



# REGIONE LAZIO

Via Capitan Bavastro, 108 - ROMA

Assessorato Politiche dei Trasporti e Lavori Pubblici

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO (art.7 Legge 109/94 e succ. mod. int.) Dott. Ing. *BERNARDO MARIA FABRIZIO*



## ANAS S.p.A.

Direzione Centrale Programmazione Progettazione

# VARIANTE ALLA S.S. n. 7 APPIA in Comune di FORMIA

## PROGETTO PRELIMINARE

PROGETTAZIONE: RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO D'IMPRESA TRA :  
POLITECNICA Srl, MANDATARIA, Dott. UMBERTO MAZZINI E SATPI Srl, MANDANTE, Ing. EDMONDO TORDI



**DIPARTIMENTO DI SCIENZA DELLA TERRA  
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ROMA "LA SAPIENZA"  
LABORATORIO DI IDROGEOLOGIA QUANTITATIVA**  
Prof. Carlo Boni

ELABORATO

## ANALISI DEI POSSIBILI RAPPORTI TRA LA SORGENTE MAZZOCCOLO E LE OPERE DI COSTRUZIONE DELLA GALLERIA

OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE	SCALA:				
GGI	XX	RG05	/	1-0	-	FILE NAME: GGL_XXRG0510.doc			
					CARTELLA: GGL_005	PLOT: 1=1			
					FOGLIO: A4V	PROT.: 3165A			
3									
2									
1									
0	EMISSIONE				15 MAG 2004	BONI	DE FAZIO	DE FAZIO	
REV.		DESCRIZIONE			DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

POLITECNICA S.C. a.r.l.  
INGEGNERIA e ARCHITETTURA

Via G. GALILEI n. 220  
41100 MODENA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE  
DELLA TERRA  
*Università degli Studi di Roma*  
*“La Sapienza”*  
LABORATORIO DI  
IDROGEOLOGIA QUANTITATIVA

## **CONTRATTO DI RICERCA**

*“Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della  
galleria stradale tangenziale all’abitato di Formia,  
inserita nel progetto della variante alla  
S.S. n.7 Appia”*

## **RELAZIONE**

**(MAGGIO 2004)**

**INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.**

**ANALISI DEI POSSIBILI RAPPORTI TRA L’ACQUIFERO REGIONALE CHE ALIMENTA LA SORGENTE  
MAZZOCOLO E LE OPERE DI COSTRUZIONE DELLA GALLERIA.**

**PROPOSTA DI PROVVEDIMENTI PER IL MONITORAGGIO E LA TUTELA DELLE ACQUE SORGIVE.**

REDATTA DA  
CARLO BONI

MAGGIO 2004

nell'ottobre 1998, su incarico del Comune di Formia.

Dall'esame dei documenti consultati si può dedurre che gli Autori concordano pienamente su alcuni aspetti fondamentali, mentre esprimono pareri diversi su altri.

Tutti gli Autori sono concordi sui seguenti punti:

- Le acque della Sorgente Mazzoccolo provengono dalla dorsale carbonatica aurunca, interessata da fenomenologie carsiche evolute, che determinano un regime di flusso sotterraneo impulsivo caratterizzato da ampia variabilità e notevoli velocità di flusso.
- Viene riconosciuta una stretta relazione tra la variabilità degli afflussi meteorici e la variabilità delle portate, con tempi di ritardo contenuti nell'ordine delle ore o dei giorni.
- Il regime di portata della sorgente è molto irregolare con valori massimi ordinari superiori a 1000 l/s, minimi ordinari di poche centinaia di litri al secondo e minime estreme di un centinaio di litri al secondo.
- Durante le piene, le acque sorgive presentano manifeste condizioni di intorbidamento, talvolta accompagnate da un consistente aumento della carica batterica.
- Fenomeni di inquinamento naturale hanno provocato epidemie di tifo e ricorrono molto frequentemente nelle analisi periodiche eseguite dalle autorità competenti.
- Il campo piezometrico normale dell'acquifero carbonatico che alimenta le sorgenti, in base a misure dirette eseguite su alcuni pozzi, nel settore più prossimo all'emergenza risulta variabile fra 10 e 15 m s.l.m.
- Non sono state ancora chiaramente definite le condizioni idrogeologiche nell'area immediatamente circostante la Sorgente di Mazzoccolo e nel reticolo artificiale di captazione che risale in gran parte ad epoca romana. In particolare non sono stati ancora chiaramente definiti i reciproci rapporti di giacitura tra i conglomerati da cui emergono le acque sorgive, il complesso carbonatico mesozoico ed il complesso argilloso miocenico.

La galleria, in corrispondenza di M.te di Mola, si viene a trovare ad una quota variabile fra 75 m (imbocco est) e 100 m circa, massima quota dell'opera. In corrispondenza del rilievo di M.te S. Maria e di Costamezza, la galleria si trova a quote variabili tra circa 100 m e 30 m (imbocco ovest). Per definire i rapporti fra l'acquifero carbonatico basale e la galleria è necessario valutare quale sia l'effettiva posizione del campo piezometrico normale e delle sue variazioni estreme, in corrispondenza dell'opera. Si è detto che la portata della Sorgente Mazzoccolo risulta estremamente variabile perché alimentata da un reticolo carsico evoluto, particolarmente sviluppato a quote di poco superiori a quelle dell'emergenza principale.

Le quote piezometriche più prossime alla sorgente e le considerazioni desumibili dai risultati delle perforazioni eseguite per la progettazione, indicano che il campo piezometrico normale, in

corrispondenza della galleria, può variare tra valori minimi di 15 e massimi di 25 m s.l.m.. Informazioni recentissime raccolte nel maggio 2004, relative ad un pozzo in costruzione, profondo 450 m ed ubicato 3 km a nord della Sorgente Mazzoccolo, portano un contributo significativo alla definizione delle caratteristiche dell'acquifero carsico in esame. La perforazione, in periodo invernale, ha incontrato modesti acquiferi sospesi incapaci di fornire una portata continua e consistente. A quote variabili tra 40 e 10 m s.l.m., il foro ha attraversato un orizzonte carsificato saturo, capace di fornire portate consistenti; nella primavera del 2004 il livello piezometrico è risalito nel foro ad una quota di circa 75 m s.l.m.. Queste informazioni indicano che, nel rilievo considerato, si trova un reticolo carsico attivo, posto ad una quota variabile tra 40 e 10 m s.l.m., perennemente saturo, che agisce come dreno preferenziale. Questo reticolo entra in carico a seguito di precipitazioni particolarmente intense e prolungate, con oscillazioni piezometriche che si possono stimare di circa 25 m, all'interno del rilievo e che risultano progressivamente decrescenti verso il punto di emergenza principale.

