvencono a poca profondità) le formazioni lapidee, cosicché esse generalmente non giungono mai fino al mare e si trasformano in valli più basse, con versanti poco pendenti, dove calcareniti e calcari lasciano il posto ad argille e sabbie. A partire dal Pleistocene medio-superiore, l'intenso sollevamento regionale ha determinato dapprima l'individuazione di corsi d'acqua e, successivamente, ne ha innescato l'approfondimento fino alle posizioni oggi osservabili, con il conseguente terrazzamento dei depositi fluviali. L'effetto principale della morfogenesi recente è stato quindi proprio la profonda azione di incisione delle gravine (PARISE, 2007).

Le caratteristiche morfologiche delle gravine

(profondità di qualche decina di metri, pareti verticali o sub-verticali, fondo piatto) fanno sì che tali ambienti siano interessati da fenomeni di pericolosità naturale quali frane ed alluvioni, a cui si aggiungono, data la presenza di numerosi centri abitati ai margini delle stesse, pericoli di natura antropica, inclusi fenomeni di inquinamento e degrado del territorio (COTECCHIA & GRASSI, 1997; PECORELLA *et alii*, 2004).

17.4.2. - *I terrazzi marini*

Di importanza determinante per la comprensione della morfogenesi dell'area idrogeologica in esame e della Lucania ionica è la conoscenza della successione degli eventi quaternari che hanno interessato i terreni della regione; tale successione è stata ricostruita attraverso l'individuazione e la correlazione delle antiche linee di costa e dei relativi terrazzi (fig. 17.7; COTECCHIA & MAGRI, 1967).

L'ampiezza dei terrazzi dipende, oltre che dalla frequenza dei movimenti relativi tra il mare e il continente, da fattori locali: essa è maggiore dove era minore l'acclività del substrato invaso dal mare durante le varie fasi trasgressive, dove era minore la resistenza offerta dalle rocce del substrato all'azione erosiva del mare e quindi più ampie le superfici di abrasione marina sottostanti ai depositi terrazzati, dove era maggiore l'entità degli apporti fluviali, ecc.

L'inclinazione dei terrazzi ha un comportamento generalmente inverso: è maggiore dove l'ampiezza è minore e viceversa. La distribuzione dell'ampiezza dei terrazzi nelle diverse zone si è pressoché costantemente ripetuta a partire dal Pleistocene inferiore fino ai nostri giorni. Ne risulta che, durante il Quaternario, si è avuta una costante tendenza a colmare il fondo della grande baia situata in corrispondenza della "fossa bradanica".

La natura litologica dei depositi terrazzati e la distribuzione verticale della granulometria sono condizionate dalla natura litologica del substrato e dalla granulometria degli apporti fluviali.

L'andamento della potenza dei depositi terrazzati nelle sezioni perpendicolari alle antiche linee di costa (figg. 17.6 e 17.7) dipende essenzialmente da fattori caratteristici di ogni ciclo sedimentario;

esso infatti si mantiene uniforme per i depositi terrazzati corrispondenti alla stessa linea di costa. Assieme agli allineamenti in pianta delle antiche linee di costa, tanto più facilmente individuabili quanto maggiore è l'ampiezza dei terrazzi, l'andamento della potenza dei depositi terrazzati offre talora utilissimi elementi per correlare tratti delle stesse linee di costa interrotti dall'erosione continentale o marina, o situati a quote diverse a causa di movimenti verticali differenziali del continente.

Nel fondo delle baie a bassi fondali il mare ha compiuto soprattutto un lavoro di deposito (cordoni litorali e dune) e non si sono formate scarpate in corrispondenza dei massimi livelli raggiunti dal mare durante le fasi trasgressive. L'assenza di scarpate in corrispondenza di antiche linee di costa è in altri casi dovuta allo smantellamento operato dall'erosione continentale e dall'azione erosiva del mare durante le successive trasgressioni.

False linee di costa di origine marina sono state segnate dal mare in fase di ritiro al piede di scarpate preesistenti e, quindi, a livello del mare non costante ma decrescente.

È frequente il caso in cui non esista concordanza in numero ed altitudine tra le antiche linee di costa che si riesce ad osservare in zone anche contigue. La mancanza di concordanza talora è solo apparente, per esempio quando è intervenuto lo smantellamento di tratti di antiche linee di costa ad opera dell'erosione continentale o marina; in altri casi è invece effettiva, per esempio quando si sono verificati movimenti differenziali del continente tra le varie zone.

In depositi terrazzati, con linee di costa comprese tra circa 150 m e 400 m e trasgressivi su argille azzurre marnose e calcareniti calabriano-siciliane, sono state rinvenute microfaune generalmente povere e a carattere temperato-freddo, caratterizzate costantemente dalla presenza, quasi sempre rara, di *Hyalinea balthica*. Si attribuiscono tali depositi al Siciliano.

In depositi terrazzati con linee di costa comprese tra 20 m e 100 m e trasgressivi su calcari cretacei, argille e calcareniti calabriano-siciliane sono stati rinvenuti numerosi *Cibicides lobatulus*, frequenti in terreni attribuiti al Tirreniano e al Milazziano.

Sulla base dei soli dati micropaleontologici ed a causa delle lacune stratigrafiche, è impossibile distin-

guere quali oscillazioni originanti gli spostamenti delle antiche linee di costa sono dovute a movimenti del continente e quali a movimenti glacioeustatici del mare. Nell'area considerata le più antiche linee di costa del mare quaternario sono situate oltre i 400 m; l'entità delle singole oscillazioni tra il mare e il continente è spesso molto elevata (oltre 100 m). Si aggiunga che le antiche linee di costa non si rinven- gono ovunque alla stessa quota e in numero uguale. Per le ragioni sopra esposte è giocoforza necessario invocare movimenti differenziali del continente, interferenti o meno con movimenti glacioeustatici del livello mare e conducenti in definitiva ai forti sollevamenti postcalabrianici della regione.

I terrazzi che si sviluppano in corrispondenza di tutte le formazioni affioranti a partire da quota 450 m fino a 5 m s.l.m., sono delimitati spesso da un evidente gradino che, a seconda dei luoghi, è inciso parzialmente o totalmente fino ad intaccare le formazioni più antiche.

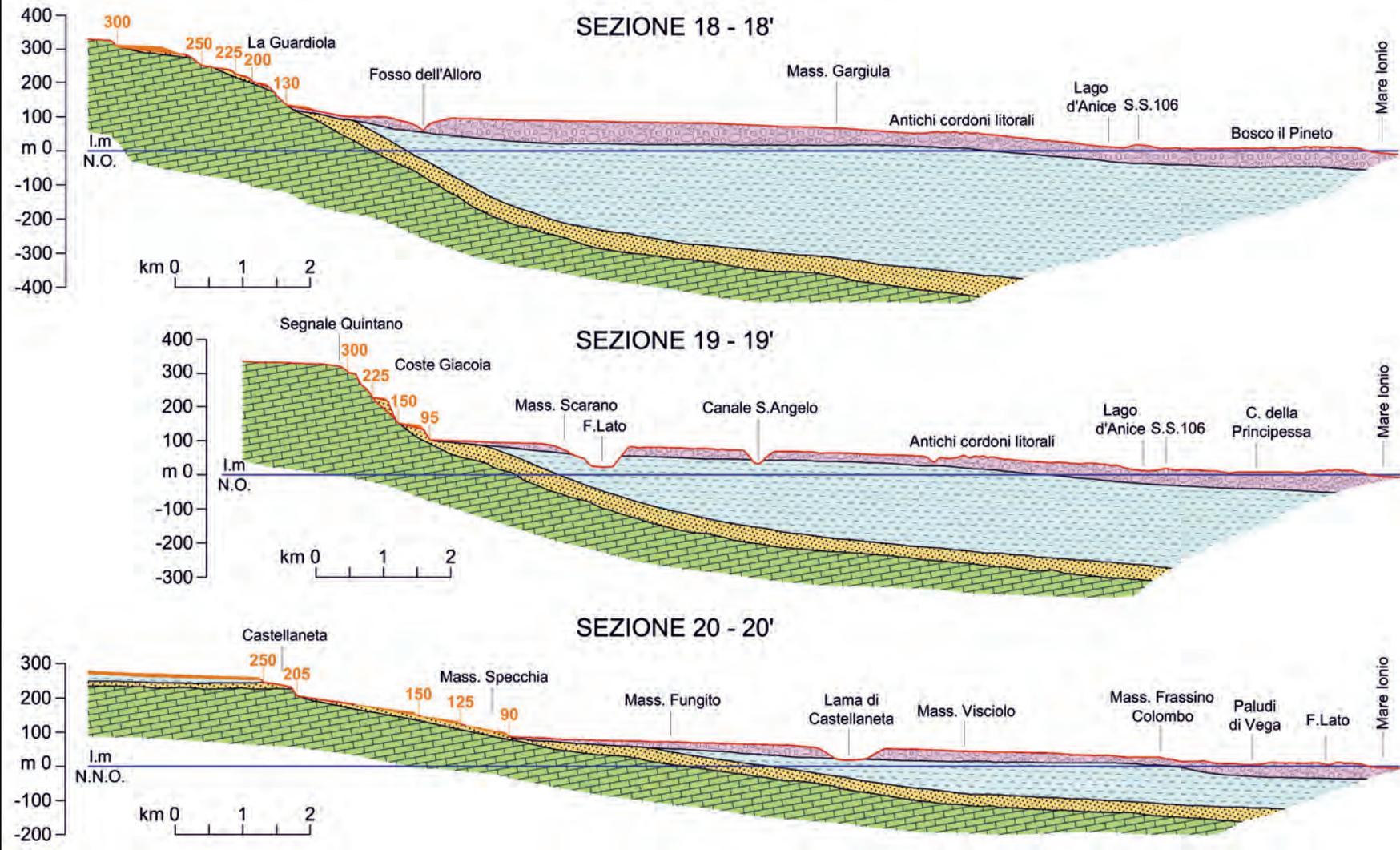
Tali elementi morfologici presentano una notevole armonia nello sviluppo areale delle forme, con andamento arcuato delle paleorive pressoché parallelo all'attuale linea di riva.

Sul bordo orientale dell'area i relativi terrazzamenti assumono forme ed estensione variabili e articolate, segnatamente lungo i margini delle Murge tarantine costituite dalle compatte rocce carbonatiche del Cretaceo, dove le scarpate delle paleorive tendono ad avvicinarsi contornando tali rilievi, originando promontori e insenature anche di notevole ampiezza, come si nota a monte del Mar Piccolo (fig. 17.6). Alcune di queste superfici corrispondono a blocchi ribassati verso il mare delle Unità carbonatiche che costituiscono le Murge. Altre superfici sono intagliate tanto sulle unità carbonatiche cretache, tanto su quelle calcarenitiche e sabbioso-argillose plio-pleistoceniche.

17.5. - IDROGEOLOGIA

Il particolare assetto geologico-strutturale dell'Arco Ionico Tarantino, descritto nei paragrafi precedenti, condiziona la modalità con cui si svolge la circolazione idrica sotterranea, l'efflusso a mare e l'intrusione marina nel continente, e quindi, in definitiva, lo stato quantitativo e qualitativo delle

b)



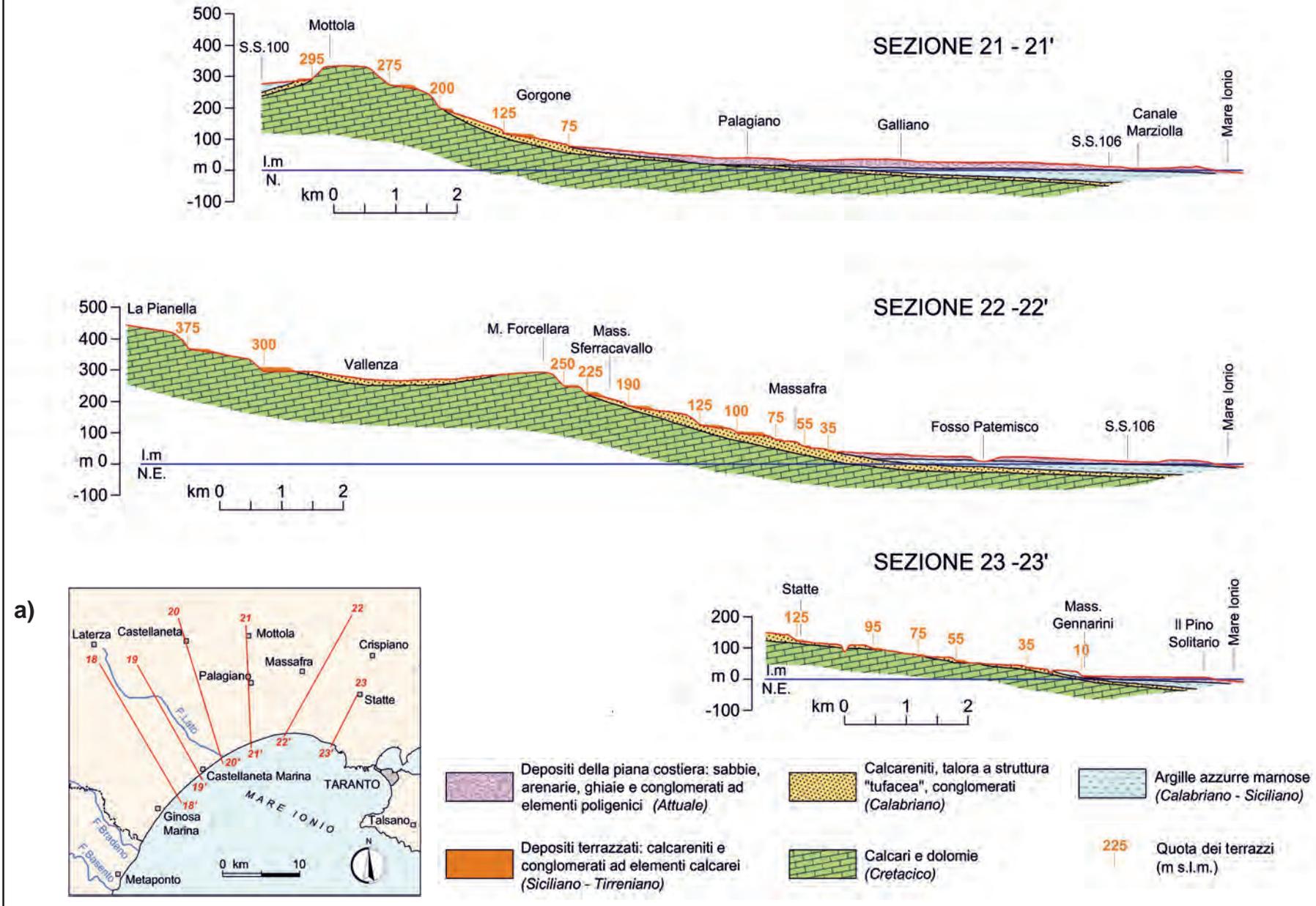


Fig. 17.7 - a) Stralcio planimetrico con ubicazione delle tracce delle sezioni litostratigrafiche schematiche (da COTECCHIA & MAGRI, 1967); b) Sezioni litostratigrafiche schematiche le cui tracce sono indicate in fig. 17.7a con indicazione delle quote dei terrazzi marini attribuibili all'intervallo Tirreniano-Siciliano.

- a) Map showing location of the traces of the schematic lithostratigraphic profiles (after COTECCHIA & MAGRI, 1967); b) Schematic lithostratigraphic profiles (traces shown in fig. 17.7a), showing the elevation of the marine terraces attributable to the Tyrrhenian-Sicilian interval.

acque sotterranee e la relativa possibilità di utilizzo.

L'acquifero carbonatico profondo, come nel resto della regione pugliese, ha sede nell'impalcatura calcarea fratturata e carsificata del Cretacico, fornendo acque che rappresentano una risorsa fondamentale per la zona tarantina, determinanti per l'economia agricola ed industriale del territorio. L'acquifero è formato da una serie di livelli idrici localizzati in corrispondenza di orizzonti rocciosi particolarmente fratturati e/o carsificati, separati a luoghi da livelli più compatti e a ridotta permeabilità. La falda di acqua dolce galleggia ovunque sull'acqua di mare di intrusione continentale.

Alle quote topograficamente più elevate, lì dove i calcari sono affioranti o comunque trovansi a quote superiori al livello mare, la circolazione idrica si esplica quasi ovunque fortemente in pressione (fig. 17.8). Il confinamento della falda è determinato dalla presenza di livelli rocciosi compatti ed a ridotta permeabilità, spesso presenti anche a quote inferiori ai -100 m s.l.m. Qui i caratteri qualitativi delle acque sotterranee sono in genere poco in-

fluenziati dall'intrusione marina. Proseguendo verso la costa, i calcari si ritrovano a quote prossime al livello mare e la circolazione idrica si esplica lievemente in pressione o localmente in condizioni freatiche. Nella pianura la situazione appare invece più complessa. Mentre le acque di superficie danno luogo a corsi d'acqua superficiali o, quando penetrano nel sottosuolo e si arrestano sul basamento argilloso, a falde superficiali, le acque profonde circolanti nei calcari fessurati e carsificati sottostanti le argille e le calcareniti, subiscono l'influenza delle acque marine di intrusione continentale sulle quali poggiano (COTECCHIA *et alii*, 1957; ZORZI & REINA, 1962). Nelle zone pianeggianti il basamento calcareo si rinviene spesso a notevoli profondità sotto il livello mare, come accade a NO e SE di Taranto, dove il tetto dell'acquifero è a quote di gran lunga inferiori ai -100 m s.l.m. (figg. 17.5 e 17.7). In quest'ultimo caso, come verrà più avanti illustrato, l'acquifero carbonatico è invaso per gran parte da sole acque marine o comunque fortemente salmastre.

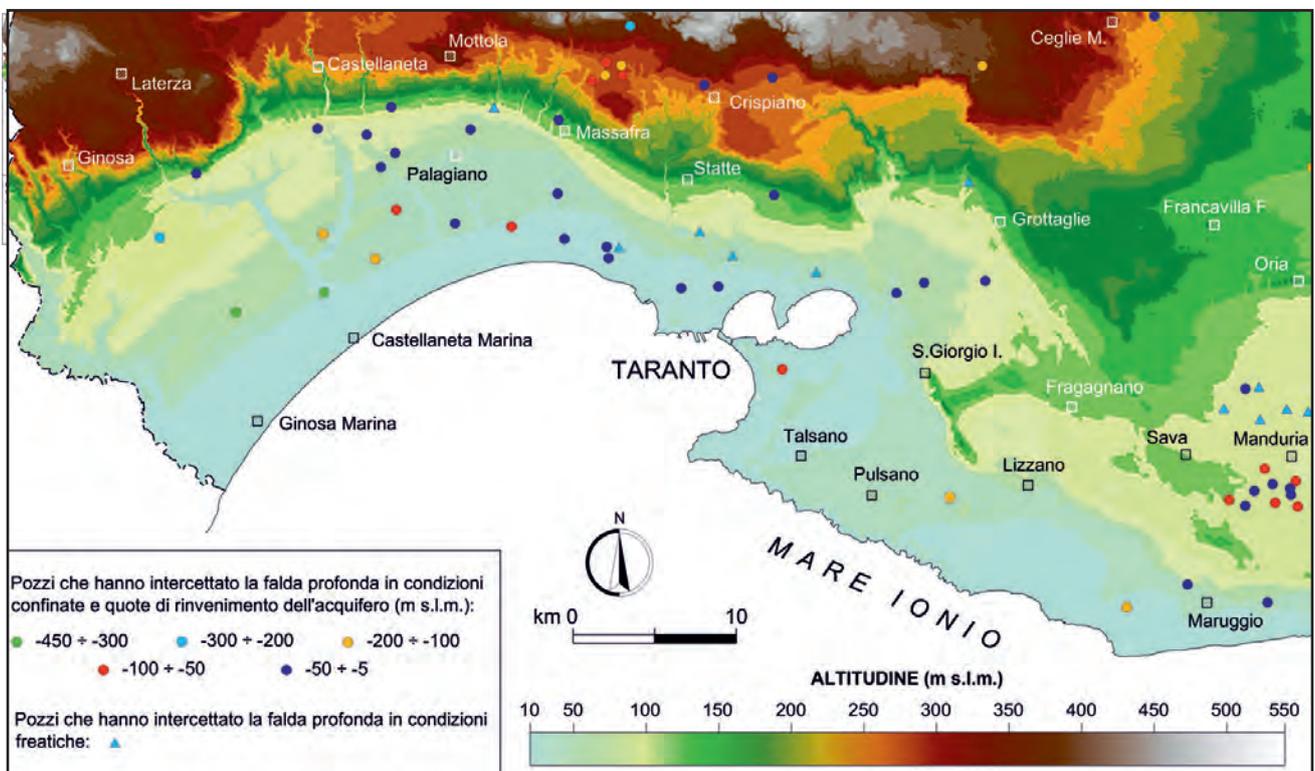


Fig. 17.8 - Digital Elevation Model (DEM) dell'Arco Ionico Tarantino con ubicazione di alcuni pozzi che hanno intercettato la falda profonda in condizioni confinate e freatiche.

- Digital Elevation Model (DEM) of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto with the location of some wells intercepting the deep aquifer under confined and unconfined conditions.

17.5.1. - *Alimentazione della falda profonda*

L'alimentazione dell'acquifero profondo di questa area avviene in gran parte sull'altopiano murciano, dove i calcari cretacei affiorano. Qui le precipitazioni atmosferiche, soprattutto quelle del semestre ottobre-marzo, alimentano direttamente, al netto delle perdite per evapotraspirazione, la falda carsica profonda e sono assenti corsi d'acqua superficiali. Nelle restanti zone, specie in pianura, i terreni post-cretacici costituiscono un orizzonte pressoché impermeabile che impedisce l'apporto diretto delle acque meteoriche nei confronti della falda profonda (fig. 17.9). Nella provincia di Taranto la piovosità media annua si attesta tra i 500 e i 600 mm di pioggia, mentre si raggiungono i 700 mm nell'Alta Murgia (cap. 7).

I calcari, costituiti da strati quasi sempre orizzontali o poco inclinati, risultano sconnessi e fratturati ed interessati da processi carsici piuttosto intensi, a causa dei quali si lasciano attraversare dalle acque di pioggia, inviandole in profondità. Sono piuttosto frequenti sistemi di cavità che attraversano le masse calcaree dall'alto verso il basso, come le vore, i quali aumentano la capacità di assorbimento verticale della roccia (ZORZI & REINA, 1962) (fig. 17.6). Localmente, come nell'entroterra a Nord di Taranto, può accadere che all'interno delle masse calcaree l'azione carsica di ampliamento della fessurazione verticale sembra essersi esplicata maggiormente nei primi 50-60 m di profondità. Laddove il livello piezometrico si trova ad una profondità maggiore di 50-60 m dal tetto dei calcari, essendo a tali quote le formazioni calcaree spesso poco fessurate, l'alimentazione è inibita.

L'alimentazione dell'acquifero carbonatico profondo si esplica ora in forma diffusa, ora in forma concentrata. La prima è normalmente presente nelle aree dotate di un carsismo e di una fessurazione ripartiti grossomodo uniformemente, mentre la seconda avviene quando il carsismo e la fessurazione della roccia e le condizioni morfologico-strutturali consentono un temporaneo ruscellamento superficiale, facente capo a ben determinati punti o aree idrovore ad assorbimento rapido (COTECCHIA, 1992).

17.5.2. - *Permeabilità dell'acquifero cretatico profondo*

I caratteri di permeabilità dell'acquifero profondo presente nell'Arco Ionico Tarantino sono determinati dallo stato di fratturazione, conseguente alle vicissitudini tettoniche cui la regione è andata incontro, e al carsismo (COTECCHIA, 2005). Ciò determina molto spesso eterogeneità ed anisotropie nella permeabilità dell'ammasso roccioso, come succede ad esempio a Monte del Mar Piccolo o in corrispondenza della sorgente Tara, non sempre interpretabili nell'ambito dell'idraulica dei mezzi porosi. In dette condizioni l'acquifero non è quindi, in generale, assimilabile ad un mezzo poroso equivalente, per cui i valori del coefficiente di permeabilità riportati in tavola 3 (f.t.) ed in figura 17.10, determinati con i criteri illustrati nel capitolo 2, sono da ritenersi solo orientativi.

A Nord-Ovest di Taranto, nei territori di Laterza, Castellaneta, Mottola, Massafra e Statte, l'acquifero profondo presenta valori del coefficiente di permeabilità in genere compresi tra 10^{-2} e 10^{-1} cm/s. Procedendo da detti territori verso la costa si osserva una significativa riduzione del coefficiente di permeabilità, anche di 2 ordini di grandezza. A Sud-Est di Taranto si rilevano invece, localmente, valori molto elevati del coefficiente di permeabilità, in alcuni casi dell'ordine di 1 cm/s, come accade nella zona tra Roccaforzata, Monteparano, Faggiano, in corrispondenza di alti strutturali che determinano localmente l'affioramento dei calcari (figg. 17.1 e 17.10). Nella zona di Manduria-Maruggio l'elevata permeabilità della formazione acquifera cretacea caratterizza il passaggio all'acquifero profondo dell'Area Idrogeologica del Salento.

17.5.3. - *Piezometria della falda profonda*

L'andamento delle isopieziche della falda profonda indica l'esistenza di una circolazione idrica sotterranea che dagli alti murgiani è diretta verso la costa, con cadenti piezometriche variabili tra 2‰ (aree interne) e 0,2‰ (aree costiere; tav. 4 f.t.).

Le isopieziche indicano l'esistenza di 3 spartiacque idrologici sotterranei (A, B e C in figura 17.11). I primi due, a NO della città di Taranto (A e B),

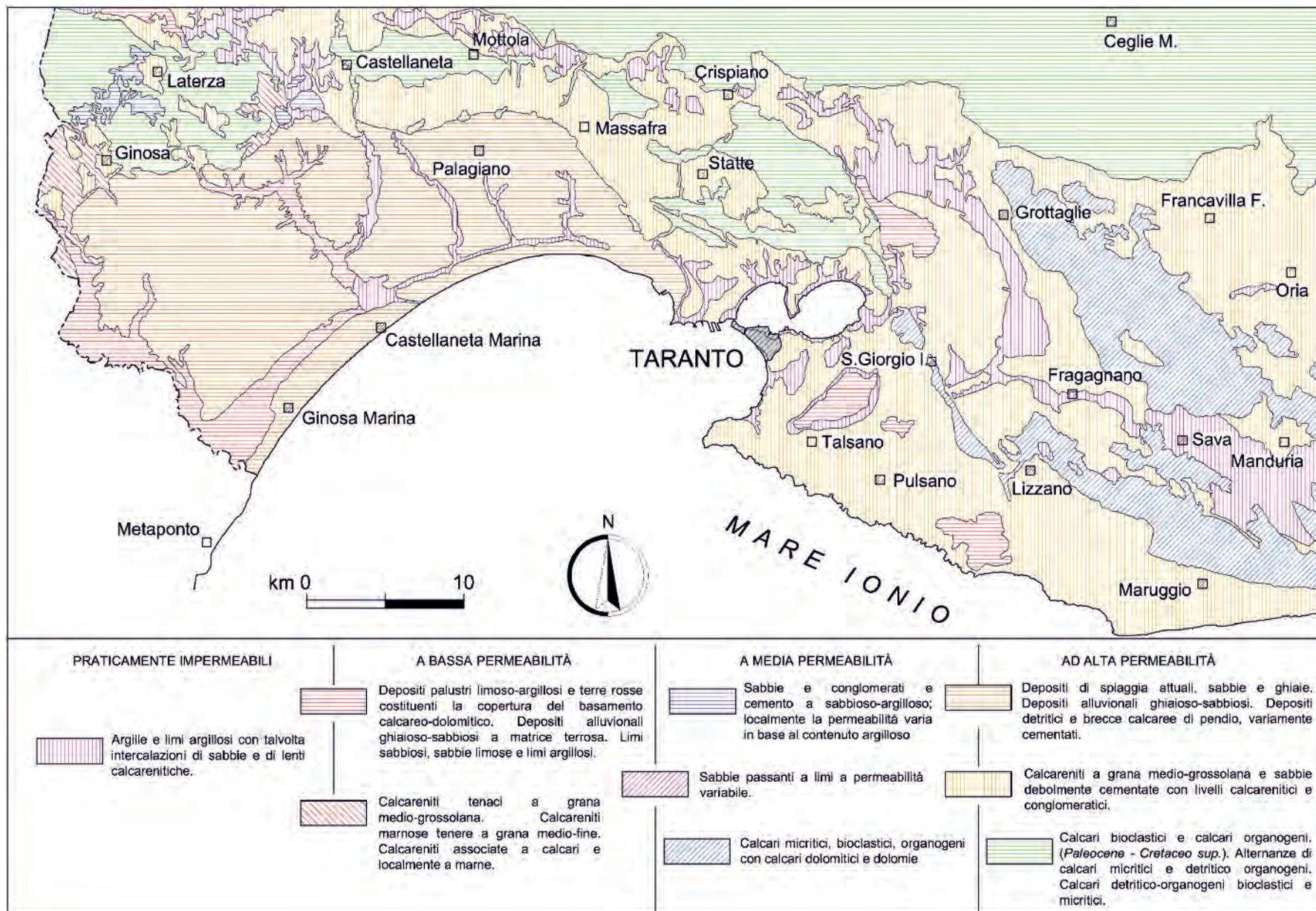


Fig. 17.9 - Permeabilità dei litotipi affioranti nell'unità idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino (da COTECCHIA, 1992).
 - Permeability of outcropping lithotypes in the hydro-geological unit of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto (after COTECCHIA, 1992).

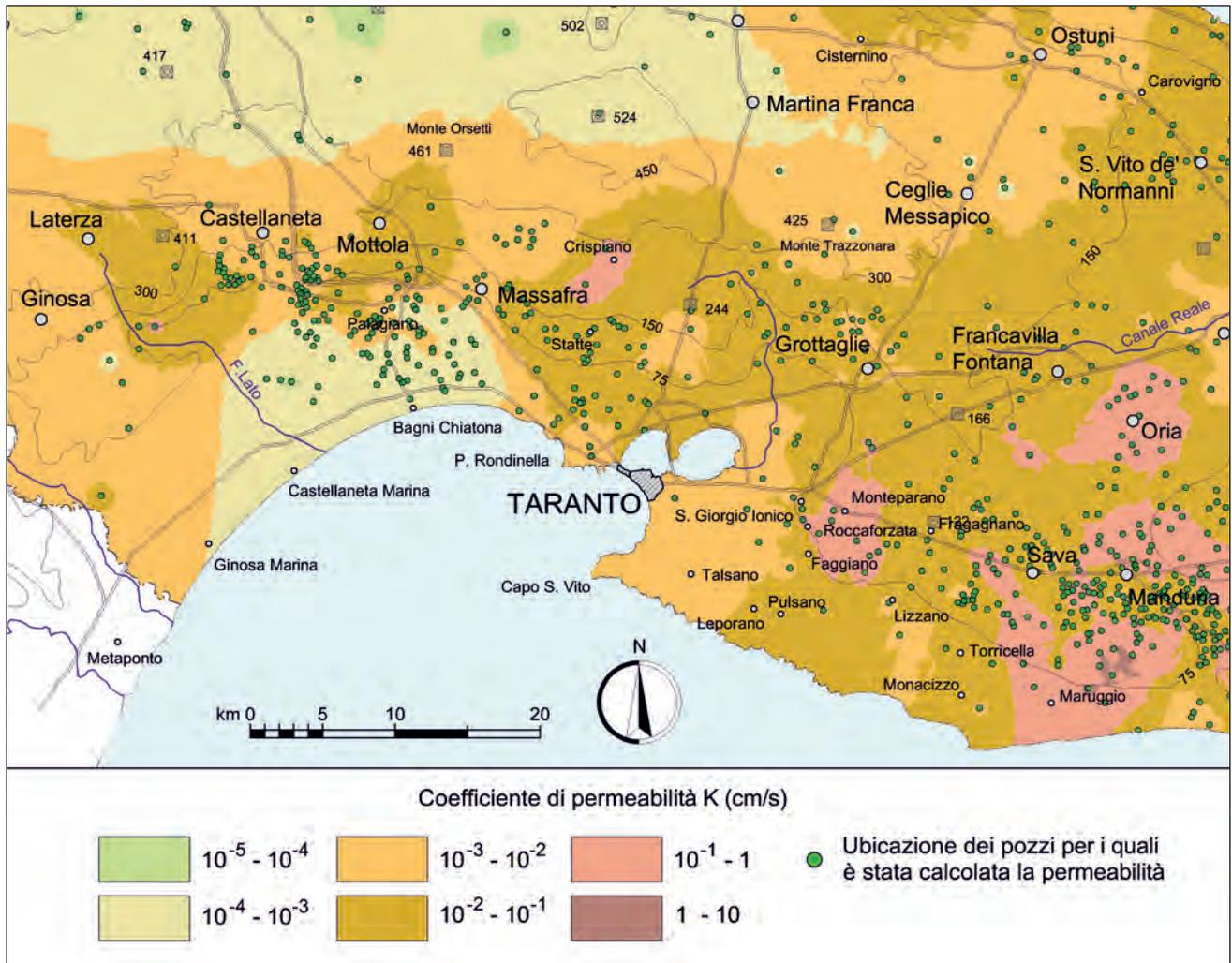


Fig. 17.10 - Distribuzione del coefficiente di permeabilità dell'acquifero carbonatico profondo dell'Arco Ionico Tarantino.
 - Distribution of the permeability coefficient in the deep carbonate aquifer of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

individuano la porzione di acquifero che alimenta la sorgente Tara. Gli spartiacque B e C individuano l'area in cui le acque sotterranee trovano recapito finale nel Mar Piccolo di Taranto (TADOLINI & SPIZZICO, 1996).

