

REGIONE BASILICATA

DIPARTIMENTO AMBIENTE, TERRITORIO
E POLITICHE DELLA SOSTENIBILITA'

STUDI ED INDAGINI
PER LA CARATTERIZZAZIONE E LA BONIFICA DEI SITI REGIONALI
INQUINATI E PERIMETRATI
DI INTERESSE NAZIONALE

ZONE INDUSTRIALI DI VAL BASENTO E DI TITO

IDROGEOLOGIA

2.3-4-5



elaborato

allegato

RELAZIONE

PROF. GIUSEPPE SPILOTRO

POTENZA, GIUGNO 2006

rs0711
Giuseppe Spilotro

2.ZONA INDUSTRIALE DI TITO

2.1 Inquadramento geologico

2.1.1 Caratteri generali

Il territorio del comune di Tito in cui è localizzata l'area in esame è posto nel settore assiale della catena Sud-Appenninica.

L'Appennino Campano-Lucano è una catena montuosa a pieghe e sovrascorrimenti, originatasi in regime compressivo con orientazione circa ENE-WSW, legato alla subduzione del margine adriatico della placca africana sotto quella europea. Gli assi delle pieghe e i fronti dei sovrascorrimenti hanno perciò un'orientazione media a scala regionale NW-SE definita in letteratura come direzione appenninica (Fig. 2.1).

La deformazione dei domini paleogeografici che sono coinvolti nella struttura dell'Appennino Lucano ha inizio tra l'Oligocene superiore e il Miocene inferiore (25 milioni di anni), e perdura sicuramente, con più fasi parossistiche fino al Pleistocene. I depositi più giovani interessati da deformazione compressiva sono datati all'Emiliano (1,5 m.a.).

Le unità che costituiscono il prisma d'accrezione derivano da domini di piattaforma carbonatica di bacino pelagico ed emipelagico, con tutti gli ambienti deposizionali compresi fra questi due estremi. La ricostruzione paleogeografica più largamente accettata, individua per il periodo Triassico (240 m.a.) - Miocene, da ovest verso est, i seguenti ambienti sedimentari:

- Piattaforma Carbonatica Appenninica, le cui unità costituiscono buona parte dei massicci montuosi più alti come quello degli Alburni, dei monti della Maddalena, e del gruppo del Pollino. Le facies sedimentarie sono quelle tipiche dei complessi carbonatici con scogliere, lagune, margini di scogliera, scarpate, ecc.

- Bacino di Lagonegro, le cui unità affiorano estesamente in larga parte del territorio del comune di Tito. I terreni che si sono sedimentati in questo ambiente, hanno caratteristiche litologiche tipiche dei depositi bacinali e dal basso verso l'alto della serie stratigrafica si differenziano le seguenti formazioni:

Formazione di Monte Facito

Formazione dei Calcari con Selce

Formazione degli Scisti Silicei

Formazione dei Galestri

Formazione del Flysch Rosso e delle Argille Varicolori

Il margine orientale del Bacino di Lagonegro era costituito dall'alto morfologico della:

- Piattaforma Carbonatica Apula, caratterizzata da unità stratigrafiche di significato paleoambientale analogo ai carbonati della Piattaforma Appenninica.

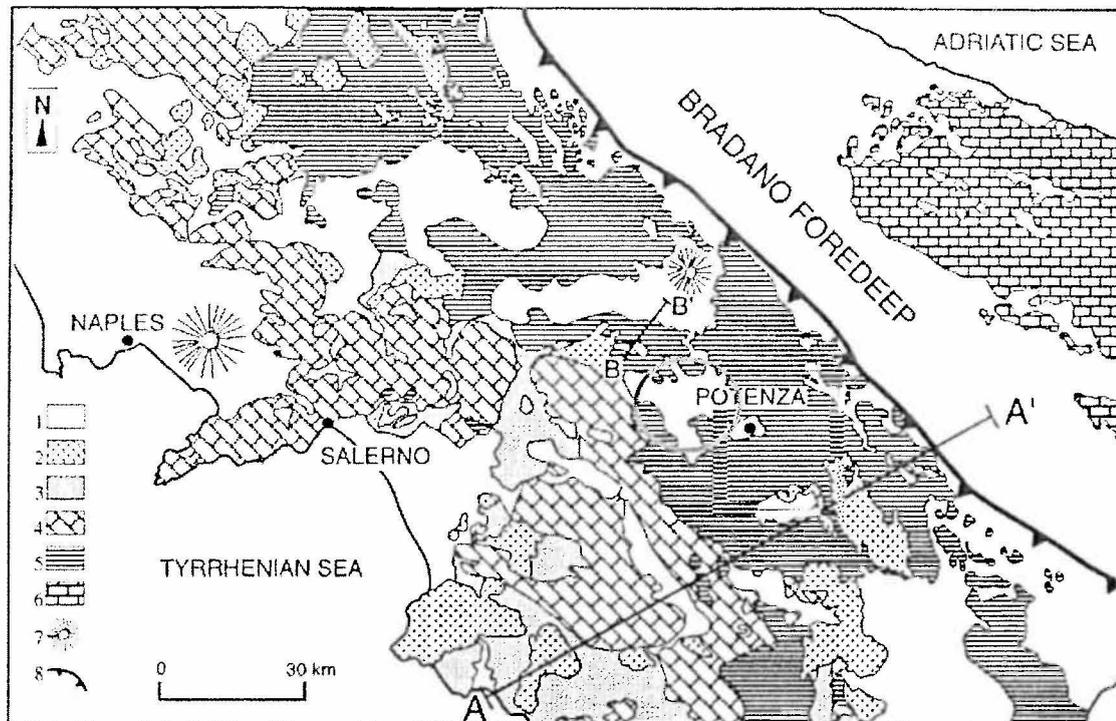


Figura 2.1: Schema geologico dell'Appennino Meridionale (da Pescatore et al., 1999)

1. Depositi Plio-Quaternari e vulcani del Quaternario. 2. Depositi del Miocene 3. Unità interne dal Cretaceo all'Oligocene (Unità Liguridi) 4. Carbonati di acque superficiali del Mesozoico della Piattaforma Appenninica. 5. Successioni di mare superficiale e profondo del bacino Lagonegrese, Numidico e Irpino dal Basso-Medio Triassico al Miocene. 6. Carbonati di acque superficiali della piattaforma Apula del Mesozoico. 7. Vulcani 8. Fronte di Thrust della catena

A seguito delle prime fasi tettoniche il quadro paleogeografico descritto subisce alcune iniziali modifiche: la Piattaforma Appenninica viene smembrata, e direttamente coinvolta nella deformazione compressiva al fronte della catena appenninica. I caratteri sedimentari delle successioni bacinali mutano radicalmente: la sedimentazione nel settore occidentale del bacino non è più controllata da un margine carbonatico ma dal fronte della catena in avanzamento.

Le arenarie vulcanoclastiche della Formazione delle Tufiti di Tusa e le quarzareniti del Flysch Numidico sono le unità che sedimentano durante le prime fasi di deformazione. Con la

progressione dell'avanzamento del fronte della catena, le unità lagonegresi vengono coinvolte direttamente nella deformazione. Il depocentro del bacino tende progressivamente a migrare verso ovest. Quando nel Langhiano (16 m.a.) la Piattaforma Appenninica è stata completamente smembrata e il margine occidentale del bacino di sedimentazione era interamente costituito dal fronte delle coltri si individuava il cosiddetto Bacino Irpino in cui la sedimentazione (Formazione di Serra Palazzo, Flysch di Gorgoglione) era direttamente controllata dagli apporti terrigeni del fronte delle coltri lungo il suo margine interno e dalla presenza della Piattaforma Apula ad est. Durante lo sviluppo della catena, tutte le unità descritte sono state impilate tettonicamente. Questo spiega gli attuali rapporti geometrici fra le diverse successioni e le osservazioni di campagna, in cui diffuso piegamento, ripetizioni delle serie e ribaltamento delle stesse sono situazioni comuni.

Al di sopra dei terreni costituenti i depositi del Bacino di Lagonegro, nell'area in esame, si sono sedimentati in discordanza i depositi Pliocenici del Bacino di Potenza s.l., suddividibili in due cicli:

Unità di Altavilla

I terreni appartenenti a questa unità stratigrafica hanno facies variabili da litorali a batiali, il loro spessore massimo raggiunge il centinaio di metri. Dal basso verso l'alto l'unità è costituita dalle seguenti facies che mostrano passaggi litologici sia laterali che verticali.

- Conglomerati poligenici, a luoghi poco cementati, con intercalazioni di livelli sabbiosi. La stratificazione è di norma indistinta.
- Arenarie ben stratificate, talvolta scarsamente cementate, con intercalazioni di argille, conglomerati e calcareniti bioclastiche.

Questi terreni sono databili al Pliocene inferiore (circa 5 m.a.)

Unità di Ariano

I depositi dell'unità di Ariano, rappresentano il prodotto della sedimentazione nella zona centrale del Bacino di Potenza e poggiano in discordanza sia sui terreni dell'Unità di Altavilla che sulle Unità Lagonegresi. Il loro spessore massimo è di 200 metri. È possibile distinguere:

- Conglomerati poligenici di origine continentale.
- Sabbie calcaree bioclastiche.
- Conglomerati poligenici a matrice sabbiosa.
- Argille siltose grigio-azzurre.

Questi terreni sono databili al Pliocene superiore-medio (circa 2,5 - 3 m.a.)

Le unità del Bacino di Potenza, sono state passivamente traslate verso l'avampaese apulo durante il processo di sottoscorrimento della Piattaforma Carbonatica Apula, attualmente presente in sottosuolo ad una profondità media di quattromila metri.

A tetto delle coltri dell'Appennino Meridionale si sono sviluppati diversi bacini Plio-Pleistocenici: i più importanti sono il bacino dell'Alta Val d'Agri, il bacino di Sant'Arcangelo, il Vallo di Diano.

L'interazione fra linee di faglia attive, assiali e trasversali, ha determinato la genesi di sistemi di deformazione di tipo transtensivo e transpressivo, favorendo la formazione di bacini lacustri e anomalie morfologiche durante il Quaternario (fig. 2.2) (Ortolani et al. 1992)

La valle del Tora è una depressione morfologica che taglia successioni clastiche del Pliocene e Pleistocene appartenenti al relativo bacino di sedimentazione.