In base a queste considerazioni, in figura 1, è stato tracciato il più probabile andamento del campo piezometrico, desunto dalle considerazioni sopra esposte. Le linee piezometriche riportano due valori, quello inferiore relativo al campo piezometrico normale e quello superiore relativo alle quote piezometriche che si possono raggiungere quando il reticolo carsico entra in carico, a seguito di afflussi particolarmente intensi.

Dalla figura 1 risulta che la Sorgente Mazzoccolo è alimentata dal rilievo di M.te di Mola e dalle dorsali più settentrionali, mentre i rilievi M.te S. Maria e di Costamezza alimentano un acquifero pedemontano e costiero che si perde direttamente in mare. In corrispondenza di M.te di Mola, la galleria si viene a trovare ad un'altezza variabile tra 65 e 75 m sopra il livello piezometrico normale e di oltre 50 m sopra il livello corrispondente al campo piezometrico in condizioni di carico idraulico. Nel settore M.te S Maria – Costamezza la galleria si trova tra 75 e 20 m sopra il campo piezometrico normale e tra 50 e 15 m sopra il livello piezometrico in condizioni di carico idraulico. I valori più bassi si registrano, ovviamente, in corrispondenza dell'imbocco occidentale.

In base a queste valutazioni si può affermare che la galleria è posta ad una quota tale da escludere qualsiasi interferenza diretta tra le opere di scavo ed il settore permanentemente saturo dell'acquifero. Le indicazioni raccolte portano ad escludere interferenze tra la galleria e l'acquifero carsico, anche in condizioni di carico idraulico particolarmente elevato in periodo autunnale e primaverile.

## CASI CRITICI

Il *Parere Tecnico* redatto da M. Civita, lamenta innanzitutto una carenza di più sicuri dati idrogeologici e prende in considerazione la possibilità che si verifichino situazioni particolari, che potrebbero avere notevole impatto sull'acquifero considerato e sull'andamento del lavoro durante l'esecuzione delle opere di scavo.

Queste preoccupazioni possono sintetizzarsi nei seguenti punti:

1. La natura carsica dei terreni potrebbe favorire, nel caso di precipitazioni molto intense e prolungate, brusche risalite della piezometrica all'interno del sistema di condotti fino a raggiungere la quota delle opere. L'Autore stima che i fenomeni potrebbero avere una durata di qualche decina di ore e ripetersi con una frequenza notevole (20 volte in un anno).
2. L'attraversamento delle aree più carsificate potrebbe avere come conseguenza l'inquinamento dell'acquifero basale, nel caso si verificassero cessioni di sostanze inquinanti utilizzate nella costruzione della galleria.
3. Ad opera ultimata, ed in esercizio, non può essere escluso il caso di sinistri veicolari che interessino autocisterne per il trasporto di liquidi tossici e nocivi. Questa eventualità potrebbe determinare un massiccio inquinamento dell'acquifero basale, se non venissero adottati opportuni provvedimenti cautelativi.

A commento di queste ipotesi si possono fare le seguenti considerazioni:

- L'eventualità che il livello piezometrico possa bruscamente elevarsi nel reticolo carsico, è stata ovviamente presa in considerazione. Da quanto esposto precedentemente risulta una variabilità massima di circa 25 m. L'ipotesi di un innalzamento del livello piezometrico di oltre 70 m si può considerare veramente remota nel contesto idrogeologico locale. Se fenomeni di questo tipo si fossero verificati in passato, avrebbero dato origine a vistose manifestazioni superficiali, anche nel centro abitato di Formia. Non si sono avute notizie al riguardo.

Assai più probabile pare la possibilità che consistenti apporti, canalizzati nel reticolo carsico, provengano dalla superficie alla galleria, con movimento dall'alto verso il basso, in corrispondenza di eventi meteorici critici. Si tratterebbe, comunque, di fenomeni di durata relativamente breve, che devono tuttavia essere tenuti in considerazione nella progettazione dell'opera.

- Nelle opere di costruzione della galleria deve essere proibito l'uso di sostanze inquinanti, idroveicolabili, di qualità ed in quantità tali da poter provocare, accidentalmente, l'inquinamento dell'acquifero.

- L'ipotesi di incidenti che possano, ad opera ultimata ed in esercizio, determinare versamenti di sostanze tossiche e nocive sulla sede stradale, richiede particolare cautela nella progettazione dell'opera. Si è prevista, pertanto, la costruzione di canali di scolo e vasche di raccolta dei liquidi dispersi ed adeguati sistemi di monitoraggio delle caratteristiche chimico - fisiche e batteriologiche dell'acquifero.

Nell'Allegato B sono riportate alcune elaborazioni di dati pluviometrici, medi ed estremi, relativi alle tre stazioni più prossime all'opera.

## CONSIDERAZIONI SUI POSSIBILI RAPPORTI TRA L'ACQUIFERO BASALE E LA COSTRUZIONE DELLA GALLERIA

La situazione idrogeologica, regionale e locale, che risulta dagli studi sino ad ora compiuti, è stata accuratamente esaminata in apposite riunioni tecniche alle quali hanno partecipato esponenti della Società Politecnica, della Società SATPI, geologi della Società Geoter ed il prof. Sappa, incaricato dal comune di Formia di esaminare il progetto della galleria.

In queste riunioni si sono prese in considerazione sia le condizioni normali nelle quali dovrebbero svolgersi i lavori, sia l'ipotesi di situazioni particolarmente critiche che potrebbero verificarsi.

Si è pervenuti in sintesi alle conclusioni di seguito esposte.

### **Situazione normale**

Le conoscenze finora acquisite, sul contesto idrogeologico regionale e locale, portano ad escludere che le opere di scavo della galleria possano interessare il settore perennemente saturo dell'acquifero regionale che alimenta la Sorgente di Mazzoccolo.

Analogamente si può escludere che, in condizioni di esercizio normale, le opere di scavo possano alterare, in misura apprezzabile, le caratteristiche qualitative delle acque sorgive, che già nelle condizioni attuali sono soggette a ricorrenti fenomeni di intorbidamento e di inquinamento, dovuti alla natura carsica dell'acquifero che le alimenta.

### **Ipotesi di situazioni critiche**

Non può essere esclusa l'eventualità che fenomeni critici, o non previsti, possano costituire minaccia alla qualità delle acque sorgive e al regolare svolgimento dei lavori di scavo.

Per controllare e minimizzare gli effetti di queste eventualità, per garantire il buon andamento dei lavori e la tutela dell'importante risorsa idrica sotterranea disponibile nell'area, viene proposta l'esecuzione di alcune opere di monitoraggio e di salvaguardia.