La piezometria della falda profonda indica l'esistenza di vie di preferenziale deflusso la cui esistenza è giustificabile sulla base della riconosciuta eterogeneità ed anisotropia dei caratteri di permeabilità dell'acquifero, determinati soprattutto dalle discontinuità tettoniche. I sistemi di faglie possono offrire, infatti, in base alla conducibilità idraulica dei piani di discontinuità, una maggiore o una minore permeabilità, influenzando quindi sulla piezometria della falda. Ad incidere sulla piezometria della falda sono anche la disposizione ed i caratteri di permeabilità dei depositi sovrastanti il basamento

calcereo. A tal riguardo si rileva lo sbarramento esercitato sulla falda dalle argille subappennine sovrastanti la formazione carbonatica mesozoica, che si evidenzia dai notevoli carichi piezometrici osservati presso costa e NO di Taranto.

Alcune vie preferenziali di deflusso sono orientate verso tratti di costa sicuramente sede di cospicui deflussi sottomarini, come evidenziato dalle isopieziche 4 m e 5 m, che presentano delle marcate concavità. Occorre inoltre osservare che, ad Est dello spartiacque B, non tutte le acque di falda si dirigono nel Mar Piccolo; una parte di esse, infatti, effluisce immediatamente ad Ovest della città di Taranto, riversandosi direttamente nel Mar Grande. Ciò trova riscontro nelle sorgenti sottomarine esterne al bacino del Mar Piccolo, note in tale area, quale ad esempio il Citro di San Cataldo. Tuttavia, mentre nel

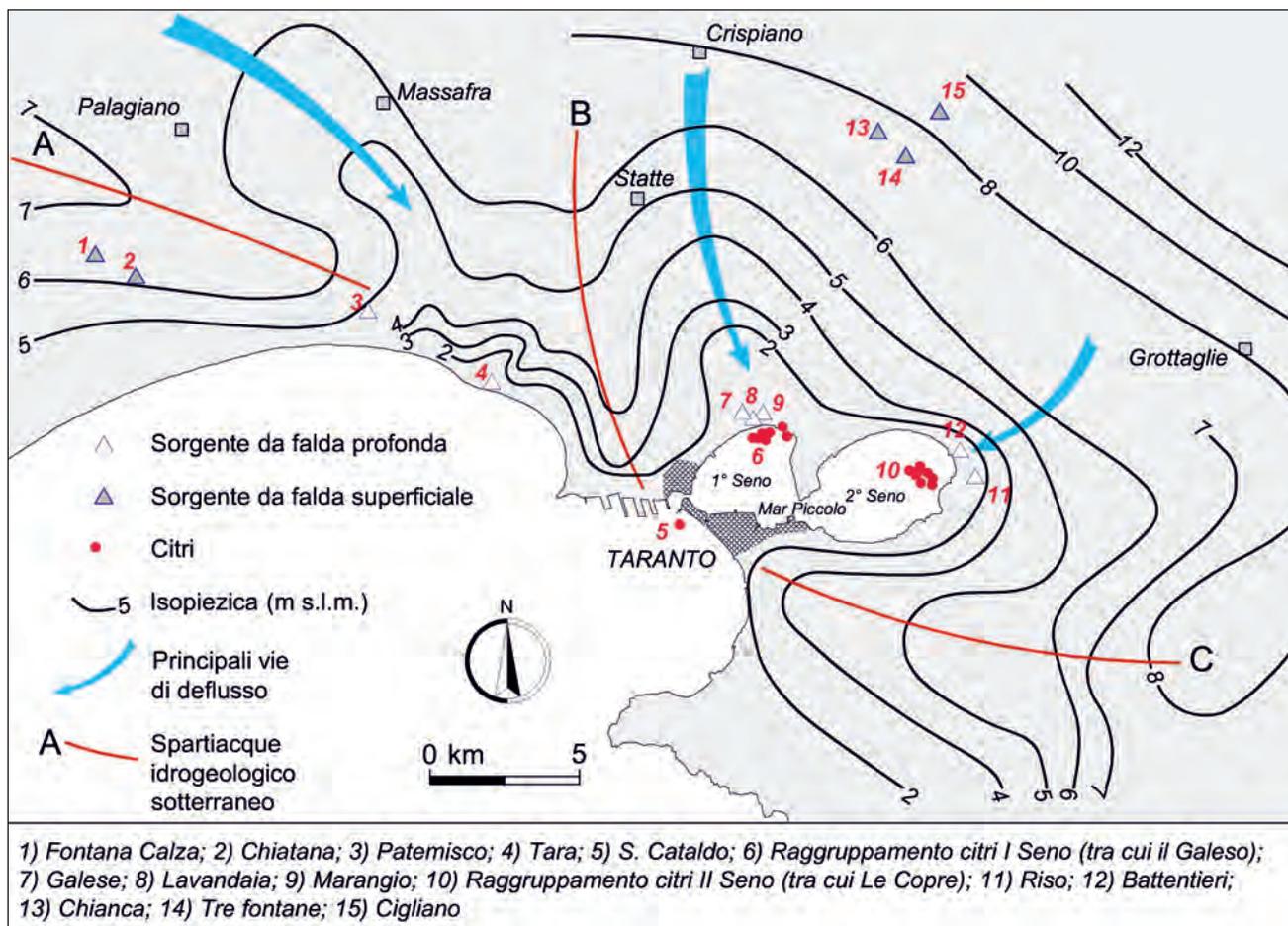


Fig. 17.11 - Isopieziche della falda profonda e sorgenti dell'Arco Ionico Tarantino (mod., da TADOLINI & SPIZZICO, 1994; COTECCHIA, 1991).
 - *Isopiezic lines of the deep aquifer and springs of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto (modified after TADOLINI & SPIZZICO, 1994; COTECCHIA, 1991).*

Mar Piccolo e nel Mar Grande si evidenzia il forte drenaggio operato dalle sorgenti costiere sottomarine, a NO e a SE di Taranto il drenaggio costiero risulta assai scarso per il già citato ruolo di sbarramento operato dalle Argille subappennine. In verità, a NO, le acque provenienti dai massicci murgiani sono responsabili di efflussi di tipo subaereo, come la grande sorgente Tara (cap. 4).

17.5.4. - *Intrusione marina nell'acquifero cretatico profondo*

Nelle porzioni costiere dell'Arco Ionico Tarantino la falda profonda è costretta, generalmente, a defluire in pressione verso il mare. In dette condizioni il rapporto esistente tra l'altezza piezometrica della falda e la profondità del tetto dell'acquifero condiziona le modalità con cui svolge la circolazione idrica sotterranea.

Già sul finire degli anni '50, in occasione di una prima ricerca sulla falda profonda contenuta nei calcari cretatici della Puglia, venne definito il luogo dei punti estremi dell'interfaccia teorica acqua dolce – acqua di mare (linea *I* in figura 17.12; cap. 2), il quale può disporsi sia da un lato che dall'altro della linea di costa, vale a dire sia nel continente che nel mare (COTECCHIA *et alii*, 1957). In particolare, la linea *I* si dispone nel continente a SE del Mar Piccolo (fig. 17.12), dove il basamento calcareo-dolomitico sprofonda ad oltre 250 m al di sotto del livello del mare e la fascia di acquifero compresa fra la linea *I* e la linea di costa è invasa dall'acqua di mare o comunque contiene acque fortemente salmastre. In dette condizioni la notevole profondità dell'acquifero non consente l'esistenza di una circolazione idrica dolce e ciò in quanto l'altezza piezometrica della falda determina una profondità dell'interfaccia acqua dolce – acqua

di mare inferiore a quella del tetto dell'acquifero stesso.

Il luogo dei punti estremi dell'interfaccia teorica si ritrova invece nel mare, oltre la linea di costa, nella zona a NO del Mar Piccolo, dove il basamento calcareo-dolomitico è stato rinvenuto a minori profondità. Qui la falda profonda presenta valori del carico piezometrico superiori ad 1 metro in prossimità della costa ed è possibile eseguire perforazioni a mare nella fascia compresa fra la linea di costa e la linea *I* e rinvenire nei calcari acquiferi acque dolci o comunque leggermente salmastre (fig. 17.12).

In prossimità del Mar Piccolo, la presenza di numerose sorgenti sottomarine determina una notevole variabilità della cadente piezometrica presso costa, sicché non risulta agevole determinare il luogo dei punti estremi dell'interfaccia teorica. Nei già citati studi condotti negli anni '50 fu ipotizzato che, in corrispondenza nell'area del Mar Piccolo,

fossero assenti efflussi della falda nel Mar Ionio, come d'altra parte è lecito ammettere in conseguenza della notevole profondità di rinvenimento del tetto dei calcari, intercettati nel bacino in argomento ad una profondità massima di 75 m al di sotto del livello mare (fig. 17.5). È possibile quindi ritenere che la linea *I* tagli il Mar Piccolo nella sua porzione più meridionale e che, pertanto, la falda profonda effluisca, in tale area, nel suddetto bacino. Le numerose sorgenti sottomarine ivi individuate non rappresenterebbero, quindi, semplici derivazioni dalla falda profonda che continuerebbe il suo moto di filtrazione sino al Mar Ionio, bensì l'intero efflusso finale della falda circolante tra gli spartiacque idrogeologici sotterranei B e C di figura 17.11 (fanno eccezione solo i già citati efflussi che avvengono nel Mar Grande ad Est dello spartiacque idrogeologico B, quali il citro di San Cataldo). La piezometria della falda indica, infatti, un

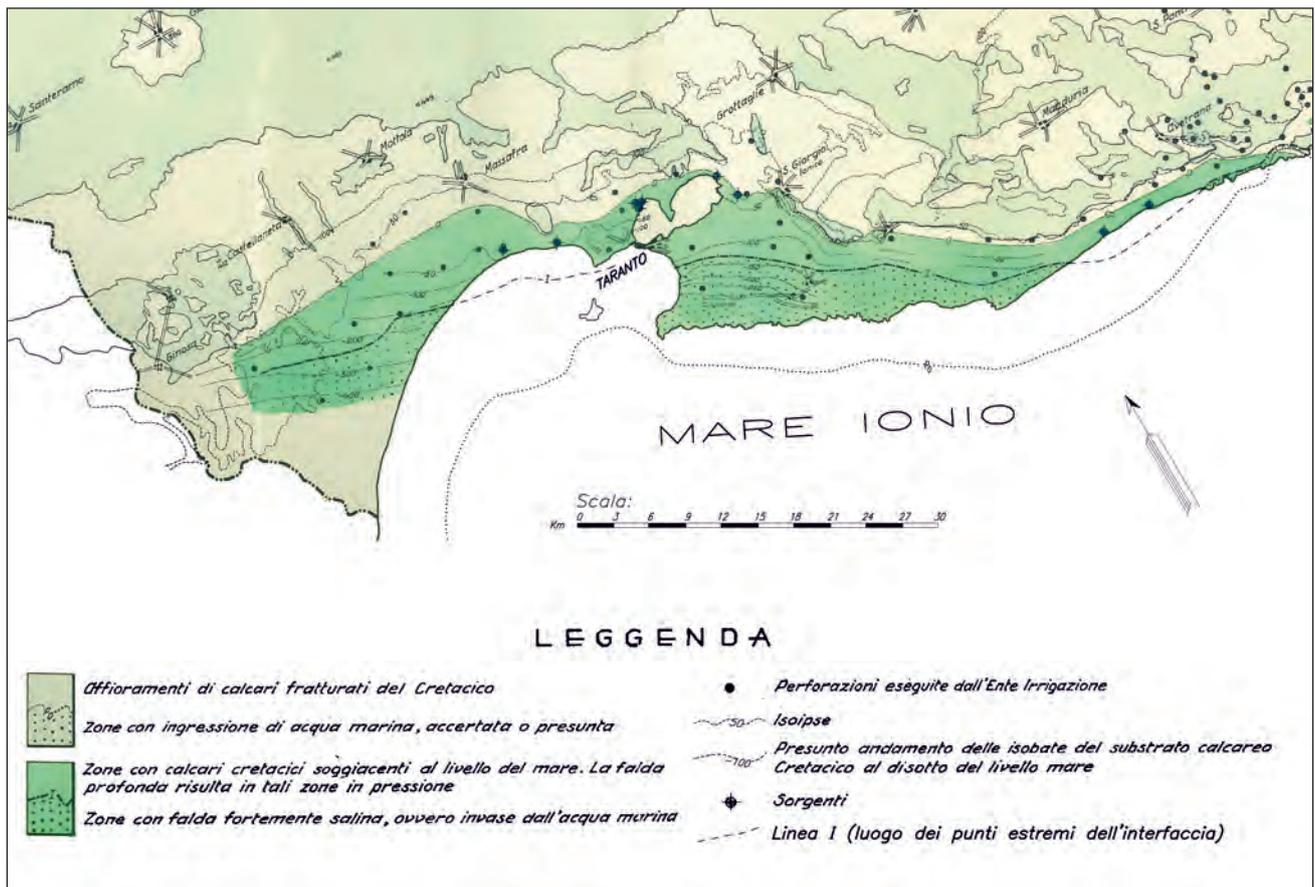


Fig. 17.12 - Caratteristiche della falda profonda dell'Arco Ionico Tarantino in rapporto all'andamento del tetto dei calcari fratturati del Cretacico, con indicazione dei pozzi utilizzati nell'ambito delle prime ricerche sulle acque sotterranee della Regione condotte negli anni '50 (mod., da COTECCHIA *et alii*, 1957).

- Characteristics of the deep aquifer of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto with respect to the top of the fractured Cretaceous limestones, with indication of the wells used during the early research works on the region's groundwater carried out in the 1950s (modified after COTECCHIA *et alii*, 1957).

forte drenaggio operato dal Mar Piccolo, con le altezze piezometriche che decrescono rapidamente ad 1 m in prossimità della costa. L'assenza di efflussi nel Mar Ionio è, in particolare, dimostrata dal rapporto intercorrente tra i carichi piezometrici della falda profonda e la profondità di rinvenimento del tetto dei calcari. Proiettando nel Mar Piccolo la superficie piezometrica della falda profonda, così come ricostruita subito a monte del bacino, si stima un carico piezometrico di alcuni decimetri, cui corrisponde, secondo la relazione di *Ghyben-Herzberg* (cap. 2), una profondità dell'interfaccia di separazione acqua dolce-acqua di mare, rispetto al livello mare, inferiore a 30 m. La effettiva profondità della zona di transizione nel Mar Piccolo non dovrebbe essere molto differente a detto valore, considerato che in un pozzo spia storico ubicato subito a monte del Mar Piccolo (pozzo Leggiadrezze), essa è stata rilevata a circa 50 m di profondità dal livello mare. Affinché la falda profonda trovi recapito finale nel Mar Ionio, è però necessario che l'interfaccia sia più profonda del tetto dell'acquifero, che come abbiamo visto

presenta invece profondità maggiore, ossia circa -75 m s.l.m.

17.5.4.1. - Stratificazione salina delle acque di falda e sua variazione nel tempo

Al fine di analizzare la stratificazione salina delle acque di falda e, più in generale, i rapporti esistenti tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare di intrusione continentale, sono stati presi in esame i rilievi termosalinometrici e/o multiparametrici eseguiti in alcuni pozzi-spia (fig. 17.13).

Il pozzo-spia "Leggiadrezze" è stato realizzato in prossimità della costa del Mar Piccolo a monte del Citro Galeo; profondo 215 m, è stato attrezzato con tre celle, tra loro isolate, posizionate rispettivamente nell'acqua dolce di falda, nella zona di transizione e nell'acqua di mare presente alla base dell'acquifero. I carotaggi termosalinometrici effettuati in detto pozzo hanno rilevato l'esistenza di una falda di acqua dolce sino a circa 50 m di profondità dal livello mare (fig. 17.14). La concentrazione salina

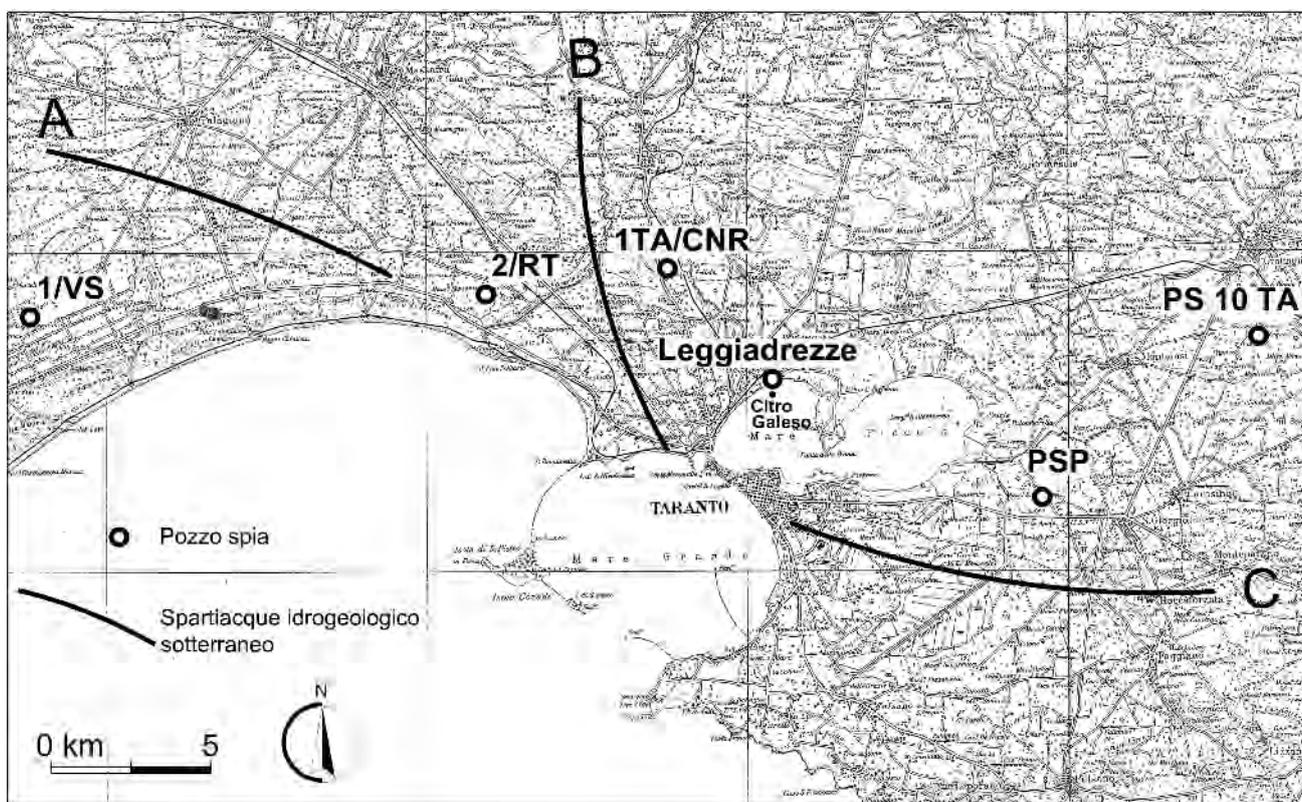


Fig. 17.13 - Planimetria con ubicazione degli spartiacque idrogeologici di figura 17.11 e alcuni pozzi esaminati nell'area idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino.
- Location map of the hydrogeological divides shown in figure 17.11 and of some wells surveyed in the hydrogeological area of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

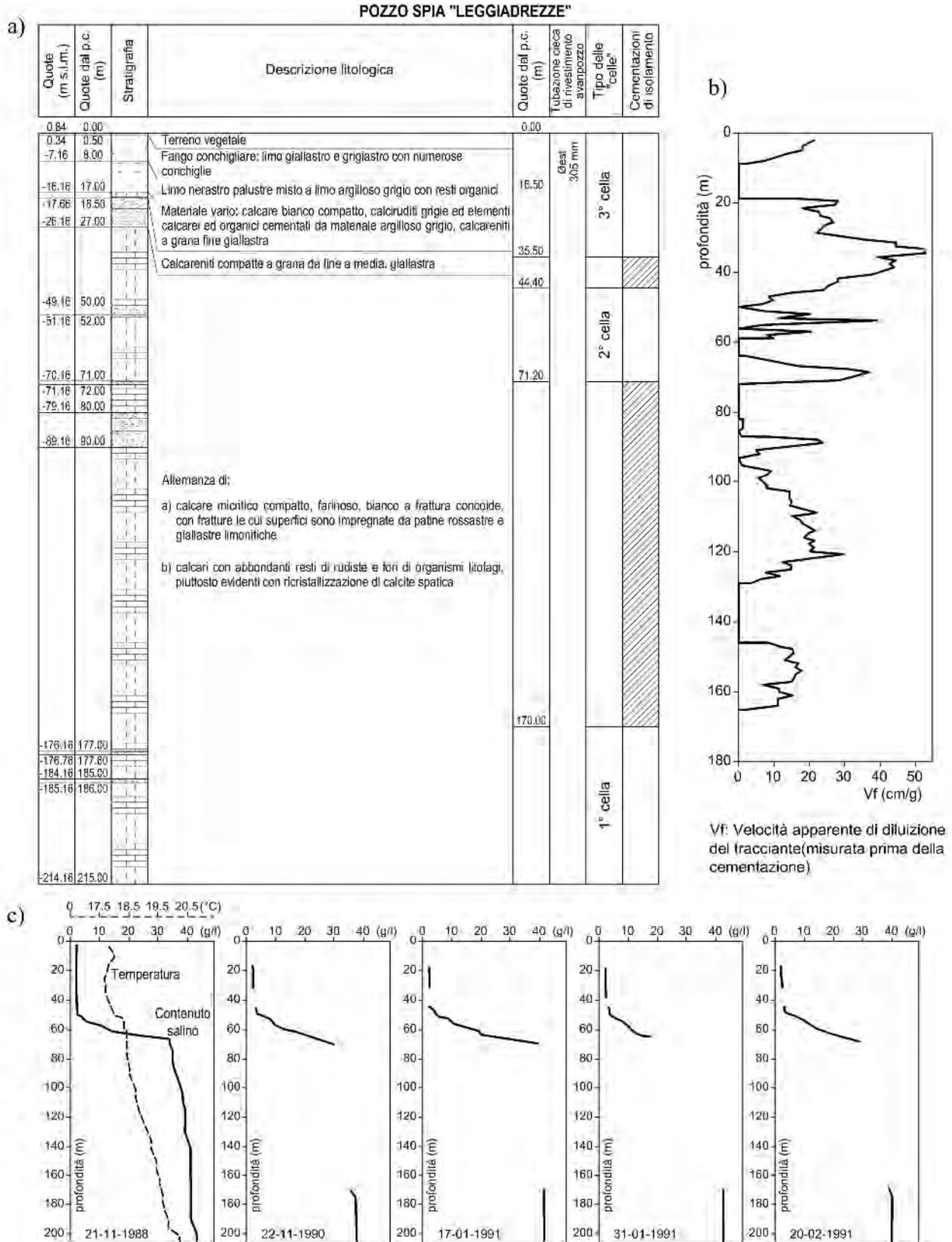


Fig. 17.14 - Pozzo spia Leggiadrezze in prossimità del bordo del Mar Piccolo, dal lato citro Galeso: a) caratteristiche litostratigrafiche della perforazione; b) andamento, in funzione della profondità, della velocità di filtrazione V_f delle acque circolanti nell'acquifero carsico, prima delle cementazioni di isolamento; c) andamento, in funzione della profondità, del contenuto salino e dei valori di temperatura prima della sistemazione definitiva (1988) e successivamente nelle tre celle tra loro isolate (1990-1991).

- Observation well Leggiadrezze near the border of Mar Piccolo on the side of Galeso "citra": a) borehole log; b) flow depth velocity V_f of groundwater in the karst aquifer, before implementing the isolated cells; c) salt content and temperature values in depth before (1988) and after implementing the three isolated cells (1990-1991).

rilevata nella falda di acqua dolce è risultata dell'ordine di $2\div 3$ g/l, ad indicare l'esistenza di una contaminazione marina già nelle porzioni più superficiali dell'acquifero. Alla base della falda di acqua dolce è stata rilevata la zona di transizione, di spessore pari a circa 15 m, nell'ambito della quale la concentrazione salina aumenta rapidamente sino a raggiungere un valore pari a circa 32 g/l. A partire da una profondità pari a circa 65 m la concentrazione salina aumenta ulteriormente, sino a raggiungere un valore pari a circa 40 g/l alla massima profondità investigata, pari a circa 200 m. L'altezza piezometrica misurata nel pozzo è risultata pari a 0,5 m s.l.m., per cui la relazione di Ghybern–Herzberg (cap. 2) fornisce una profondità dell'interfaccia teorica acqua dolce – acqua di mare pari a circa 16 m, molto inferiore alla profondità rilevata per la zona di transizione. Detta circostanza è in accordo con le particolari condizioni idrogeologiche rilevate in prossimità del pozzo Leggiadrezze. A tal riguardo va innanzitutto rilevato che la falda di acqua dolce presenta contenuti salini non trascurabili già dalle porzioni più superficiali dell'acquifero, e ciò determina un approfondimento dell'interfaccia teorica rispetto a quanto determinabile assumendo per la falda una densità pari a 1000 g/l. Inoltre, il pozzo “Leggiadrezze” intercetta l'acquifero in prossimità della costa, ove la componente verticale delle velocità di filtrazione non è trascurabile e l'altezza piezometrica della falda varia con la profondità. Misure di velocità di filtrazione condotte lungo la verticale del pozzo impiegando tecniche radioisotopiche con il metodo del pozzo singolo (cap. 9), hanno confermato detta circostanza. In particolare è stata verificata l'esistenza di correnti verticali ascendenti (COTECCHIA, 1991), le quali sono da attribuire ad un incremento dell'altezza piezometrica della falda con la profondità. In dette condizioni la relazione di *Ghyben-Herzberg*, che non è a rigore applicabile, sottostima la profondità dell'interfaccia (capp. 2 e 5). Infine, va evidenziata l'esistenza di velocità di filtrazione orizzontale a circa 160 m di profondità, ossia nell'acqua di mare presente alla base dell'acquifero. Detta circostanza, in genere presente presso costa, indica il continuo mescolamento tra acque a densità variabile, confermato dalla variabilità di salinità rilevata anche alle maggiori profondità investigate.

Come nel caso del pozzo “Leggiadrezze”, anche il pozzo-spia 1TA/CNR, ubicato in agro di Statte (fig. 17.13), è sito nella porzione di acquifero carbonatico che alimenta le sorgenti del Mar Piccolo. Esso si trova però ad una distanza dalla costa maggiore, e ciò giustifica la differente stratificazione salina rilevata (fig. 17.15). In corrispondenza del pozzo 1TA/CNR è stata rilevata una falda di acqua dolce di spessore pari a 145 m circa, presentante concentrazione salina inferiore a 2 g/l. La zona di transizione ha presentato uno spessore di circa 40 m. L'ossigeno disciolto tende a ridursi nella zona di transizione sino a diventare nullo nell'acqua di mare, nella quale sono quindi da ritenere nulle le velocità di filtrazione.

Il pozzo-spia 2/RT, ubicato in agro di Palagiano in prossimità della sorgente Tara, ad Ovest dello spartiacque idrogeologico B (fig. 17.13), ha evidenziato caratteristiche delle acque di falda simili a quelle del pozzo-spia 1TA/CNR (fig. 17.16). È stato tuttavia rilevato un progressivo sollevamento della zona di transizione nel periodo 1995÷2007, con tutta probabilità da imputare alle estrazioni operate in corrispondenza della sorgente Tara (cap. 4). L'assenza di dati afferenti al periodo precedente al 1995 non consente di quantificare l'entità effettiva del depauperamento. La temperatura delle acque, trascurando i primi metri in quanto influenzati dalla temperatura atmosferica, mostra dei valori pressoché costanti, e segnala il rinvenimento delle acque salate ad una temperatura di circa 19°C; l'ossigeno disciolto tende ad annullarsi nell'acqua di mare, ivi indicando l'assenza di movimento.

Il pozzo 1/VS, ubicato a circa 5 km a NE dell'abitato di Castellaneta Marina ad Est dello spartiacque idrogeologico A (fig. 17.13), ha indicato l'esistenza di una falda idrica fortemente in pressione (fig. 17.17). Nell'area i calcari cretacei sono infatti molto profondi (-175 m s.l.m.) e l'acquifero è stato rinvenuto a circa -200 m s.l.m., con falda presentante altezza piezometrica pari a circa 5 m s.l.m.. I log salinometrici eseguiti in varie epoche hanno indicato un progressivo degrado qualitativo delle acque di falda dovuto all'intrusione marina. La concentrazione salina rilevata nel 1975 è risultata dell'ordine di 5 g/l, mentre nel 2007 essa è risultata dell'ordine di 7-8 g/l.