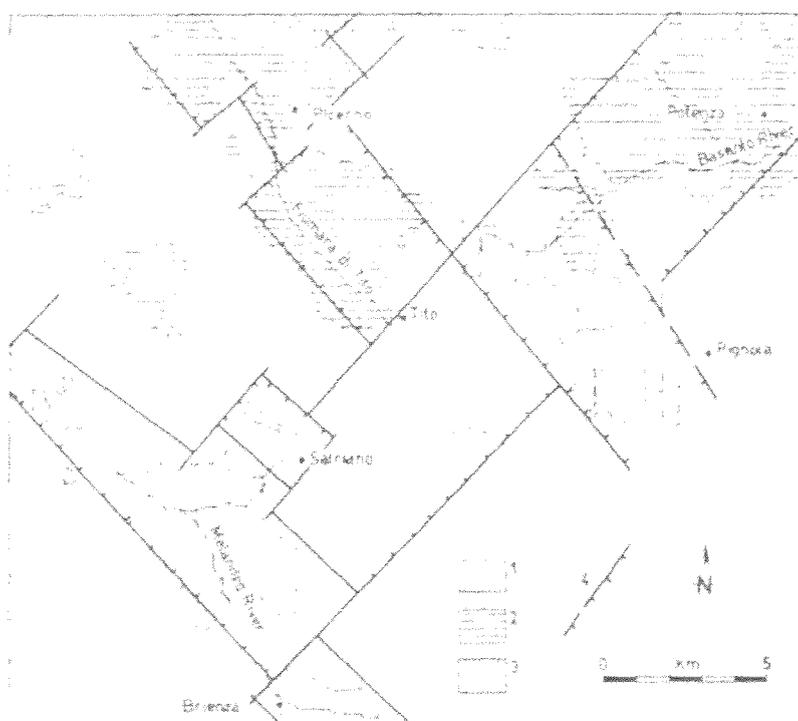


Fig. 2.2: Linee tettoniche nell'area compresa fra Brienza e Potenza. 1. Substrato Mesozoico. 2. Bacini Pliocenici. 3.: Bacini Quaternari. 4.: Faglie appenniniche e anti-appenniniche (da Ortolani et. al. 1992)

2.1.2 Litologia di dettaglio

In questo paragrafo si fornisce una descrizione dettagliata delle successioni affioranti o sub-affioranti nella zona industriale di Tito (fig. 2.3), o comunque la cui descrizione è necessaria alla corretta caratterizzazione geologica del sito.

□ Calcari con Selce

Questa formazione appartenente alla successione Lagonegrese, è costituita da strati di spessore generalmente decimetrico di calcari grigio-bianchi di ambiente emipelagico, con liste e noduli di selce di colore generalmente grigio-azzurro. A varie altezze stratigrafiche si rinvengono interstrati di spessore centimetrico di argilliti e marne fogliettate di colore verde marcio e/o grigio. L'intera formazione si presenta estremamente fratturata, lo spessore massimo è di circa 500 m. Affiora sui rilievi Monte Pano e Piano del Carpano a sud-est dell'area in esame, con immersione degli strati verso N-E.

□ Scisti Silicei

Sottili strati fittamente alternati di diaspri, radiolariti e selce policroma, costituiscono la facies tipica di questa formazione. Lo spessore medio dei singoli strati è generalmente non superiore al decimetro mentre il colore nettamente predominante è il rosso ruggine o vinaccia. Si rinvengono inoltre livelli di argilliti e radiolariti fogliettate di colore verde e rosso, nonché strati di calcareniti torbiditiche silicizzate di spessore medio intorno a qualche decimetro. L'intera formazione si presenta estremamente fratturata, lo spessore massimo non è superiore ai 300 metri. Affiora su tutta l'area montuosa a partire dai rilievi del Cugno di Sant'Antonio, il Monte, il Petrucco fino al limite dell'area pedemontana.

□ Galestri

Tipicamente costituita da argille ed argilliti grigie fogliettate a frattura prismatica, di colore senape quando alterate, la formazione dei galestri ha uno spessore molto variabile con un massimo di 300-350 metri. Intercalati alle argilliti descritte si rinvengono strati e banchi di spessore variabile di calcilutiti e marne, talora silicizzate e strati di calcareniti torbiditiche anche grossolane spesso completamente sostituite da selce diagenetica.

La formazione affiora a ovest dell'area in esame. E' stata rinvenuta oltre che in affioramento anche al di sotto della copertura detritica, alla profondità variabile da un minimo di 8 metri ad un massimo

di 25 metri.

□ Flysch Rosso

Alternanza di argille e marne tipicamente di colore rossastro, calcilutiti e calcisiltiti marnose biancastre o rosate, in strati centimetrici, calcareniti bioclastiche torbiditiche in strati da centimetrici a decimetrici.

La formazione ha uno spessore che raggiunge un massimo di 130 metri. Intercalati ai termini basali della formazione si rinvencono alternanze di strati centimetrici di diaspri rossi o verdastri e di argille marnose e argille silicifere brune e rossastre.

La formazione affiora a nord-est dell'area in esame.

□ Formazione delle Tufiti di Tusa

E' costituita da alternanza di argille ed argille marnose grigio-verdastre in strati centimetrici, marne biancastre, arenarie quarzoso-micacee torbiditiche, in strati da centimetrici a decimetrici, laminate e/o gradate. Intercalazioni più frequenti nella parte alta della formazione si rinvencono arenarie vulcanoclastiche a grana media e fine, di colore bruno-giallastro o bruno-verdastro, torbiditiche, in strati da centimetrici a decimetrici. Lo spessore complessivo è di 80-150 m.

La formazione affiora ad est dell'area in esame su un crinale allungato in direzione SW-NE. E' stata rinvenuta oltre che in affioramento anche al di sotto della copertura detritica, alla profondità variabile da un minimo di 4 metri ad oltre 20 metri.

□ Formazione di Monte Sierio

Successione arenaceo pelitica costituita da arenarie quarzose di colore giallo e rossastro, calciruditi con ciottoli calcareo-dolomitici, marne grigie e giallastre, brecciole.

□ Flysch di Gorgoglione

Successione di arenarie torbiditiche e siltiti sottilmente stratificate, di colore grigio, e di argille siltose grigio-azzurre, giallastre per alterazione. A luoghi si rinvencono intercalazioni di banchi conglomeratici con base erosiva.

□ Unità di Ariano

I depositi dell'unità di Ariano poggiano in discordanza sulle Unità Lagonegresi (Flysch Rosso).

Sono costituiti in affioramento da:

- Conglomerati poligenici a matrice sabbiosa di colore grigio giallastro, mal stratificati o clinostratificati, con intercalazioni di sabbie a grana media e grossa in strati e banchi. Questi terreni sono databili al Pliocene superiore-medio (circa 2,5 - 3 m.a.)

□ Depositi lacustri e palustri

I depositi lacustri e palustri sono costituiti da argille limose e/o limi sabbiosi di colore bruno scuro. Molto ricchi di sostanza organica, di elementi lapidei minuti e noduli di pirite. Affiorano estesamente nell'area in esame. In profondità si sono rinvenuti livelli e strati di argille e silt di origine palustre intercalati nei detriti di versante fino alla profondità massima di 25-26 metri.

□ Detriti di versante

Provenienti dalla disgregazione e dal dilavamento delle formazioni affioranti sui rilievi montuosi a sud dell'area di affioramento, sono costituiti da frammenti di dimensioni molto variabili (da massi a granuli) di diaspri, argilliti, calcilutiti, in matrice prevalentemente siltoso-argillosa di colore bruno-rossastro. Sono frequenti le intercalazioni di argille e silt di colore bruno di origine palustre e lacustre, ricchi di frustoli carboniosi.

Affiorano estesamente su tutta l'area pedemontana e localmente nel fondovalle.

Si rinvengono in lenti dello spessore molto variabile, in genere di pochi decimetri o intorno ad un metro; talora sono molto frequenti e spessi con intercalazioni di livelli di argille e silt di origine palustre.

Caratterizzano, in particolare, la conoide di deiezione situata in corrispondenza del Fosso di Sant'Antonio.

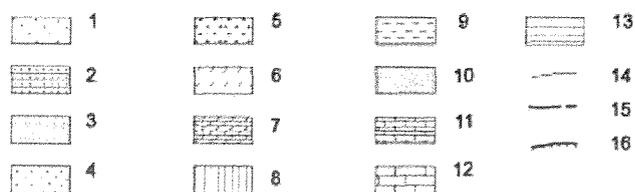
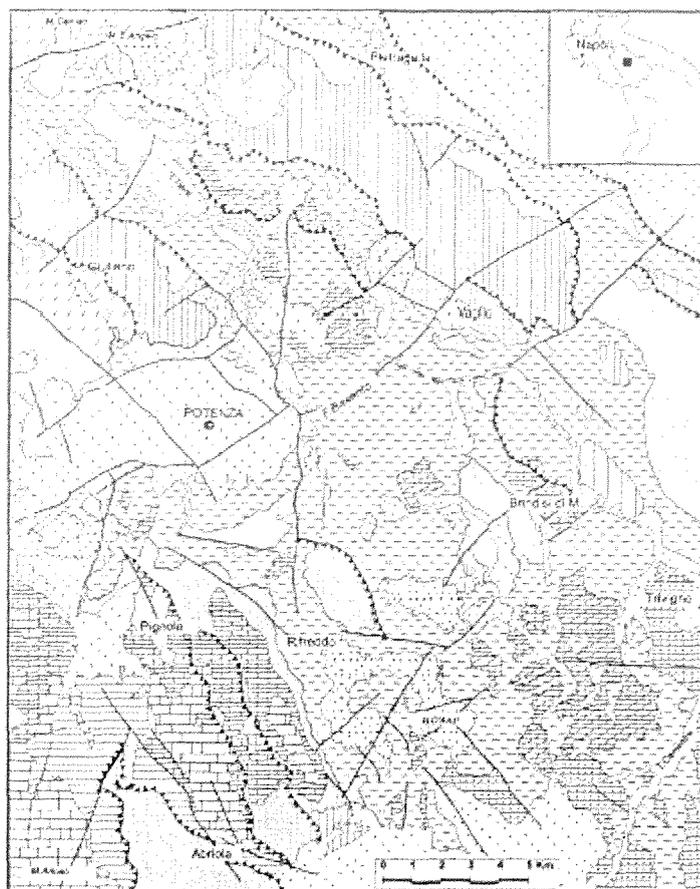


Fig. 2.3 Schema geologico di dettaglio dell'Appennino Lucano (da Pescatore et al. 1999)

1. Depositi marini e continentali del Plio-Quaternario 2. Flysch di Gorgoglione (Alto Miocene, torbiditi silicoclastiche sintettoniche) 3. Arenarie del Numidico (Basso-Medio Miocene, depositi silico-clastici) 4. Tufiti di Tusa (Alto Oligocene-Basso Miocene Arenarie Vulcanoclastiche e Marne) 5. Formazione di Paola Doce, membro calcareo (Alto Oligocene-Basso Miocene) 6. Formazione di Paola Doce, membro terrigeno (Alto Oligocene-Basso Miocene, depositi silicoclastici, calciclastici, vulcanoclastici) 7. Formazione di Corleto Perticara (Eocene e Oligocene, calcilutiti, marne e argilliti) 8. Flysch Rosso (da Alto Cretaceo a Oligocene, Marne e Argilliti con Calcareni e Calciruditi) 9. Argille Vari Colori (da Medio Cretaceo a Oligocene, Argille Varicolori e Marne con Calcareni e Calciruditi) 10. Formazione dei Galestri (Marne silicee e Argilliti del Basso-Medio Cretaceo) 11. Scisti silicei (Radiolariti e Selci del Giurassico) 12. Calcari con selce (Alto Triassico) 13. Formazione di Monte Facito (Sedimenti silicoclastici di acque superficiali, calcari organogeni e, al top, Depositi silicoclastici di bacino del Basso-Medio Triassico) 14. Contatti stratigrafici 15. Faglie normali e trascorrenti 16. Thrust

2.1.3 Stratigrafie dei sondaggi

Nel 2004 per conto della Regione Basilicata si è eseguita una prima campagna di indagini, nel corso della quale sono stati eseguiti 20 sondaggi geognostici (cod. S1÷S20), con esecuzione nei fori di rilievi piezometrici, carotaggi termo-conduttivimetrici e carotaggi della radioattività naturale gamma. Questa prima fase di indagine ha permesso di ricostruire la litostratigrafia dell'area con estremo dettaglio, di cui si riporta di seguito una descrizione schematica.