## OPERE E PROVVEDIMENTI PROPOSTI

### **Pozzi piezometrici**

Si è concordemente riconosciuta la necessità di costruire alcuni pozzi piezometrici nell'acquifero basale che alimenta la Sorgente Mazzoccolo. I pozzi previsti hanno le seguenti finalità:

- Verificare l'effettiva posizione del livello piezometrico, in diversi punti dell'acquifero e controllarne direttamente la variazione nel tempo.
- Consentire il prelievo di significativi campioni di acqua dall'acquifero basale. Si è considerato significativo un campione che viene prelevato dopo aver mantenuto in esercizio il pozzo piezometrico per un periodo di tempo di almeno un'ora. Nel pozzo è quindi prevista l'installazione di una piccola pompa dotata di opportune caratteristiche.
- Consentire l'inserimento nel pozzo piezometrico di sonde, capaci di rilevare specifici caratteri chimico – fisici.
- Consentire la tempestiva individuazione di eventuali fenomeni di inquinamento, causati da situazioni critiche, che potrebbero insorgere durante la costruzione dell'opera o durante l'esercizio della galleria.

Per la realizzazione di queste opere è necessario seguire alcuni accorgimenti.

Si deve avere la certezza che la perforazione penetri un settore di acquifero dotato di permeabilità sufficiente a consentire il prelievo di una portata non inferiore a 0,5 l/s per il tempo di almeno un'ora. In caso contrario si deve ritenere che la perforazione non sia idonea per predisporre un controllo piezometrico ed un sistema di monitoraggio della qualità delle acque. La perforazione deve raggiungere l'acquifero e attraversarlo fino ad una quota indicativa di circa 10 m sotto il livello del mare. Il diametro di perforazione nel settore saturo non deve essere inferiore a 200 mm. Il diametro del tubo di rivestimento, dotato di opportuni filtri nel settore saturo, deve essere di 5", per consentire l'installazione di una pompa da 4" e, attraverso un foro di 40 mm, l'introduzione di una sonda, per il controllo piezometrico e per l'eventuale monitoraggio continuo della qualità delle acque.

E' prevista la costruzione di quattro pozzi piezometrici (nelle aree indicate nell'allegato A), per un totale di circa 700 m di perforazione. L'ubicazione definitiva dei pozzi dovrà essere meglio verificata controllando le possibilità di accesso ed il consenso dei proprietari delle località interessate.

Per l'esercizio dei pozzi piezometrici deve essere previsto l'uso di un adeguato generatore o l'allaccio alla rete elettrica.

In allegato A viene fornita l'ubicazione indicativa ed il disegno del progetto esecutivo dei pozzi

piezometrici. Vengono inoltre fornite le caratteristiche dei filtri, del massiccio filtrante, delle cementazioni ed ogni altro utile dettaglio per la costruzione dell'opera.

### **Prescrizioni dell'uso di materiali inquinanti nelle opere di scavo, di rivestimento e di finitura della galleria**

Si è convenuto che gli elaborati progettuali escludano tassativamente, nelle opere di scavo, di rivestimento e di finitura della galleria, l'uso di sostanze inquinanti, idroveicolabili, di qualità ed in quantità tali da poter provocare, accidentalmente, l'inquinamento dell'acquifero.

### **Accorgimenti progettuali**

Si è convenuto che il progetto della galleria debba prevedere, in ciascuna canna, la costruzione di due canali di scolo, di adeguate dimensioni, che siano operativi sia durante lo scavo, sia ad opera ultimata.

Durante le operazioni di scavo, questi canali hanno la funzione di smaltire eventuali apporti di acque meteoriche che, accidentalmente, si potrebbero verificare in corso d'opera.

Durante l'esercizio della galleria questi canali hanno lo scopo di veicolare liquidi, o più in generale sostanze tossiche o nocive, disperse lungo la sede stradale a seguito di incidenti. I canali di scolo, in corrispondenza dei due imbocchi, devono raggiungere vasche di raccolta di dimensioni adeguate, capaci di contenere le sostanze inquinanti. Dovrà inoltre essere previsto lo smaltimento dei liquidi verso adeguati centri di trattamento e di depurazione.

Lì 14 maggio 2004

Carlo Boni

## CONTRATTO DI RICERCA

*“Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della galleria stradale tangenziale all’abitato di Formia, inserita nel progetto della variante alla S.S. n. 7 Appia”*

**RELAZIONE  
(MAGGIO 2004)**

---

### ALLEGATO A:

#### Ubicazione indicativa e progetto esecutivo dei pozzi piezometrici

L’Allegato A contiene i disegni esecutivi dei pozzi piezometrici per il controllo della piezometria e della qualità delle acque dell’acquifero che alimenta la Sorgente Mazzoccolo.

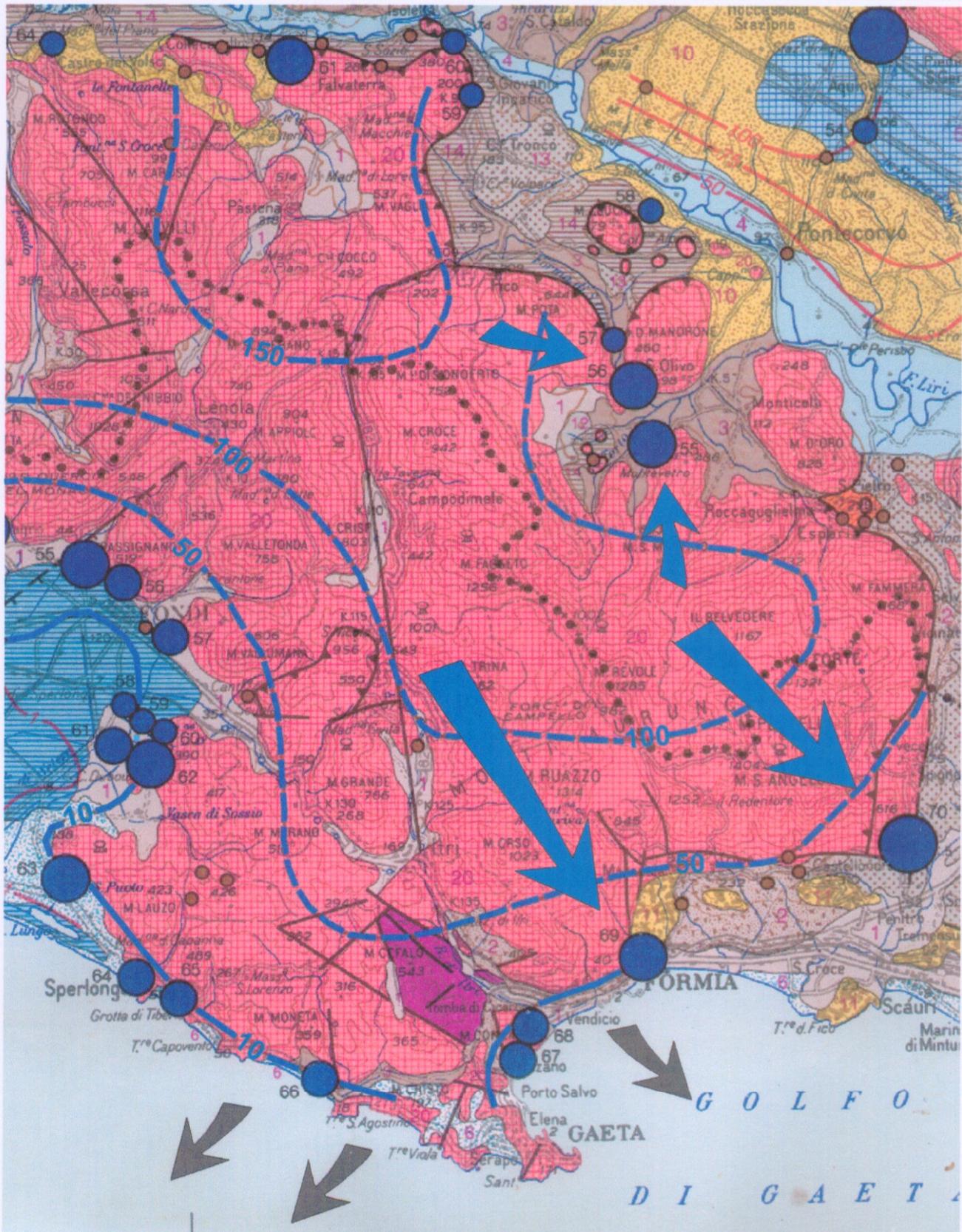
E’ prevista la costruzione di quattro pozzi piezometrici la cui ubicazione indicativa è riportata nella fig. A-6. I pozzi hanno profondità variabile fra un massimo di 200 m ed un minimo di 130 m per uno sviluppo complessivo di circa 700 m.