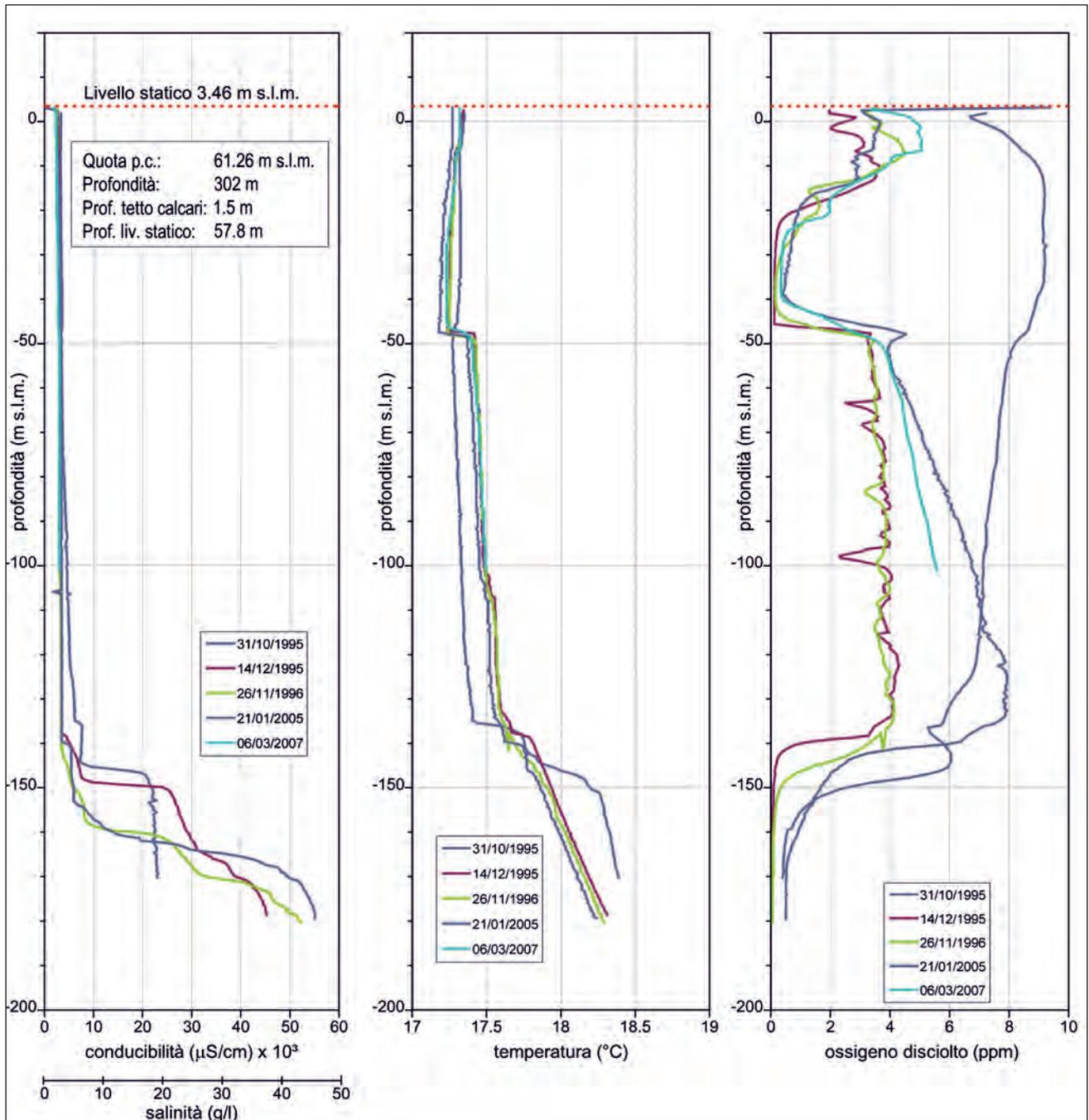


Fig. 17.15 - Pozzo spia 1TA/CNR ubicato in fig. 17.13 - Log multiparametrico (salinità, temperatura e ossigeno disciolto).
 - Observation well 1TA/CNR (location shown in fig. 17.13): Multiparameter Log (salinity, temperature and dissolved oxygen).

Il pozzo spia PSP, ubicato a NO dell'abitato di S. Giorgio Ionico (fig. 17.13), ricade nella porzione di acquifero ove le acque di falda defluiscono nel Mar Piccolo. In particolare, il pozzo PSP ha fornito risultati analoghi a quelli evidenziati nel pozzo 1TA/CNR in località Statte prima descritto (figg. 17.15 e 17.18). Il primo presenta, infatti, rispetto al secondo, una salinità della colonna di acqua

dolce solo di qualche decimo di g/l maggiore, sicuramente a causa della maggior vicinanza al Mar Piccolo.

Il pozzo PS10TA, a Sud dell'abitato di Grottaglie (fig. 17.13), ha evidenziato un sensibile incremento di salinità con la profondità lungo la colonna di acqua dolce (fig. 17.19). Questa presenta, infatti, una concentrazione salina pari a circa

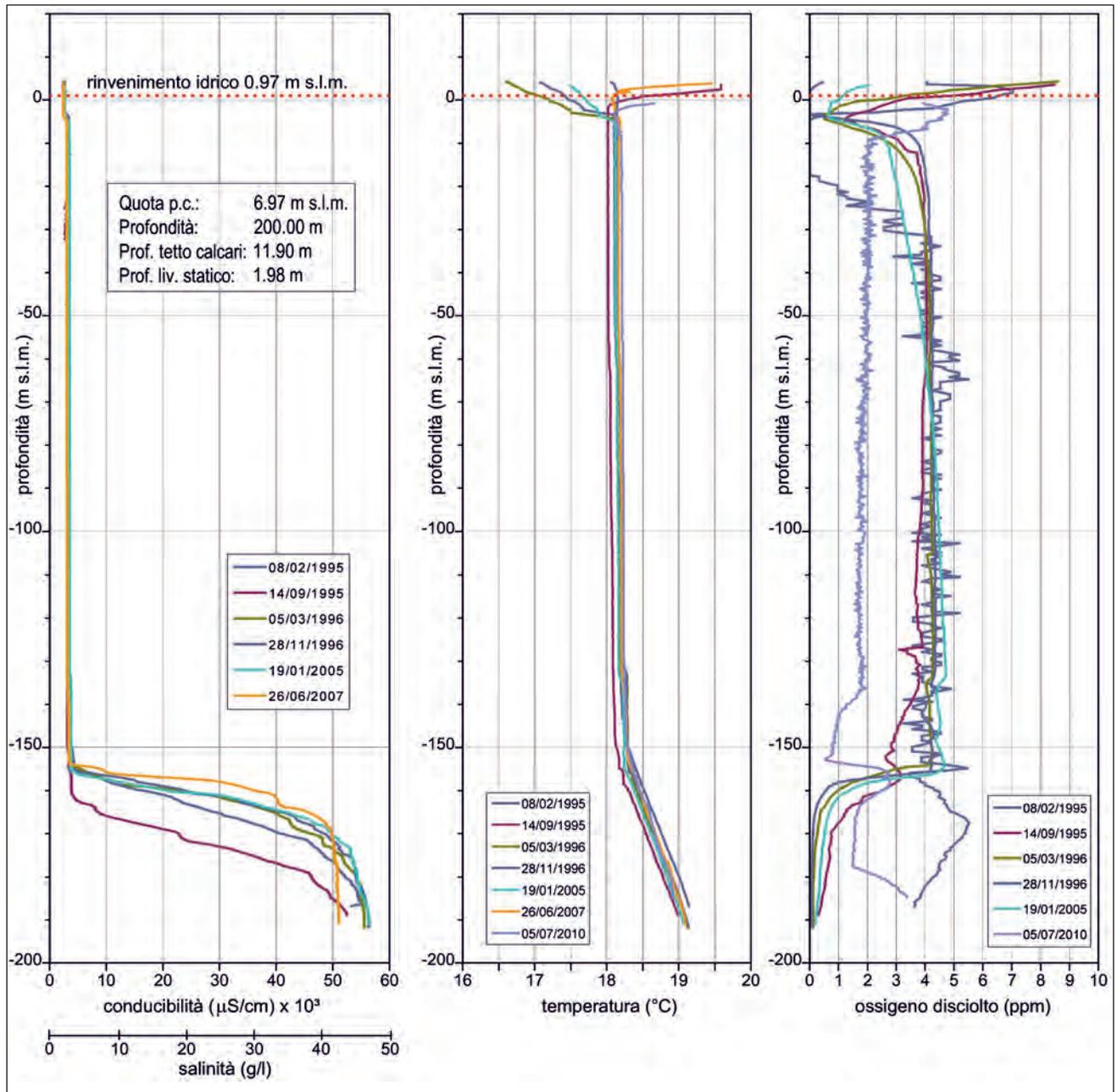


Fig. 17.16 - Pozzo spia 2/RT ubicato in fig. 17.13 - Log multiparametrico (salinit , temperatura e ossigeno disciolto).
 - Observation well 2/RT (location shown in fig. 17.13): Multiparameter Log (salinity, temperature and dissolved oxygen).

1,5÷2 g/l nelle assise superiori e 8 g/l al tetto della zona di transizione. Si fa osservare che detto pozzo, come i pozzi 1TA/CNR e PSP, ricade nella porzione di acquifero in cui le acque di falda sono dirette verso il Mar Piccolo. Esso per  presenta una stratificazione salina singolare e ci    da attribuire alla maggior vicinanza allo spartiacque idrogeologico C, che segna il passaggio a porzioni di acquifero maggiormente invase dall'acqua di mare. L'ossigeno disciolto rilevato nel pozzo PS10TA  

risultato prossimo a zero lungo quasi tutta la verticale, ad indicare modesti valori della velocit  di filtrazione della falda, tipici delle aree poste a Sud-Est di Taranto.

Nelle figure 17.20÷17.23 si riportano alcune sezioni idrogeologiche, grossomodo ortogonali alla linea di costa (fig. 17.1), indicanti la stratificazione salina rilevata per le acque di falda. Le sezioni riportate nelle figure 17.20, 17.22 e 17.23, illustrano il caso in cui l'ammasso carbonatico  

a notevoli profondità sotto il livello mare. In tali sezioni si evidenzia l'effetto del confinamento operato dalle argille anche nelle aree interne. Nelle aree costiere di tali sezioni la concentrazione salina risulta elevata sino a molti chilometri entroterra (cfr. isoaline 1-5 g/l). Nelle aree interne, caratterizzate da una distanza dalla costa superiore a 5 km, ove si riscontrano altezze piezometriche superiori a 4÷6 m s.l.m., si ha il progressivo miglioramento dello stato qualitativo delle acque sotterranee.

La porzione costiera della sezione di figura 17.21 illustra invece il caso in cui i calcari mesozoici acquiferi presso costa sono a profondità più

contenute e le isopieziche 4-6 m s.l.m. si approssimano alla costa (fig. 17.11). In dette condizioni è possibile prelevare acque di falda con salinità intorno ad 1 g/l a piccola distanza dal mare.

17.5.4.2. - Distribuzione areale della concentrazione salina delle acque di falda e sua variazione nel tempo

La distribuzione della concentrazione salina dell'acqua di falda è influenzata dalla presenza dell'acqua di mare alla base dell'acquifero. Essa è quindi, a rigore, variabile con la profondità, seguendo leggi legate alle condizioni idrogeologiche

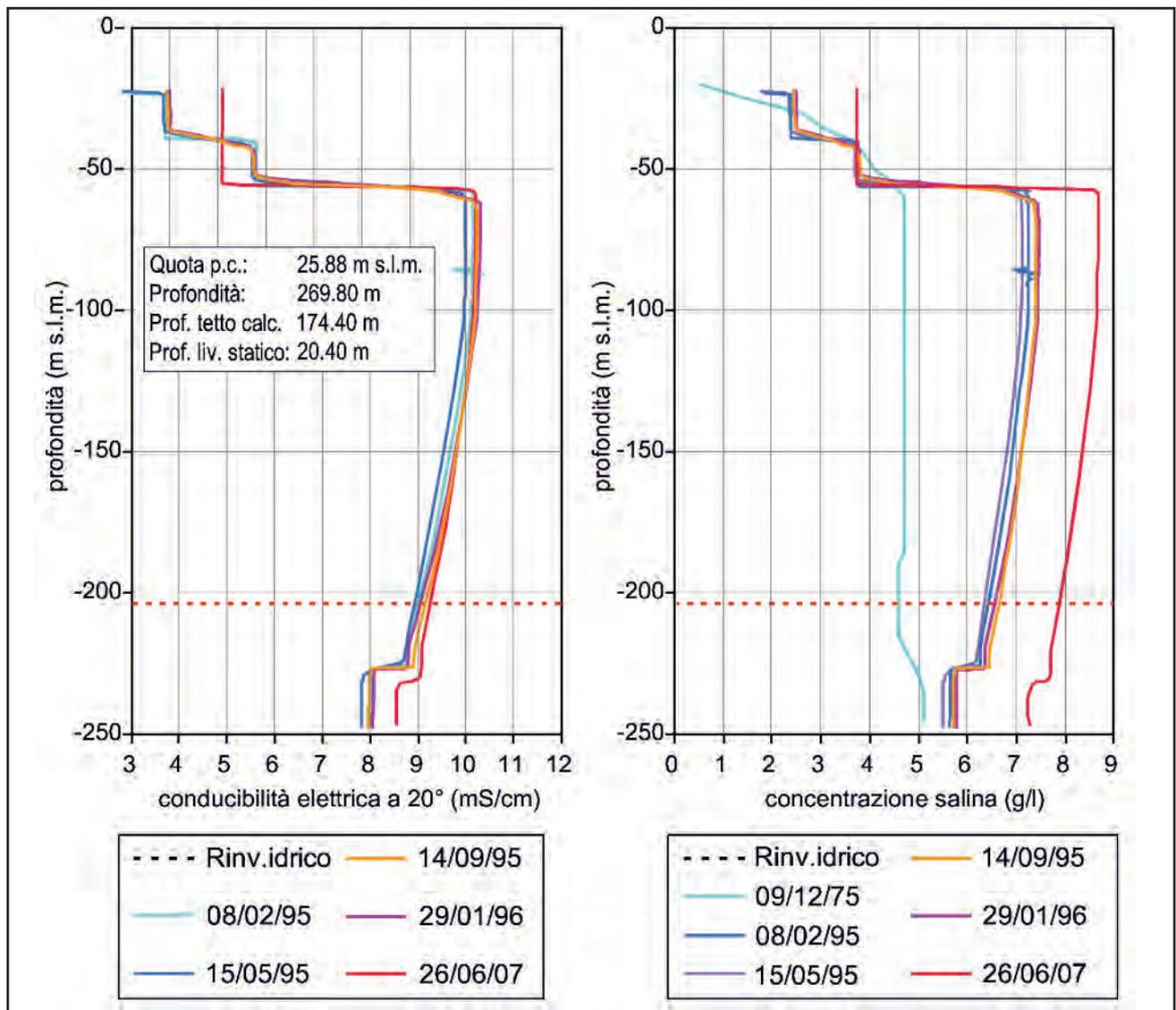


Fig. 17.17 - Pozzo spia 1/VS ubicato in fig. 17.13 - Log salinometrico.
 - Observation well 1/VS (location shown in fig. 17.13): Salinometric log.

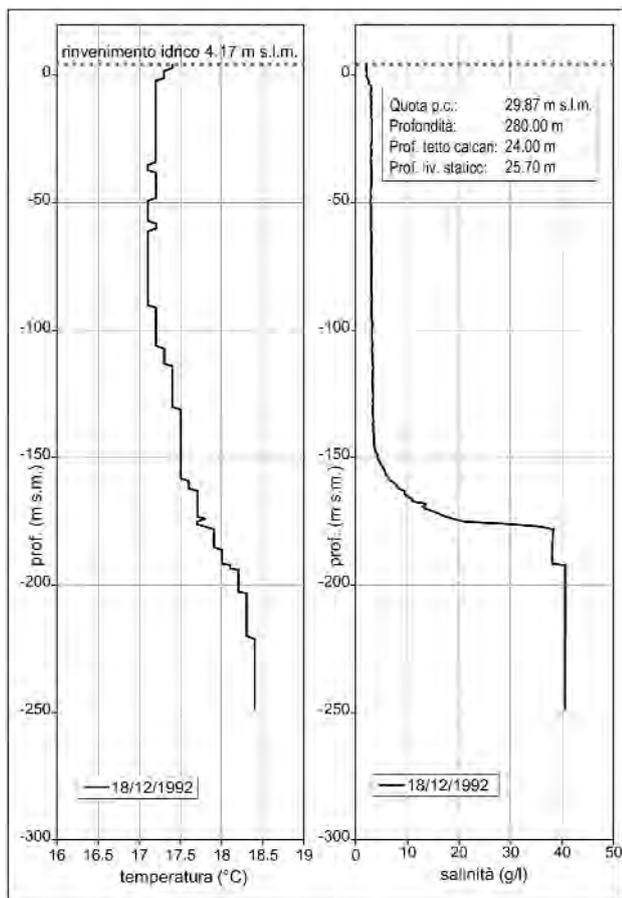


Fig. 17.18 - Pozzo spia PSP ubicato in figura 17.13. Log multiparametrico (salinità, temperatura).

- Observation well PSP (location shown in figure 17.13). Multiparameter log (salinity and temperature).

dell'acquifero, all'alimentazione ed ai prelievi. 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. 17.24), compreso tra la superficie piezometrica della falda (o la quota di rinvenimento dell'acquifero nel caso di falda confinata) ed una profondità 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 presenta una concentrazione salina media inferiore o uguale a $0,5$ g/l solo per distanze dalla costa variabili tra 10 e 25 km (fig. 17.24a). In tali zone interne i carichi piezometrici superano in genere i 20 m s.l.m., per cui ne derivano spessori massimi del livello A dell'ordine di 200 m. Nelle zone interne non è stato possibile determinare la concentrazione salina dei livelli di falda B e C in quanto sono pochi i pozzi di profondità tale da intercettarli (fig. 17.24b, c). I pochi pozzi che hanno intercettato il livello B, a distanze dalla costa dell'ordine di 15 km, hanno indicato concentrazioni saline dell'ordine di $2-3$ g/l, maggiori di quelle riscontrate per il livello A. Ciò indica quindi che già per profondità dalla superficie piezometrica maggiori di $10h$, si ha un incremento di concentrazione salina e che quindi in dette aree la zona di transizione dovrebbe presentare notevole spessore, come in genere riconosciuto nelle aree regionali a notevole distanza dalla costa.

L'isoalina 1 g/l del livello A presenta una distanza dalla costa variabile tra $2,5$ e $8,5$ km circa. Le massime distanze si rilevano nella zona a NO di Taranto e nell'area a SE a confine con l'Area Idrogeologica del Salento (tra gli abitati di Manduria e Maruggio). Qui lo spessore del livello A si riduce a $50-70$ m, in ragione della riduzione dei carichi piezometrici.

Ove il tetto dell'acquifero è a profondità dalla superficie piezometrica maggiore di $20h$, i livelli A e B sono assenti. In dette condizioni, in genere ubicate presso costa, è presente solo il livello C, nel quale la concentrazione salina è molto elevata (fig. 17.24).

Il confronto della distribuzione della concentrazione salina rilevata nel periodo $2007\div 2010$ con quella rilevata invece nel periodo $1970\div 1990$, eseguito per il livello A della falda (fig. 17.24c), evidenzia un significativo peggioramento della qualità delle acque sotterranee. Si osservano infatti incrementi della concentrazione salina dell'ordine di $0,5-2$ g/l a NO e ad E di Taranto. I log salinometrici eseguiti in varie epoche nei pozzi 2/RT e

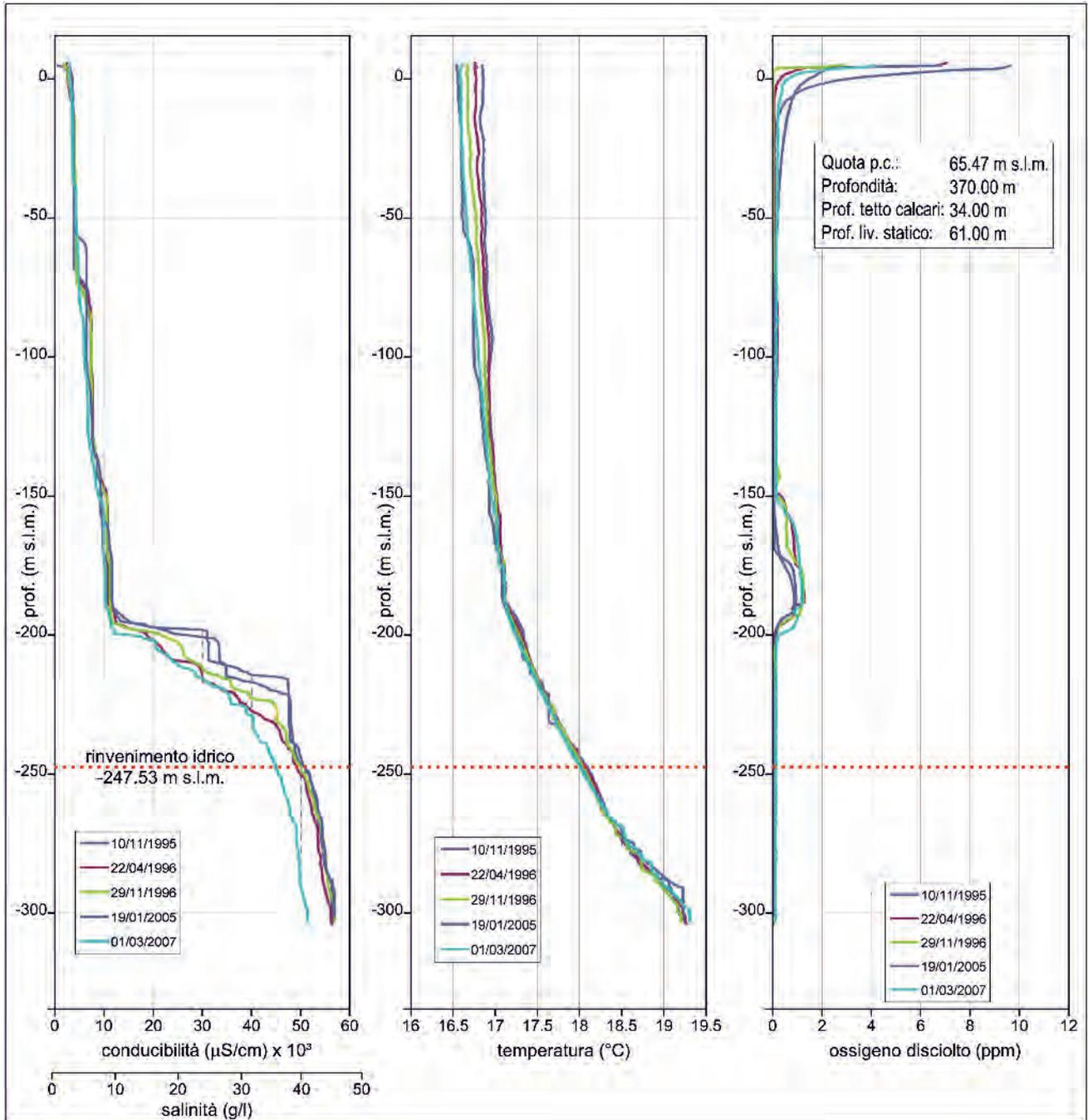


Fig. 17.19 - Pozzo spia PS 10 TA ubicato in fig. 17.13 - Log multiparametrico (salinità, temperatura e ossigeno disciolto).
 - Observation well PS 10TA (location shown in fig. 17.13): Multiparameter log (salinity, temperature and dissolved oxygen).

PS10TA, già illustrati nel paragrafo precedente (figg. 17.16 e 17.19), hanno indicato un sollevamento della zona di transizione a conferma del progressivo degrado quantitativo e qualitativo delle acque sotterranee di dette aree.

In figura 17.25 si riporta, per completezza, la distribuzione del contenuto salino medio delle acque ricostruita sulla base di dati ricavati da ricer-

che condotte da alcuni autori (COTECCHIA, 1991; TADOLINI & SPIZZICO, 1996). I dati riguardano la salinità delle acque campionate sia in condizioni dinamiche sia in condizioni statiche, per cui ne derivano rappresentazioni da ritenersi orientative. Tuttavia è evidente l'analogia con la ricostruzione della distribuzione della concentrazione salina del livello A di falda prima descritta.

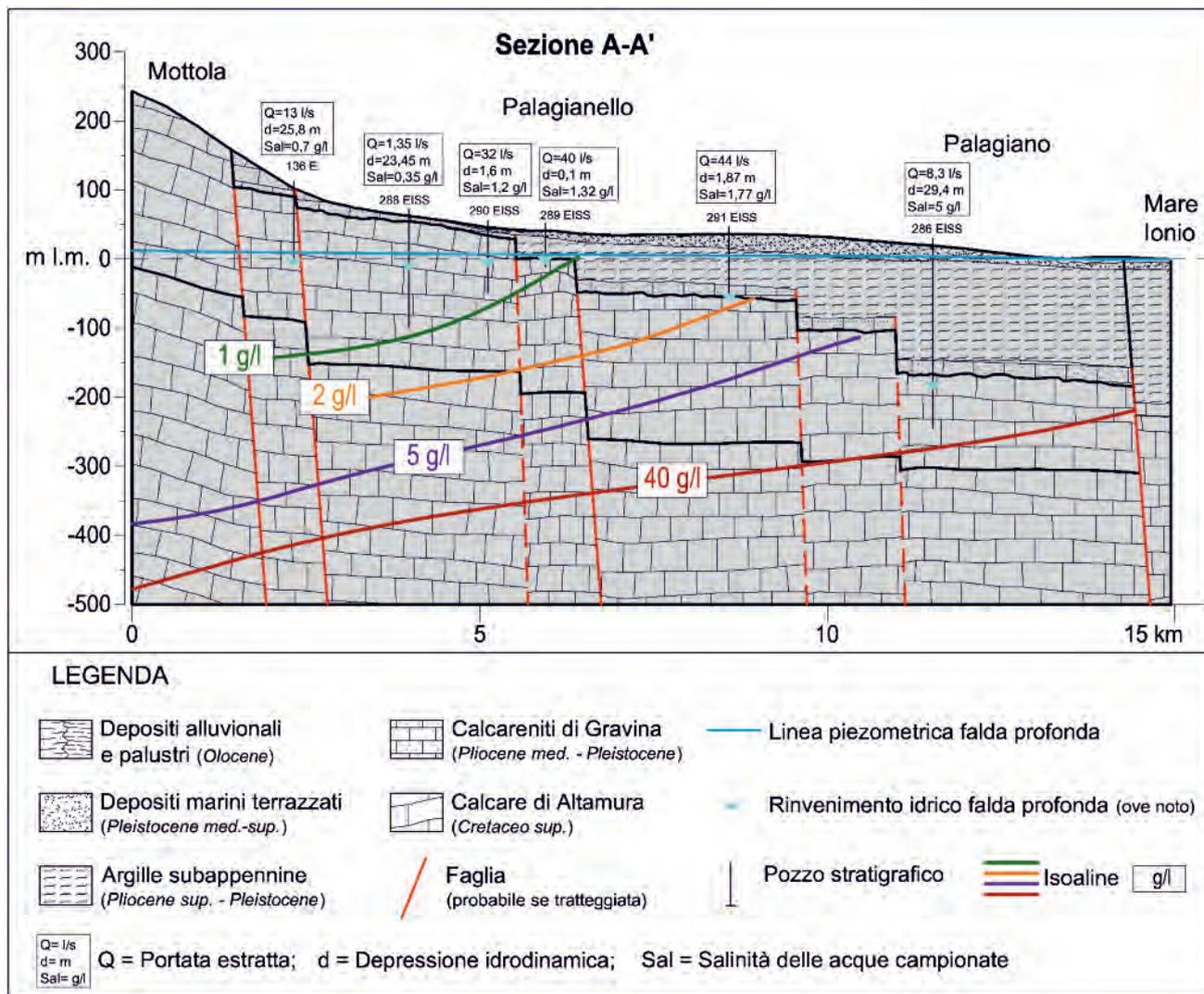


Fig. 17.20 - Sezione idrogeologica A-A', la cui traccia è indicata in fig. 17.1.
- Hydrogeological profile A-A' (trace shown in fig. 17.1).

17.5.5. - Chimismo delle acque di falda

Il chimismo delle acque sotterranee e la sua variazione nello spazio può fornire informazioni sulla circolazione idrica sotterranea e sulle condizioni di equilibrio esistenti tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare. Il chimismo delle acque di falda dipende infatti, oltre che dai caratteri chimici delle acque di alimentazione e dagli eventuali scambi ionici con l'acquifero e con i terreni di copertura, anche dai tempi di residenza e dalla presenza dell'acqua di mare alla base dell'acquifero.

Il chimismo della falda profonda dell'Arco Ionico Tarantino è stato analizzato nell'ambito di tre aree rappresentative (fig. 17.26):

- area di Castellaneta-Palagianello-Statte;
- area di Mottola-Martina Franca;
- area di Crispiano-Pulsano.

Il chimismo delle acque sotterranee è stato analizzato attraverso i diagrammi di Schoeller e l'andamento dei rapporti caratteristici (rapporti molari tra le concentrazioni ioniche principali delle acque di falda) in funzione della percentuale di miscelamento con l'acqua di mare (cap. 2). In particolare, nei diagrammi che di seguito si illustrano, sono riportati anche i diagrammi di Schoeller, i rapporti caratteristici dell'acqua di mare attuale di un campione prelevato dalla Sorgente Canneto, appartenente all'Area Idrogeologica del Gargano, da ritenersi incontaminata dal mare (capp. 4 e 13) ed i diagrammi di Scho-

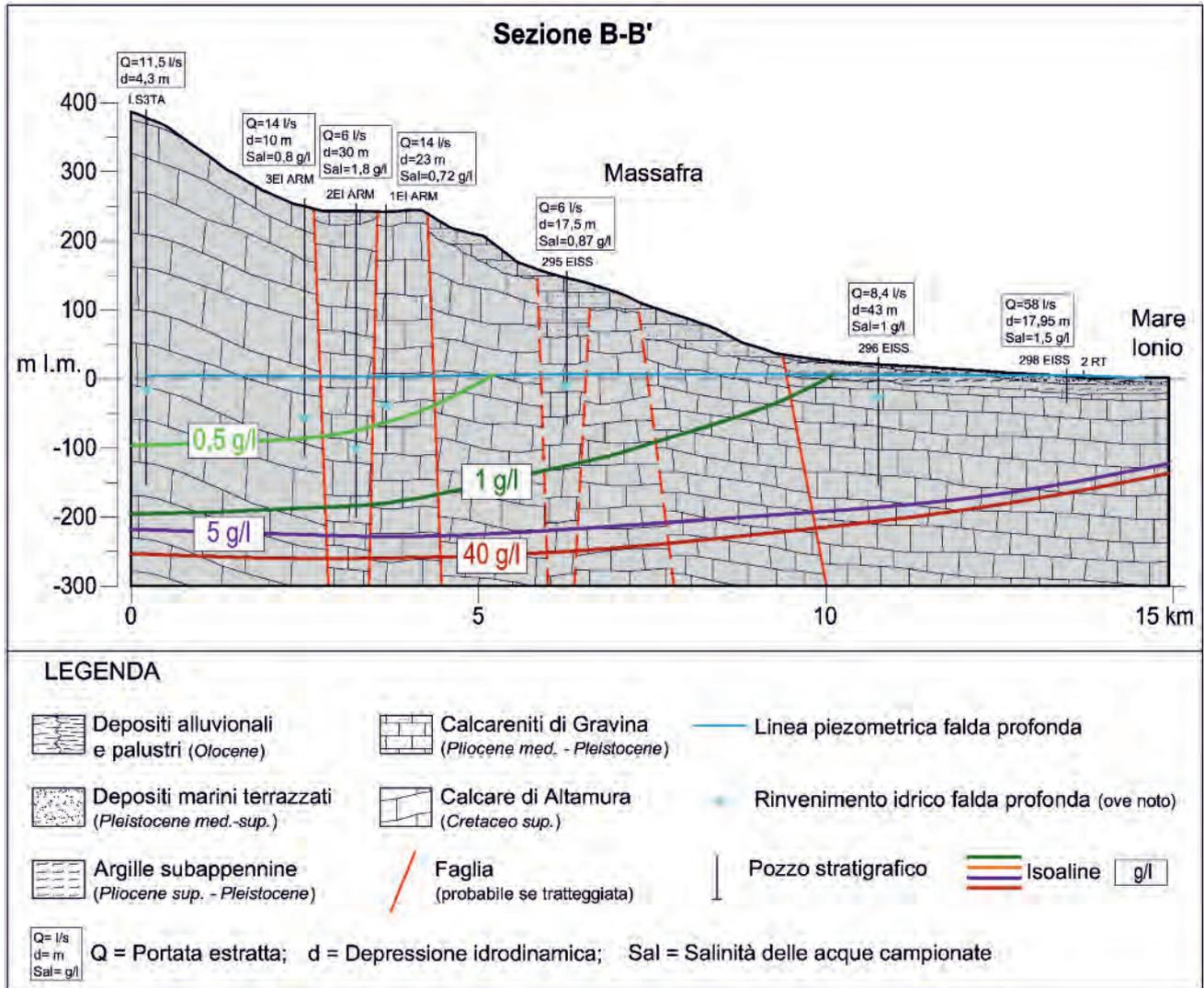


Fig. 17.21 - Sezione idrogeologica B-B', la cui traccia è indicata in fig. 17.1.
- Hydrogeological profile B-B' (trace shown in fig. 17.1).

eller di un campione della sorgente Tara. Per ogni area sono inoltre riportate le concentrazioni di nitrati riscontrate nei pozzi presi in esame, e ciò al fine di fornire valutazioni orientative sullo stato qualitativo generale delle acque di falda.