2.1.4 Litostratigrafia dell'area industriale

Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi e del rilievo di superficie emerge che i depositi lacustri e palustri affiorano estesamente nell'area in esame fino a quota 800 m s.l.m..

Si tratta di depositi quaternari che si individuano sia nella piana di Tito che in quella del Pantano di Pignola e che raggiungono lo spessore di 40-50 m.

Tali sedimenti hanno colmato le depressioni intermontane sino all'attuale configurazione della piana che è, però, il prodotto di una successiva fase di erosione considerato che il torrente Tora, nel tratto in esame, ha il livello di base a quota 760 m.

Il riempimento della depressione intermontana è avvenuto anche, e soprattutto, grazie ai ripetuti fenomeni di alluvionamento che determinavano un enorme afflusso di detriti dalle valli che circondavano il bacino.

Un sistema deposizionale di conoide alluvionale è visibile in corrispondenza del Fosso di Sant'Antonio sul versante meridionale della piana, di forma a ventaglio con profilo trasversale convesso; depositi con significato sedimentologico simile, anche se non conformati in modo apprezzabile a conoide sono presenti al piede delle altre numerose incisioni convergenti verso la piana.

Le conoidi alluvionali si formano allo sbocco di corsi d'acqua in piane alluvionali laddove la diminuzione delle pendenze ed il passaggio da flussi confinati in valli strette ad ampi spazi non confinati provocano una drastica riduzione della velocità del flusso, con il pressochè immediato deposito gradato dei detriti, grossolani allo sbocco della valle e sempre più fini verso l'estremo della conoide.

Le facies sedimentarie sono di solito grossolane con marcate variazioni della granulometria a causa della rapidità con cui cambiano le caratteristiche dei processi deposizionali.

La sedimentazione attiva nelle conoidi avviene durante le piene, nelle quali di solito solo uno spicchio è attivo, mentre le zone adiacenti, temporaneamente inattive, possono essere interessate da processi di crescita di vegetazione (bioturbazione), deposizione eolica (sedimenti maturi e classati), formazione di paleosuoli (torba, humus), concrezioni.

Le conoidi sono fortemente influenzate dal clima oltre che dalla tettonica. La prima in particolare controlla i processi deposizionali: nel caso di conoidi in clima arido e semiarido i processi sono dominati da trasporti di massa, nel caso di conoidi in clima umido i processi sono dominati dal trasporto idrico o fluviale.

Sulla base dell'analisi delle stratigrafie si evince che la facies fluviale è nettamente subordinata a quelle di depositi di massa detritici (nelle stratigrafie: breccie a matrice argilloso-siltosa) e ai depositi lacustri. Infatti solo in alcune stratigrafie sono presenti livelli in facies fluviale costituiti da ghiaie e sabbie tessituralmente e granulometricamente maturi. Gli spessori sono generalmente decimetrici, eccezionalmente dell'ordine di 1-2 metri.

Sono prevalenti i depositi di colate detritiche ed i depositi lacustri-palustri.

Le intercalazioni di depositi di colate detritiche si individuano all'interno dei depositi lacustri-palustri e viceversa, con spessori estremamente variabili da pochi decimetri a qualche metro, a conferma dell'ambiente di deposizione alquanto variabile, tipico di un ambiente di conoide.

Nel caso in esame, trattandosi di conoidi coalescenti, ci si trova di fronte a sequenze deposizionali che si sovrappongono e si interdigitano lateralmente, formando orizzonti moderatamente continui lateralmente e verticalmente.

Sulla base dell'ubicazione si può affermare che nei sondaggi realizzati in prossimità dei versanti, ovvero nelle zone prossimali, prevalgono i depositi di colata di detriti: le facies prodotte sono sformate da depositi grossolani, disorganizzati e mal stratificati. Il sedimento è mal cernito con clasti poco arrotondati ed abbondante matrice fangosa.

Nelle aree distali, grossomodo l'attuale area industriale, la granulometria è prevalentemente fine. Le correnti non canalizzate espandendosi come lame di piena hanno portato alla deposizione di sedimenti fangosi in lamine millimetriche: il cambiamento di facies è repentino, gli orizzonti detritici intercalati si individuano a profondità differenti con spessori piuttosto variabili.

Il substrato flyscioide si è individuato in quei sondaggi prossimi ai versanti che bordano la piana, a profondità variabili e crescenti verso il centro della piana.

Depositi alluvionali sono presenti anche in corrispondenza del paleoalveo del Torrente Tora.

In tutta la zona occupata dall'area industriale si è rilevata la presenza di terreni di riporto,

che sono associati allo spianamento effettuato per la realizzazione delle infrastrutture dell'area stessa. In questa operazione, come sarà meglio evidenziato nel seguito, è stata anche profondamente modificata l'originaria idrografia di superficie della zona.

2.1.5 Quadro geomorfologico

L'area in esame si estende nel fondovalle del Torrente Tora ad una distanza prossima dallo spartiacque morfologico Sele/Basento nel bacino idrografico del Fiume Basento.

La morfologia è quella tipica delle piane pedemontane a debole pendenza (6-10%) che raccorda il fondovalle con i rilievi montuosi circostanti caratterizzati da acclività dell'ordine del 20-30%.

Il fondovalle è caratterizzato da una superficie pianeggiante, a quota 750-800 m s.l.m., allungata in direzione Est-Ovest. L'area è occupata attualmente dagli insediamenti industriali di Tito e da vie di comunicazione, per la cui realizzazione sono state realizzate colmate ed interventi correttivi degli alvei naturali.

I versanti che delimitano il fondovalle raggiungono quote di 1000 m sul l.m. su entrambi i fianchi.

Il corso d'acqua (Torrente Tora) ha una tipologia a canale singolo prevalentemente rettilineo, essendo prossimo alla sua area sorgente. Il regime idraulico è a carattere effimero, fortemente controllato dalle precipitazioni in cui il carico dei sedimenti trasportati in sospensione e per rotolamento sul fondo è molto basso, direttamente proporzionale alla sua bassa energia. Opere di contenimento dell'alveo delimitano, inoltre, l'estensione areale in cui si esplica l'azione diretta di erosione e sedimentazione da parte delle acque fluviali.

I fossi che incidono i rilievi meridionali e settentrionali sono stati rettificati nel tratto prossimo all'area industriale ed attualmente confluiscono ortogonalmente al corso del Torrente Tora.

2.2. Acque superficiali

L'area della zona industriale di Tito si sviluppa su una superficie di forma rettangolare allungata in direzione E-W che si interpone fra i monti settentrionali che culminano nei Monte Li Foi e i rilievi montuosi meridionali del Monte Pano-Cugno di Sant'Antonio.

Alla base della valle scorre un corso d'acqua, il Fosso della Mattina che nasce sui rilievi settentrionali in prossimità del limite di spartiacque dei bacini idrografici del Basento e del Sele ed a valle della zona industriale prosegue con il nome di Tora, fino alla confluenza nel f. Basento.

Il fosso della Mattina ed alcuni suoi affluenti per tutto il tratto che attraversa la zona Industriale di

Tito sono stati devianti e regimati in canali artificiali rivestiti in cls.

Dall'analisi del reticolo idrografico precedente e successivo alla realizzazione dell'area industriale si evince che sono stati fatti diversi interventi di rettifica sia dei fossi nei pressi dell'affluenza al corso principale che del Fosso della Mattina il quale è stato suddiviso in due canali che scorrono lateralmente all'area industriale.

Quest'ultimo, che prende il nome Torrente Tora ad ovest della zona industriale, dopo circa 9 Km si immette nel Fiume Basento.

La superficie del bacino idrografico del Torrente Tora estesa fino alla confluenza con il Fiume Basento, è di circa 37 Km².

I solchi, di origine torrentizia, contribuiscono in maniera del tutto trascurabile all'alimentazione del Torrente Tora.

Con la costruzione dell'area industriale, l'antica morfologia dell'area, compresa quella fluviale è stata sepolta sotto i riporti di livellamento a suo tempo eseguiti. Ciò non impedisce, tuttavia, che l'antica idrografia continui a svolgere funzione drenante, anche se sepolta, con residua attività delle antiche subalvee.

2.3. Schema di circolazione idrica sotterranea

I caratteri dei sistemi acquiferi, presenti nell'area industriale di Tito Scalo, risultano di complessa lettura, sia per la naturale evoluzione morfogenetica e sedimentaria del bacino, sia per le modificazioni antropiche, responsabili, tra l'altro, dell'interrimento di alcuni dei vecchi alvei confluenti nell'asse drenante principale costituito dal torrente Tora. In tali alvei sepolti tuttavia possono svilupparsi circolazioni sotterranee di acqua, in rapporti di connessione con le altre falde presenti in zona, probabilmente di tipo drenante. Altre modificazioni antropiche sono apportate al regime dei carichi idraulici, a causa degli emungimenti dalla falda sotterranea. Le informazioni relative ai prelievi sono, come al solito, di complessa e praticamente impossibile acquisizione.

Il quadro sopra delineato solo in parte è stato ricostruito mediante le prime indagini eseguite nell'intera area industriale; in questa fase, però si sono evidenziati quegli aspetti per cui si rendeva necessario un approfondimento delle conoscenze.

Si sono quindi condotte delle indagini integrative, con la realizzazione di altre 37 perforazioni nel mese di settembre del 2006.

In corrispondenza di ciascun foro della rete di monitoraggio (fig. 2.3), dopo aver rilevato la posizione planimetrica, con precisione decimetrica, e quella altimetrica con precisione centimetrica, a tal fine utilizzando un sistema per misure GPS in modalità RTK (Real Time Kinematics), si sono misurate le quote piezometriche, per ricostruire la geometria dell'acquifero e per migliorare le conoscenze circa l'estensione plano-altimetrica e la frammentazione degli orizzonti acquiferi.

Si è inoltre voluta accertare, secondo una ipotesi di lavoro verosimile, l'esistenza di un'unica soglia al bacino lacustre ed acquifero dell'area industriale, in prossimità della sezione di uscita del torrente Tora.

Si sono successivamente eseguite misure di velocità e prove di portata, nell'orizzonte acquifero di livello più superficiale ed in quello immediatamente successivo, in corrispondenza di due postazioni, costituite da 4 fori, di cui il primo, centrale, si è utilizzato per l'immissione del tracciante e per l'esecuzione della prova di emungimento.