Il diametro di perforazione a fondo foro, non deve essere inferiore a 200 mm; il tubo di rivestimento è di 5” con un settore filtrante nella porzione satura dell’acquifero.

Elaborati grafici:

- Fig. A-1.....Sezione Longitudinale (non in scala)
- Fig. A-2.....Piazzola di cemento e copertura della testata in metallo
- Fig. A-3.....Schema dei diametri
- Fig. A-4.....Piano della testata
- Fig. A-5.....Sezione della testata
- Fig. A-6.....Ubicazione indicativa dei pozzi piezometrici

**Stralcio tratto dalla "Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio" (1988) modificato e ingrandito alla scala 1:125.000**



Sorgenti



Direttrici di flusso delle acque sotterranee



Sorgenti sottomarine



Probabile andamento delle isopiez nelle dorsali carbonatiche



raggiungere i carbonati mesozoici. In quest'area, alla eterogeneità dei litotipi si associa un'intensa attività tettonica che ha alterato pesantemente sia gli originari rapporti di giacitura, sia i caratteri litologici delle rocce.

Nelle figure 3 e 3a viene illustrata, con maggiore dettaglio, la situazione riconosciuta da studi precedenti e da recenti rilievi diretti di campo.

Nei profili vengono messe in particolare evidenza le fasce milonitiche dove gli effetti della tettonica hanno profondamente alterato le rocce coinvolte, tanto da modificarne profondamente le originarie caratteristiche sia litologiche che idrogeologiche.

## IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il contesto idrogeologico regionale dell'area interessata dalla galleria appare ben definito nelle sue linee essenziali. La situazione idrogeologica viene illustrata nella figura 4, stralciata dalla "*Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio*" edita nel 1988. In questo documento vengono riportate le principali sorgenti distribuite al margine del rilievo degli Aurunci ed il più probabile campo piezometrico dell'esteso acquifero ospitato dalla dorsale carbonatica. Nell'area di Formia figura la sorgente Mazzoccolo ed il simbolo di sorgenti sottomarine, di portata indefinita, note nel tratto di mare compreso fra Formia e Gaeta. Si riconoscono due principali direttrici di flusso sotterraneo dirette una verso la Sorgente di Capo d'Acqua di Spigno e l'altra verso la Sorgente Mazzoccolo. Dall'esame della cartografia si riconosce anche l'estensione del bacino di alimentazione della Sorgente Mazzoccolo e delle perdite a mare. Risulta indicativamente un'area di circa 50 km<sup>2</sup> capace di alimentare una portata media di circa 1500 l/sec.

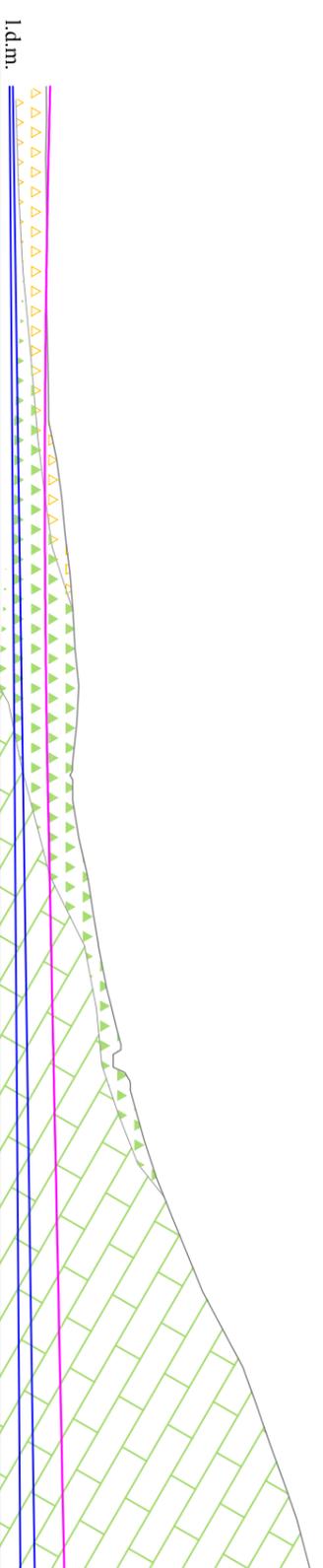
Dal contesto idrogeologico regionale risulta inequivocabilmente che il bacino idrogeologico di alimentazione della sorgente si estende nella dorsale carbonatica aurunca, in un'area interessata da un carsismo particolarmente sviluppato, con forme evolute che consentono la pressoché totale e rapida infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica, per valori medi prossimi a 1000 mm/a.