17.5.5.1. - Area di Mottola-Martina Franca

L'area di Mottola-Martina Franca è stata analizzata attraverso due pozzi (829 EIARI, p.c. 310,07 m s.l.m.; 831 EIARI, p.c. 357,46 m s.l.m.; fig. 17.26). Il chimismo riscontrato per detti pozzi può ritenersi rappresentativo delle aree più interne dell'Arco Ionico Tarantino. L'ammasso carbonatico mesozoico è stato intercettato a profondità dal livello mare pari

a 310,07 m s.l.m. per il pozzo 829 EIARI e -2,54 m s.l.m. per il pozzo 831 EIARI, mentre la falda profonda carbonatica si è rinvenuta in pressione rispettivamente alle quote -19,93 m s.l.m. e -12,54 m s.l.m. I campioni d'acqua analizzati hanno fornito una *facies* chimica bicarbonato-calcica ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ e $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$), come riscontrabile dai diagrammi di Schoeller illustrati nelle figure 17.27 e 17.28. I TDS (*Total Dissolved Solids*) sono inferiori a 0,8 g/l (tabb. 17.1 e 17.2). I rapporti caratteristici (fig. 17.29) sono risultati molto prossimi a quelli della sorgente Canneto, ad indicare la quasi assenza di contaminazione marina. La presenza di acqua di mare alla base dell'acquifero e la sua influenza sullo stato qualitativo della falda di acqua

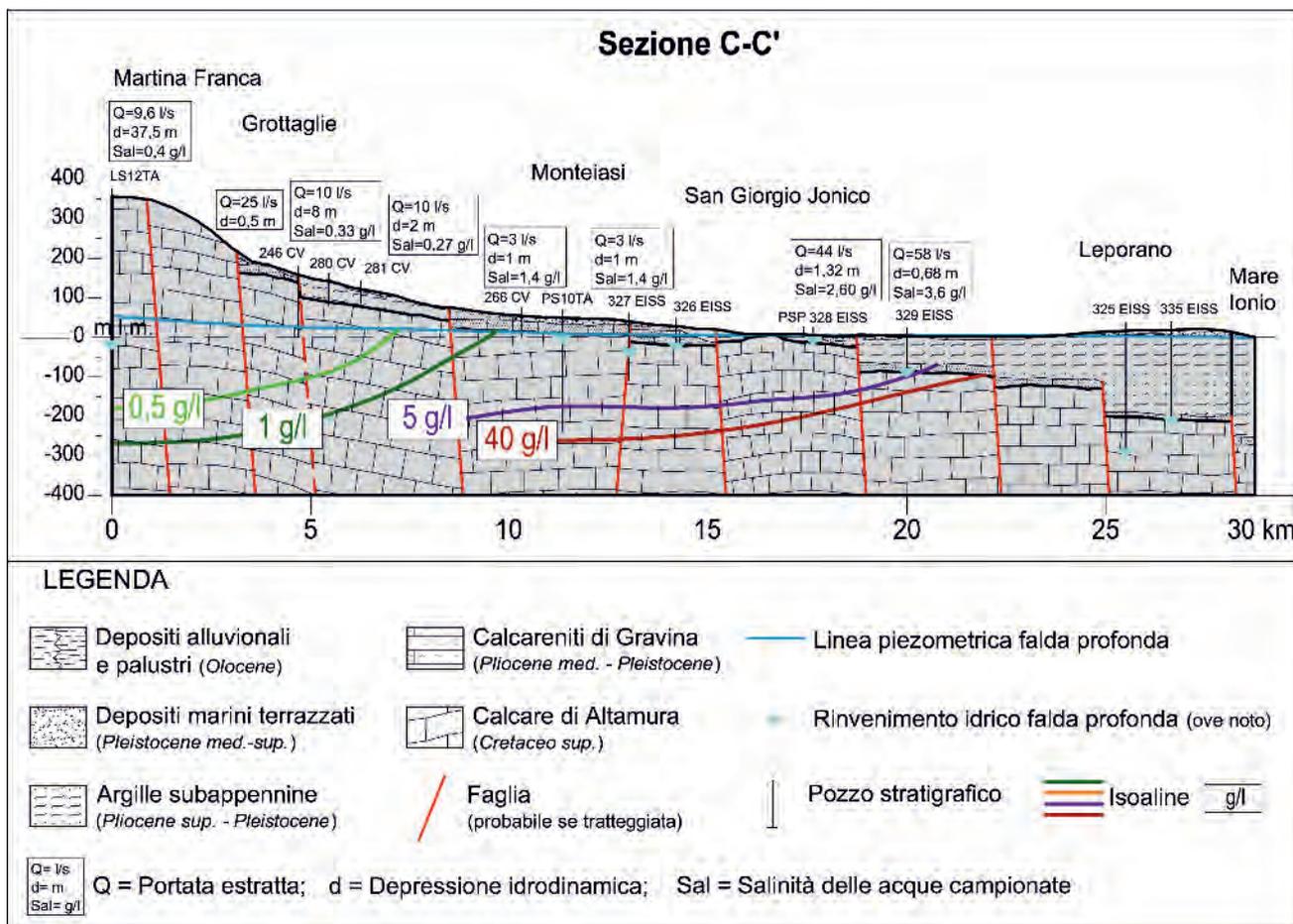


Fig. 17.22 - Sezione idrogeologica C-C', la cui traccia è indicata in fig. 17.1.
 - Hydrogeological profile C-C' (trace shown in fig. 17.1).

dolce non vanno tuttavia trascurati, anche se trattati di un'area ubicata a notevole distanza dalla costa ed in cui la falda presenta altezze piezometriche notevoli. Infatti, a 2 km a Sud del pozzo 831 EIARI è presente un raggruppamento di pozzi che alimenta l'Acquedotto rurale delle Murge (fig. 17.30) per il quale si è osservato un incremento della concentrazione di ione cloruro delle acque estratte nel periodo 1983-2006. Per il pozzo 5 EI ARM si è registrato un incremento notevole, pari a 500 mg/l in 20 anni. I dati disponibili non consentono di comprendere appieno i motivi di detto notevole degrado. Si osserva però che le depressioni idrodinamiche applicate a detti pozzi durante l'esercizio sono dell'ordine di 8-30 m, mentre l'altezza piezometrica della falda risulta decisamente inferiore (2,5÷3,8 m s.l.m.). Ciò sembra indicare l'esistenza di un *salt-water upconing* che localmente ha determinato la progressiva salificazione delle acque di falda.

Nell'area di Mottola – Martina Franca sono state registrate concentrazioni di ione nitrato molto elevate (89,5-108 mg/l nel pozzo 829 EIARI; tab. 17.1), ad indicare l'esistenza di un significativo inquinamento antropico, probabilmente di origine agricola (cap. 21).

17.5.5.2. - Area di Castellaneta-Palagiano-Palagianello-Statte

L'area di Castellaneta-Palagiano-Palagianello-Statte è stata esaminata con tre pozzi (286EISS, p.c. 25,88 m s.l.m.; 300EISS, p.c. 6,97 m s.l.m.; 302 EISS, p.c. 61,26 m s.l.m.; fig. 17.26). Il chimismo riscontrato per detti pozzi è rappresentativo della zona costiera a NO di Taranto. L'ammasso carbonatico mesozoico è stato intercettato a quote variabili tra -148,52 m s.l.m. (286 EISS) e 59,76 m s.l.m. (300 EISS). La falda profonda carbonatica è stata

rinvenuta in pressione nei pozzi 286EISS e 300EISS, con quota di rinvenimento dell'acquifero pari rispettivamente a -177,62 m s.l.m. e 0,97 m s.l.m, ed in condizioni freatiche nel pozzo 302 EISS.

Le acque di falda campionate in quest'area hanno presentano una *facies* chimica prevalentemente cloruro-sodica (fig. 17.31).

Per la maggior parte dei campioni esaminati è risultato $Cl^- > HCO_3^- > SO_4^{2-}$ e $Na^+ > Ca^{++} > Mg^{++} > K^+$, con percentuali di mescolamento tra acqua dolce di falda ed acqua di mare mediamente pari al 7 % circa (fig. 17.29). In alcuni casi, ove la concentrazione di ione cloruro è risultata molto elevata, i solfati hanno superato i bicarbonati, come accade nell'acqua di mare. Ciò si verifica per i pozzi 286EISS (feb-95, mag-95, set-95, mag-08) e 302 EISS (dic-95). Detti pozzi presentano infatti le massime percentuali di mescolamento con l'acqua di mare (14 – 22,5 %).

I nitrati, in genere bassi, hanno in ogni caso raggiunto concentrazioni dell'ordine di 30-40 mg/l (tabb. 17.3÷17.6).

17.5.5.3. - Area di Pulsano - Grottaglie

L'area di Pulsano-Grottaglie è stata analizzata con 4 pozzi (835 EIARI, p.c. 65,47 m s.l.m.; 336 EISS, p.c. 41,28 m s.l.m.; 335 EISS, p.c. 38,15 m s.l.m.; 325 EISS, p.c. 19,93 m s.l.m.; fig. 17.26). In tutti i pozzi esaminati la falda è stata rinvenuta in pressione, con rinvenimento idrico a quote variabili tra -294,17 m s.l.m. (325 EISS) e 31,47 m s.l.m. (336 EISS).

In quest'area, come ampiamente illustrato in precedenza, i calcari acquiferi sono molto profondi e le altezze piezometriche della falda non risultano spesso sufficienti a determinare una vera e propria circolazione idrica dolce. I pozzi esaminati hanno fornito valori di TDS compresi tra 4 e 40 g/l circa (tabb. 17.7), percentuale di mescolamento acque dolci – acqua di mare compresi tra 9 e 100 % e rapporti caratteristici e diagrammi di Schoeller prossimi a quelli dell'acqua di mare (figg. 17.32, 17.33). Nonostante l'elevata salinità che l'acqua di falda presenta per motivi prettamente idrogeolo-

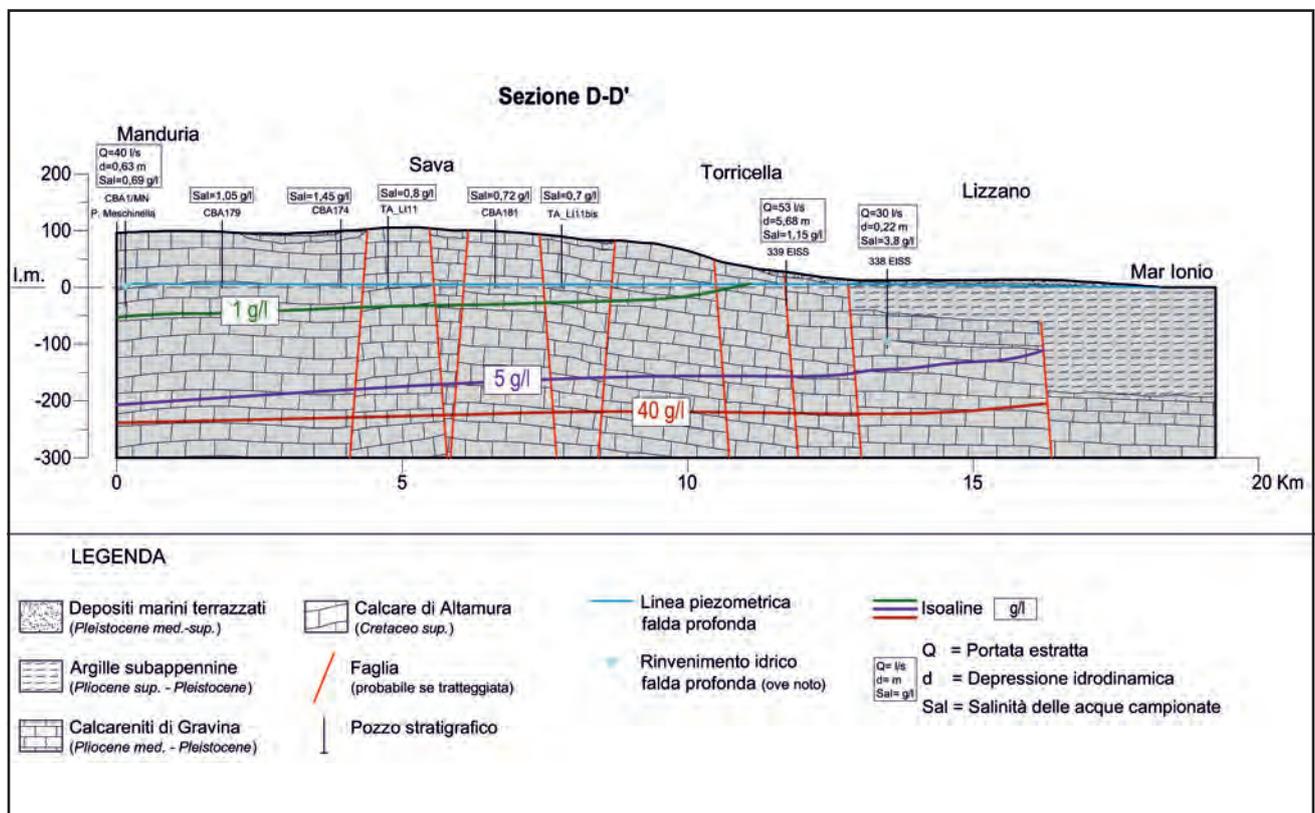


Fig. 17.23 - Sezione idrogeologica D-D', la cui traccia è indicata in fig. 17.1.
- Hydrogeological profile D-D' (trace shown in fig. 17.1).

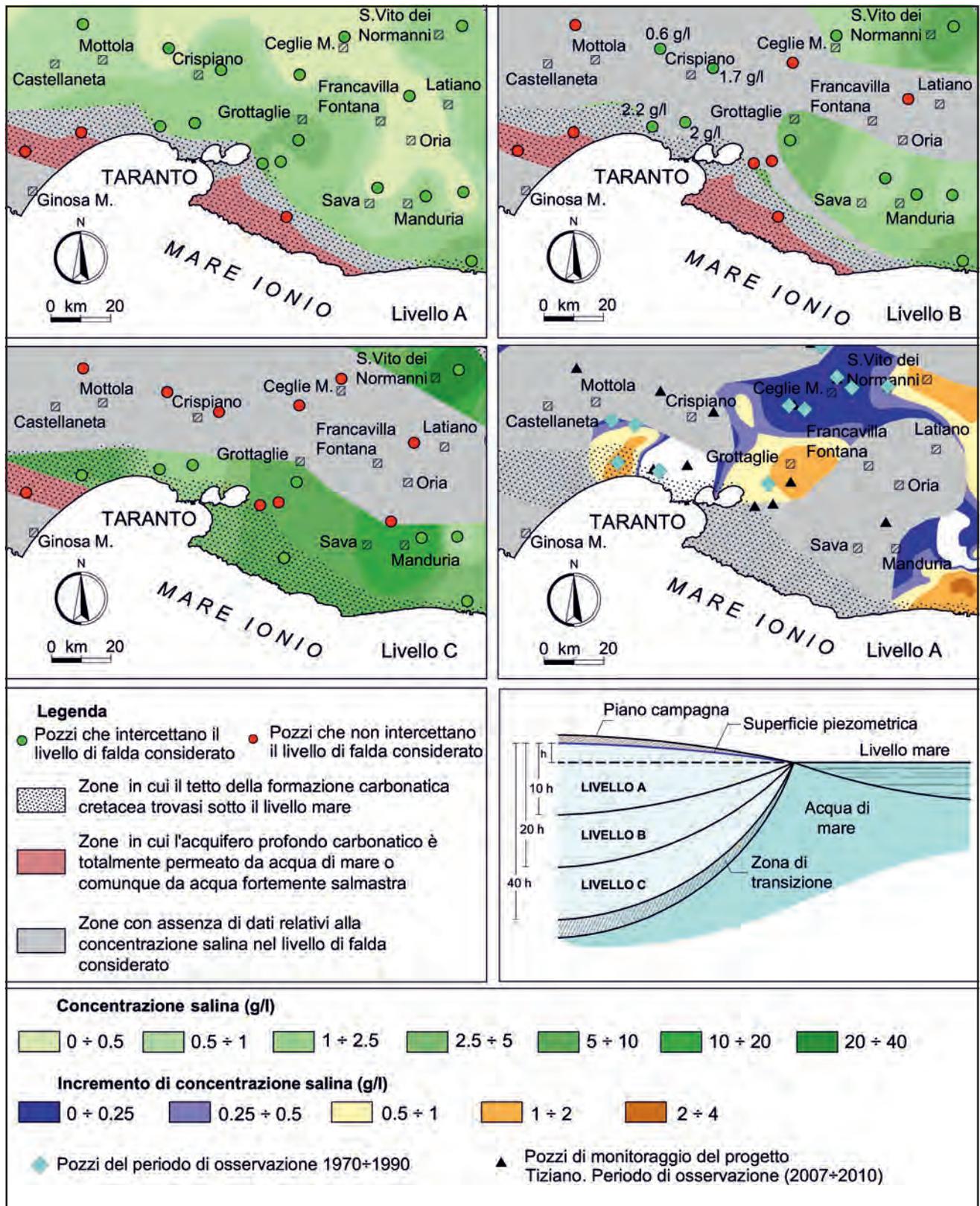


Fig. 17.24 - Distribuzione della concentrazione salina delle acque della falda idrica profonda dell'Arco Ionico Tarantino nel periodo 2007÷2010, determinata sui livelli di falda (A, B, C) di profondità e spessore funzione della quota piezometrica e incremento della concentrazione salina rilevato per il livello superficiale della falda profonda (livello A) nel passaggio dal periodo 1970÷1990 al periodo 2007÷2010.

- Groundwater salinity distribution of the deep aquifer of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto in the period 2007÷2010, measured on levels of the aquifer (A, B, C) which depth and thickness depend on the piezometric head, and salt concentration increase measured in the upper level (A) of the deep aquifer groundwater between the 1970÷1990 and 2007÷2010 time periods.

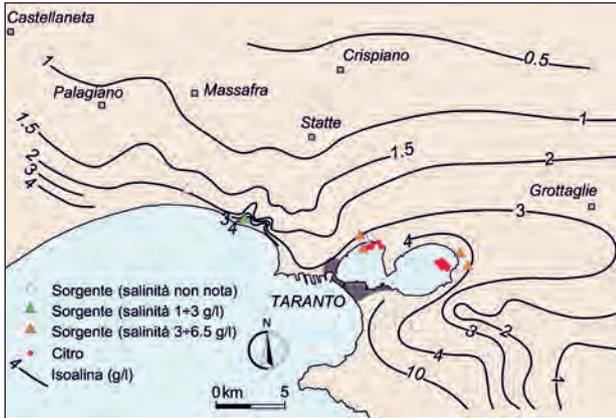


Fig. 17.25 - Distribuzione del contenuto salino nelle acque della falda profonda (mod., da TADOLINI & SPIZZICO, 1994; COTECCHIA, 1991).
 - Salt content distribution in the deep aquifer groundwater (modified after TADOLINI & SPIZZICO, 1994; COTECCHIA, 1991).

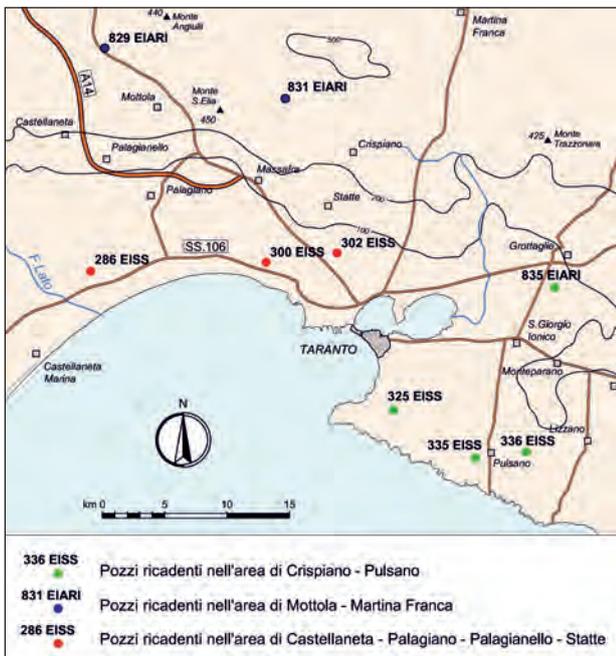


Fig. 17.26 - Planimetria con ubicazione dei pozzi utilizzati nell'analisi del chimismo delle acque di falda nell'area idrogeologica dell'Arco Ionico Tarantino.
 - Map showing location of the wells used for the chemical composition analysis of groundwater of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

gici, è stato possibile riscontrare degli ulteriori peggioramenti qualitativi: a quota -274 m s.l.m. del pozzo 835 EIARI si è registrato, da agosto 1995 a luglio 2009, un incremento di TDS di 4,5 g/l (tab. 17.8).

Tutti i pozzi esaminati hanno presentato, in generale, una *facies* chimica cloruro sodica. Per tutti i pozzi esaminati per quest'area è risultato

$Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ e $Na^+ > Mg^{++} > Ca^{++} > K^+$ quando $Cl^- > 60$ meq/l. Per valori maggiori di concentrazione di ione cloruro i solfati superano i bicarbonati e lo ione magnesio supera lo ione calcio, come accade nell'acqua di mare.

17.5.6. - *Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi sulla concentrazione salina delle acque sotterranee estratte*

L'influenza delle caratteristiche dimensionali dei pozzi sulla qualità delle acque sotterranee estratte dall'acquifero cretaceo dell'Arco Ionico Tarantino

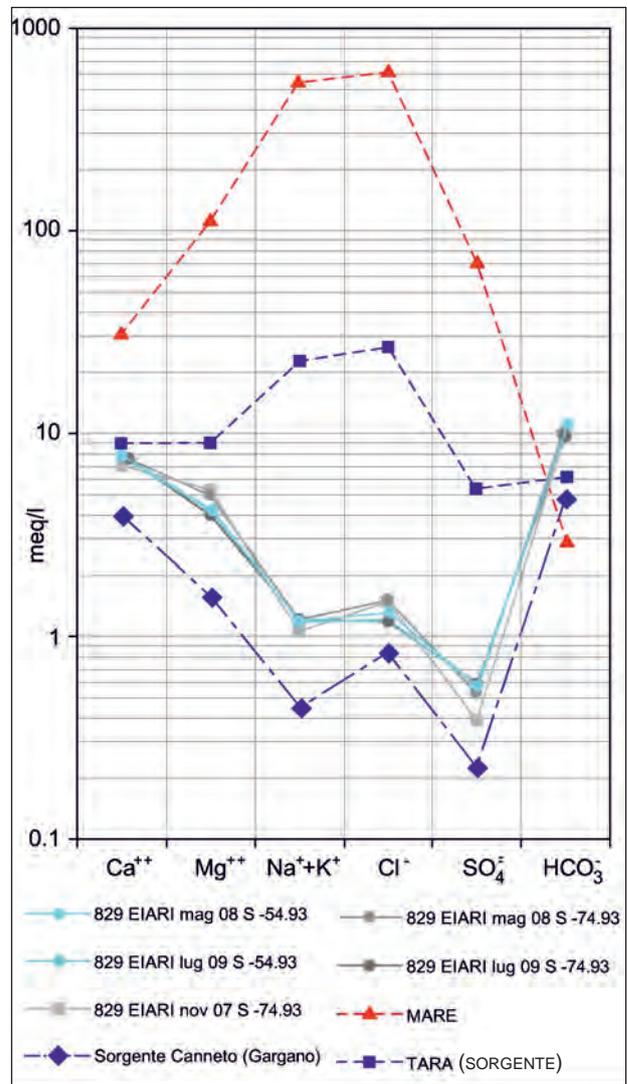


Fig. 17.27 - Diagramma di Schoeller delle acque sotterranee del pozzo 829 EIARI ubicato in figura 17.26 con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (S = statico) e della quota di campionamento rispetto al livello medio mare.
 - Schoeller diagram of groundwater in the well 829 EIARI (location shown in figure 17.26), with date, type (S = static), and elevation of sampling with respect to mean sea level.

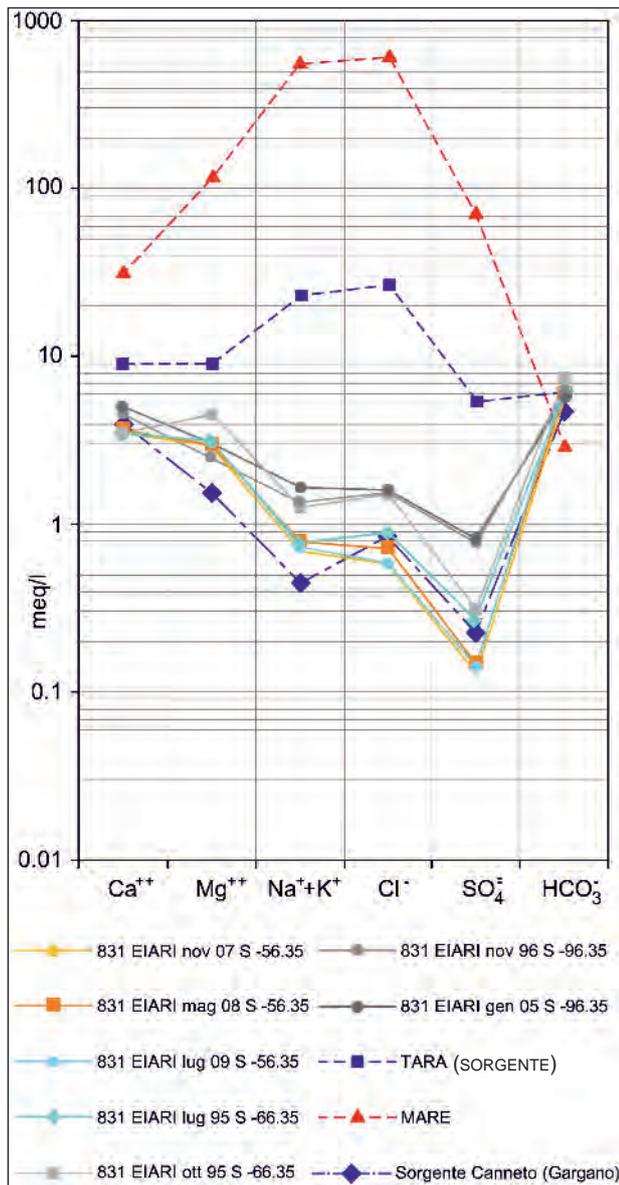


Fig. 17.28 - Diagramma di Schoeller delle acque sotterranee del pozzo 831 EIARI (LS 3TA) ubicato in fig. 17.26 con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (S = statico) e della quota di campionamento rispetto al livello medio mare.

- Schoeller diagram of groundwater in the well 831 EIARI (LS 3TA) (location shown in fig. 17.26), with date, type (S = static), and elevation of sampling with respect to mean sea level.

(tav. 5 ft.) è stata analizzata seguendo la metodologia già illustrata nel capitolo 12, al quale si rimanda per la dettagliata definizione delle grandezze utilizzate nell'analisi.

L'analisi è stata condotta su 63 pozzi per i quali è nota la percentuale di penetrazione in falda *P*, la concentrazione dello ione cloruro *Cl* riscontrata nei campioni prelevati in condizioni dinamiche, la distanza *d* tra la base del pozzo e l'interfaccia teorica determinata con la relazione di *Ghyben-*

Tab. 17.1 - Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 829 EIARI presente nell'area di Mottola-Martina Franca.

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 829 EIARI, located in the Mottola-Martina Franca area.

POZZO	829 EI ARI				
Quota livello statico (m l.m.m.)	55.47				
Permeabilità (m/s)	3.89E-06				
Penetrazione	6.86%				
Data di campionamento	mag-08	lug-09	nov-07	mag-08	lug-09
Tipo di Campionamento	S				
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-54.93	-54.93	-74.93	-74.93	-74.93
TDS (mg/l)	776.06	729.28	793.26	783.63	716.21
Nitriti (mg/l)	< 0,05				
Nitrati (mg/l)	106	89.5	92.4	108	90.6

Herzberg, il carico piezometrico della falda profonda *b* e il residuo fisso a 110°C.

L'Arco Ionico Tarantino è stato suddiviso in due zone, denominate A e B (fig. 17.34), e ciò in ragione delle locali condizioni idrogeologiche.

La "zona A", localizzata tra i comuni di Castellaneta, Palagianò, Massafra, Statte, Crispiano, Lizzano e Torricella, è stata analizzata con 30 pozzi. In nessun caso la concentrazione di ione cloruro ha superato 1 g/l (fig. 17.35). Per la maggior parte dei pozzi la penetrazione in falda non ha superato il 40 %. Penetrazioni maggiori si sono adottate, con molta probabilità, a causa dell'esistenza di banchi calcarei acquiferi poco permeabili che hanno indotto i perforatori ad aumentare le profondità di perforazione. Sono da segnalare i pozzi 156 E (Castellaneta 1) e 157 E (Castellaneta 2) gestiti dall'AQP in agro di Castellaneta, presentanti un carico piezometrico pari a circa 4 m s.l.m. Per questi pozzi la concentrazione dello ione cloruro delle acque estratte è molto prossima al limite fissato per le acque potabili dal D.Lgs. 31/2001 (250 mg/l), e i residui salini a 110° C sono prossimi ad 1 g/l. A

Tab. 17.2 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 831 ELARI presente nell'area di Mottola-Martina Franca.*
- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 831 EIARI, located in the Mottola-Martina Franca area.

POZZO	831 EIARI						
Quota livello statico (m l.m.m.)	4.46						
Permeabilità (m/s)	2.84E-08						
Penetrazione	90%						
Data di campionamento	nov-07	mag-08	lug-09	lug-95	ott-95	nov-96	gen-05
Tipo di campionamento	S						
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-32.54	-32.54	-32.54	-42.54	-42.54	-72.54	-72.54
TDS (mg/l)	407.98	415.55	427.25	387	461	470	509
Nitriti (mg/l)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0.05	0.05
Nitrati (mg/l)	37.6	40.4	34.1	6.74	31.9	8.9	9

Tab. 17.3 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 286 EISS presente nell'area di Castellaneta-Palagiano-Palagianello-Statte.*
- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 286 EISS, located in the Castellaneta-Palagiano-Palagianello-Statte area.

POZZO	286 EISS							
Quota livello statico (m l.m.m.)	5.48							
Permeabilità (m/s)	6.03E-07							
Data di campionamento	feb-95	mag-95	set-95	gen-96	nov-96	dic-07	mag-08	lug-09
Tipo di campionamento	S							
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-214.12	-214.12	-214.12	-214.12	-214.12	-214.12	-214.12	-214.12
TDS (mg/l)	5550	6430	5550	6550	4970	4327.52	6075.04	4120.43
Nitriti (mg/l)	0.1	0.25	0.09	< 0,05	3.72	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrati (mg/l)	1	2.6	21.9	2.6	6.9	<0.10	<0.10	0.77

tal riguardo si osserva che per detti pozzi la distanza d tra la base del pozzo e l'interfaccia teorica è modesta, dell'ordine di 30 m. In condizioni di esercizio è quindi plausibile che si presenti il *salt-water upconing*, con conseguente peggioramento qualitativo delle acque estratte (cap. 12).