In tutti i fori della rete si sono effettuati anche rilievi con metodologie fisiche e geofisiche, ovvero il carotaggio della temperatura, della conducibilità elettrica e della radioattività naturale gamma. Il monitoraggio idrogeologico, condotto nell'intera area industriale, ha consentito di raccogliere numerose informazioni significative; l'utilizzazione di parametri fisici e geochimici è ampiamente usata nell'individuazione dei sistemi di flusso, dei percorsi preferenziali delle acque sotterranee, in particolare in riferimento a sistemi che presentano caratteristiche di disomogeneità e

anisotropia. La caratteristica di questi parametri è quella di poter essere considerati traccianti naturali o ambientali, in quanto naturalmente presenti nelle acque sotterranee. Sia che rimangano inalterati nel tempo, sia che mutino le loro caratteristiche, essi sono legati alla storia delle acque e quindi potenzialmente in grado di dare informazioni sui percorsi seguiti dalle aree di alimentazione a quelle di deflusso. Seguendo quindi un approccio multi tracciante, si è eseguita una mutua verifica dei modelli tratti da ciascun tracciante naturale, arrivando a definire il sistema idrogeologico.

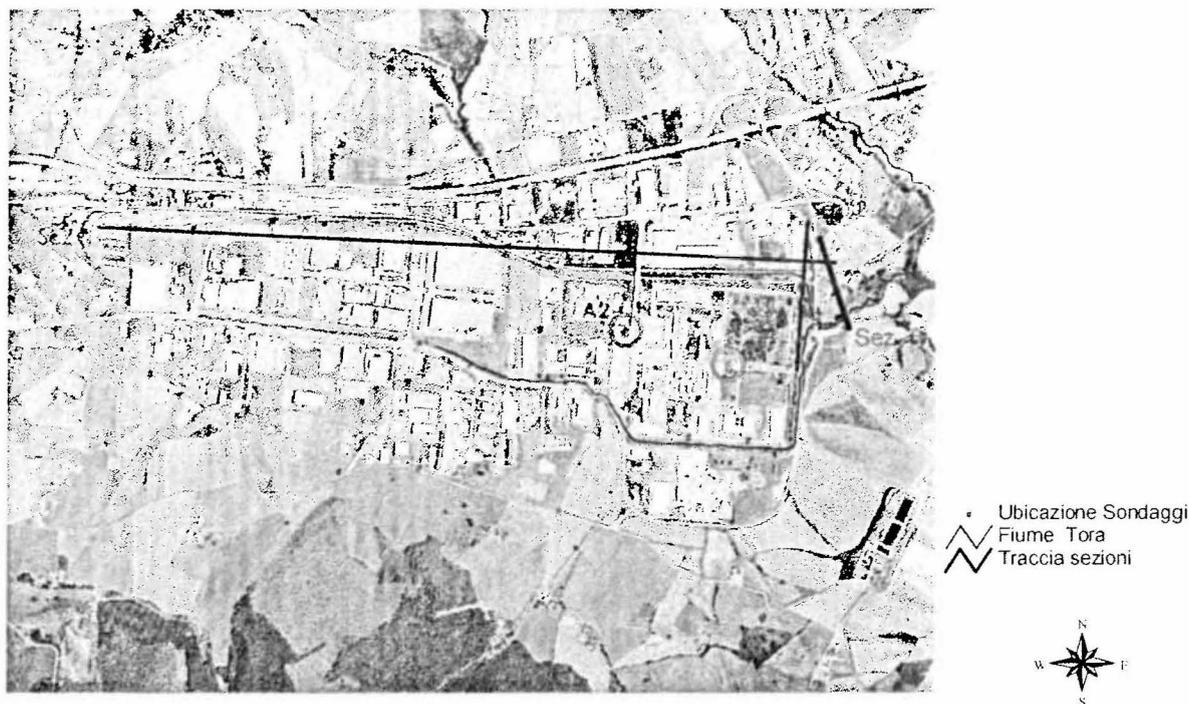


Fig. 2.3 Area industriale di Tito Scalo con ubicazione delle perforazioni eseguite

2.4 Rilievi freaticimetrici

All'interno del sistema alluvionale e lacustre, e sui suoi contorni, sono stati monitorati, mediante misure dirette, i cinquantasei punti acqua costituenti la rete di monitoraggio completa realizzata, per i quali, è stato possibile studiare le caratteristiche principali.

Nella tabella allegata (tab. 1), per ognuno di essi, è indicata l'ubicazione, espressa in coordinate UTM Ed 50, la profondità del foro, la quota rispetto al livello del mare, ed il livello statico della falda.

I rilievi freaticimetrici sono stati ripetuti più volte dal mese di marzo a maggio 2007.

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica (fig. 2.4) ha consentito di

definire il modello idrodinamico nei sedimenti alluvionali e lacustri di riempimento della valle del fiume Tora. Si ricorda, come evidenziato nei paragrafi precedenti, che il modello dell'acquifero dedotto da numerose perforazioni è definito da una sovrapposizione di corpi detritici debolmente inclinati con alternanze di livelli impermeabili e di livelli permeabili; le condizioni di alimentazione ed al contorno fanno sì che i carichi nei livelli permeabili sovrapposti, se non alterati da condizioni di emungimento, sono abbastanza vicini e differiscono di pochi cm.

I depositi quaternari di fondo valle tamponano in superficie e drenano per via sotterranea i sistemi acquiferi presenti al contorno della piana alluvionale. L'andamento tipico della piezometria è infatti, data anche l'ampiezza trasversale della valle, quasi parallelo al corso d'acqua con i valori del carico piezometrico crescenti verso i bordi della valle, tranne nel settore di SO della piana (fig. 2.4). E' immediato individuare l'esistenza di una soglia nel riempimento lacustre perfettamente coincidente con la sezione di uscita del torrente Tora.

ID	Nord UTM/ED50	Est UTM/ED50	Quota	Profondità	Quota falda
A1 1	4494995,281	561485,057	760,66	10	758,60
A1 2	4495007,905	561475,870	760,55	10	758,60
A1 3	4495003,043	561483,286	760,50	10	758,56
A1bis	4494995,781	561479,624	760,65	22	759,99
A2 1	4495136,311	561103,363	765,36	20	760,95
A2 2	4495125,346	561109,333	765,66	20	760,92
A2 3	4495115,945	561106,784	765,00	20	760,96
A2 bis	4495123,708	561104,549	765,44	10	761,20
AT11	4495401,520	561848,519	763,89	65	756,68
AT12	4495461,880	561796,432	770,49	55	756,92
PA2	4494861,508	561107,289	762,96	30	761,59
PA4	4495011,876	560539,246	769,56	30	769,09
PA5	4494947,689	561665,360	759,11	30	756,88
A1	4494996,098	561474,173	760,66	10	758,59
A2	4495122,669	561099,647	765,35	20	761,08
S1	4495517,846	559221,785	786,14	25	786,14
S10	4495068,698	559141,449	789,43	25	788,05
S11	4494877,914	560149,520	788,07	27	779,64
S12	4494922,472	560807,879	765,47	27	763,56
S13	4494885,593	561369,085	760,49	25	759,39
S16	4494744,825	561334,009	760,37	27	759,41
S17	4494730,386	561548,122	758,95	25	758,14
S2	4495521,820	560014,064	778,30	25	777,50
S3	4495487,850	560838,877	775,69	25	chiuso
S4	4495577,043	561560,981	772,78	25	761,77
S5	4495521,908	561741,236	768,07	25	757,05
S8	4495089,774	560357,177	775,70	27	771,80
SNA1	4495512,982	559545,093	783,95	10	780,41
SNA3	4495637,741	560640,434	778,66	10	777,41
SNA4	4495740,963	561131,467	777,22	10	777,22
SNA5	4495803,826	561506,515	784,43	10	776,23
SNB5	4494673,577	560795,009	769,61	30	in pressione
SNA6	4494976,790	559385,314	795,33	10	790,38
SNA7	4494886,314	561493,649	760,09	10	758,71
SNB1	4495525,809	559827,088	778,66	30	778,66
SNB2	4495136,308	560797,302	767,46	30	764,26
AT1	4495245,758	561886,554	754,31	30	752,77
AT10	4495100,769	561790,386	761,63	20	755,28
AT2	4495217,256	561894,327	754,23	25	753,09
AT3	4495169,584	561895,263	754,84	25	753,09
AT4	4495148,315	561902,083	757,04	20	755,23
AT6	4495239,035	561701,860	761,06	30	756,76
AT8	4495002,909	561699,475	759,17	30	756,01
AT9	4495003,082	561728,174	760,42	20	757,10
S14	4494622,489	560068,076	793,50	25	chiuso
S19	4494473,925	561098,183	771,96	26	768,44
S20	4494433,585	561491,492	773,50	25	770,66
S6	4495240,790	561756,042	756,21	25	755,19
S9	4495104,630	561745,955	759,95	23	755,20
AT5	4495311,196	561750,165	760,70	35	756,56
AT7	4495292,719	561737,341	759,44	40	756,54
SNA8	4494633,355	560351,819	786,08	10	780,01
SNB3	4494827,662	559703,261	792,01	30	791,16
PA1	4495331,439	561360,802	764,92	48	762,53
S18	4494478,759	560863,364	777,32	25	disMESSO
S7	4494927,153	559488,366		25	permesso non concesso

Tabella 1: Rete di monitoraggio completa

La falda, localizzata entro depositi eterogenei ed eterometrici, finemente stratificati e a permeabilità variabile, quasi ovunque all'interno della piana, è a bassa profondità dal piano campagna, compresa fra pochi centimetri e qualche metro; eccezionalmente in corrispondenza di sondaggi a quota topografica maggiore, si è rilevata ad una profondità superiore ai dieci m. I rilievi piezometrici eseguiti, anche se ripetuti entro un intervallo temporale limitato a soli due mesi, non hanno evidenziato variazioni energetiche significative.