Sono numerosi i contributi consultati relativi alla Sorgente Mazzoccolo. Di particolare interesse sono risultati:

- la Relazione Idrogeologica relativa alle "*Opere di captazione e di protezione igienica della Sorgente Mazzoccolo (Formia)*", redatta da Bartolomei, Celico, Pecoraro e Russo, nel novembre 1985, per conto della Cassa del Mezzogiorno.
- Il *Parere Tecnico* sull'impatto che la galleria stradale potrebbe provocare sulla risorsa idrica sotterranea che alimenta il Gruppo Sorgivo Mazzoccolo, redatto da M.Civita

# PROFILO GEOLOGICO LUNGO L'ASSE DELLA GALLERIA\*

## M.te di Mola / M.te Santa Maria - Imbocco Ovest



Depositi di copertura recenti: breccie calcaree cementate e detrito di falda.  
Contengono modestissimi acquiferi sospesi (Olocene)



Complesso detritico costituito da blocchi calcarei di dimensioni metriche (Pleistocene - Olocene)



Complesso indifferenziato calcareo-dolomitico (Cretacico)



Tracciato della galleria



Campo di variazione del livello piezometrico desunto  
dai dati attualmente disponibili



\* Desunto dai dati disponibili e da osservazioni dirette di campo

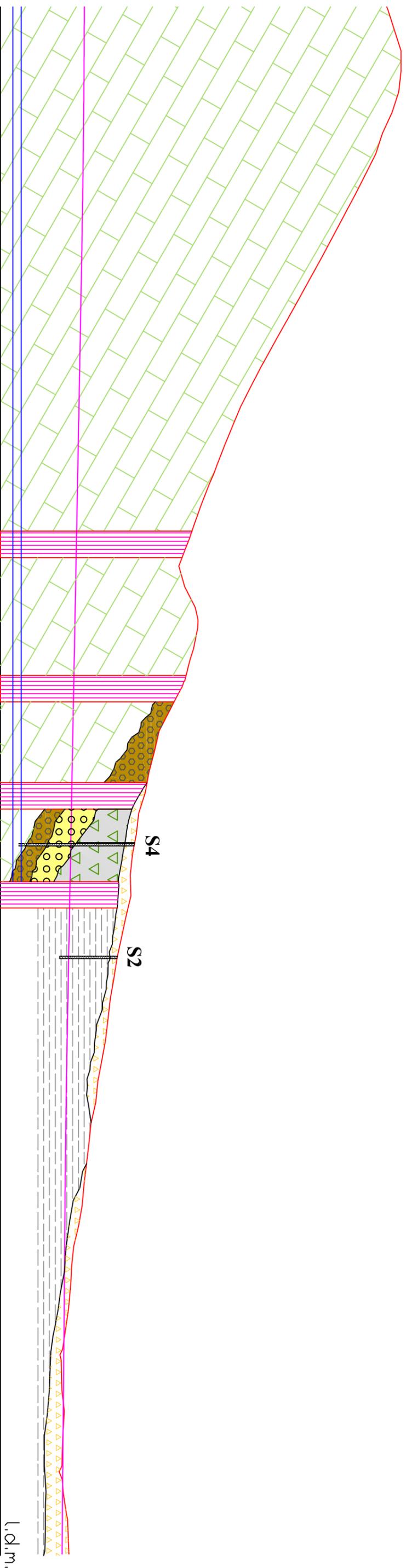
Scala 1 : 5.000

Fig. 3b

# PROFILO GEOLOGICO LUNGO L'ASSE DELLA GALLERIA\*

## M.te di Mola / M.te Santa Maria - Imbocco Est

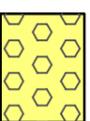
M.te di Mola



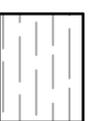
Depositi di copertura recenti: breccie calcaree cementate e detrito di falda.  
Contengono modestissimi acquiferi sospesi (Olocene)



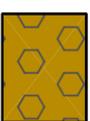
Argille grigie e varicolori con blocchi lapidei, identificate nel sondaggio S4  
(Pliocene sup.)



Complesso dei Conglomerati poligenici con intercalazioni di arenarie e limi  
(attribuito al Pliocene inf.)



Complesso argilloso indifferenziato:  
- Argille con gessi (Messiniano-Tortoniano sup.)  
- Argille caotiche con pezzame lapideo. Presenza occasionale di gas.  
(Aquitaniense-Oligocene)



Breccie calcaree monogeniche legate da cemento micritico (Miocene ?)



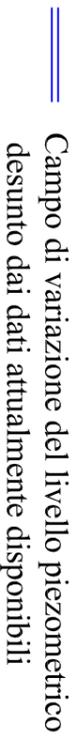
Complesso indifferenziato calcareo-dolomitico (Cretacico)



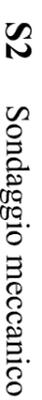
Fasce milonitiche dove le rocce perdono i loro caratteri originari



Tracciato della galleria



Campo di variazione del livello piezometrico  
desunto dai dati attualmente disponibili



S2 Sondaggio meccanico

S4

S2

l. 0, m.

\* Desunto dai dati disponibili e da osservazioni dirette di campo

Scala 1 : 5.000

Fig. 3a

Messiniano) affiorano a luoghi da un'estesa copertura detritica.

Perforazioni meccaniche, eseguite in parte a distruzione di nucleo ed in parte a carotaggio, hanno riscontrato situazioni molto diverse a distanza di poche centinaia di metri (figg.2 e 3).

Il sondaggio S2 ha attraversato 35 metri di argille con gessi e successivamente un analogo spessore di argilliti e siltiti varicolori riferibili alle Argille caotiche degli Autori.

A breve distanza, il sondaggio S4 ha attraversato 70 metri di un complesso caotico eterogeneo costituito da argilliti varicolori che inglobano olistoliti calcarei di dimensioni metriche; seguono conglomerati poligenici, direttamente appoggiati sul substrato carbonatico mesozoico, come osservato nel rilievo più prossimo. Il complesso caotico, attraversato dai primi 70 metri del sondaggio, è presumibilmente riferibile, per natura litologica e posizione stratigrafica, al Pliocene superiore.

Nel settore meridionale della dorsale, in corrispondenza della città di Formia e delle sue aree periferiche, il rilievo carbonatico è circondato da depositi costieri e da depositi alluvionali che poggiano sul rilievo a quote variabili da un massimo di un centinaio di metri a minimi di circa dieci metri. A luoghi, tra i depositi costieri e il rilievo calcareo, affiorano arenare micacee intercalate ad argille, presumibilmente di età miocenica, che si ritrovano anche in lembi sparsi a varie quote, appoggiate alla dorsale o implicate lungo linee tettoniche subverticali.

L'assetto strutturale è assai più complesso di quanto possa apparire dall'esame dell'area più prossima alla galleria. Dal contesto geologico regionale risulta chiaramente che la dorsale carbonatica aurunca ha subito un vistoso processo di traslazione verso N-NW che l'ha portata a sovrascorrere su depositi sinorogenici, prevalentemente argilloso-aranacei, di età miocenica. Nel settore di rilievo interessato dalla galleria, gli effetti di questa fase tettonica, sono mascherati da quelli della successiva fase plio-pleistocenica che ha ribassato vasti settori della dorsale, con motivi distensivi, subverticali, variamente orientati.

Nell'Allegato C figurano fotografie di rocce osservate in affioramento.

Da questo breve esame risulta che la galleria M.te di Mola – M.te S. Maria, ubicata a quote variabili tra 30 e 100 m circa, attraversa prevalentemente i depositi carbonatici mesozoici (fig. 2). Fanno eccezione le situazioni riscontrate all'imbocco occidentale ed orientale della galleria.