Nella figura 17.35d si osserva che il rapporto tra la concentrazione dello ione cloruro ed il TDS è grossomodo pari a quello dell'acqua di mare. Inoltre, per tutti i pozzi per i quali si disponeva di dati chimici sufficienti alla costruzione delle curve di Schoeller, si è evidenziato, indipendentemente dall'entità della

penetrazione in falda, una non trascurabile componente cloruro-sodica dell'acqua estratta (fig. 17.36a). In ogni caso si rileva per quest'area la necessità di procedere ad una corretta progettazione dei pozzi, e ciò in quanto il sollevamento del cono di intrusione marina può determinare un elevato degrado qualitativo delle acque estratte. Detta circostanza è evidenziabile dal confronto tra lo stato qualitativo delle acque prima o all'inizio dell'emungimento e quello invece rilevato dopo alcune ore di pompaggio. Si osservino a tal riguardo i risultati di prove di portata eseguite sui pozzi 289 EISS, 295 EISS e 339 EISS

riportati in figura 17.37. Detti pozzi, tutti appartenenti alla zona A, hanno mostrato a inizio prova una concentrazione salina contenuta (0,26-0,87 g/l). Dopo alcune ore di pompaggio la concentrazione salina è aumentata sino a valori dell'ordine di 0,8 – 1,32 g/l, e ciò a causa del *salt-water upconing*.

La “zona B” comprende due aree costiere (fig. 17.34), una localizzata tra i comuni di Ginosa e Castellaneta, l'altra tra i comuni di Taranto e Maruggio. Sono stati considerati i dati di 33 pozzi, di cui la maggior parte aventi distanza dalla costa inferiore a 7 km. In questa zona, indipendentemente dalle

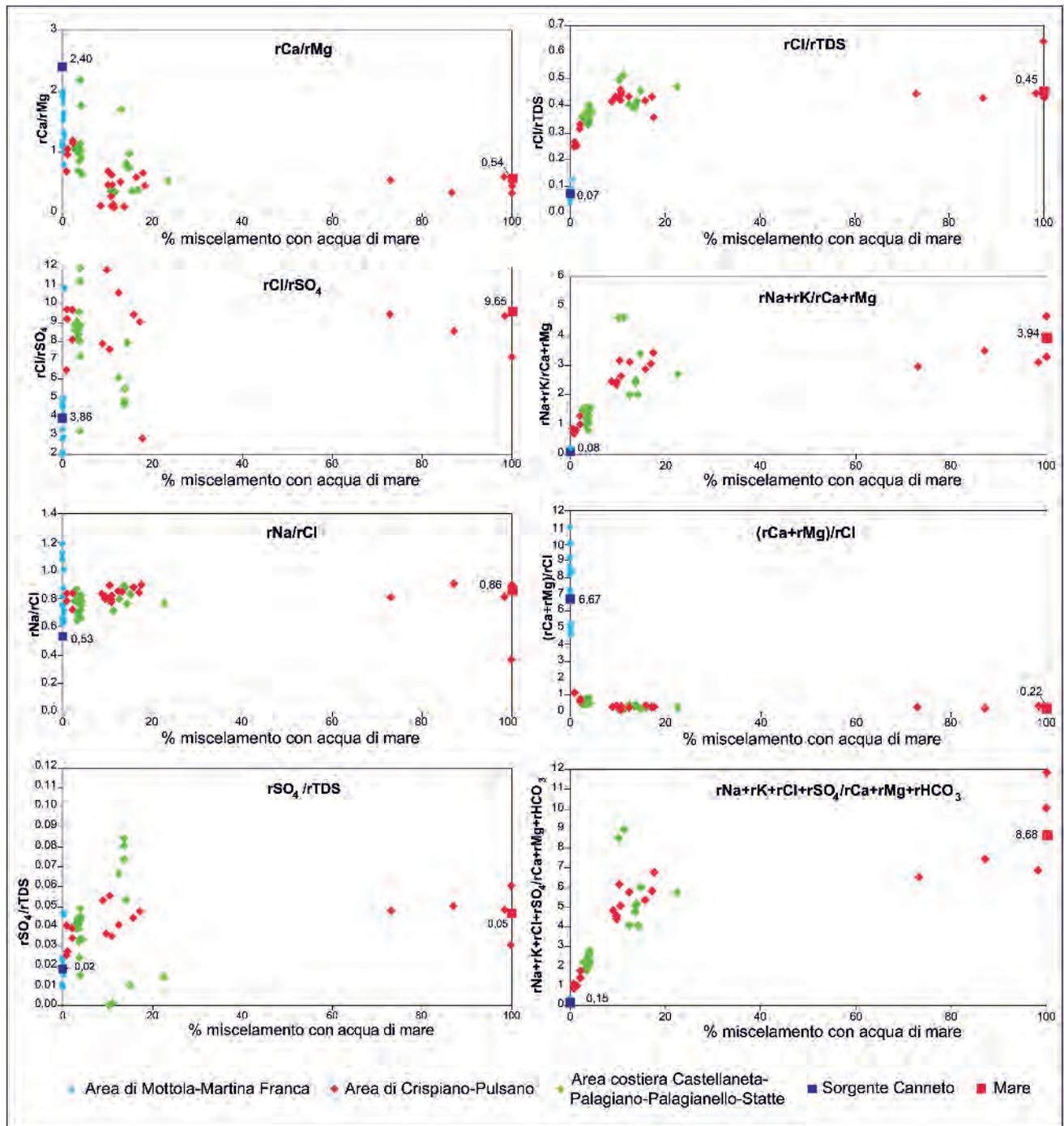


Fig. 17.29 - Variazione dei principali rapporti caratteristici in funzione della percentuale di mescolamento acqua dolce/acqua di mare, rilevata per i campioni d'acqua prelevati dai pozzi utilizzati per l'analisi del chimismo delle acque sotterranee dell'Arco Ionico Tarantino.

- Changes in the main characteristic ratios versus fresh water/ seawater mixing percentage, measured in water samples from the wells used for chemical composition analysis of the groundwater of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto.

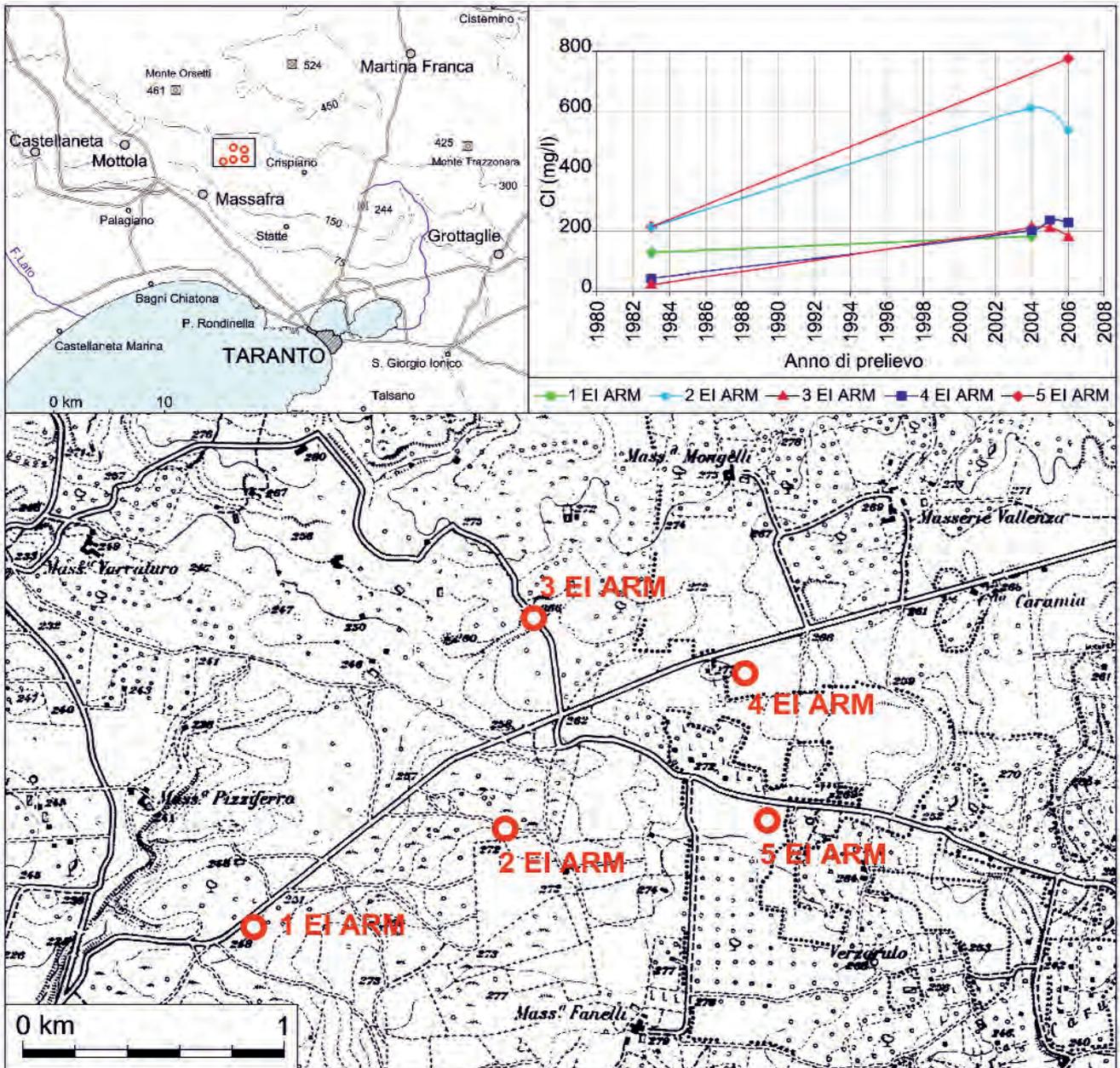


Fig. 17.30 - Ubicazione di alcuni pozzi alimentanti l'Acquedotto rurale della Murge, con indicazione dell'incremento della concentrazione dello ione cloruro.
 - Location of some wells supplying water to the rural water system of Murge, with indication of the increase in chloride ion concentration.

caratteristiche dimensionali dei pozzi e dalla portata estratta, le acque estratte presentano sempre concentrazione di ione cloruro maggiore di 800 mg/l e notevole contaminazione marina (figg. 17.35 e 17.36b). In ogni caso il *salt-water upconing* può determinare un ulteriore peggioramento dello stato qualitativo delle acque emunte. Una prova di portata eseguita sul pozzo 1/VS appartenente alla zona B (fig. 17.37) ha indicato, infatti, un incremento di concentrazione salina da 4,3 g/l a 5 g/l durante 10 ore circa di pompaggio.

17.5.7. - Le sorgenti dell'Arco Ionico Tarantino

Le acque di falda provenienti dall'altopiano Murgiano e dirette verso l'Arco Ionico Tarantino trovano recapito finale sostanzialmente in corrispondenza di sorgenti sottomarine e subaree.

Dall'analisi della piezometria della falda è stato possibile riconoscere l'esistenza di due spartiacque idrogeologici (B e C in fig. 17.11) che delimitano una porzione di acquifero in cui le acque della falda profonda sono dirette verso il Mar Piccolo di Ta-

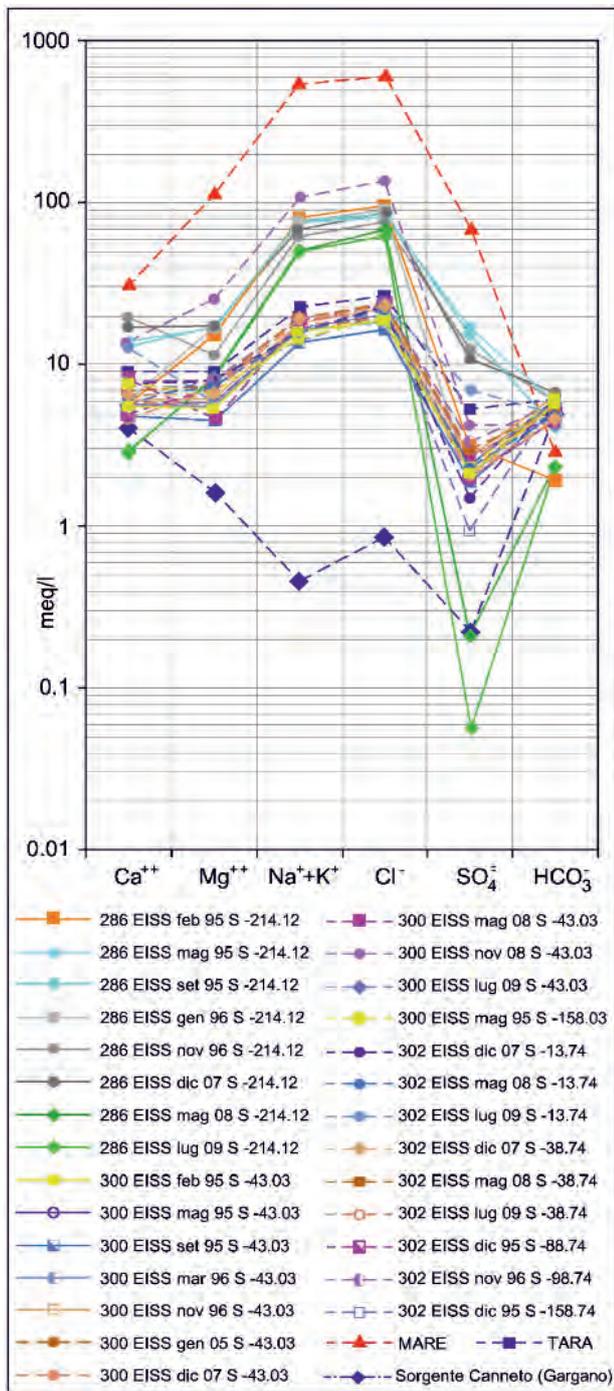


Fig. 17.31 - Diagramma di Schoeller delle acque sotterranee dei pozzi 286 EISS (1/VS), 300 EISS (TA 2/RT) e 302 EISS (TA/CNR) ubicati in fig. 17.26 con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (S = statico) e della quota di campionamento rispetto al livello medio mare. - Schoeller diagram of groundwater in the wells 286 EISS (1/VS), 300 EISS (TA 2/RT) and 302 EISS (TA/CNR) (locations shown in fig. 17.26), with date, type (S = static), and elevation of sampling with respect to mean sea level.

ranto. Tra gli efflussi relativi a questa porzione di acquifero vi sono i citri sottomarini di entrambi i seni del Mar Piccolo e le sorgenti subaeree di trabocco (Galese, Lavandaia, Marangio, Battentieri e

Tab. 17.4 - Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 300 EISS presente nell'area di Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte (1995÷1996).

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 300 EISS, located in the Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte area (1995÷1996).

POZZO	300 EISS					
Quota livello statico (m l.m.m.)	4.99					
Penetrazione	>100%					
Data di campionamento	feb-95	mag-95	set-95	mar-96	nov-96	mag-95
Tipo di campionamento	S					
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-43.03					-158.03
TDS (mg/l)	1760	1835	1970	1780	2120	1898
Nitriti (mg/l)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	-	< 0,05	< 0,05
Nitrati (mg/l)	4.7	1.9	37.2	-	37.9	2.6

Tab. 17.5 - Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 300 EISS presente nell'area di Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte (2005÷2009).

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 300 EISS, located in the Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte area (2005÷2009).

POZZO	300 EISS				
Quota livello statico (m l.m.m.)	4.99				
Penetrazione	>100%				
Data di campionamento	dic-07	mag-08	nov-08	lug-09	gen-05
Tipo di campionamento	S				
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-43.03				
TDS (mg/l)	2046.11	1907.14	1918.14	2181.65	2031
Nitriti (mg/l)	< 0,05				0,23
Nitrati (mg/l)	33.7	22.9	22.3	41.6	0.1

Tab. 17.6 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 302 EISS presente nell'area di Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the well 302 EISS, located in the Castellaneta-Palagianello-Palagianello-Statte area.

POZZO	302 EISS								
Quota livello statico (m l.m.m.)	3.46								
Penetrazione	>100%								
Data di campionamento	dic-07	mag-08	lug-09	dic-07	mag-08	lug-09	dic-95	nov-96	dic-95
Tipo di campionamento	S								
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-13.74	-13.74	-13.74	-38.74	-38.74	-38.74	-88.74	-98.74	-158.74
TDS (mg/l)	1686.29	1743.39	1550.75	1700.74	1890.62	1773.66	1830	2120	9870
Nitriti (mg/l)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0.08	<0,05	< 0,05	<0,05	0.41
Nitrati (mg/l)	15.1	16.8	19.4	15.1	16.9	16	15.07	17.4	4.68

Riso; cap. 4). Sommando le medie degli efflussi noti, subaerei e sottomarini, si riscontra un travaso nel Mar Piccolo di circa $2 \div 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Gli efflussi sottomarini sono stati determinati sommando alla portata nota del citro Galeso (par. 17.6) quella di ulteriori 3 citri minori, ossia dei citri 1,2 e 4 di cui si dirà in seguito.

Una parte delle acque di falda dirette verso il Mar Piccolo defluisce, inoltre, immediatamente ad Ovest della città di Taranto, riversandosi direttamente nel Mar Grande. A tal riguardo merita un approfondimento storico il Citro di San Cataldo (n. 5 in figura 17.11), in quanto era un tempo la sorgente sottomarina più cospicua della zona. Secondo PARENZAN (1972), nelle stagioni più piovose, la portata si avvicinava ai $4 \text{ m}^3/\text{s}$. Esso giace al fondo di una depressione imbutiforme che, partendo da un fondale di una decina di metri, attualmente raggiunge e supera abbondantemente i 40 metri di profondità. Essa è localizzata a poca distanza dalla testa di una piccola diga che serve di protezione e di attracco a vari mezzi di sorveglianza portuale e dei piloti; la sua posizione è conosciuta ed è segnata anche sulla carta nautica, che riporta una profondità massima di 42 metri. A detta di esperti locali la sua

Tab. 17.7 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici dei pozzi 336 EISS, 335 EISS e 325 EISS presenti nell'area di Pulsano - Grottaglie.*

- Chemico-physical and hydrogeological parameters of the wells 336 EISS, 335 EISS e 325 EISS, located in the Pulsano - Grottaglie area.

POZZO	336 EISS	335 EISS	325 EISS
Quota livello statico (m l.m.m.)	8.88	0.85	0.002
Permeabilità (m/s)	3.21E-05	-	-
Penetrazione	>39,07%	>100%	>100%
Data di campionamento	mag-56	gen-56	feb-54
Tipo di campionamento	D		
Quota di campionamento (m l.m.m.)	6.28	-106.72	-106.72
TDS (mg/l)	4220	32268	40696

scaturigine si apriva a circa 60 m di profondità, mentre le carte nautiche dell'epoca davano un massimo di -52 m. Durante i lavori per la costruzione della banchina Italsider, ben distante dalla polla, si ebbe il cedimento improvviso di uno dei cassoni, che si abbassò di quasi due metri più del previsto.

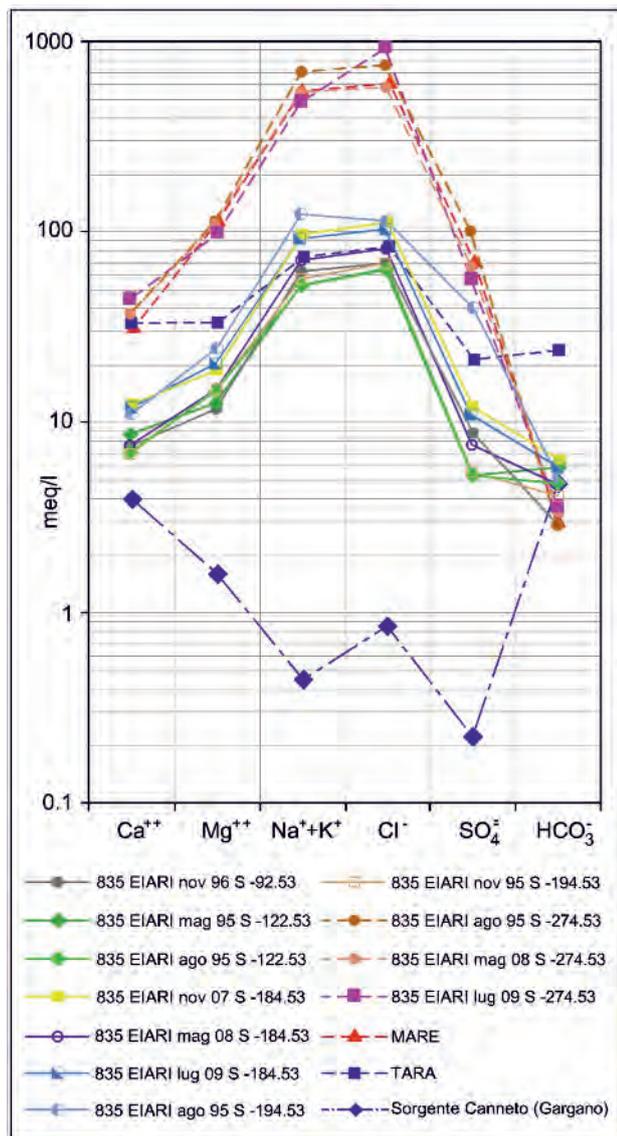


Fig. 17.32 - Diagramma di Schoeller delle acque sotterranee del pozzo 835 EIARI (PS 10 TA) ubicato in fig. 17.26 con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (S = statico) e della quota di campionamento rispetto al livello medio mare.
 - Schoeller diagram of groundwater in the well 835 EIARI (PS 10 TA) (location shown in fig. 17.26), with date, type (S = static), and elevation of sampling with respect to mean sea level.

Immediatamente la polla si inaridì e la sua ampia manifestazione superficiale non fu più visibile per oltre una quindicina d'anni. Evidentemente era crollato, ostruendosi, il condotto di alimentazione. Da qualche tempo il Citro di San Cataldo ha ripreso ad erogare, come testimonia una debole ed irregolare evidenza in superficie. La minor profondità della depressione è con ogni probabilità dovuta a fenomeni di smottamento lungo i suoi rapidi fianchi. La polla ha ripreso a erogare probabilmente a causa del dilavamento progressivo

dei materiali franati dovuto all'acqua sorgiva, il quale ha in parte ripristinato la sua profondità originaria (COTECCHIA, 1991).

Ad Ovest dello spartiacque idrogeologico A (fig. 17.11) l'acquifero alimenta importanti sorgenti subaree. Tra queste vi è l'importante sorgente Tara e la sorgente Patemisco (cap. 4).

A Sud-Est della città di Taranto, ossia ad Est dello spartiacque idrogeologico C, non sono noti efflussi costieri, e ciò a causa della notevole profondità dell'acquifero, il quale risulta, presso costa, totalmente invaso da acque marine o comunque salmastre.

Sono infine degne di menzione le piccole sorgenti alimentate dagli acquiferi superficiali a NO di Taranto (par. 17.5.8).

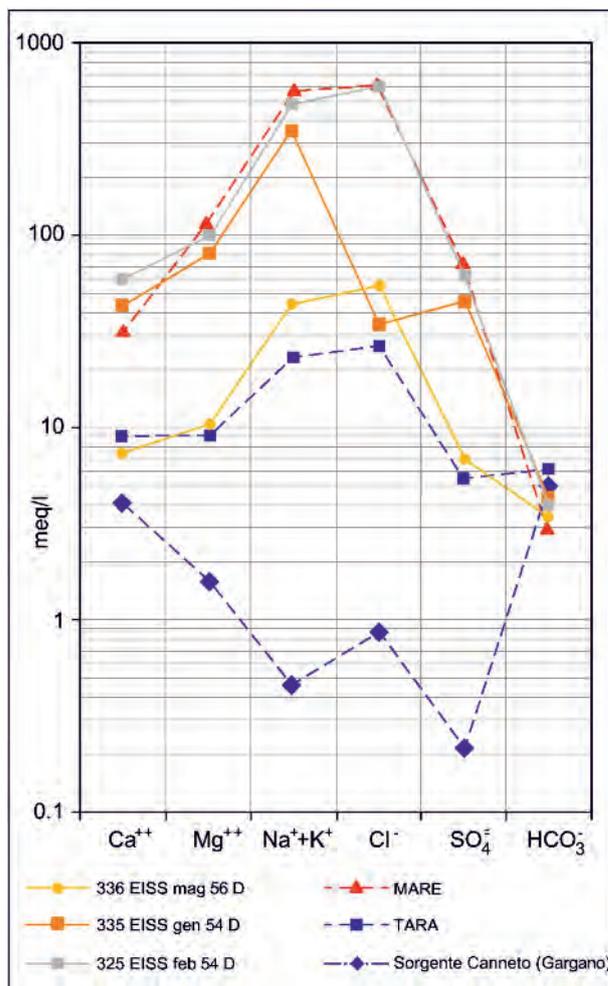


Fig. 17.33 - Diagramma di Schoeller delle acque sotterranee dei pozzi 336 EISS (TA 27/VS), 335 EISS e 325 EISS (12/VS) ubicati in figura 17.26 con indicazione della data di prelievo, del tipo di campionamento (D = dinamico).
 - Schoeller diagram of groundwater in the wells 336 EISS (TA 27/VS), 335 EISS and 325 EISS (12/VS) (locations shown in figure 17.26), with date, type (D = dynamic).

17.5.7.1. - La sorgente Tara

La sorgente Tara è ubicata a circa 7 km a NO di Taranto (n. 4 in figura 17.11). Essa, caratterizzata da una portata che raggiunge valori massimi dell'ordine di 4.000 l/s ed una concentrazione salina dell'ordine di 2 g/l, è la più cospicua tra le sorgenti pugliesi (cap. 4).

La sorgente Tara è rappresentata da un insieme di numerose ed abbondanti manifestazioni sorgentizie, le cui acque, provenienti dall'acquifero pro-

fondo cretacico, si riversano in un alveo naturale, denominato fiume Tara, avente carattere perenne e sfociante nel Mare Ionio dopo un percorso tortuoso di circa 3 km.

La falda profonda è in pressione nella zona del Tara, e ciò a causa dello sbarramento esercitato dalle Argille subappennine. La zona della sorgente Tara è però caratterizzata da una morfologia depressa proprio dove la formazione delle Argille subappennine presenta modesto spessore o è assente. La presenza dello sbarramento argilloso determina, quindi, livelli piezometrici della falda prossimi o superiori al piano campagna, per cui, ove detto sbarramento è assente o inefficace agli effetti della tenuta idraulica della falda profonda, le acque sotterranee emergono in superficie. La sorgente Tara, che viene a giorno in corrispondenza dei margini della coltre argillosa, si configura quindi quale sorgente di trabocco per sbarramento.

Le acque del Tara, un tempo utilizzate, sono state successivamente impiegate già dagli anni '50 del secolo scorso grazie alla limitata concentrazione salina che le rende idonee sia per scopi irrigui che industriali. L'Ente irrigazione ha infatti realizzato opere per la derivazione e la distribuzione finale delle acque, le quali in parte vengono utilizzate nel processo produttivo dell'Ilva di Taranto. In media sono state prelevate portate di circa 1000÷2000 l/s ma in passato si sono toccate anche punte di 4000 l/s. Intanto la progressiva trasformazione dei processi industriali ha determinato

Tab. 17.8 - *Parametri chimico-fisici ed idrogeologici del pozzo 835 EIARI presente nell'area di Crispiano-Pulsano.*
- Chemical-physical and hydrogeological parameters of the well 835 EIARI, located in the Crispiano-Pulsano area.

POZZO	835 EI ARI				
Quota livello statico (m l.m.m.)	4.47				
Penetrazione	>100%				
Data di campionamento	ago-95	nov-95	ago-95	mag-08	lug-09
Tipo di campionamento	S				
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-194.53	-194.53	-274.53	-274.53	-274.53
TDS (mg/l)	7250	4870	28370	30478.4	32890.53
Nitriti (mg/l)	< 0,05	0.99	2.82	< 0,05	< 0,05
Nitrati (mg/l)	3.9	3.48	4.4	<0.10	<0.10

POZZO	835 EI ARI					
Quota livello statico (m l.m.m.)	4.47					
Penetrazione	>100%					
Data di campionamento	nov-96	mag-95	ago-95	nov-07	mag-08	lug-09
Tipo di campionamento	S					
Quota di campionamento (m l.m.m.)	-92.53	-122.53	-122.53	-184.53	-184.53	-184.53
TDS (mg/l)	4120	5387	4370	7100.16	5579.68	6522.24
Nitriti (mg/l)	<0,05	0.1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Nitrati (mg/l)	4.7	2.8	3.9	<0.10	2.14	3.46

una riduzione delle portate prelevate dall'Ilva da circa 1200 l/s a circa 500 l/s, e contestualmente si è avuta una riduzione della portata richiesta anche per uso irriguo, passando da 700 l/s a circa 300 l/s favorita dalla conversione degli impianti irrigui da canaletta a tubati e la conseguente riduzione delle perdite idriche nella distribuzione.

Una dettagliata illustrazione della sorgente Tara è riportata nel capitolo 4.

17.5.7.2. - I citri del Mar Piccolo

Le aree contermini alla città di Taranto, definita la "città dei due mari" in ragione della sua collocazione tra i bacini Mar Grande e Mar Piccolo (fig. 17.38), risultano molto ricche di acque sorgive.

Il Mar Grande, chiamato più frequentemente "rada di Mar Grande" in quanto vi sostano le navi in attesa, è separato dal Mar Ionio sia dal Capo San

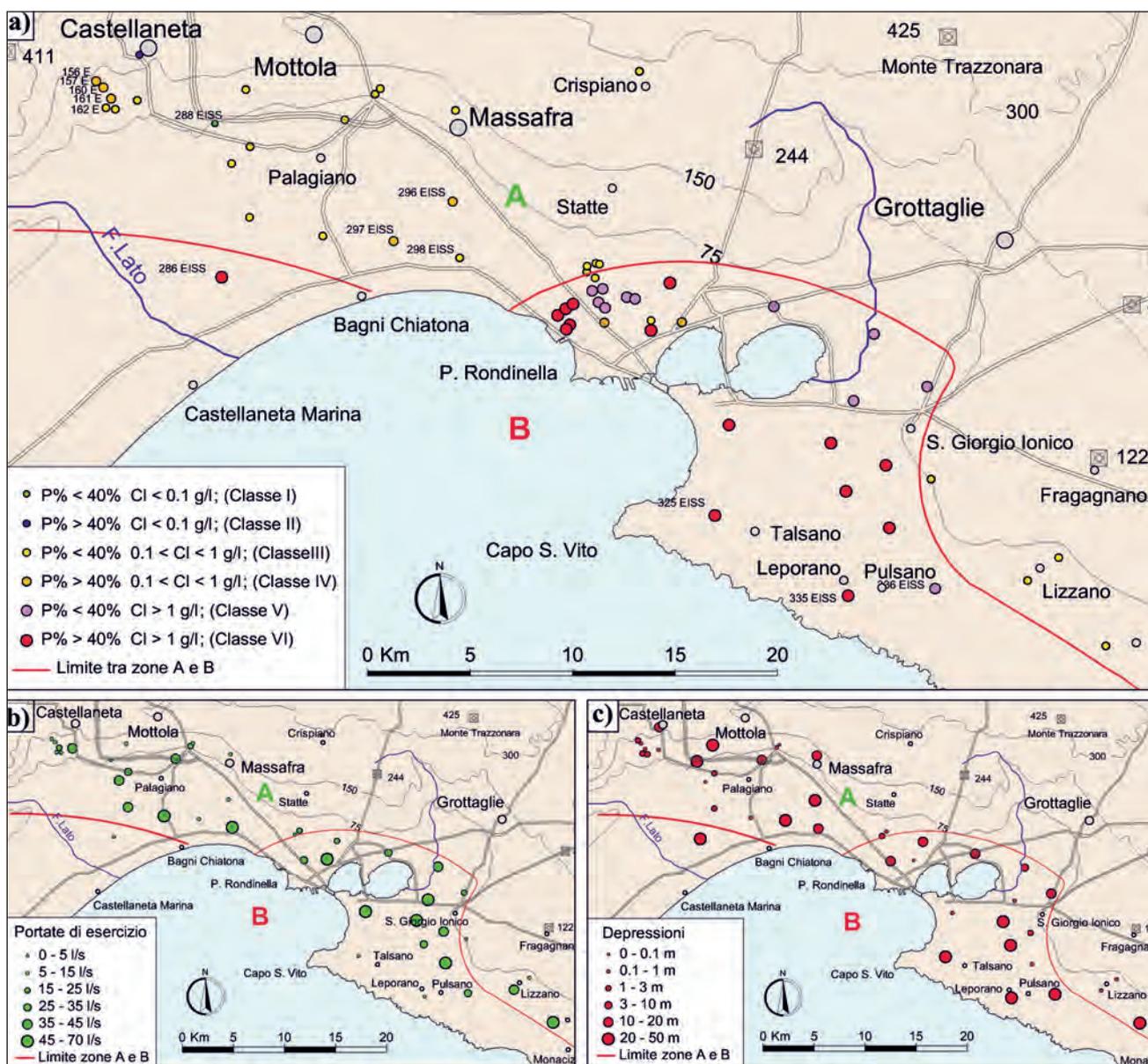


Fig. 17.34 - Suddivisione dell'Arco Ionico Tarantino in 2 zone (A e B) in funzione della distanza dalla costa, delle condizioni idrogeologiche locali e dei dati disponibili. Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi dell'Arco Ionico Tarantino sulla concentrazione salina delle 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 Ionian Arch of the Gulf of Taranto in 2 zones (A and B), based upon 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: a) percentage of wells penetration in aquifer (P) and chloride ion concentration of groundwaters extracted in dynamic conditions (Cl); b) pumping rates of wells; c) piezometric depression during the water extraction.