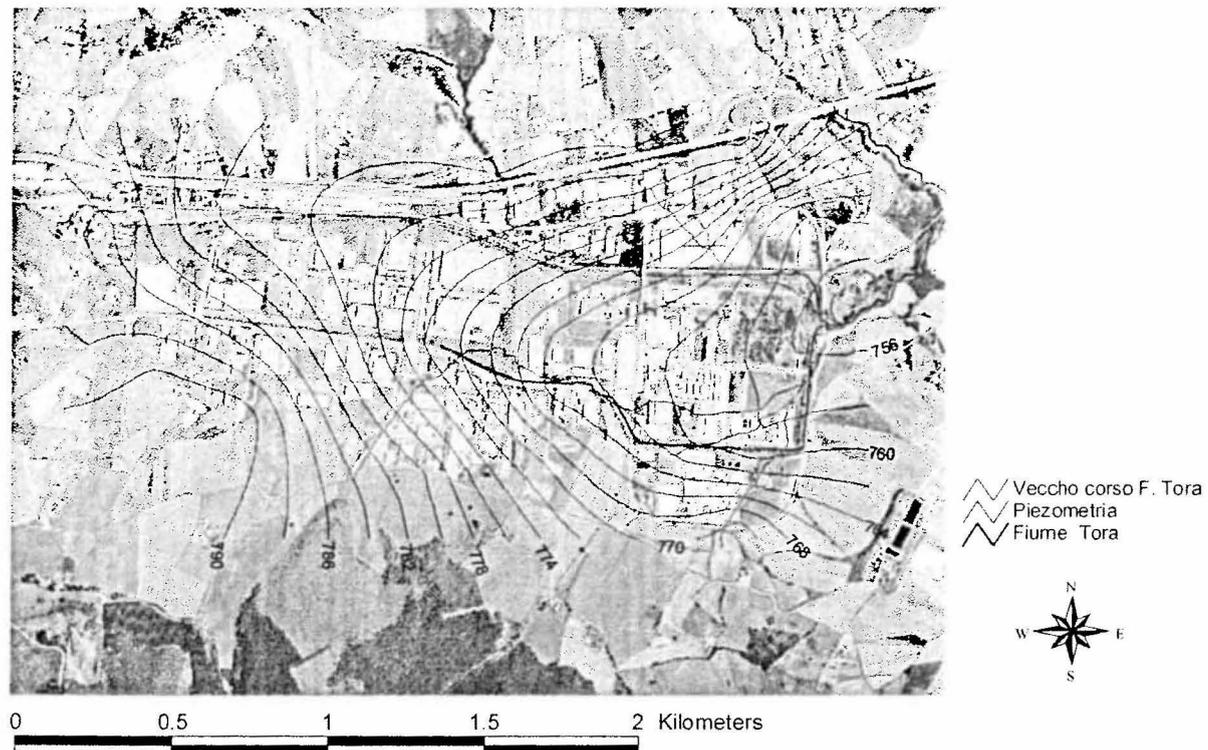


Fig. 2.4: Rilievo freaticometrico (Maggio 2007)

2.5. Rilievi con metodologie fisiche o geofisiche

Per integrare le conoscenze, riguardanti gli elementi idrogeologicamente significativi, nell'ambito della studio idrogeologico dei siti regionali inseriti nell'anagrafe nazionale dei siti inquinati, per il monitoraggio idrogeologico dell'area industriale di Tito, il Laboratorio di Idrogeologia Applicata (LabIA) ha utilizzato alcune delle metodologie geofisiche, entrate da tempo nelle indagini idrogeologiche, in ausilio alla ricostruzione del modello stratigrafico, per riconoscere i circuiti delle acque sotterranee, e per individuare i livelli a permeabilità maggiore entro cui il flusso si va a concentrare.

2.6 Carotaggio della radioattività naturale gamma

Il carotaggio della radioattività naturale gamma è la metodologia di indagine di tipo nucleare più semplice per le indagini idrogeologiche. Consiste nel monitorare la radioattività naturale propria dei differenti terreni. La radioattività naturale è direttamente proporzionale al contenuto di argilla o alla frazione di matrice argillosa contenuta nelle formazioni.

Il carotaggio della radioattività naturale gamma nei terreni rappresenta una tecnica di indagine geofisica ad ampio spettro, risultando particolarmente utile in indagini di tipo geologico, geomorfologico, geotecnico ed idrogeologico, e consigliabile, data l'economicità dell'indagine, in associazione con altri tipi di investigazioni nel sottosuolo.

Esso si presta con precisione rilevante, nell'indagine nel sottosuolo, a fornire una rivelazione geometrica di strati differenti, anche laddove il campionamento diretto è praticamente impossibile, come avviene per le sabbie sciolte, le argille poco consistenti, le alternanze sottili di terreni sciolti con terreni lapidei, i terreni a granulometria grossolana impastati a terreni coesivi, o i terreni artificiali.

Poiché legge con discriminazione totale i livelli lapidei puliti, è particolarmente idoneo a rilevare i livelli di potenziale scorrimento dell'acqua, orientando in tal modo con precisione gli interventi di captazione o, nel caso di frane, quelli di drenaggio, altrimenti disposti secondo modelli di flusso puramente teorici.

2.6.1 Tecnica di misura e tipo di uscita

La tecnica di misura è per introduzione della sonda in un foro nel terreno, non rivestito se stabile, o rivestito con tubo di pvc o di metallo (acciaio o alluminio). Il diametro ottimale varia da 65 a 100 mm, indipendentemente dal tipo di rivestimento o dalla presenza di acqua. Le misure sono ancora significative in fori del diametro di 40 cm .

L'uscita tipica è il log della radioattività naturale, in scala geometrica in m di profondità ed in intensità espressa in cps o cpm (colpi per secondo o per minuto), corrispondenti al numero delle emissioni discrete di energia della radiazione, nell'unità di tempo.

I profili della radioattività naturale si sono elaborati in tutti i fori eseguiti nel corso delle due campagne di indagine condotte.

Le misure hanno consentito di discriminare, in corrispondenza dei terreni di ambiente lacustre ed alluvionale, i livelli lapidei più puliti, quelli a permeabilità maggiore, dove si concentra

il movimento più significativo delle acque sotterranee, e quelli con una prevalenza della frazione argillosa con scorrimento pressoché nullo della falda; è stato inoltre possibile determinare la corretta profondità del substrato del bacino lacustre, ove rilevato nei fori, costituito dai termini a bassa permeabilità delle Unità Lagonegresi.

Questo raggiunge profondità crescenti muovendosi dai bordi della piana (7,5 m) verso la zona centrale dove può raggiungere e superare i 60 m.

Di seguito si allegano due sezioni (fig. 2.6.1 e 2.6.2), nelle quali si rappresentano le formazioni ad alta eterogeneità ed anisotropia del bacino lacustre e l'andamento del substrato delle formazioni Lagonegresi. Le sezioni evidenziano le condizioni di connessione idraulica delle falde ospitate negli strati del bacino quaternario.

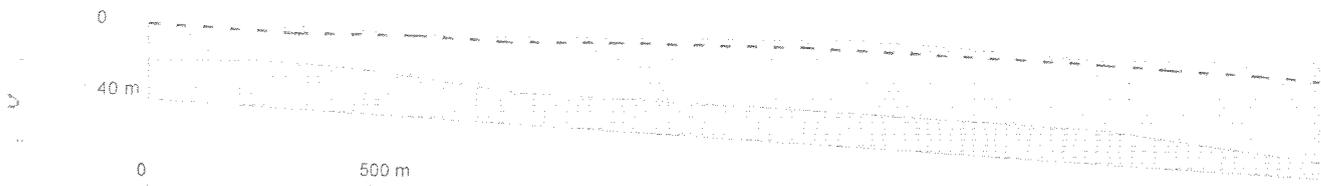


Fig. 2.6.1: Profilo longitudinale del substrato costituito da formazioni del Lagonegrese (Sez 1)

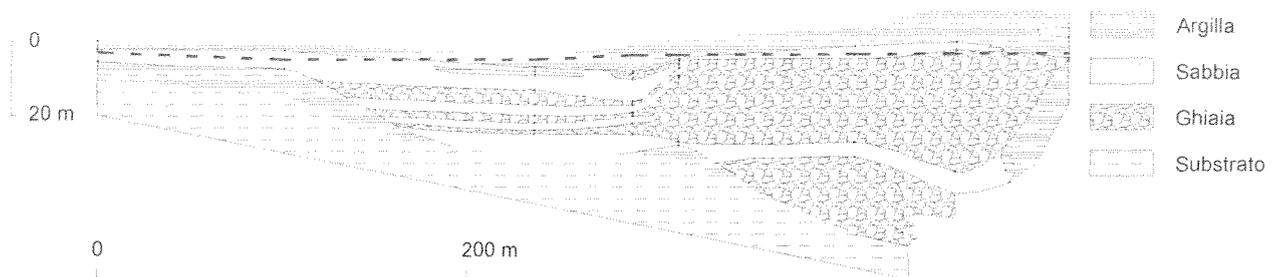


Fig. 2.6.2: Assetto litologico in prossimità della sezione di uscita del Torrente Tora (Sez. 2)

2.7 Carotaggio termo-conduttivimetrico

Il carotaggio termo conduttivimetrico si realizza impiegando una cella conduttivimetrica ed una termocoppia per la misura della temperatura, assemblati in un unico involucro in acciaio inox con relativo cavo elettrico di interfaccia alla centralina di acquisizione dati.

Lo strumento durante la sua discesa in un foro penetrante nella falda, registra i valori di temperatura e di conducibilità elettrica. In un flusso idrico nullo o molto lento, la temperatura dell'acqua è in equilibrio termico con quella dei terreni circostanti, se nel foro non esistono flussi verticali. Per cui le variazioni termiche misurate si possono ritenere coincidenti con quelle dei terreni, cioè con il gradiente geotermico.

I dati di temperatura possono fornire informazioni sui circuiti idrogeologici, oltre che sulle differenti condizioni di mobilità degli acquiferi. Le acque di origine meteorica che alimentano un acquifero tendono ad avere una temperatura corrispondente a quella media dell'atmosfera nel periodo e nel luogo di infiltrazione. Durante la percolazione e la successiva filtrazione, le acque tendono a raggiungere un equilibrio termico con le rocce che attraversano. Maggiore è il tempo di

residenza nell'acquifero, maggiore l'incremento di temperatura che subiscono, essendo le rocce soggette a un gradiente geotermico. Il gradiente termico al di sotto della profondità, alla quale non influiscono le variazioni giornaliere e stagionali della temperatura, mediamente è di $1^{\circ}\text{C}/30\text{ m}$. L'alimentazione stagionale delle falde si riflette in fluttuazioni cicliche della temperatura. La termometria può essere di grande aiuto nel localizzare gli acquiferi più o meno produttivi nei pozzi multi acquifero. Se le temperature crescono con la profondità, ciò indica ridotta mobilità delle acque del sottosuolo; eventuali anomalie nel profilo di temperatura, in particolare stratificazioni fredde, al contrario, generalmente indicano percorsi di flusso preferenziali attraverso determinati livelli dell'acquifero. Negli acquiferi costieri la temperatura discrimina, con precisione paragonabile a quella delle misure di conducibilità elettrica, la falda di acqua dolce (fredda) da quella di acqua salata (poco mobile e calda).

Anche la conducibilità e la sua variazione con la profondità forniscono utili informazioni sul flusso; le misure conduttivimetriche consistono nella registrazione continuativa della conducibilità elettrica del liquido contenuto in un sondaggio piezometrico o in un pozzo. L'indagine conduttivimetrica è eseguita contemporaneamente a quella termometrica in modo da riportare i valori di conducibilità ad una temperatura standard di riferimento (di norma 25°C). Il valore della conducibilità può analogamente essere utilizzato per localizzare gli strati acquiferi maggiormente produttivi e gli acquiferi più permeabili; i salti di conducibilità alle differenti profondità corrispondono anch'essi a variazioni di mobilità entro l'acquifero, e ci consentono di differenziare i circuiti sotterranei anche negli acquiferi multifalda: la conducibilità permette di leggere attraverso il suo incremento, i fenomeni di interazione del fluido con la roccia, con arricchimento in sostanza disciolta dell'acqua, tipico di acque ferme o con valori trascurabili di velocità.

Per le suddette ragioni l'interpretazione e la correlazione dei log di temperatura e conducibilità delle acque sotterranee supportano le informazioni geologiche e strutturali per lo studio del sottosuolo.

Le figure da 2.7a a 2.7c ci consentono di individuare le aree di alimentazione della piana e quelle in cui, al contrario, l'acqua presenta scarsa mobilità: la piana risulta prevalentemente ricaricata dalle falde presenti nei detriti di versante, e nelle conoidi, che costituiscono unità da mediamente permeabili a localmente molto permeabili per porosità.