La situazione geologica riscontrata all'imbocco occidentale, prevede l'attraversamento di un complesso detritico costituito da grandi blocchi di dimensioni metriche, caratterizzato da alta permeabilità, ma anche da notevole instabilità (fig. 3b).

La situazione geologica riscontrata presso l'imbocco orientale, prevede l'attraversamento di un complesso argilloso – arenaceo, con pezzame lapideo e di puddinghe poligeniche, prima di

# STRALCIO DELLA CARTA GEOLOGICA (scala 1:5.000)

## (Imbocco est)

### LEGENDA



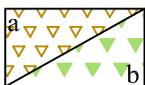
#### Depositi di copertura recenti.

Detriti di falda a luoghi cementati, terre rosse e suoli. Nell'area considerata coprono prevalentemente il complesso argilloso. (Olocene)



#### Depositi alluvionali e costieri.

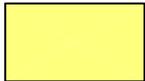
Sabbie delle spiagge attuali grigie e giallastre, essenzialmente quarzoso-calcaree, ricche di minerali vulcanici (Pleistocene medio-superiore). Sabbioni rossastri della "duna rossa antica" con concrezioni ferrifere e ciottoli fluviali, a luoghi con argille di alterazione. Limi e sabbie fluvio-lacustri con abbondante frazione argillosa, talora prevalente, spesso alternati con depositi ghiaiosi poligenici. (Olocene)



#### Depositi di versante e depositi alluvionali antichi.

a) - Breccie di pendio cementate in banchi e strati più o meno tenaci. Depositi di conoide alluvionale, ghiaie massicce alternate a sabbie argillose. (Plio-Pleistocene)

b) - Complesso detritico costituito da blocchi calcarei di dimensioni metriche.



#### Complesso dei conglomerati poligenici.

Puddinghe poligeniche varicolori ben cementate cui talora si intercalano arenarie grigie, calcareniti e argille sabbiose. Spessori affioranti molto variabili da pochi metri ad alcune centinaia di metri.

Permeabilità elevata per fratturazione e carsismo. A Colle S. Antonio, ove poggiano direttamente sui calcari del Cretacico, drenano la falda di base dei massicci mesozoici ed alimentano la sorgente di Mazzoccolo. (Attribuito al Pliocene inferiore)



#### Complesso argilloso indifferenziato.

Argille siltose e sabbie argillose sottilmente stratificate e laminate con intercalazioni di cristalli, lenti e banchi di gesso (Messiniano-Tortoniano sup.). Argilliti e siltiti varicolori tettonizzate, inglobanti blocchi lapidei in giacitura caotica estremamente eterogenei sia come litologia che come dimensioni. Contengono sacche di gas e di acqua. Spessori affioranti molto variabili da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. (Aquitano-Oligocene)

Permeabilità in massa trascurabile. Delimita l'acquifero carbonatico regionale.



#### Breccie calcaree monogeniche.

Breccie calcaree monogeniche legate da cemento calcareo. (Miocene ?)



#### Complesso calcareo - dolomitico indifferenziato.

Calcari e dolomie in strati e banchi, in facies di piattaforma carbonatica ristretta. Spessori affioranti di molte centinaia di metri.

Elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, sia superficiale che profondo. Questo complesso ospita l'acquifero regionale che alimenta il gruppo sorgivo Mazzoccolo. (Cretacico)