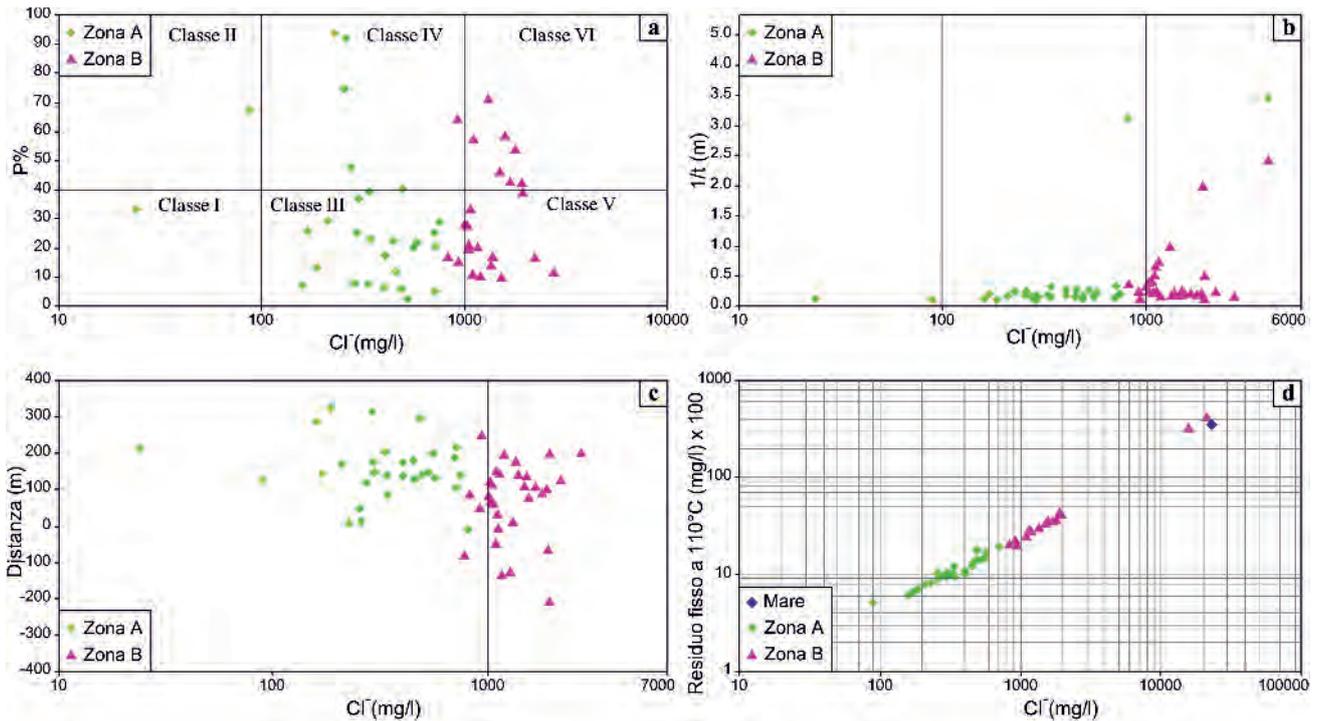


Fig. 17.35 - Influenza delle caratteristiche dimensionali e di esercizio dei pozzi dell'Arco Ionico Tarantino sulla concentrazione salina delle acque sotterranee: a) confronto tra la percentuale di penetrazione dei pozzi in falda (P) e la concentrazione dello ione cloruro (Cl^-) delle acque sotterranee prelevate in condizioni dinamiche con indicazioni delle classi indicate in fig. 17.34; 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 operating characteristics of the wells of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto on groundwater salt concentration: a) comparison between well penetration percentage (P) and chloride ion concentration (Cl^-) of groundwater extracted under dynamic conditions with indication of the classes shown in fig. 17.34; b) comparison between the piezometric head of the deep aquifer groundwater (t) and the 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 the chloride ion concentration; d) comparison between total dissolved salts and chloride ion concentration.

Vito che dalle Isole Cheradi di San Pietro e San Paolo. Queste ultime formano un piccolo arcipelago che chiude perfettamente l'arco ideale creato dalla baia naturale del Mar Grande. Il Mar Piccolo è il secondo braccio di mare e costituisce la parte più interna del golfo di Taranto. È separato dal Mar Grande da due penisole che lo chiudono a golfo, orientate entrambe verso un'isola artificiale, costituente il nucleo originale della città, e collegate ad essa tramite il Ponte di Porta Napoli ed il Ponte Girevole. L'isola è divenuta tale in seguito al taglio della penisola eseguito durante la costruzione del fossato del Castello Aragonese, trasformato in seguito nel Canale Navigabile, che pone in comunicazione il Mar Piccolo con il Mar Grande.

Il Mar Piccolo è formato da due specchi d'acqua denominati *Seni*, entrambi assimilabili per forma ad un'ellisse; sono separati da una strozzatura e comunicano mediante una striscia di mare compresa tra Punta Penna e Punta Pizzone, sovra-

state dall'omonimo ponte.

Secondo PARENZAN (1984), l'origine del Mar Piccolo è avvenuta per la dissoluzione carsica dei calcari in profondità, risalente al periodo pliocenico, con la formazione di due doline che nel tempo si sono estese fino a generare il crollo dello strato di roccia sovrastante e quindi determinando la formazione delle caratteristiche depressioni carsiche. Inoltre, secondo DE GIORGI (1897) i due seni non erano comunicanti, ma il continuo moto ondoso e l'attivo bradisismo hanno determinato lo sprofondamento degli istmi ed il collegamento dell'acqua della prima dolina con quella del mare e della seconda dolina. In ogni caso, nel suo modellamento, sino al raggiungimento della sua configurazione attuale, sono intervenuti fattori che lo rendono più complesso e originale: il condizionamento strutturale, l'erosione fluviale, il sollevamento regionale e le variazioni glaucioeustatiche (MASTRONUZZI, 1996).

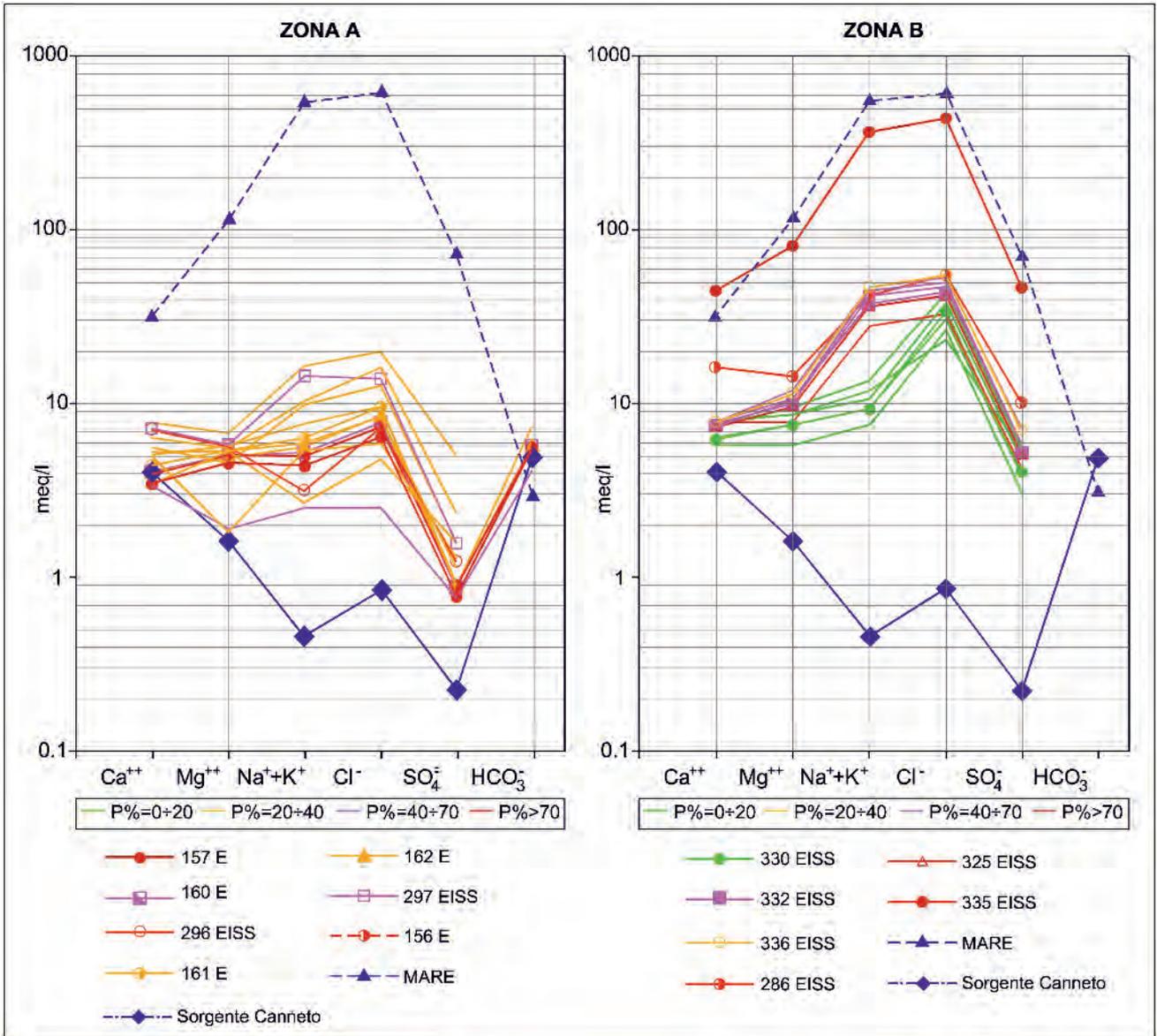


Fig. 17.36 - Diagramma di Schoeller di alcuni pozzi ubicati nella zona A e nella zona B in fig. 17.34, per i quali è indicata la percentuale di penetrazione in falda (P).
 - Schoeller diagram of some wells located in zones A and B in fig. 17.34, and indication of the well penetration percentage (P).

Come più volte sottolineato, buona parte delle acque che impegnano la formazione acquifera calcarea dell'Arco Ionico Tarantino trovano il loro recapito finale nel Mar Piccolo; le modalità di efflusso sono fortemente influenzate all'assetto geologico-strutturale, come la disposizione e lo spessore della formazione delle Argille subappennine o la presenza di piani di discontinuità ad elevata conducibilità idraulica. Nella parte settentrionale di entrambi i seni, su aree alquanto limitate, si aprono sul fondo le sorgenti sottomarine, i "citrì", che formano crateri profondi fino a più di 15 m; fra questi i più importanti sono il Galeso ed il Citrullo, nel I Seno, il Copre, il

Mascione e il Trionte, nel II Seno. Essi possono originarsi se si verifica la compresenza di una riduzione di spessore della coltre argillosa di copertura, di singolarità geostutturali e di un carico piezometrico sufficiente a garantire l'efflusso della falda in mare (la sorgente sottomarina Galeso, di cui si discuterà nel seguito, ne rappresenta un caso esemplare). Non è da escludere che alcuni millenni orsono, stando ai lineamenti paleogeografici ricostruiti per l'Arco Ionico Tarantino, i citri fossero anch'essi delle sorgenti subaeree, aventi le stesse caratteristiche di emergenza della sorgente Chidro (cap. 4) (COTECCHIA, 1977), e che il Mar Piccolo si sia for-

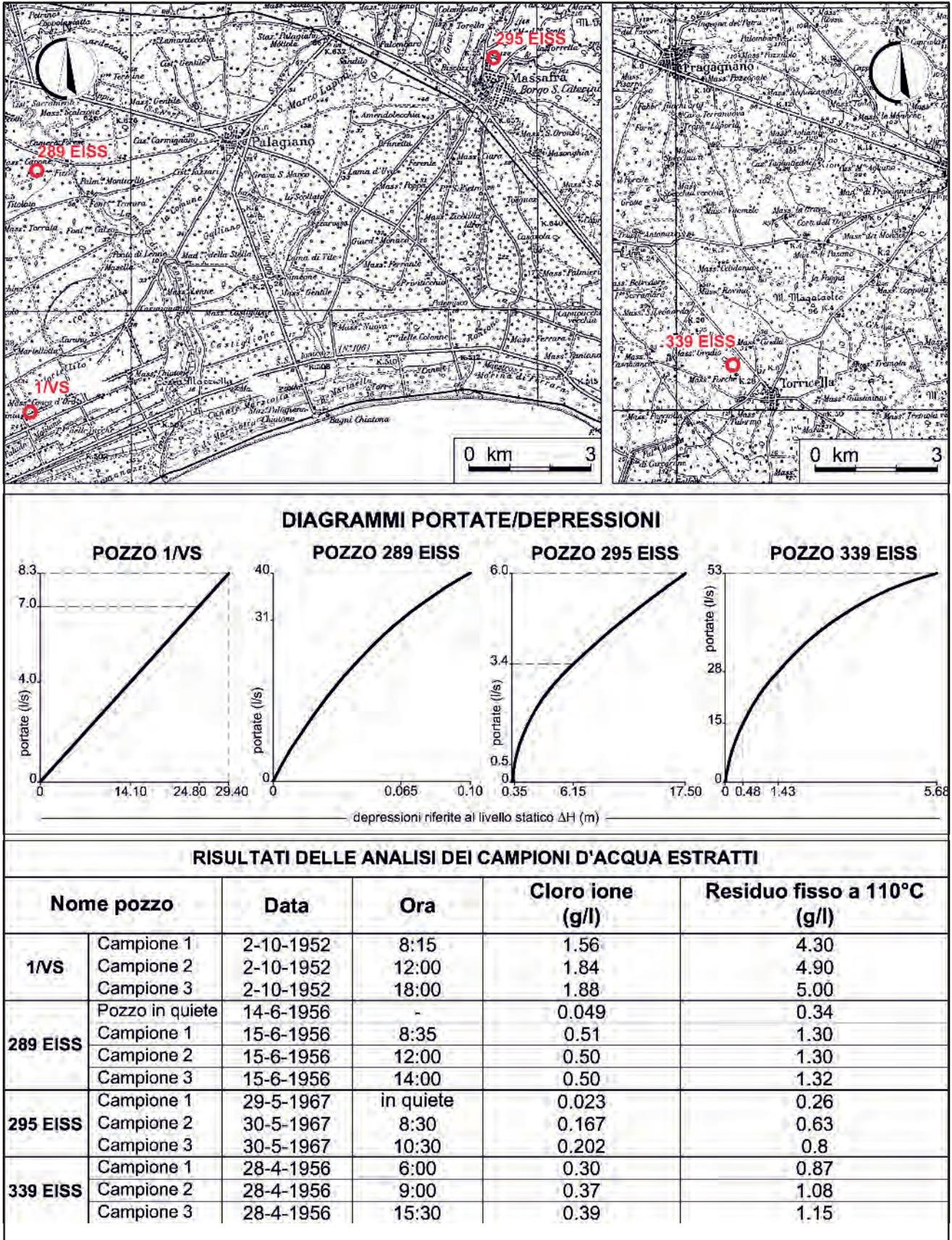


Fig. 17.37 - Chimismo derivante dal verificarsi del salt-water upconing durante l'esecuzione di prove di portata relative ai pozzi ubicati in planimetria.
 - Chemistry resulting from salt-water upconing during the pumping tests in the wells shown in the map.



Fig. 17.38 - Foto satellitare del Mar Grande e Mar Piccolo di Taranto.
- Satellite image of Mar Grande and Mar Piccolo of Taranto.

mato per erosione del fondale marino.

Circa il significato etimologico del termine “citro”, lo studioso tarantino Fabio Caffio, in un lavoro dedicato al Mar Piccolo illustra (CAFFIO, 2001): «il nome deriva dal greco *keutros* (pentola). Il senso traslato del termine, che testimonia una continuità linguistica del dialetto tarantino con l'idioma dei colonizzatori venuti da Sparta, si comprende se si osserva un citro: l'acqua dolce, salendo a pressione dalla bocca che si apre sul fondo, ribolle in superficie, proprio come in una pentola sul fuoco, formando un cerchio separato dal mare circostante» (fig. 17.39).

Nello stesso lavoro, lo studioso riporta ulteriori interessanti notizie storiche: «Certamente i Parteni guidati da Falanto s'insediaron a Taranto anche perché il Mar Piccolo offriva loro le sue ricche risorse naturali. I pesci ed i molluschi dei mari di Taranto costituivano infatti una illimitata riserva alimentare per le popolazioni locali grazie all'ecosistema (in parte conservatosi sino ad oggi) per cui le sorgenti sottomarine di acqua dolce funzionano da regolatore della salinità e della temperatura delle acque facilitando lo

sviluppo delle specie marine. Grazie all'azione dei citri poté svilupparsi sin dall'antichità quella coltivazione delle cozze e delle ostriche che è tuttora (almeno per quel che riguarda i mitili) la principale fonte di sostentamento di centinaia di “cozzaruli” che operano in Mar Piccolo».

Dei circa 30 citri noti in letteratura (PARENZAN, 1984), quelli evidenti in superficie ed indicati come perenni dai pescatori locali sono in numero di quattro, dei quali tre localizzati nel I Seno ed uno nel II Seno (fig. 17.40) (STEFANON & COTECCHIA, 1969).
Citro n. 1

È localizzato in un'insenatura a meno di 50 m dalla riva del I Seno (fig. 17.40). In superficie si manifesta con la chiazza sub-circolare tipica delle sorgenti subacquee, con un diametro di oltre 10 m. La scaturigine si apre in roccia viva alla profondità di 15 m, al fondo di una depressione imbutiforme del fondale fangoso; ivi affiorano, per una piccolissima superficie, strati suborizzontali di calcarenite, costituenti il tetto di una grotta sottomarina

da cui fuoriesce l'acqua sorgiva. Misure di salinità effettuate su campioni di acqua raccolti direttamente entro la grotta hanno fornito valori di salinità (residuo fisso a 105 °C) pari a 3,8 g/l.

Sono state eseguite, inoltre, misure di velocità dell'acqua sorgiva per mezzo di un correntometro a sonda. Sulla base di questi dati, considerando una velocità media di 0,85 m/s su di una sezione di 0,30 m², la portata della sorgente è risultata pari a circa 0,25 m³/s.

Citro n. 2

Si trova nel I Seno in prossimità del citro n. 1 (fig. 17.40). In superficie si manifesta con la tipica chiazza circolare, debolmente ribollente al centro, di diametro pari a circa 5 m. La scaturigine è stata localizzata alla profondità di circa 6 m, al centro di una modesta depressione imbutiforme del fondale melmoso. L'acqua di falda fuoriesce alquanto lentamente da un condotto verticale, aperto in potenti bancate di argilla a probabile giacitura orizzontale. La portata della scaturigine è stata stimata pari a circa 0,10 m³/s.

Citro n. 3 (Galeso)

Il citro Galeso è localizzato nel I Seno a circa 250 m dalla riva (fig. 17.40), ed è costituito da un

orifizio di notevole portata (600-800 l/s) e concentrazione salina mediamente pari a 4-5 g/l, ed altre bocche acquifere minori. Sul finire degli anni '80 il citro è stato oggetto di studi volti alla caratterizzazione idrogeologica dell'area ed al progetto e realizzazione di un'opera di captazione sperimentale (COTECCHIA, 1991). L'argomento sarà trattato al paragrafo 17.6 cui si rimanda.

Citro n. 4 (Le Copre)

La manifestazione sorgentizia perenne individuata nel II Seno del Mar Piccolo (fig. 17.40) si manifesta in superficie con la usuale chiazza sub-circolare di diametro, di circa 15÷20 m. Secondo i risultati di ricerche ecografiche, la scaturigine del citro Le Copre si trova al fondo di una voragine imbutiforme di notevole ampiezza, a pareti molto ripide, ad una profondità tra i 35 e 40 m. La sua portata, stando all'evidenza della manifestazione superficiale, è dell'ordine di almeno qualche centinaio di litri al secondo.

Ricostruzione geostrutturale del fondale del Mar Piccolo mediante tecnologie UNIBOOM, *Side Scan Sonar* ed ecografica:

Durante gli studi condotti per la captazione del Citro Galeso (par. 17.6; COTECCHIA, 1991) sono



Fig. 17.39 - Un "citro" del Mar Piccolo di Taranto evidenziato da un'ampia manifestazione superficiale sub-circolare, prodotta dall'acqua sorgiva che risale in superficie dalla scaturigine disposta sul fondale marino.

- A "citro" of Mar Piccolo of Taranto, pointed out by a large sub-circle at the surface, resulting from the spring water rising from the seabed.

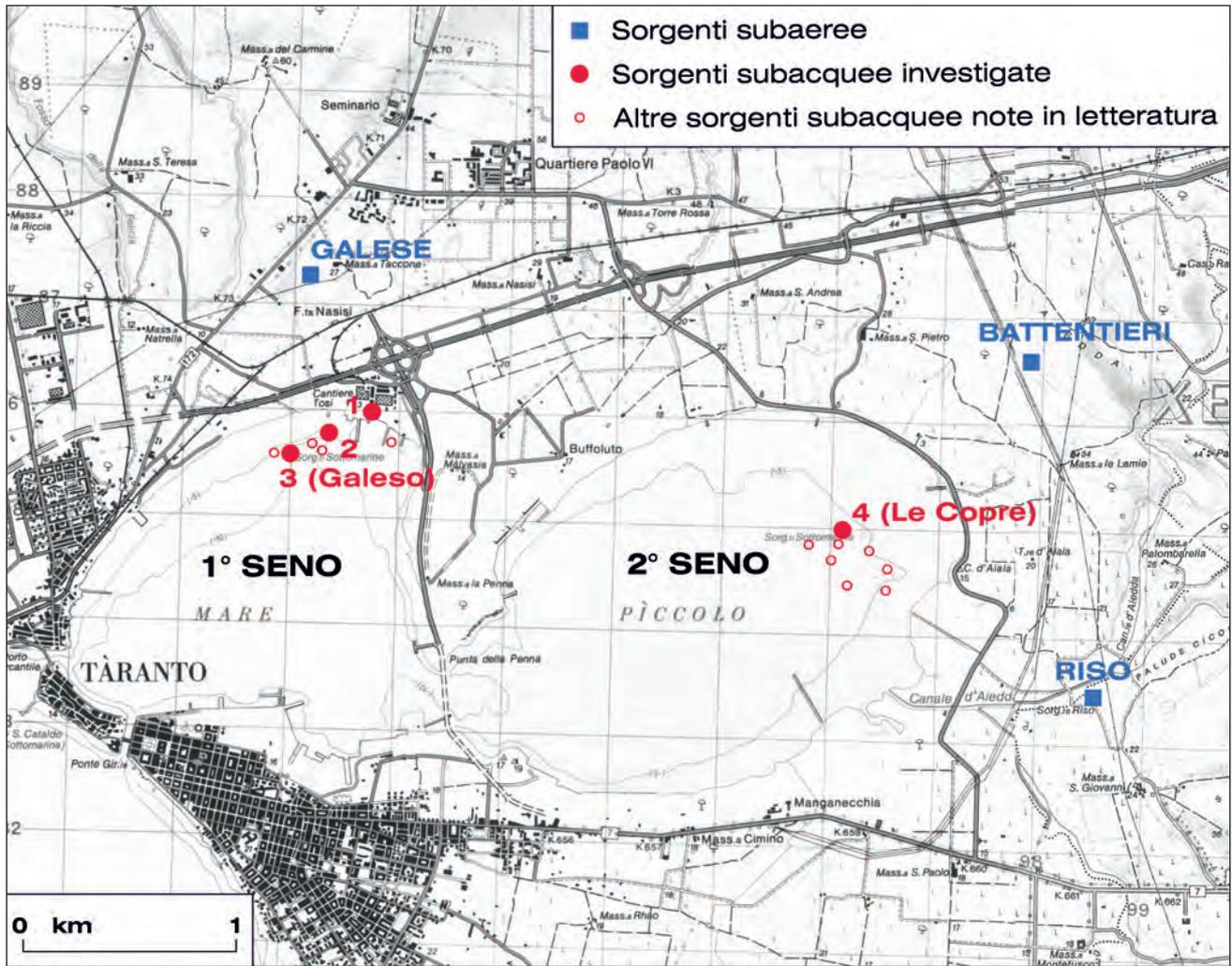


Fig. 17.40 - Ubicazione delle sorgenti costiere e dei citri noti nell'area del Mar Piccolo.
 - Location of the known coastal springs and "citri" in the area of Mar Piccolo.

stati eseguiti rilievi acustici con tecnologie UNIBOOM, *Side Scan Sonar* ed ecografica. Essi consentirono di ricostruire, con il dovuto dettaglio, le caratteristiche morfologiche e litostratigrafiche del fondale del Mar Piccolo ed in particolare stabilire l'andamento del tetto del substrato calcareo e la potenza della copertura limo-argillosa, poco permeabile, presente al di sopra della formazione carbonatica cretacea.

Il sistema UNIBOOM consiste in un apparato in grado di emettere ritmicamente in superficie un segnale acustico, i cui echi riflessi dal fondo e dal sottofondo sono captati in superficie da un idrofona e, correttamente interpretati, consentono di riprodurre con grande precisione l'andamento del fondo e delle strutture sottostanti. Il sistema *Side Scan Sonar*, invece, è in pratica un ecografo pano-

ramico in grado di fornire una rappresentazione del fondale marino analoga alle aerofotografie in campo terrestre. Infine, l'ecografo è uno strumento in grado di fornire misure e profili di alta precisione sia in acqua marina che salmastra e dolce.

I rilievi in mare furono eseguiti con un motoscafo cabinato, impiegando simultaneamente l'UNIBOOM, il *Side Scan Sonar* e l'ecografo. Ciò fornì informazioni diverse ma al tempo stesso sinergiche lungo uno stesso tracciato, permettendo di correlare molti motivi morfologici superficiali (rilevabili con il *Side Scan Sonar*) con la presenza di strutture immediatamente sottostanti e sepolte (rilevabili con l'UNIBOOM). Le investigazioni interessarono diverse rotte nel I e nel II seno del Mar Piccolo, per complessivi 280 km (fig. 17.41a).

A titolo di esempio, la figura 17.41b riproduce una delle immagini del fondo del Citro Galeso ottenute dal rilievo UNIBOOM. Dalla figura si nota che la buona penetrazione acustica dell'UNIBOOM ha consentito di rilevare sia la presenza di abbondanti diffusioni gassose (probabilmente metano), la cui origine è da attribuirsi alla decomposizione di materia organica diffusa nei fanghi recenti di riempimento del bacino, sia di superfici erose sepolte, ascrivibili a diversi cicli erosivo-deposizionali, che devono essersi verificate a carattere regionale.

17.5.8. - *Le falde superficiali*

Laddove i calcari sono ricoperti da argille, le acque di pioggia che penetrano nel sottosuolo si arrestano su tale basamento impermeabile e danno luogo a falde idriche in genere denominate superficiali. I caratteri della circolazione idrica sotterranea di detti corpi idrici dipendono sostanzialmente dalla giacitura delle argille e dalla permeabilità degli strati porosi acquiferi, questi ultimi in genere costituita da arenarie, sabbie e ghiaie, ossia dai terreni appartenenti alla copertura sedimentaria recente degli strati argillosi.

Nelle formazioni arenacee e tufacee fra Massafra e Sava (fig. 17.42) sono presenti falde freatiche, che rappresentano modesti accumuli d'acqua nei lembi di depositi superficiali che, talvolta, danno luogo a modeste sorgenti (es. Chianca e Cigliano, situate tra Crispiano e Grottaglie; figure 17.1).

Anche fra Taranto, Crispiano, Grottaglie e Lizzano si riscontrano modesti acquiferi superficiali costituiti da terreni arenacei e/o calcarenitici, delimitati inferiormente da argille; l'estensione di ciascun corpo acquifero è generalmente modesta (ZORZI & REINA, 1962).

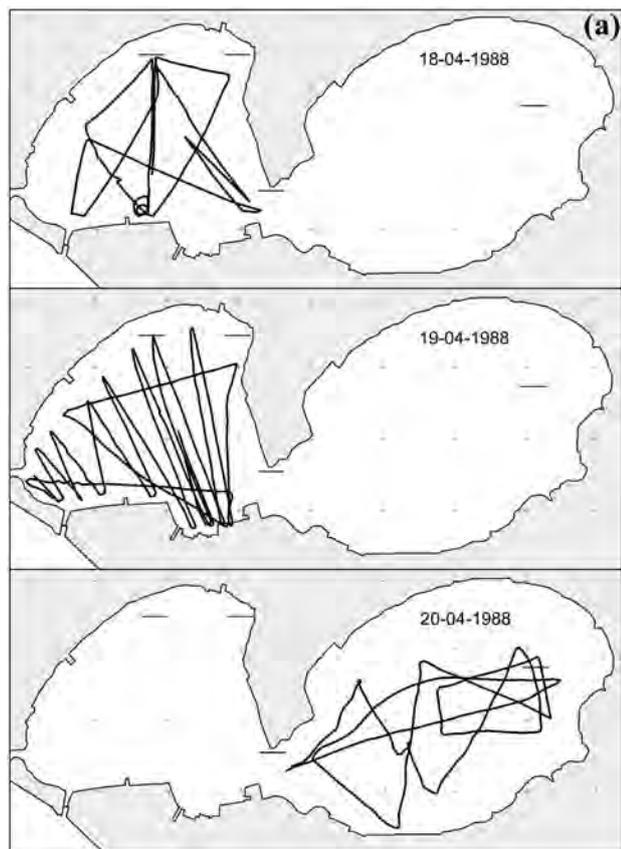
Tra le falde superficiali sono da considerare altresì i livelli idrici sospesi, a varie quote, in corrispondenza dei terreni quaternari, prevalentemente depositi tra il Tirreniano e il Miliziano, sui versanti a Sud-Ovest dell'area idrogeologica in parola, tra i fiumi Bradano e Lato (fig. 17.42; parr. 17.2.3 e 17.4.2). Questi terreni sono costituiti da sabbie e ghiaie separati tra loro da livelli argillosi, onde presentano modeste falde acquifere freatiche sospese, da cui scaturiscono le sorgenti indicate ad Ovest dell'area in figura 17.1.

17.6. - L'OPERA DI CAPTAZIONE SPERIMENTALE DEL CITRO GALESO

La sempre più pressante domanda d'acqua, in particolare mirata al fabbisogno irriguo della Puglia, ha imposto già da un lontano passato la ricerca di nuove vie da perseguire per l'approvvigionamento idrico regionale. La mancata realizzazione di tutti gli schemi idrici a suo tempo previsti dalla Cassa per il Mezzogiorno per i vari usi (cap. 29), ha invece portato ad un significativo deficit idrico nel settore irriguo, sopperito nel tempo attraverso l'irrazionale e non controllato uso delle acque sotterranee regionali, determinandone ove il forte depauperamento quantitativo, ove condizioni di degrado in ragione dell'intrusione marina.