In corrispondenza di queste formazioni, e principalmente nel versante di sud, sono concentrate le aree con i valori più bassi della conducibilità elettrica e della temperatura: le stratificazioni fredde e a bassa salinità ci consentono di riconoscere dove si localizza il movimento

delle acque, attraverso gli orizzonti più permeabili dell'acquifero. Al contrario nei settori della piana, in cui la temperatura e la conducibilità risultano maggiori per effetto dei più elevati tempi di interazione dei fluidi con la roccia, prevalgono le formazioni a bassa permeabilità e condizioni di scarso flusso. Dalle stratigrafie e dai logs della radioattività naturale eseguiti è possibile confermare che, in prossimità delle aree in cui la temperatura e la conducibilità elettrica crescono fortemente, prevalgono le formazioni con maggiore frazione argillosa.

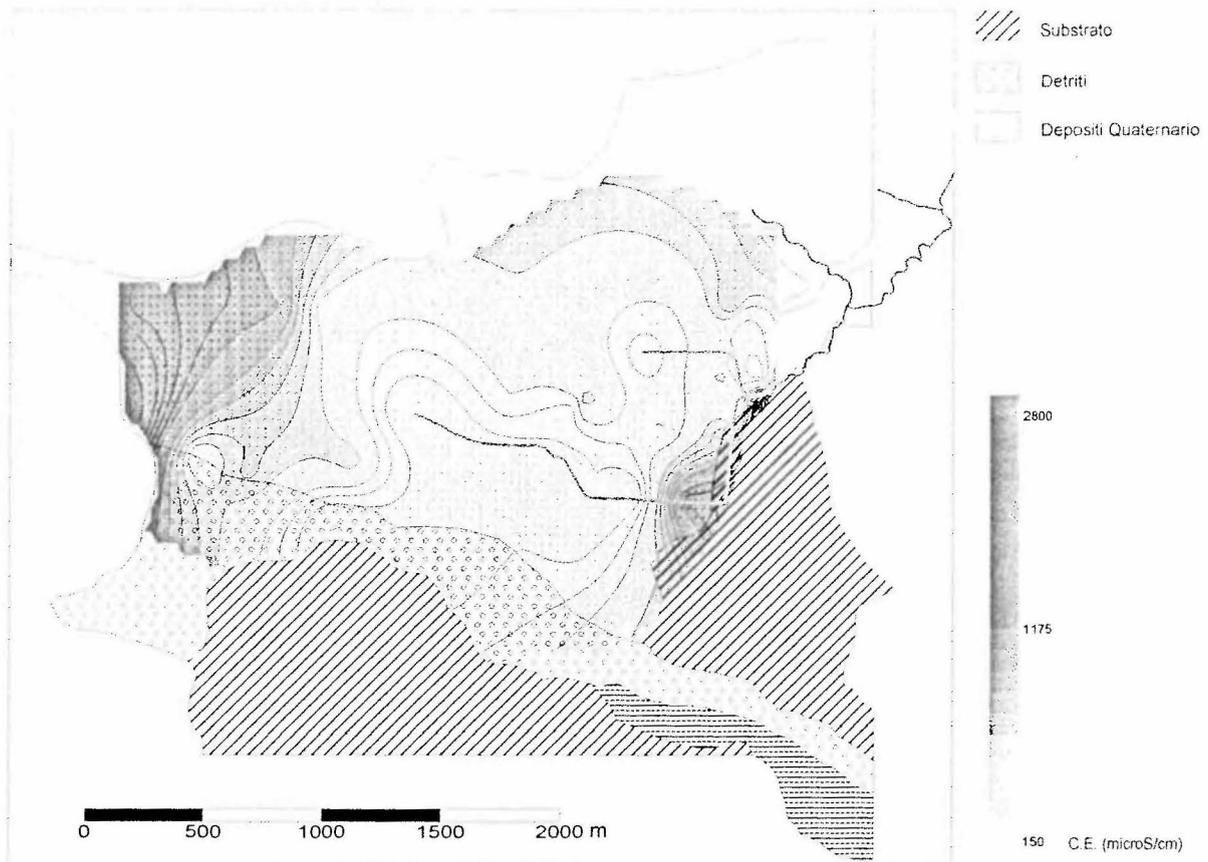


Fig. 2.7a Sezione orizzontale della conducibilità elettrica delle acque sotterranee nella piana industriale di Tito Scalo

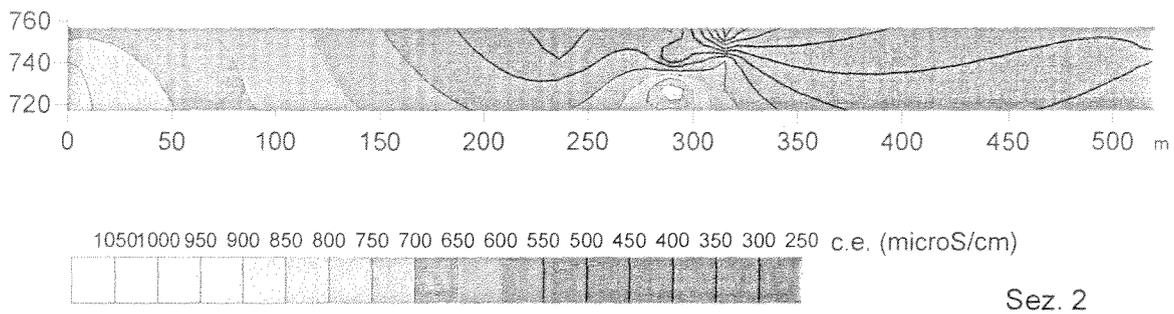
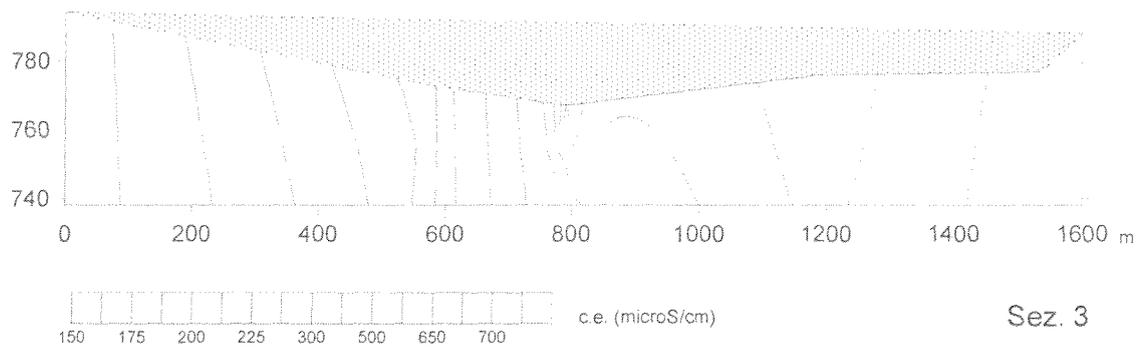


Fig.2.7b: Sezioni conduttivimetriche verticali delle acque sotterranee in prossimità della sezione di uscita del Torrente Tora (vedi Fig.2.3)

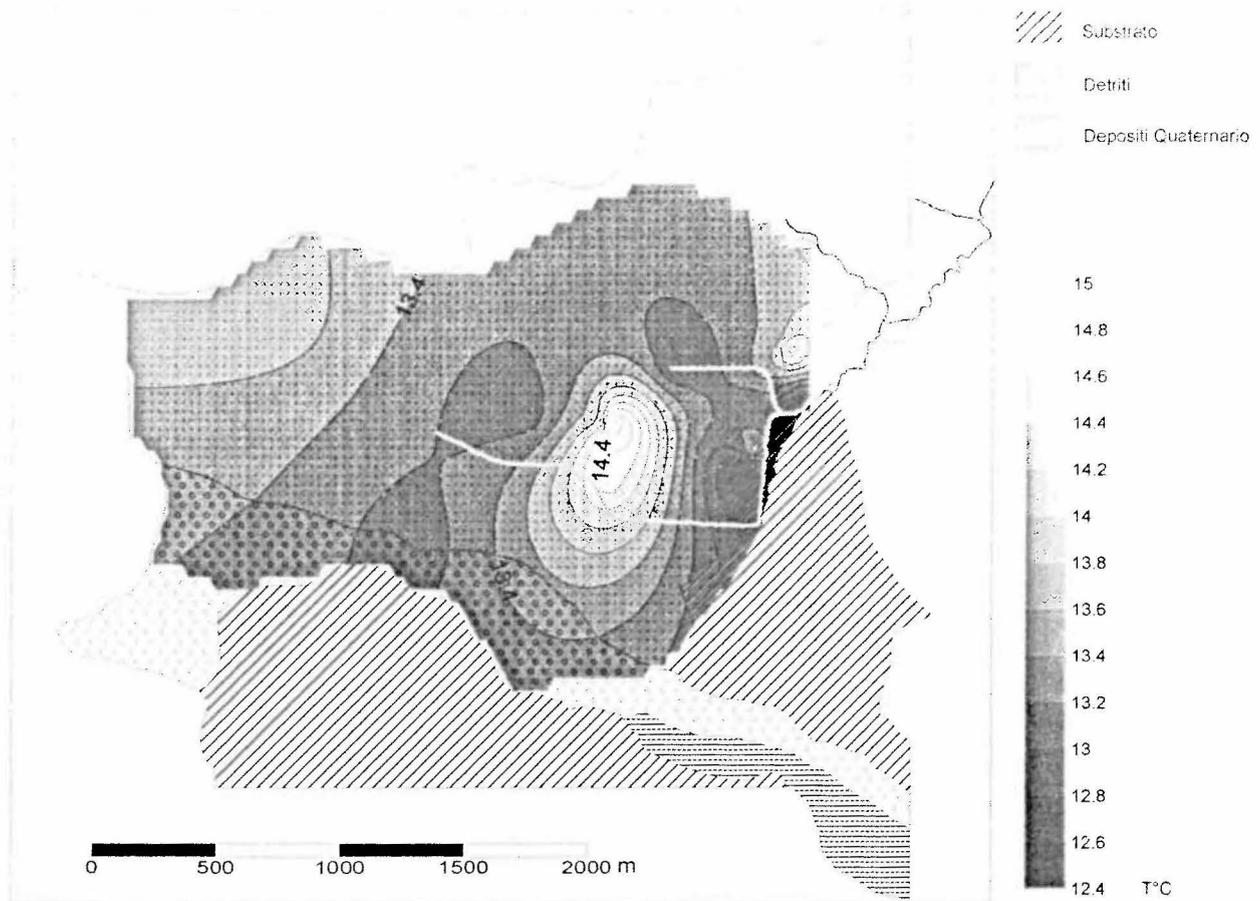


Fig.: 2.7c Sezione orizzontale della temperatura delle acque sotterranee nella piana industriale di Tito Scalo

2.8. Prove di portata

Un contributo significativo, per la definizione del modello idrodinamico della piana lacustre alluvionale dell'area industriale di Tito Scalo, è stato fornito dall'esecuzione di prove di emungimento.