Faglia

S3

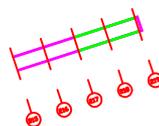
Sondaggi meccanici



Sorgente Mazzoccolo



Sorgenti minori



Tracciato della galleria



Probabili isopieze desunte dai dati attualmente disponibili

Legenda di figura 3

**Stralcio della carta geologica (scala 1:5000)  
(Imbocco est)**

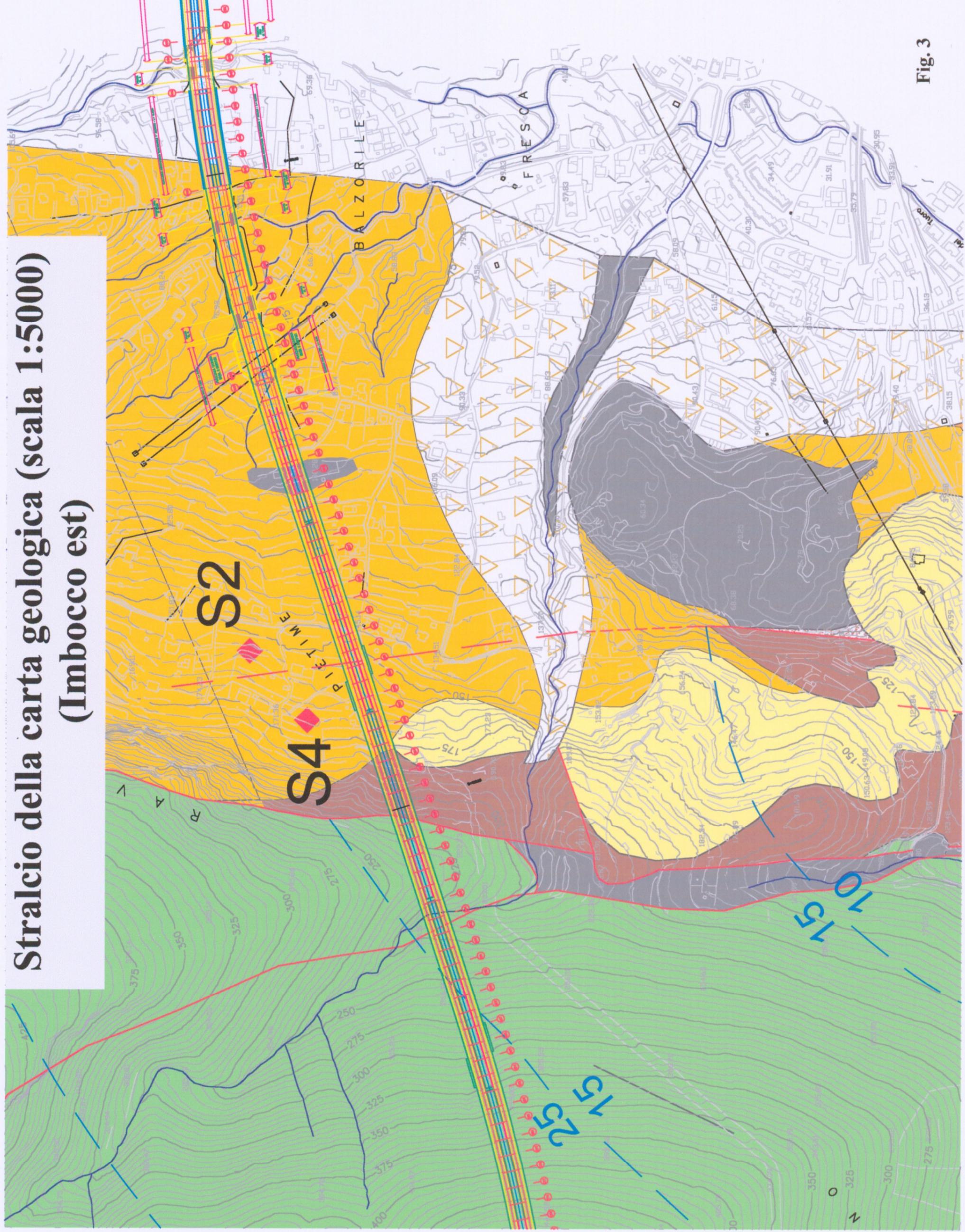
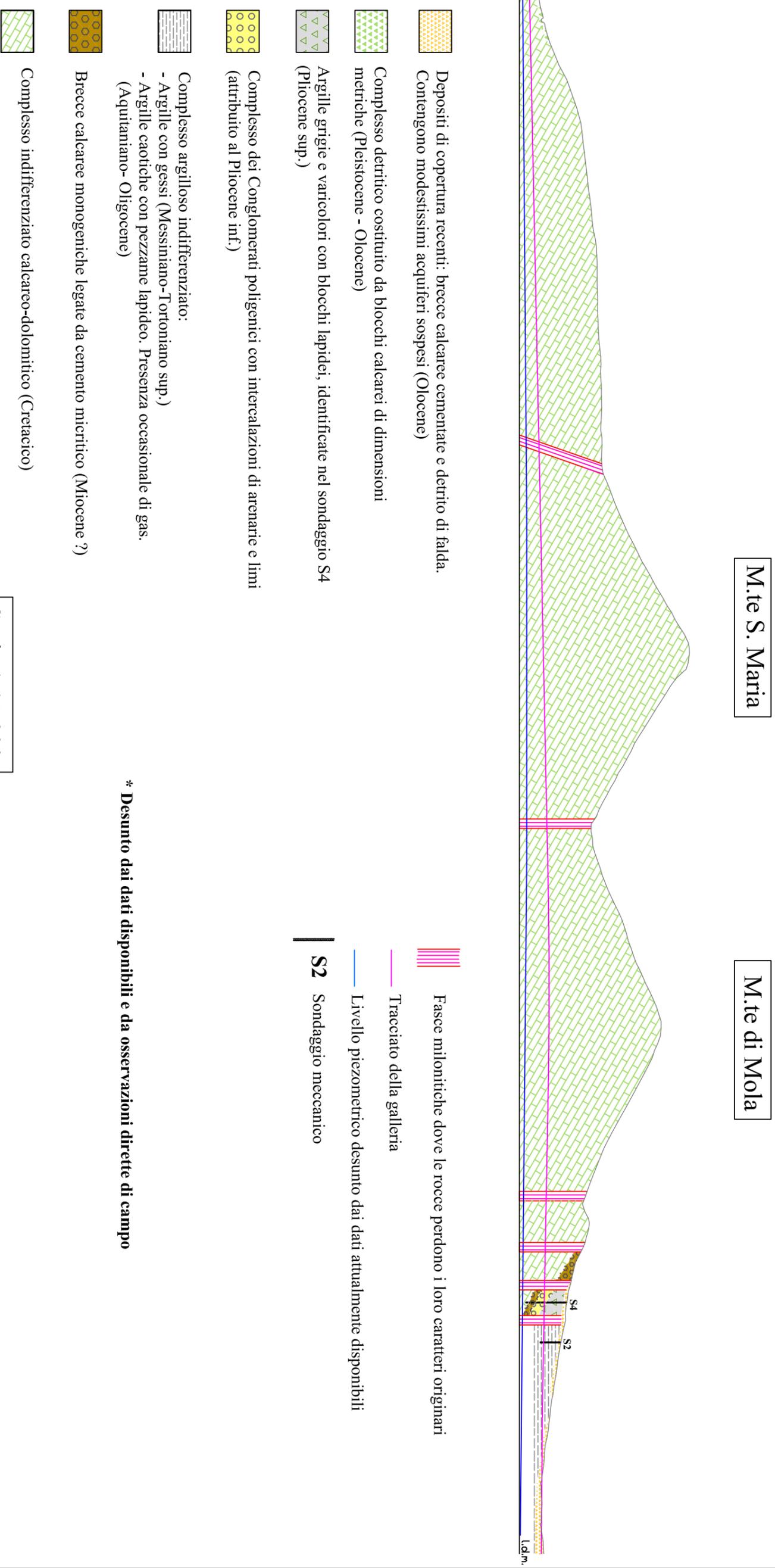


Fig. 3

# PROFILO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO DELLA GALLERIA M.TE DI MOLA - M.TE S. MARIA (FORMIA)\*



Scala 1:15.000

Fig. 2

# CARTA GEOLOGICA (scala 1:15.000)

## LEGENDA



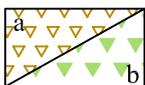
### Depositi di copertura recenti.

Detriti di falda a luoghi cementati, terre rosse e suoli. Nell'area considerata coprono prevalentemente il complesso argilloso. (Olocene)



### Depositi alluvionali e costieri.

Sabbie delle spiagge attuali grigie e giallastre, essenzialmente quarzoso-calcaree, ricche di minerali vulcanici (Pleistocene medio-superiore). Sabbioni rossastri della "duna rossa antica" con concrezioni ferrifere e ciottoli fluviali, a luoghi con argille di alterazione. Limi e sabbie fluvio-lacustri con abbondante frazione argillosa, talora prevalente, spesso alternati con depositi ghiaiosi poligenici. (Olocene)



### Depositi di versante e depositi alluvionali antichi.

a) - Breccie di pendio cementate in banchi e strati più o meno tenaci. Depositi di conoide alluvionale, ghiaie massicce alternate a sabbie argillose. (Plio-Pleistocene)

b) - Complesso detritico costituito da blocchi calcarei di dimensioni metriche.



### Complesso dei conglomerati poligenici.

Puddinghe poligeniche varicolori ben cementate cui talora si intercalano arenarie grigie, calcareniti e argille sabbiose. Spessori affioranti molto variabili da pochi metri ad alcune centinaia di metri.

Permeabilità elevata per fratturazione e carsismo. A Colle S. Antonio, ove poggiano direttamente sui calcari del Cretacico, drenano la falda di base dei massicci mesozoici ed alimentano la sorgente di Mazzoccolo. (Attribuito al Pliocene inferiore)



### Complesso argilloso indifferenziato.

Argille siltose e sabbie argillose sottilmente stratificate e laminate con intercalazioni di cristalli, lenti e banchi di gesso (Messiniano-Tortoniano sup.). Argilliti e siltiti varicolori tettonizzate, inglobanti blocchi lapidei in giacitura caotica estremamente eterogenei sia come litologia che come dimensioni. Contengono sacche di gas e di acqua. Spessori affioranti molto variabili da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. (Aquitano-Oligocene)

Permeabilità in massa trascurabile. Delimita l'acquifero carbonatico regionale.