Le acque sotterranee che la natura convoglia verso numerose ed abbondanti sorgenti costiere costituiscono una cospicua risorsa idrica da utilizzare, in particolare nel settore irriguo, se adeguatamente studiate e controllate, secondo le proprie condizioni idrogeologiche. Esse, tuttavia, non sono state finora mai oggetto di accertamenti idrogeologici mirati, ad esempio, alla riduzione del contenuto salino. Nei capitoli 4 e 12 sono stati enfatizzati esaurientemente gli esempi di possibile captazione di acque sotterranee attraverso la realizzazione di cunicoli orizzontali, adeguatamente predisposti al tetto delle falde acquifere, in particolare nei bacini idrologici accertati immediatamente a monte delle sorgenti costiere. La captazione delle acque sotterranee eseguita attraverso pozzi verticali determina infatti, frequentemente, il *salt-water upconing*, onde il prelievo delle acque di falda, laddove queste sono già sede di mescolamento con le acque marine intruse nel continente presso costa, come succede proprio in prossimità delle sorgenti, richiede metodologie avanzate di captazione.

La necessità di dare la dovuta importanza delle sorgenti propriamente sottomarine, disperdenti in mare talora notevoli portate della falda, orientava già negli anni '80 l'Agenzia per la Promozione dello Sviluppo del Mezzogiorno (ex Cassa per il Mezzogiorno) a finanziare un importante progetto di ricerca, sviluppatosi tra la fine degli anni '80 e l'inizio degli anni '90 del secolo scorso, finalizzato alla captazione delle cospicue portate di acqua sotterranea



che defluiscono sul fondale marino del Mar Piccolo di Taranto. L'ex Cassa per il Mezzogiorno stipulava quindi un'apposita convenzione con l'Istituto di Geologia Applicata e Geotecnica della Facoltà di Ingegneria, per l'espletamento di studi ed indagini volti alla captazione delle acque sotterranee del citro Galeso, presente nel Mar Piccolo di Taranto. I risultati delle ricerche svolte sono illustrati in una estesa letteratura scientifica (CARONI *et alii*, 1988; COTECCHIA *et alii* 1988; COTECCHIA *et alii* 1989; COTECCHIA *et alii* 1990b; DAURÙ *et alii* 1990; DAURÙ *et alii* 1992). In particolare, in COTECCHIA 1991, contenuta nel DVD allegato alla presente Monografia, è riportata la relazione conclusiva degli studi eseguiti, redatta a conclusione della captazione del citro, avvenuta con successo.

Nel presente paragrafo si sintetizzano solo gli aspetti tecnologici riguardanti l'opera di captazione sperimentale realizzata, cui si premette un breve inquadramento idrogeologico dell'area prossima al citro Galeso. I risultati delle ricerche geologico-

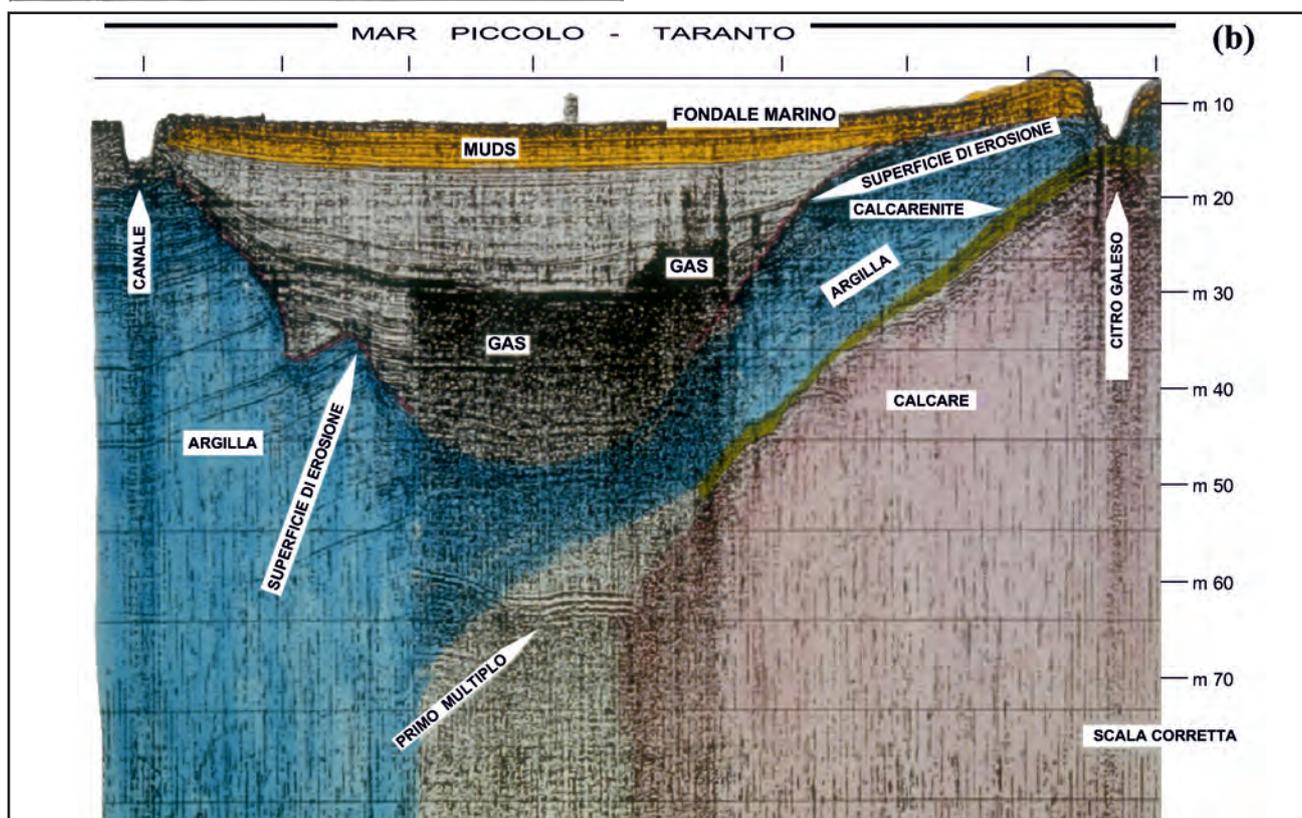


Fig. 17.41 - Rilievi geofisici con tecnologia "UNIBOOM", Side Scan Sonar ed ecografica nel Mar Piccolo: a) carta delle rotte osservate dall'imbarcazione durante il rilievo; b) sezione interpretativa in prossimità del Citro Galeso (da COTECCHIA, 1991).

- Geophysical survey by "UNIBOOM", Side Scan Sonar and ultrasound technology of Mar Piccolo: a) map of the routes observed from the boat during the survey; b) interpretive profile near Citro Galeso (after COTECCHIA, 1991).

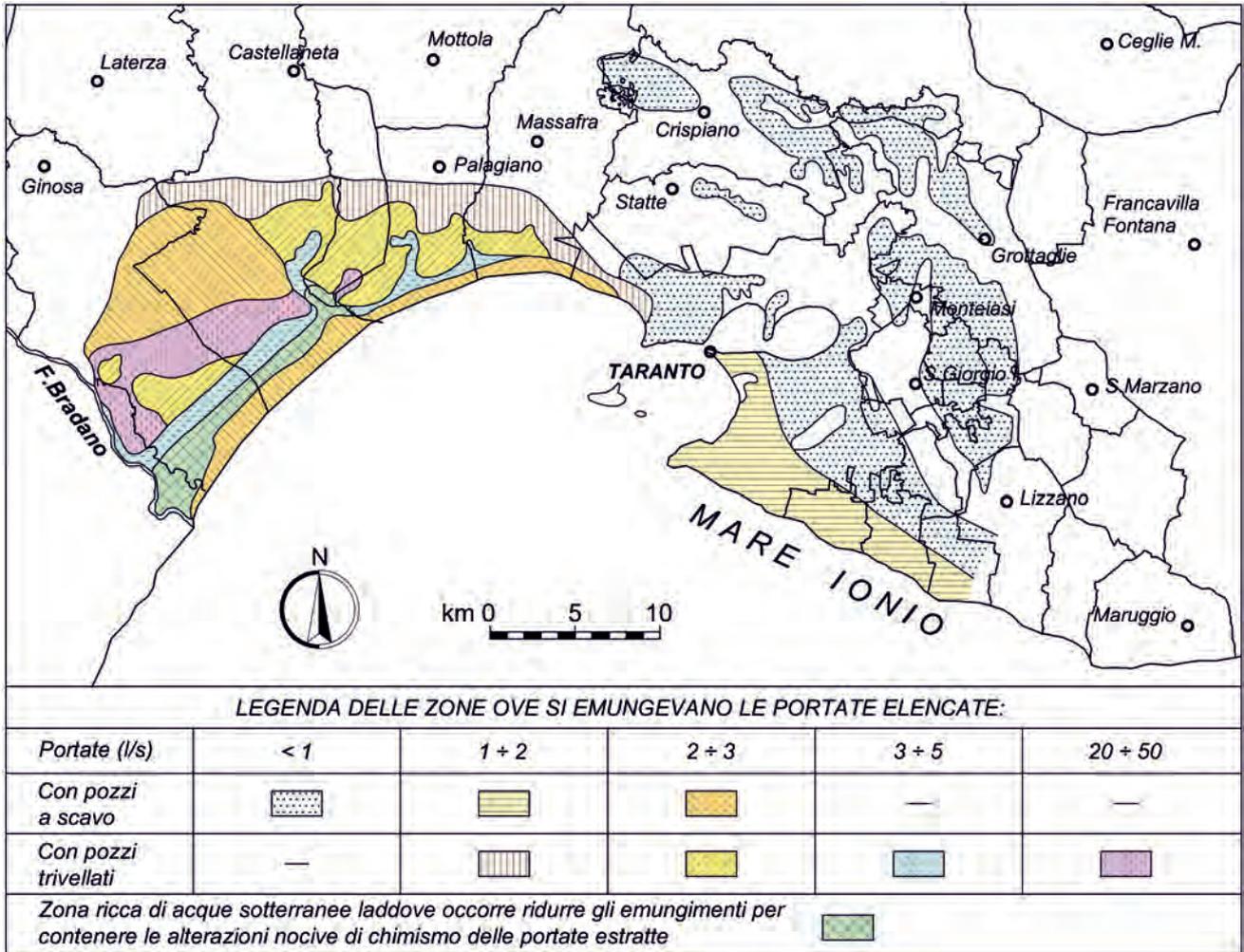


Fig. 17.42 - Falde acquifere superficiali dell'Arco Ionico Tarantino (mod., da ZORZI & REINA, 1962).
 - Shallow aquifers of the Ionian Arch of the Gulf of Taranto (modified after ZORZI & REINA, 1962).

strutturali ed idrogeologiche condotte sul territorio circostante il Mar Piccolo sono invece esaurientemente considerati nei paragrafi precedenti, ove si rimanda per la esaustiva caratterizzazione idrogeologica dell'area.

È purtroppo da stigmatizzare che l'opera di captazione, una volta conclusa con successo idrogeologico e paesaggistico, fu protetta e salvaguardata per oltre un anno dalla Capitaneria di Porto, ma gli Organi Istituzionali mirati all'approvvigionamento idrico regionale si preoccuparono assai poco del buon esito della ricerca sperimentale svolta, onde il Mar Piccolo fu successivamente liberato dalle attrezzature della captazione; tuttavia i risultati conseguiti permangono, per cui dagli stessi deriva lo stimolo a riconsiderare le metodologie adoperate nell'opera di captazione sperimentale

del citro Galeso. Essa rimane un esempio di notevole successo tecnico e scientifico in ordine alla effettiva possibilità di reperire acque sotterranee quando irrompono sotto mare attraverso anfratti carsicizzati.

17.6.1. - Condizioni idrogeologiche in prossimità del Citro Galeso

Nel paragrafo 17.5.7.2 sono stati già descritti i citri del Mar Piccolo di Taranto, i quali rappresentano il recapito finale della porzione di falda profonda che dagli alti murgiani si dirige verso il mare, compresa tra gli spartiacque sotterranei idrogeologici B e C di figura 17.11.

Il citro Galeso, dotato di abbondante portata sorgentizia, è costituito da un orifizio di notevole

ampiezza e da altre bocche minori, distribuite sui fianchi e al centro di un'ampia depressione ad andamento imbutiforme e diametro di una ventina di metri. L'acqua defluisce nel Mar Piccolo attraverso fenditure della roccia (fig. 17.43) e zone del fondale a contorno poco definito. A profondità di 18 m sotto l'attuale livello marino, nella parte più depressa dell'area di fondale che si considera, è localizzata la polla principale, all'estremità interna di una gola a pareti verticali. L'acqua sorgiva proviene da una grotta, la cui imboccatura è franata e parzialmente ostruita, tanto da rendere abbastanza irregolare la parte estrema del condotto, all'incirca a sezione romboidale, che rappresenta lo sbocco del citro in parola.

Allo sbocco il getto si divide in tre flussi principali a causa della presenza di massi calcarei presenti sul tratto di fondale marino interessato dal flusso sorgentizio. Quest'ultimo si evidenzia sulla superficie del Mar Piccolo attraverso una cornice ondata pressoché circolare che racchiude l'area entro cui si disperde la portata sorgentizia che dal fondale marino raggiunge la superficie del mare (fig. 17.44).

In figura 17.45 è riportata una sezione idrogeologica del Mar Piccolo di Taranto con indicazione del citro Galeso (COTECCHIA *et alii* 1989). Le altezze piezometriche della falda assumono valori dell'ordine di 50 cm s.l.m. subito a monte del Mar Piccolo, in corrispondenza del pozzo spia Leggiadrezze, eseguito sulla costa ed a breve distanza dal citro Galeso per chiarire la stratigrafia della roccia sottostante e laterale al Mar Piccolo. Tale pozzo ha consentito di determinare la profondità del tetto dell'acqua di mare (circa -65 m s.l.m.; fig. 17.14), assunta nella sezione di figura 17.45 coincidente con l'interfaccia acqua dolce-acqua di mare. I calcari del cretaceo presenti nel sito che si descrive si approfondiscono a valle del citro Galeso sino a raggiungere quote dell'ordine di -75 m s.l.m., per cui la falda di acqua dolce, in ragione delle altezze piezometriche ivi riconosciute, non può proseguire il suo corso verso il Mar Grande. I citri del Mar Piccolo rappresentano dunque il recapito finale della falda ivi diretta.

Al fine di comprendere il comportamento idrodinamico di una sorgente sottomarina è necessario



Fig. 17.43 - Fratture e forme carsiche nelle calcareniti dalle quali emerge il Citro Galeso a profondità di 18 m circa sotto l'attuale livello marino (da COTECCHIA, 1991).

- Fractures and karst features in the calcarenites where Citro Gales springs at about 18 m depth below the current sea level (after COTECCHIA, 1991).

sottolineare che essa si distingue nettamente da quello di una sorgente subaerea. L'efflusso di una sorgente subaerea avviene a pressione atmosferica e prosegue sino a quando l'altezza piezometrica della falda in corrispondenza della sezione di sbocco è superiore alla quota del piano campagna (cap. 4). Tale portata è quindi funzione fondamentale del regime idrologico della falda, in quanto è il principale responsabile delle sue variazioni piezometriche. Altre perturbazioni, quali quelle indotte dalle oscillazioni del livello mare, inducono variazioni di portata nella misura in cui determinano variazioni piezometriche nella falda che alimenta la sorgente.

Nel caso di una sorgente sottomarina il deflusso avviene sotto il livello del mare in corrispondenza di discontinuità dei terreni poco permeabili che confinano la falda sotto il livello del mare. Le variazioni del livello mare determinano quindi sia variazioni piezometriche della falda alimentante la sorgente, sia variazioni di pressione in corrispondenza della sezione di sbocco della sorgente sottomarina.

Detta z_s la quota del livello mare misurata rispetto alla sezione di sbocco della sorgente, è utile definire la relativa altezza piezometrica equivalente di acqua dolce, pari a (CARONI *et alii*, 1988; ; COTECCHIA *et alii* 1989; COTECCHIA *et alii* 1990; fig. 17.46):

$$H_s [m] = z_s \rho_s / \rho_f \quad (17.1)$$

dove ρ_s e ρ_f sono, rispettivamente, la densità dell'acqua di mare e dell'acqua dolce di falda.



Fig. 17.44 - Cornice ondosa circolare alla superficie del Mar Piccolo corrispondente al flusso verticale derivante dalla portata del Citro Galeso.
 - Round-shaped wave at the surface of Mar Piccolo corresponding to the vertical flow from Citro Galeso.

La portata di efflusso della sorgente sottomarina è funzione della differenza di altezza piezometrica:

$$\Delta H \text{ [m]} = H_f - H_s, \quad (17.2)$$

dove H_f è l'altezza piezometrica della falda misurata rispetto alla sezione di sbocco.

Le condizioni idrogeologiche dell'acquifero carbonatico nell'area del Mar Piccolo risultano però molto complesse e difficilmente schematizzabili, essendo l'efflusso della falda ripartito tra più sorgenti sottomarine, di cui il citro Galeso ne è la principale. In questa sede ci si soffermerà solo sulla polla principale del citro Galeso, trascurando quindi la presenza dei citri minori.

La presenza della discontinuità rappresentata dal citro determina quindi un flusso ascensionale di acqua dolce nel Mar Piccolo, che si può ricondurre alla diffusione di un getto liquido verticale immesso, attraverso una luce, in una massa fluida in quiete ed indefinita, di densità maggiore. Esso rientra nel

quadro più generale delle correnti di densità, nelle quali la quantità di energia $\rho g \Delta H$ presente nella sezione di sbocco, in parte si converte in energia cinetica ed energia potenziale lungo l'asse getto, in parte è dissipata in perdite di carico viscoso e turbolento ed in parte sarà ceduta all'acqua di mare che a sua volta sarà messa in movimento. Per la trattazione matematica di detto problema si rimanda alla letteratura indicata in bibliografia (ABRAHAM, 1963; COTECCHIA & FEDERICO 1985, CARONI *et alii*, 1988; COTECCHIA *et alii* 1989; COTECCHIA *et alii* 1990; COTECCHIA, 1991). In linea teorica sarebbe possibile risalire alla portata effluente dalla luce a partire da misure di salinità dell'acqua in movimento. COTECCHIA & FEDERICO, 1985 suggeriscono una metodologia basata sull'immissione di una portata d'acqua addizionale contenente un tracciante in concentrazione nota. Ipotizzando una miscelamento completo tra l'acqua salata e l'acqua dolce, la legge di conservazione della massa risulta

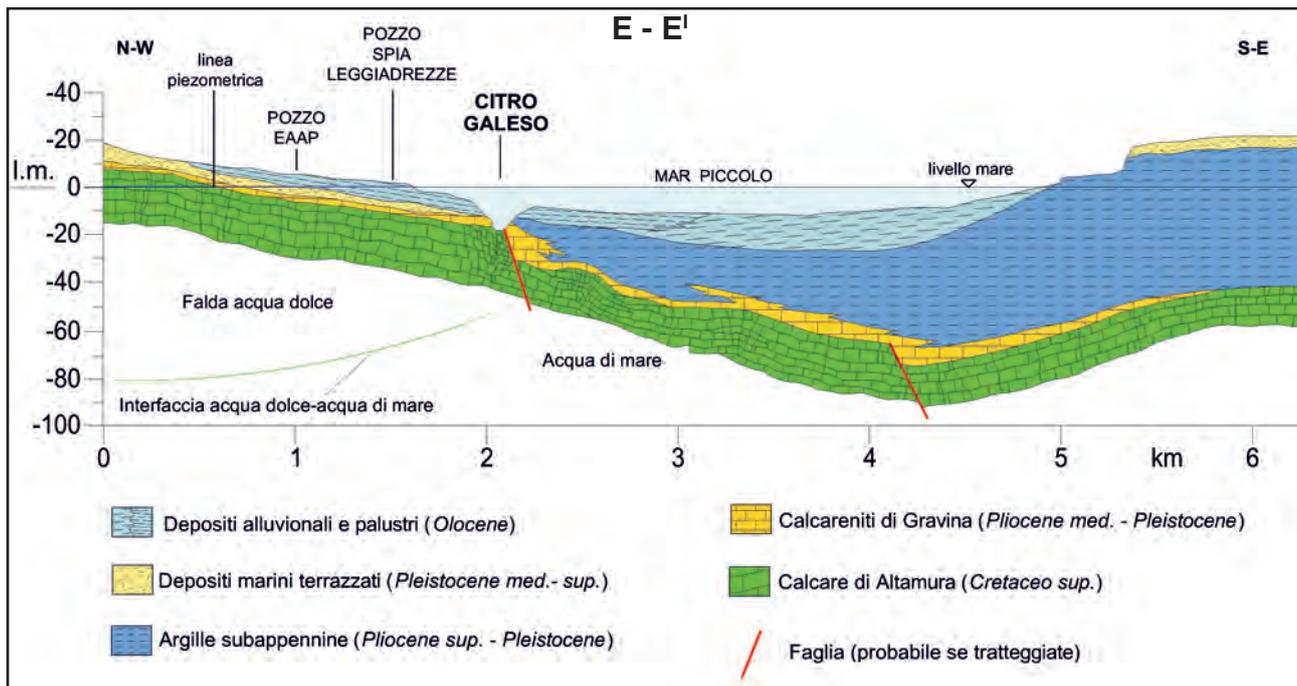


Fig. 17.45 - Sezione idrogeologica del Mar Piccolo la cui traccia è indicata in fig. 17.1.
 - Hydrogeological profile of Mar Piccolo (trace shown in fig. 17.1).

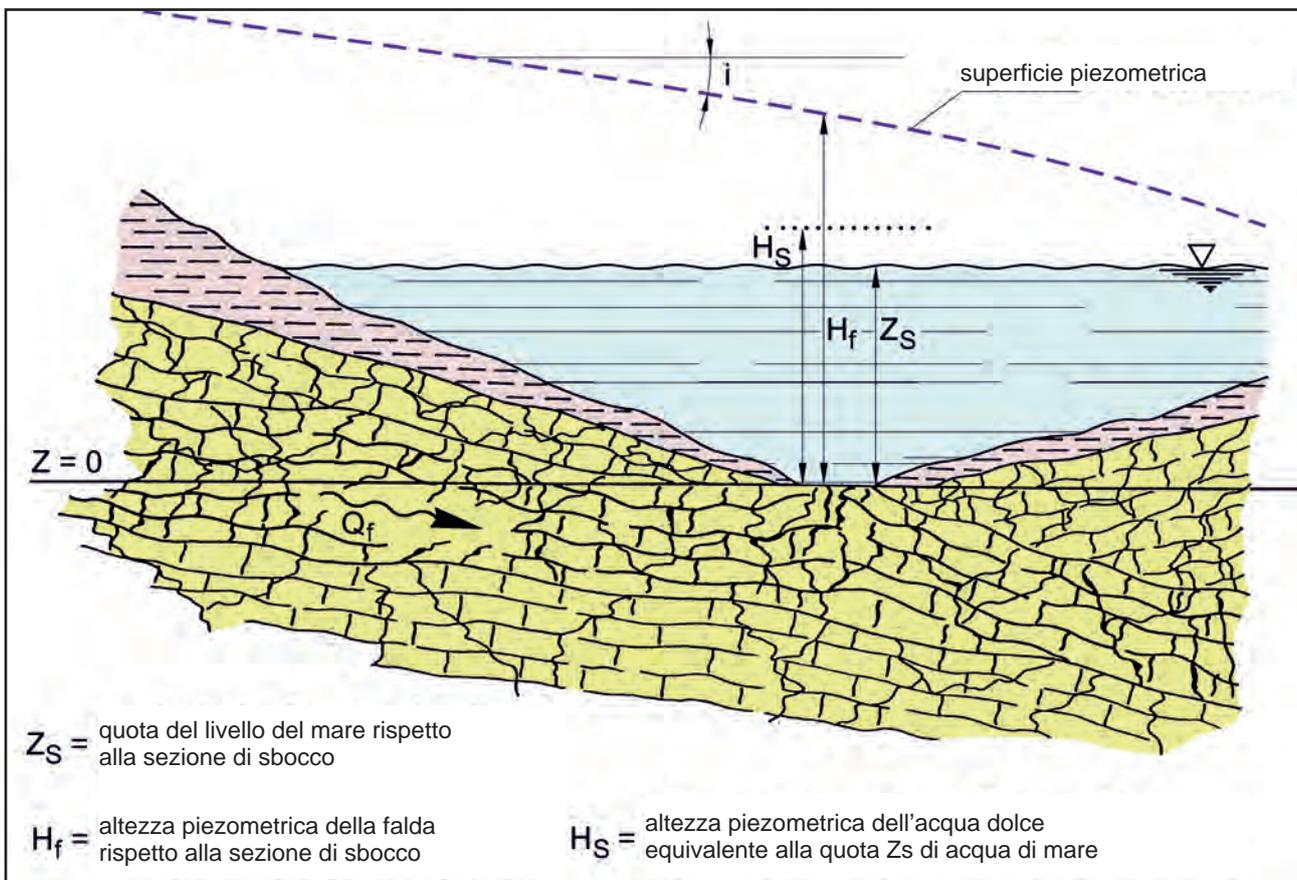


Fig. 17.46 - Configurazione dei carichi idraulici presenti sulla sezione di sbocco di una sorgente sottomarina.
 - Configuration of the hydraulic heads at the outflow cross-section of the submarine spring.

espressa dall'equazione (fig. 17.47):

$$Q_0 \rho_0 + \Delta Q \rho_s = (Q_0 + \Delta Q) \rho_h \quad (17.3)$$

dove:

Q_0 [m³/s] = portata di acqua dolce effluente dalla bocca della sorgente;

ΔQ [m³/s] = portata di acqua salata coinvolta nel flusso ascendente;

ρ_0 [Kg/m³] = densità dell'acqua sorgiva;

ρ_s [Kg/m³] = densità dell'acqua di mare;

ρ_h [Kg/m³] = densità del getto di acqua salmastra alla quota z_s , ossia al livello della superficie del mare.

Essendo la densità direttamente proporzionale alla salinità dell'acqua, l'equazione 17.3 fornisce:

$$Q_0 S_0 + \Delta Q S_s = (Q_0 + \Delta Q) S_h \quad (17.4)$$

dove:

S_0 [Kg/m³] = salinità dell'acqua sorgiva;

S_s [Kg/m³] = salinità dell'acqua di mare;

S_h [Kg/m³] = salinità del getto di acqua salmastra alla quota z_s ,

da cui si ricava:

$$\beta = \frac{\Delta Q}{Q_0} = \frac{S_h - S_0}{S_s - S_h} \quad (17.5)$$

Immettendo in corrispondenza della bocca della sorgente una portata d'acqua addizionale q contenente un tracciante a concentrazione K_1 nota, ed indicando con K_h la sua concentrazione alla quota z_s della superficie del mare nell'ipotesi che si distribuisca uniformemente lungo il getto, si ha:

$$q K_1 = (Q_0 + \beta Q_0 + q) K_h \quad (17.6)$$

Essendo la portata q molto inferiore alla portata $Q_0 + \beta Q_0$, si ha:

$$Q_0 \cong \frac{q k_1}{(1 + \beta) k_h} \quad (17.7)$$

L'equazione 17.7 consente quindi di calcolare la portata effluente dalla sorgente sottomarina attraverso semplici misure di concentrazione salina e di concentrazione del tracciante immesso. Tale relazione non è però mai stata oggetto di verifica sperimentale.

17.6.2. - Caratteristiche dell'opera di captazione

L'orifizio del citro Galeso è stato regolarizzato con un piastrone in calcestruzzo ed incapsulato con una struttura in vetroresina a forma di campana costituita da tre moduli cilindrici di diametro

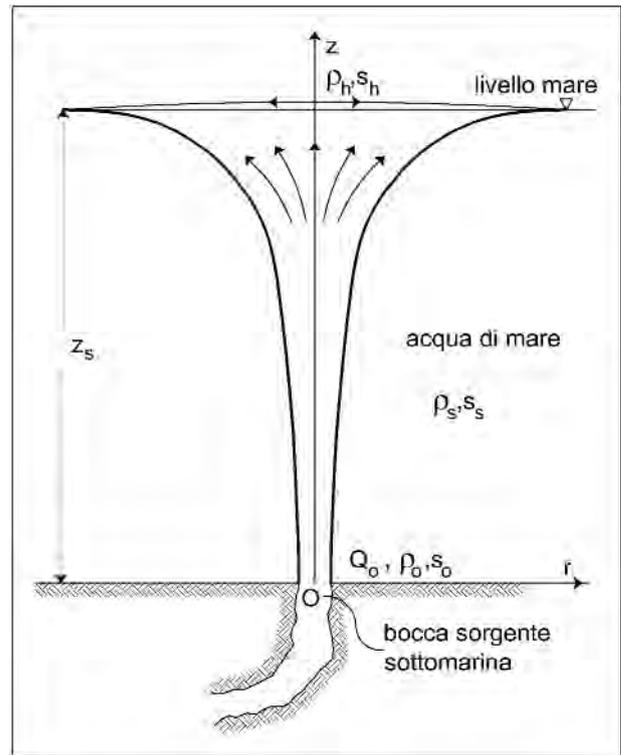


Fig. 17.47 - Schematizzazione dell'effluo da una sorgente sottomarina di acqua dolce o salmastra fino alla superficie libera del mare (da COTECCHIA & FEDERICO, 1988).

- Schematic view of the outflow from a fresh or brackish water submarine spring to the sea surface (after COTECCHIA & FEDERICO, 1988).

2 m sui quali si innesta un tratto tronco conico terminante con una tubazione di diametro 1,2 m, che si innalza sino alla superficie del mare (fig. 17.48). L'opera di captazione è collegata in superficie ad una boa praticabile (fig. 17.49) ancorata al fondale con tre corpi morti (fig. 17.50). La parte terminale della tubazione presenta un tratto mobile a cannocchiale che permette di variare la lunghezza del tubo verticale e, come vedremo, la portata d'acqua in superficie (fig. 17.51). L'opera di captazione è inoltre dotata di un *by pass* laterale che la mette in comunicazione con il serbatoio marino. Esso assolve alla doppia funzione di valvola di sicurezza per la sorgente e di piezometro per l'opera di captazione. L'acqua dolce di falda captata in parte risale in superficie attraverso la tubazione verticale ed in parte fuoriesce dal *by pass* nel serbatoio marino. In particolare, variando la lunghezza del tratto a cannocchiale della tubazione verticale è possibile annullare la portata transitante nel *by pass*, sicché tutta la portata d'ac-

qua captata risale in superficie e non vi è ingresso di acqua di mare nel sistema. Sotto una opportuna altezza del tubo verticale si ha quindi, nel *by pass*, una condizione di equilibrio tra l'acqua dolce di falda captata e l'acqua di mare del Mar Piccolo, che si evidenzia con una netta interfaccia di separazione (fig. 17.52), la cui posizione è funzione delle maree e della piezometria della falda. In tale condizione è quindi possibile eseguire la misura della portata della sorgente e studiare il regime idraulico dell'opera di captazione.

Al fine di controllare al meglio la portata della polla principale sono state occluse alcune modeste emergenze presenti nel suo intorno con sacchi di sabbia finissima.