Le prove di portata oltre a verificare l'efficienza dei pozzi, sono finalizzate a stimare la produttività dell'acquifero intercettato e a definirne i principali parametri idrodinamici; esse rappresentano dunque un parte essenziale per l'identificazione dei serbatoi idrici e la caratterizzazione delle falde.

Le prove di pompaggio vengono utilizzate per determinare le caratteristiche dell'acquifero; questa metodologia è quella che, per la rilevanza dei volumi interessati, più direttamente consente di risalire alle proprietà reali dell'acquifero rispetto ad altre tecniche che al contrario danno risposte puntuali.

Per tale ragione si sono eseguite due prove di portata, i cui risultati, commentati successivamente evidenziano come gli orizzonti acquiferi, individuati all'interno della piana, siano scarsamente conduttivi e produttivi, con valori di conducibilità idraulica variabili fra 10^{-4} e 10^{-5} m/sec.

La realizzazione delle prove d'acqua è stata eseguita in corrispondenza delle due postazioni A1 e A2, ciascuna delle quali costituita da 4 fori di cui uno centrale del diametro di 250 mm, ed i rimanenti 3 fori, a distanza di circa 10 m, secondo un arco di circonferenza nella direzione presumibile di flusso, e distanti tra di loro di 45° sull'arco di circonferenza, del diametro minimo interno di 80 mm.

L'emungimento è avvenuto in corrispondenza del foro centrale, mentre la registrazione delle oscillazioni piezometriche si è eseguita anche nei fori periferici.

Lo schema di esecuzione è stato identico per entrambe le postazioni, variando solo la profondità dell'emungimento, di circa 10 m (postazione A1) per lo studio dell'acquifero più superficiale e di circa 15 m per l'acquifero più profondo (postazione A2).

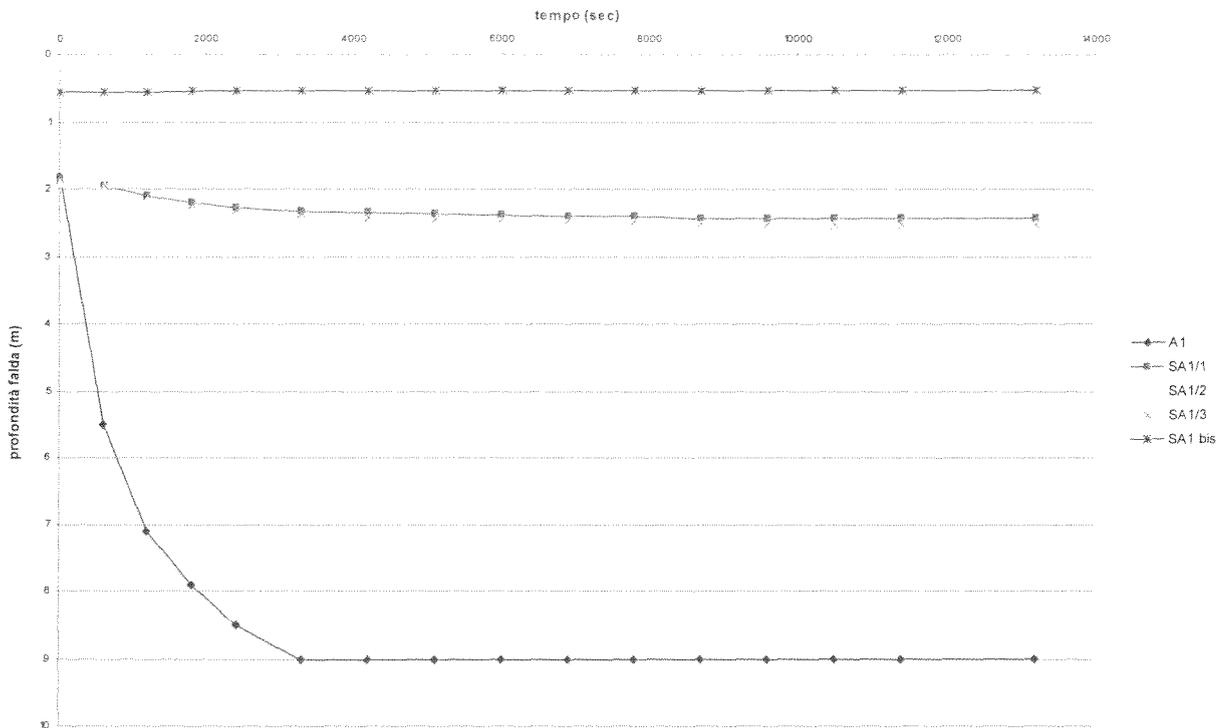
La prima delle due prove è stata eseguita in corrispondenza della postazione A1; inizialmente si intendeva realizzare una prova con portata crescente e variabile a gradini, consistente nell'emungimento di quantità crescenti di acqua dal pozzo e nel il monitoraggio delle quote dei rispettivi livelli dinamici in corrispondenza del pozzo e dei piezometri circostanti, ovvero delle depressioni subite dal livello di falda conseguenti ad ogni incremento di portata. In fig 2.8 a se ne sono rappresentati i risultati.

Per effetto dell'eccessiva depressione del livello di falda, la portata, inizialmente di 0,5 l/sec, si è dovuta ridurre a 0,3 l/sec nel corso della prova.

Il livello statico della falda nel foro, prima dell'inizio della prova, è stato misurato alla profondità di 1,8 m dal piano campagna, le depressioni registrate, per effetto del pompaggio di 0,3 l/sec, sono risultate di m. 7,2, 0,54, 0,92, 0,74 m, rispettivamente in corrispondenza del pozzo A1 e dei sondaggi SA1/1, SA1/2, SA1/3. La conducibilità idraulica, adottando la teoria di Theis in condizioni di transitorietà è risultata pari a $1,5 \times 10^{-4}$ m/sec.

In corrispondenza della postazione A2 le operazioni di emungimento e monitoraggio condotte sono state le stesse di quelle adottate per A1; l'acqua si è estratta dal pozzo A2, le

oscillazioni del livello di falda si sono registrate in corrispondenza dei piezometri circostanti SA2/1, SA2/2, SA2/3. L'acquifero in questa regione è risultato meno produttivo, anche a causa delle interferenze idrodinamiche, dovute ai forti emungimenti nell'area di proprietà di un'azienda, ubicata immediatamente a monte della postazione A2. La prova ha avuto una durata minore, ed è stata prematuramente interrotta per l'eccessiva depressione del livello dinamico in corrispondenza del pozzo. Il livello dell'acqua nel pozzo prima della prova è stato monitorato alla profondità di 3,35 m dal piano campagna. Le depressioni registrate (fig. 2.8 b), per effetto del pompaggio di 0,4 l/sec, sono risultate di m. 15,65, 0,15, 0,2, 0,14 m, rispettivamente in corrispondenza del pozzo A2 e dei sondaggi SA2/1, SA2/2, SA2/3. La conducibilità idraulica è risultata minore in questa regione e pari



a 3×10^{-5} m/sec.

Fig. 2.8a Prova in corrispondenza della postazione A1: registrazione del livello dinamico nel tempo

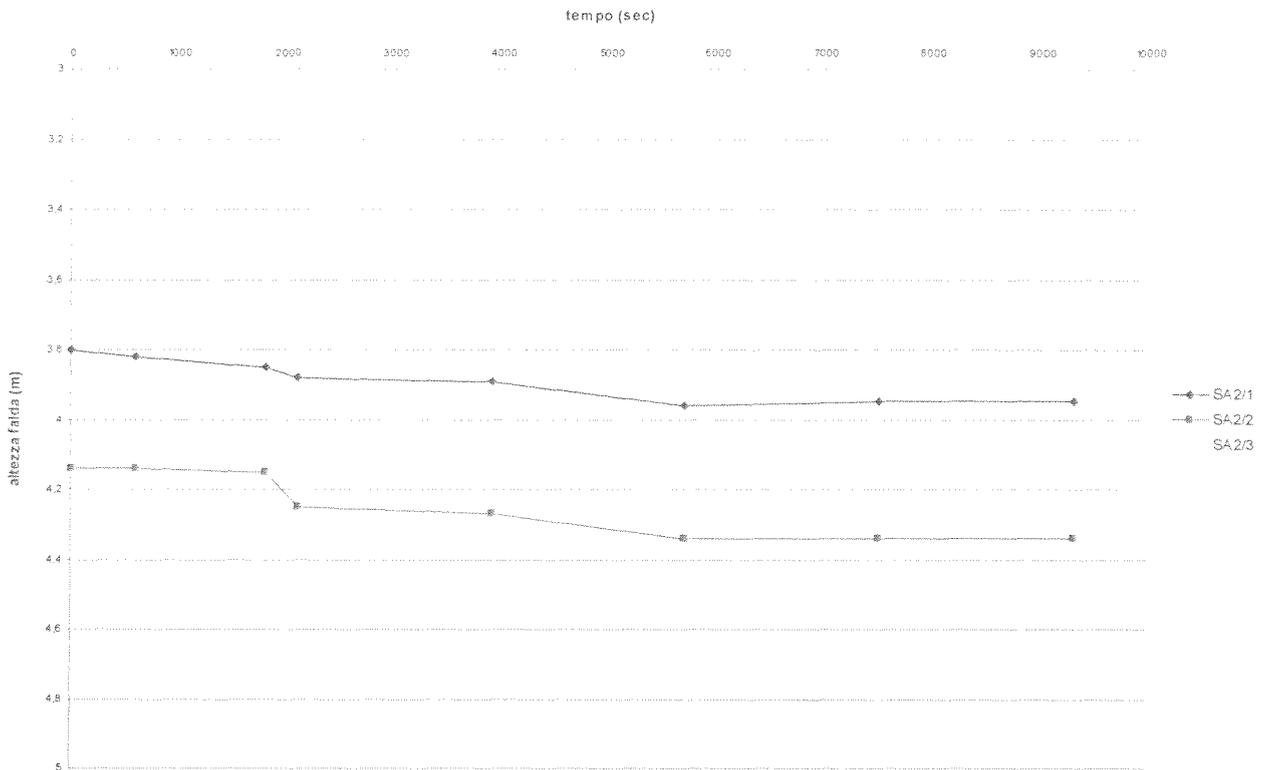


Fig. 2.8b Prova in corrispondenza della postazione A2: registrazione del livello dinamico nel tempo

2.9. Misure di velocità

La determinazione della conducibilità idraulica, da associare ai differenti livelli acquiferi in cui è frazionata la falda superficiale, può avvenire anche mediante prove di velocità di filtrazione. A tal fine, nell'area oggetto di studio, in corrispondenza delle due postazioni siglate A1 e A2 e rispettivamente della profondità di 10 e 20 m, la velocità di filtrazione è stata determinata con il metodo della "diluizione in pozzo singolo".

Tale metodo consente di correlare la diluizione di un tracciante introdotto in un foro con l'aliquota di flusso di acque del sottosuolo in un acquifero in condizioni indisturbate, cioè di moto naturale.

In condizioni di moto stazionario, e se il tracciante è uniformemente distribuito attraverso il volume di diluizione nel tempo, la velocità di diluizione è uguale a:

$$v_g = -(V/At)\ln C/C_0$$

con V pari al volume di diluizione, A la sezione trasversale di misura, t il tempo trascorso dall'inizio della misura, C_0 la concentrazione del tracciante all'inizio della misura ($t=0$), C la concentrazione al tempo t .

$$v_g = \alpha v_f + v_c + v_d + v_v + v_m$$

con v_f pari alla velocità di filtrazione e α il fattore di distorsione idrodinamica dei filetti fluidi dovuto alla presenza del pozzo, v_c la velocità indotta dalla differenza di temperatura, v_d il contributo della diffusione molecolare, v_v la velocità determinata da correnti verticali, v_m la velocità dovuta al miscelamento meccanico.

2.9.1 Immissione del tracciante in A1

Si è marcato inizialmente il tratto di pozzo dalla profondità di 5 m, al di sotto del tratto cementato, fino a 10 metri cioè a fondo foro.

Nel tempo si sono eseguite numerose prospezioni nei 4 fori della postazione, l'ultima delle quali dopo un intervallo di circa 24 ore dall'introduzione del tracciante; in figura 2.9.1a sono riportati i grafici con la rappresentazione di alcune di queste in corrispondenza del foro in cui si è immesso il tracciante.

La figura 2.9.1a evidenzia che nel tratto compreso fra i 7,5 e 8 m, come atteso anche dall'andamento del profilo della radioattività naturale gamma (fig. 2.9.1b), la diluizione del tracciante è più rapida, quindi a quella profondità è ubicato il livello acquifero a permeabilità più elevata.

Sulla base delle caratteristiche costruttive del pozzo, ed in funzione della distorsione che subisce il flusso per la presenza del tubo, si è determinata la velocità di filtrazione nella colonna idrica indagata. In corrispondenza del livello acquifero più conduttivo la velocità di filtrazione è risultata pari a circa 1 ml/giorno (fig.2.9.1b)

Trascorso un intervallo di tempo di 24 ore non è stata osservata la presenza del tracciante negli altri 3 fori della postazione, a distanza di 10 m dal pozzo di immissione (fig. 2.9.1c).

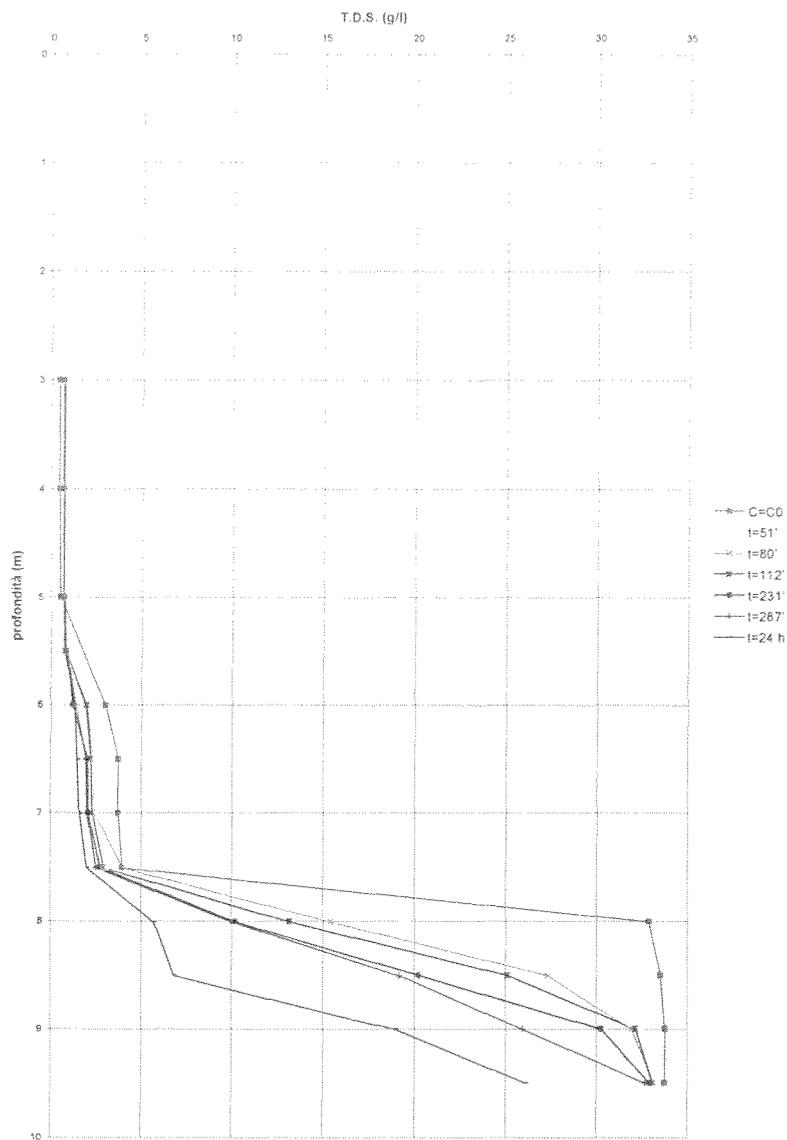


Fig. 2.9.1a: Diluizione nel tempo della concentrazione del tracciante lungo il profilo del pozzo A1.

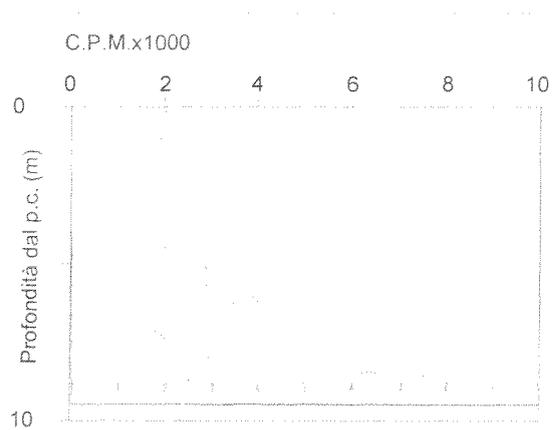
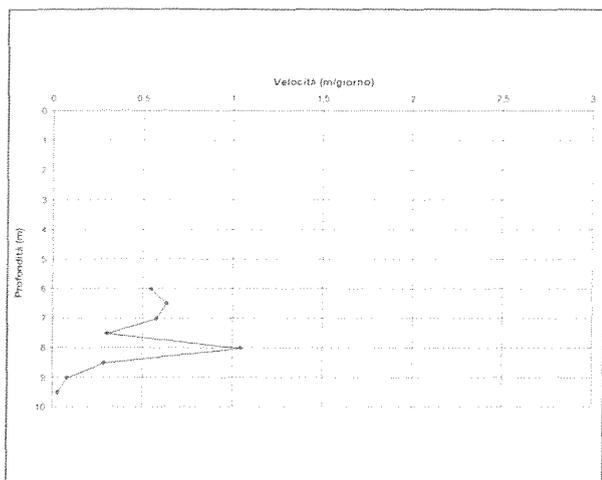


Fig 2.9.1b Profilo di velocità in A1, correlato al carotaggio della radioattività naturale gamma sempre in A1

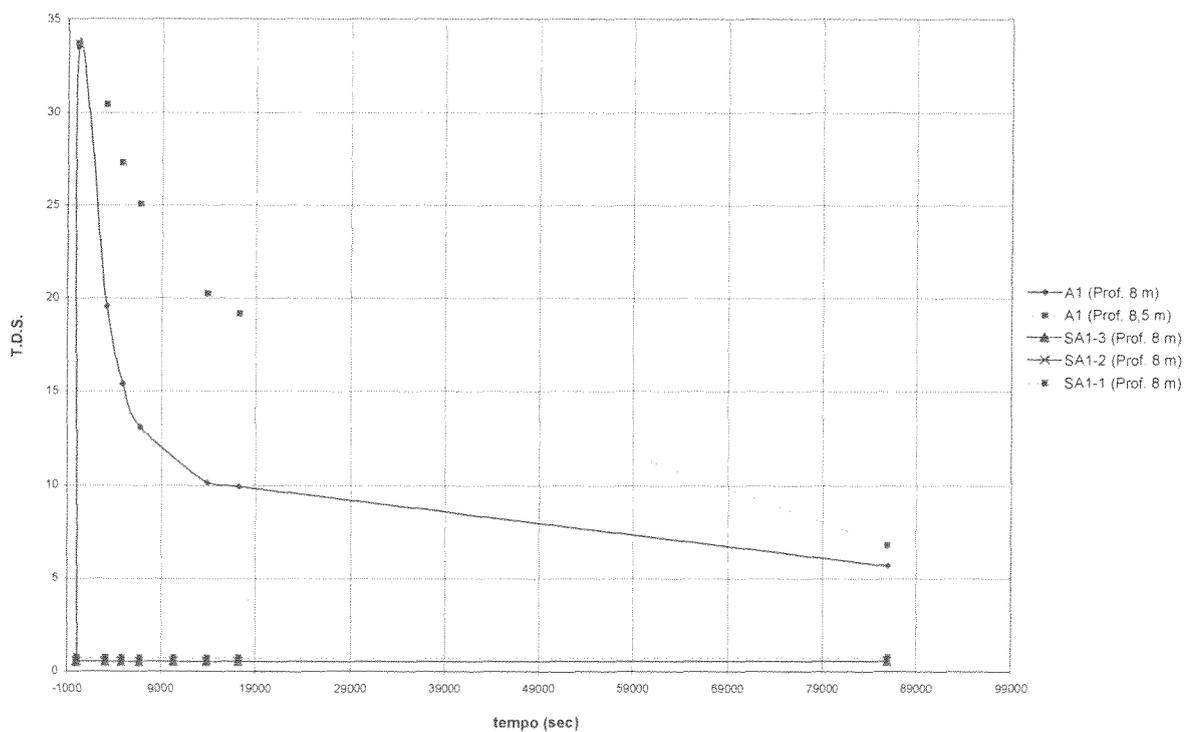


Fig. 2.9.1c: Variazione della concentrazione del tracciante nel tempo (Postazione A1)

2.9.2 Immissione del tracciante in A2.

Nel pozzo A2 si sono marcati circa 10 metri di colonna idrica a partire dalla profondità di 10 m, cioè al di sotto del tratto che si è preliminarmente cementato per prevenire eventuali fenomeni di “cross-contamination”. Anche in questo caso si sono eseguite prospezioni, per misurare la diluizione del tracciante, per una durata di 24 ore nei 4 fori della postazione partendo dall’istante di immissione del tracciante nel pozzo. In figura 2.9.2a si sono rappresentati i diagrammi relativi ad alcune delle prospezioni eseguite nel pozzo.

Sono immediatamente individuabili due livelli a permeabilità maggiore, il primo a profondità compresa fra 11,5 e 12 m, il secondo alla profondità di circa 15 m, confermati dai profili della conducibilità elettrica e della radioattività gamma di fig. 2.9.2c.

In questo caso la velocità di diluizione (fig. 2.9.2b) è massima nel primo dei due livelli e pari a circa 0.35 ml/giorno. Alla profondità di 15 m è di circa 0.15 ml/giorno.

Anche in questo caso, per effetto del limitato valore di velocità, dopo un intervallo temporale di 24 ore, non si è riscontrata presenza di tracciante nei 3 fori di osservazione della postazione A2 (fig. 2.9.2d).