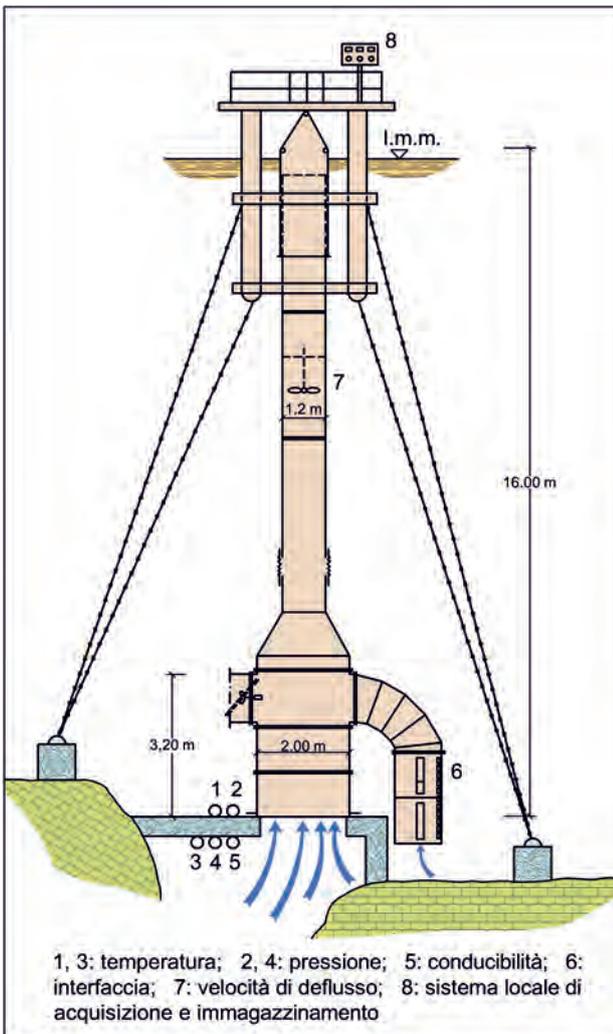


Fig. 17.48 - Schema dell'opera di captazione del Citro Galeoso con indicazione dei trasduttori di misura.

- Sketch of the tapping facility at Citro Galeoso, showing the measurement transducers.

17.6.3. - Modello idraulico dell'opera di captazione e primi risultati sperimentali

L'opera di captazione può essere assimilata a tre condotte che collegano altrettanti serbatoi e che si intersecano in un nodo intermedio (fig. 17.53). I tre serbatoi sono rappresentati dalla sorgente captata (A), dall'uscita libera in superficie (B) e dal mare allo sbocco del *by pass* (C). Le tre condotte sono rappresentate dal primo tratto cilindrico di diametro 2 m (AN), dal *by pass* che collega il sistema di captazione al mare (NC), e dalla tubazione verticale di diametro 1,2 m che termina con il tratto a cannocchiale (NB).

Al fine di determinare i legami esistenti tra la portata captata, l'altezza del cannocchiale e la posizione dell'interfaccia acqua dolce-acqua di mare nel *by pass* che si determina quando l'altezza del cannocchiale è tale da annullare la portata d'acqua nella condotta NC, è possibile adottare l'ipotesi di pareti delle condotte infinitamente rigide, acqua incomprimibile e "sollecitazione" del sistema costante nel tempo, così da considerare permanente il moto che si realizza nelle condotte. Facendo opportune assunzioni circa le perdite di carico che si sviluppano nel sistema (CARONI *et alii*, 1988; COTECCHIA *et alii* 1990; COTECCHIA, 1991) e che qui si omettono per brevità, è possibile pervenire alla relazione:

$$z_1 + (z_s + z_l) \frac{\rho_s}{\rho_f} + \frac{Q^2}{2g \left(\frac{\pi D_1^2}{4} \right)^2} - H_B = 0,0523 Q^2 \quad (17.8)$$

dove (fig. 17.53a)

z_1 [m] = quota dell'interfaccia acqua dolce-acqua di mare nel *by pass* misurata rispetto all'estradosso del piastone in calcestruzzo;

Q [m³/s] = portata d'acqua che interessa la tubazione verticale NB, pari a quella captata dalla sorgente essendo nulla la portata nel *by pass*;

D_1 = diametro della condotta nel tratto AN, pari a 2m;

g [m²/s] = accelerazione di gravità;

H_B [m] = quota dello sbocco in atmosfera misurata rispetto all'estradosso del piastone in calcestruzzo, che può essere assunta in modo approssimato pari alla quota ($z_B + Y$) della superficie di contorno del volume d'acqua uscente;



Fig. 17.49 - Foto del Mar Piccolo di Taranto in prossimità del Citro Galeo, ove è possibile osservare la boa praticabile realizzata in corrispondenza dell'opera di captazione sperimentale.

- Photo of Mar Piccolo of Taranto near Citro Galeo, where the practicable buoy near the experimental tapping facility is visible.

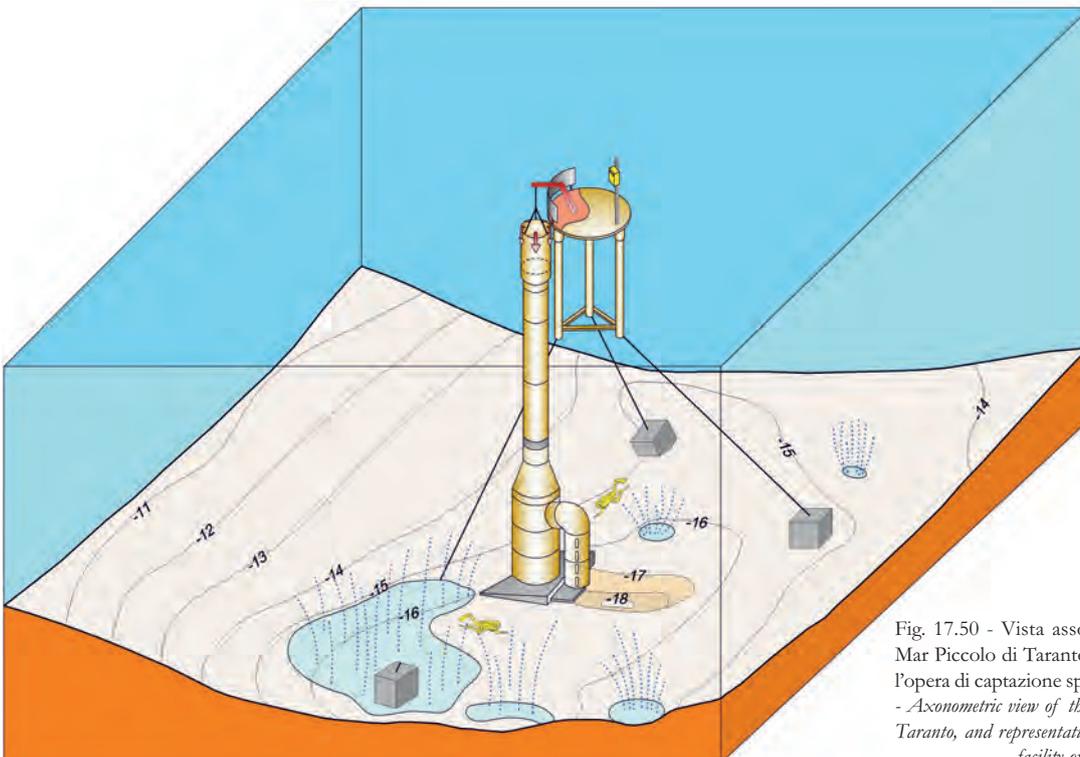


Fig. 17.50 - Vista assonometrica del fondale del Mar Piccolo di Taranto con rappresentazione dell'opera di captazione sperimentale del Citro Galeo.

- Axonometric view of the seabed of the Mar Piccolo of Taranto, and representation of the experimental tapping facility of Citro Galeo.



Fig. 17.51 - Foto dell'estremità superiore del condotto verticale che capta dal fondale marino l'acqua del Citro Galeoso trasferendola sulla superficie del mare.

- Upper end of the vertical conduit tapping Citro Galeoso water from the seabed and transferring it to the sea surface.



Fig. 17.52 - Foto del *by pass* dell'opera di captazione sperimentale evidenziante l'interfaccia tra l'acqua dolce di falda (in alto) e l'acqua di mare (in basso).

- *By pass* of the experimental tapping facility showing the interface between freshwater (at the top) and seawater (at the bottom).

Detta equazione evidenzia quindi il legame esistente tra il livello del mare (z_s), l'altezza del cannocchiale (z_B), la posizione dell'interfaccia nel *bypass* (z_I) e la portata d'acqua della sorgente immessa in superficie (Q). In tabella 17.9 sono riportati i risultati ottenuti mentre in tabella 17.10 segue il confronto tra valori di portata misurati e quelli calcolati nei casi in cui è nota la quota dell'interfaccia del *bypass*, da alcune misure sperimentali della portata eseguite tra il 1988 e il 1989. Come si può osservare si ottengono risultati del tutto accettabili, considerata la complessità del sistema. Va inoltre evidenziato che le variazioni di altezza del cannocchiale possono produrre una redistribuzione della portata complessiva fra le diverse emergenze del Mar Piccolo, non considerata nel modello rappresentato dall'equazione 17.8 (CARONI *et alii*, 1988).

Particolarmente significative risultano 5 misure di portata eseguite il giorno 07/09/1988 in corrispondenza di diverse posizioni del tubo a cannocchiale. Come si può osservare in tabella 17.9, al ridursi della lunghezza del tubo, ossia al diminuire della pressione agente sulla sorgente, la portata captata aumenta. Le variazioni di portata osservate nelle misure eseguite sono state dell'ordine di $0,300 \text{ m}^3/\text{s}$. Analogamente, anche la salinità aumenta in quanto la diminuzione di pressione agente sulla bocca della scaturigine determina localmente il sollevamento dell'interfaccia acqua dolce – acqua di mare intrusa, favorendo in definitiva il mescolamento dei due fluidi. Il fenomeno è altresì coerente con l'ipotesi di diretta interazione della polla captata con le altre, che può indurre il richiamo di acque di mare dalle scaturigini limitrofe. Su questa base si possono delineare alcuni rischi connessi ad una captazione che non rispetti il funzionamento “spontaneo” della sorgente: ad esempio, un incremento eccessivo della portata captata attraverso l'abbassamento della quota di arrivo dell'acqua, può implicare una contaminazione dell'acqua estratta per aumento della salinità.

La misura eseguita il 31/01/1989 (tab. 17.10) ha invece indicato un elevato valore di portata ($0,706 \text{ m}^3/\text{s}$), mentre la salinità presenta il valore più basso tra tutte le misure eseguite ($3,4 \text{ g/l}$). In detta occasione la quota z_s del livello mare risulta

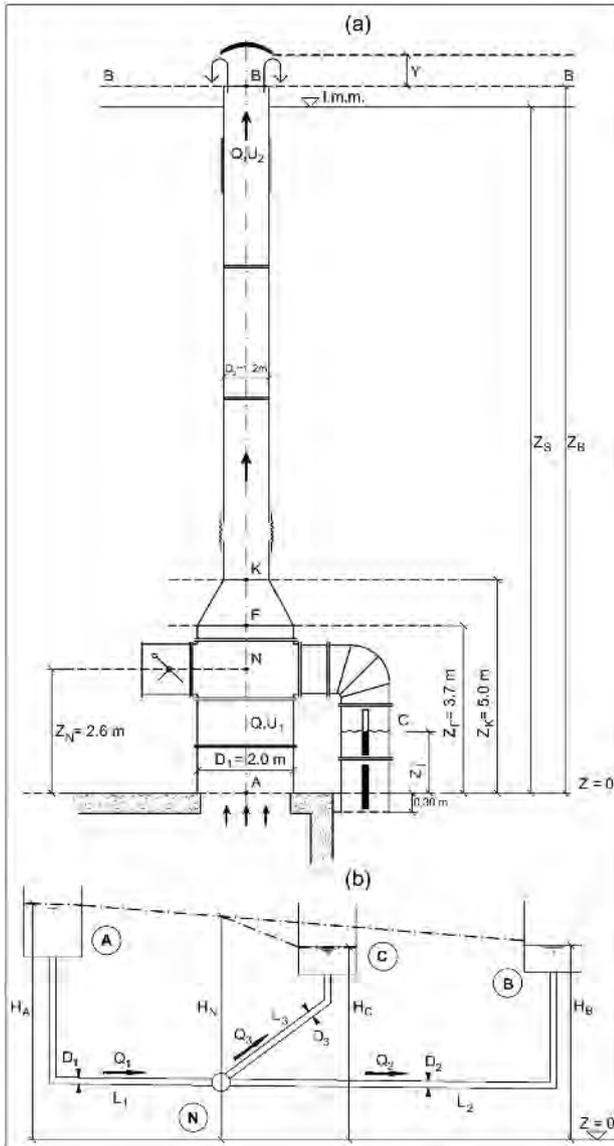


Fig. 17.53 - Schematizzazione del sistema di captazione sperimentale del Citro Galeo: a) rappresentazione quotata del complesso di captazione; b) modello idraulico rappresentato da condotte colleganti tre serbatoi (A = sorgente captata; B = uscita libera in superficie; C = mare) che si intersecano nel nodo N. - Experimental tapping facility at Citro Galeo: a) dimensioned sketch of the tapping unit; b) hydraulic model represented by conduits connecting the three reservoirs (A = spring; B = free outflow at the surface; C = sea) that intersect at node N.

però inferiore di circa 45÷50 cm rispetto ai livelli registrati nelle altre data, e ciò determina un abbassamento dell'interfaccia acque dolci - acqua di mare. In questo caso l'elevato valore della portata di efflusso è quindi dovuto, a parità di ogni altra condizione, al minore carico idraulico del mare, cui consegue una più bassa salinità per effetto della attenuazione dei fenomeni di mescolamento legati alla intrusione marina.

In ogni caso, così come sarà evidenziato più

avanti dall'esame dei dati rivenienti dal sistema di monitoraggio in continuo, non è possibile stabilire in linea generale un legame tra portata d'efflusso e relativa salinità, essendo funzione di numerose variabili: piezometria della falda, oscillazioni del livello mare, esistenza di polle limitrofe e relativa quota di efflusso (CARONI *et alii*, 1988). La portata e la salinità dell'acqua captata è quindi funzione della combinazione di dette variabili, il cui studio avrebbe richiesto un maggior periodo di monitoraggio, oltre che ulteriori indagini da condurre in prossimità delle scaturigini sottomarine minori vicine al Citro Galeo.

17.6.4. - Sistema di monitoraggio automatico dell'opera di captazione

Nei primi anni '90 fu realizzato un sistema per il monitoraggio in continuo dei più significativi parametri in corrispondenza dell'opera di captazione sperimentale, ed in particolare (DAURÙ *et alii* 1990; DAURÙ *et alii*, 1992):

livello del mare;

- temperatura dell'acqua di mare;

- temperatura dell'acqua della sorgente;

- pressione dell'acqua sorgentizia alla bocca dell'emergenza;

- salinità dell'acqua della sorgente;

- velocità dell'acqua captate nel condotto di eduazione;

- posizione dell'interfaccia acqua dolce - acqua di mare nel *by pass*.

Il sistema di monitoraggio prevedeva anche un sistema locale automatico di acquisizione ed immagazzinamento dei dati rilevati per il successivo trasferimento in banca dati.

Furono messi in opera trasduttori di misura posizionati sia all'interno della cavità da cui scaturiscono le acque sorgentizie sia all'interno e all'esterno dell'opera di captazione (fig. 17.48). In figura 17.54 si riportano i risultati delle registrazioni effettuate nel periodo 11/03 - 20/03/1992, da cui si evince che l'altezza piezometrica della falda in corrispondenza della sezione di sbocco della sorgente (fig. 17.54b) è strettamente correlata alle oscillazioni del livello mare (fig. 17.54a). La portata della sorgente (fig. 17.54c), che è risultata compresa tra un minimo di 610 l/s ed

Tab. 17.9 - Risultati delle misure di portata, salinità e temperatura eseguite in corrispondenza dell'opera sperimentale di captazione del Citro Galeso nel periodo settembre 1988÷febbraio 1989.

- Results of discharge, salinity and temperature measurements taken at the experimental tapping facility of Citro Galeso in the period 1988÷February 1989.

		Quota mare z_s (m)	Quota interfaccia I (m)	Velocità (m/s)	Portata (m ³ /s)	Salinità (g/l)	Temperatura acqua dolce (°C)	Temperatura acqua marina (°C)
data	7/9/88	16.15	--	0.266	0.3	3.78	--	--
ora								
x	0,21 m							
y	0,05 m							
data	7/9/88	16.15	--	0.422	0.478	3.84	--	--
ora								
x	0,27 m							
y	0,08 m							
data	7/9/88	16.15	--	0.518	0.585	3.85	--	--
ora								
x	0,31 m							
y	0,11 m							
data	7/9/88	16.15	--	0.521	0.589	3.88	--	--
ora								
x	0,36 m							
y	0,11 m							
data	7/9/88	16.15	--	0.533	0.6	3.9	--	--
ora								
x	0,45 m							
y	0,14 m							
data	14/11/88	16.01	1	0.67	0.803	--	19.6	14
ora	12:30							
x	0,38 m							
y	0,20 m							
data	24/11/88	16.1	1	0.628	0.711	4	19.8	14
ora	15:30							
x	0,24 m							
y	0,16 m							
data	31/1/89	15.6	0.45	0.624	0.706	3.4	19.8	11.4
ora	11:00							
x	0,65 m							
y	0,12 m							
data	14/2/89	--	--	0.698	0.789	3.95	19.6	11.6
ora	11:00							
x	0,45 m							
y	0,18 m							

x = distanza boa dal tubo; y = altezza acqua su bordo tubo; le quote sono riferite all'estradosso del piastrone in calcestruzzo

un massimo di 850 l/s, presenta i minimi relativi coincidenti con i minimi relativi del livello mare, in accordo con il modello idraulico proposto.

Nel periodo considerato le acque di mare hanno presentato una temperatura media di 12,4 °C (fig. 17.54d), inferiore a quella media della falda, pari a 18,7 °C (fig. 17.54e), quest'ultima presentante variazioni contenute in pochi decimi di grado.

La notevole differenza di temperatura misurata tra il mare e la sorgente è legata al limitato bacino del Mar Piccolo ed al suo basso fondale, che rende la temperatura dell'acqua di mare molto sensibile alle variazioni stagionali della temperatura esterna, mentre l'acqua di falda, per contro, presenta modeste variazioni di temperatura durante l'anno.

L'andamento nel tempo della salinità dell'acqua

Tab. 17.10 - *Confronto tra i valori di portata misurati e quelli calcolati con il modello idraulico.*

- Comparison between the discharge values measured and those calculated by the hydraulic model.

DATA	Z _I	Z _S	Z _B	Y	Q misurata	Q calcolata
--	(m)	(m)	(m)	(m)	(m ³ /s)	(m ³ /s)
14/11/88	0.7	16.01	16.12	0.2	0.803	1.3
24/11/88	0.7	16.1	16.29	0.16	0.711	0.86
31/1/89	0.15	15.6	15.85	0.12	0.706	0.6

della sorgente (fig. 17.54f) non è correlato a quello della portata (fig. 17.54c); infatti, ad un incremento della portata, in alcuni casi corrisponde un decremento della salinità, in altri un aumento. Ciò conferma, quindi, quanto precedentemente evidenziato circa la complessità del legame intercorrente tra i due parametri, condizionato evidentemente dall'influenza delle altre variabili in gioco (altezza piezometrica della falda, livello mare, portata erogata dalle altre polle del Mar Piccolo). Alla stessa conclusione si perviene se si confronta l'andamento nel tempo della salinità della sorgente con quello del livello mare.

È possibile invece determinare una netta correlazione tra la salinità e la temperatura dell'acqua della sorgente, e ciò in quanto all'aumentare della salinità aumenta la percentuale di acqua di mare che si mescola con quella di falda prima di defluire dalla sorgente. Nel periodo di osservazione l'acqua del mare era, come già detto, mediamente più fredda dell'acqua di falda, per cui ad un incremento di salinità corrisponde una riduzione di temperatura dell'acqua captata.

17.6.5. - *Ipotesi circa la captazione ottimale e definitiva dei citri del Mar Piccolo*

Gli studi eseguiti i cui risultati sono stati brevemente riassunti in questo paragrafo hanno indicato la concreta possibilità di captare le acque sotterranee della falda profonda che emergono in corrispondenza del citro Galeso senza alterare l'equilibrio acqua dolce - acqua di mare nell'acquifero.

Il citro Galeso presenta una portata variabile,

per quanto è stato possibile misurare nel breve periodo di monitoraggio in continuo (marzo 1988), nell'intervallo 610-850 l/s. Valori inferiori di portata (300-600 l/s) sono stati invece determinati da singole misure eseguite nella stagione estiva del 1988. La concentrazione salina dell'acqua captata è risultata, da tutte le indagini eseguite, compresa nell'intervallo 3,5-6,7 g/l.

Lo studio dell'andamento nel tempo dei principali parametri investigati ha evidenziato la complessità del sistema, molto sensibile alle variazioni del livello mare e alle condizioni idrologiche della falda, di cui un eventuale captazione della sorgente deve necessariamente tener conto al fine di non alterare negativamente il naturale equilibrio presente presso costa tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare. L'opera di captazione deve essere tale da portare alla superficie del mare la portata d'acqua che naturalmente sgorga dalla sorgente sottomarina, e detto obiettivo può essere raggiunto variando opportunamente la quota di sbocco dell'opera di captazione stessa, così come realizzato attraverso il tubo verticale a cannocchiale del sistema sperimentale descritto. Variando opportunamente l'altezza del cannocchiale è infatti possibile evitare nocive variazioni nella posizione dell'interfaccia tra la falda di acqua dolce e la sottostante acqua di mare, ossia evitare un incremento di concentrazione salina dell'acqua captata.

L'accertata presenza di numerose scaturigini sottomarine costituenti il recapito finale della falda profonda che dagli alti murgiani si dirige verso il Mare Piccolo, induce infine a riflettere sulla possibilità di realizzare un'opera di captazione che possa captare l'insieme di più citri. A tal riguardo si può considerare la realizzazione di un'opera di sbarramento che isoli la porzione di Mar Piccolo interessata dalle scaturigini in prossimità del citro Galeso, come quella schizzata in figura 17.55a. Detta opera di sbarramento consentirebbe, in modo analogo con quanto realizzato attraverso quella sperimentale del citro Galeso, di variare il carico idraulico agente sulle bocche dei citri variando la quota della superficie dell'acqua invasata, e quindi di gestire l'equilibrio acqua dolce di falda - acqua di mare intrusa nell'acquifero. In particolare, incrementando il carico idraulico agente sui citri attraverso una ri-

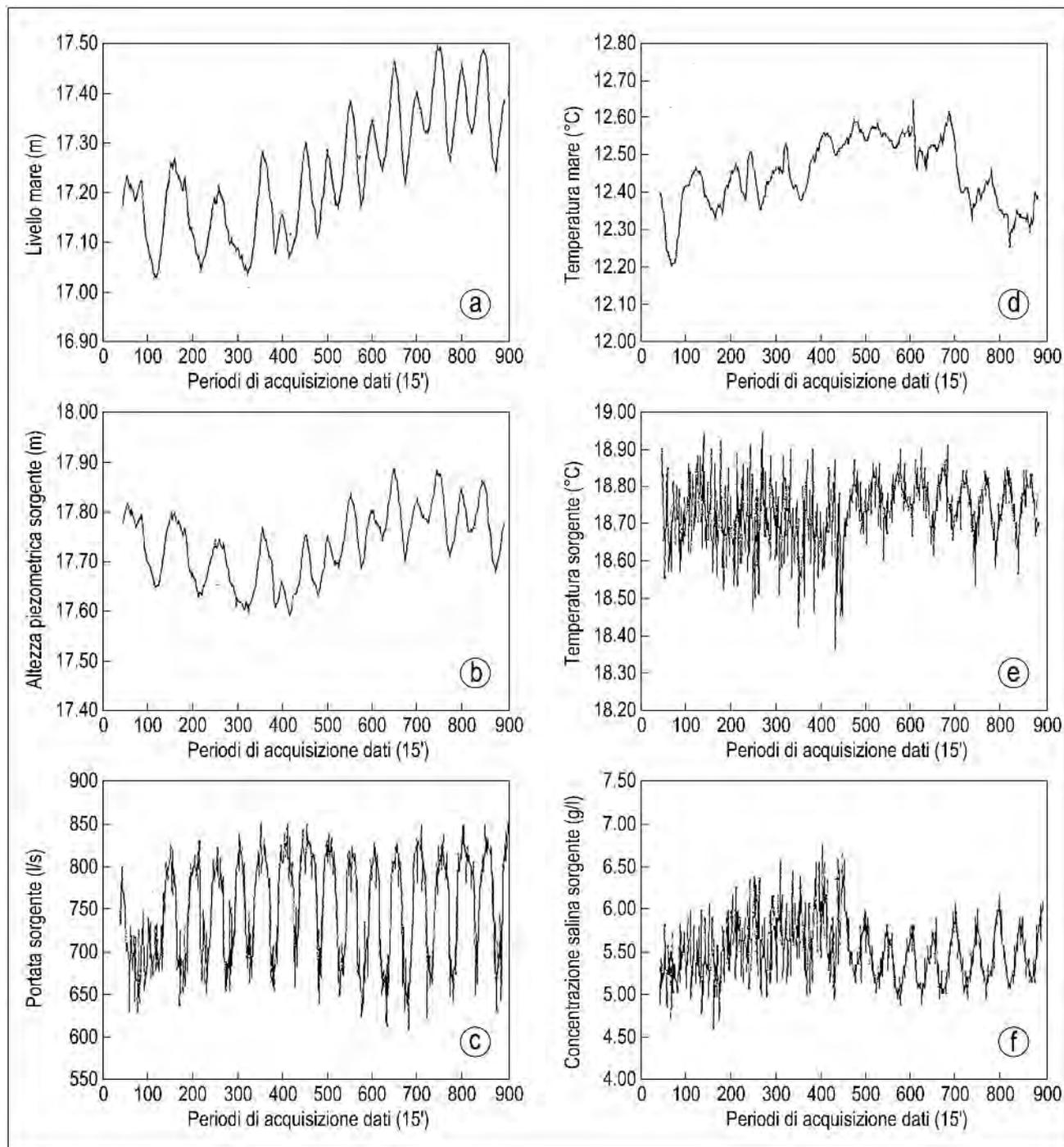


Fig. 17.54 - Diagrammi illustranti le variazioni nel tempo delle grandezze monitorate nel periodo 11÷20 marzo 1992 in corrispondenza dell'opera sperimentale di captazione del Citro Galeso.

- Diagrams showing time changes in the parameters monitored in the period March 11÷20, 1992, at the experimental tapping facility of Citro Galeso.

duzione della portata globalmente estratta, si ha un abbassamento dell'interfaccia, e ciò determina una minor salinità dell'acqua captata (fig. 17.55b). È evidente che il progetto di un siffatto tipo di opera richiede l'esecuzione di accertamenti da condurre in corrispondenza della scaturigini sottomarine mi-

norì presenti in prossimità del citro Galeso. Le conoscenze ad oggi disponibili sui citri del Mar Piccolo indicano la concreta possibilità di captare una portata d'acqua sotterranea dell'ordine di 1.000 l/s con concentrazione salina dell'ordine di 3-4 g/l. Essa potrebbe essere derivata dal sistema attra-

verso opportune canalizzazioni posizionate sul coronamento dell'opera di sbarramento.

Il Piano D'Ambito 2003-2032 (cap. 29) prevedeva la captazione del citro Galeso e la realizzazione di un dissalatore, al fine di destinare le acque al comparto potabile. Il suddetto citro non è però più considerato nella pianificazione regionale, a

causa di possibili problemi all'ecosistema del Mar Piccolo. È evidente che un progetto di captazione di più citri nel Mar Piccolo come quello qui immaginato, richiederebbe approfondimenti idrogeologici ed ambientali mirati alla caratterizzazione della vulnerabilità dell'acquifero molto più severi di quelli relativi a sorgenti subaeree. Il Mar Piccolo,

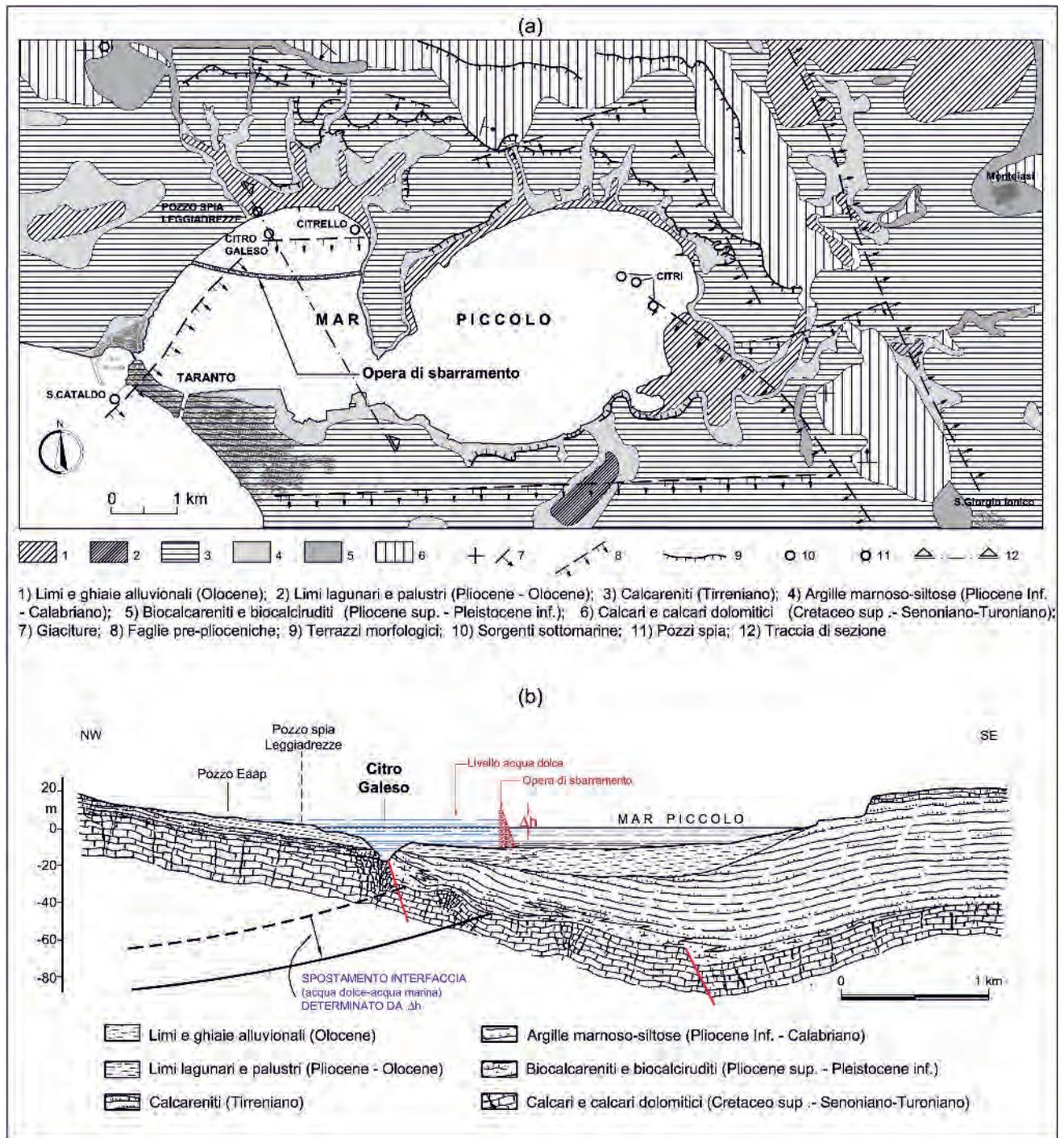


Fig. 17.55 - Ipotesi di opera di sbarramento per la captazione dell'insieme dei citri nel Mar Piccolo di Taranto in prossimità del Citro Galeso: a) planimetria; b) sezione.
- Hypothesis for an embankment to tap all the citri of Mar Piccolo of Taranto near Citro Galeso: a) map; b) cross-section.

infatti, per la sua configurazione e posizione è tale da raccogliere acque sotterranee e superficiali da vaste aree poste a monte, sino ai rilievi murgiani. Ciò determina notevoli problematiche ambientali e di inquinamento. L'argomento è di sommo interesse e sarebbe da affrontare con studi ad *hoc*, che siano finalizzati alla caratterizzazione ambientale del sito e alla corretta gestione del territorio.