### Breccie calcaree monogeniche.

Breccie calcaree monogeniche legate da cemento calcareo. (Miocene ?)



### Complesso calcareo - dolomitico indifferenziato.

Calcari e dolomie in strati e banchi, in facies di piattaforma carbonatica ristretta. Spessori affioranti di molte centinaia di metri.

Elevata permeabilità per fratturazione e carsismo, sia superficiale che profondo. Questo complesso ospita l'acquifero regionale che alimenta il gruppo sorgivo Mazzoccolo. (Cretacico)



Faglia

S3

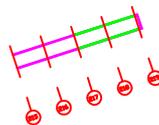
Sondaggi meccanici



Sorgente Mazzoccolo



Sorgenti minori



Tracciato della galleria

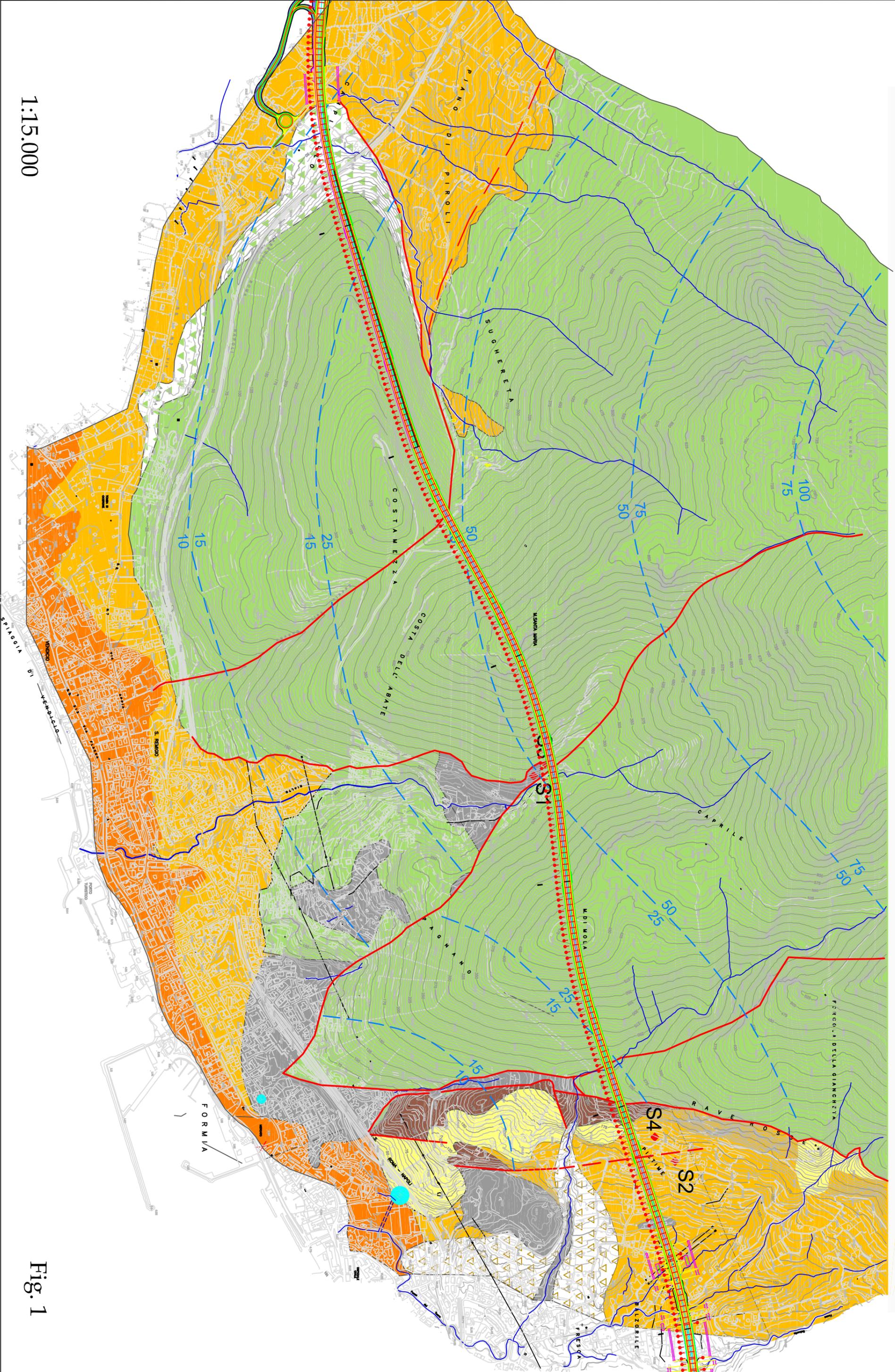


Probabili isopieze desunte dai dati attualmente disponibili

Legenda di figura 1

# CARTA GEOLOGICA

del territorio interessato dalla galleria M.te di Mola - M.te S.Maria



1:15.000

Fig. 1

## INDICE

PREMESSA .....	2
BREVE SINTESI DELLA SITUAZIONE GEOLOGICA.....	3
IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	5
CASI CRITICI.....	8
CONSIDERAZIONI SUI POSSIBILI RAPPORTI TRA L'ACQUIFERO BASALE E LA COSTRUZIONE DELLA GALLERIA.....	9
<b>Situazione normale</b> .....	9
<b>Ipotesi di situazioni critiche</b> .....	9
OPERE E PROVVEDIMENTI PROPOSTI .....	10
<b>Pozzi piezometrici</b> .....	10
<b>Prescrizioni dell'uso di materiali inquinanti nelle opere di scavo, di rivestimento e di finitura della galleria</b>	11
<b>Accorgimenti progettuali</b> .....	11
ALLEGATO A: Ubicazione indicativa e progetto esecutivo dei pozzi piezometrici .....	12
ALLEGATO B: Dati pluviometrici desunti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico.....	13
ALLEGATO C: Documentazione fotografica .....	14
OPERE CONSULTATE .....	16

## **CONTRATTO DI RICERCA**

*“Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della galleria stradale tangenziale all’abitato di Formia, inserita nel progetto della variante alla S.S. n. 7 Appia”*

**RELAZIONE  
(MAGGIO 2004)**

---

### **PREMESSA**

La redazione del progetto della galleria stradale M.te di Mola – M.te S. Maria, prevista nel tracciato della tangenziale all’abitato di Formia, inserita nel progetto della Variante alla S.S.7 Appia, ha dovuto affrontare diverse problematiche. In quest’ambito, la società Politecnica ha affidato al Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università degli Studi di Roma “La Sapienza” lo specifico compito di identificare eventuali problemi di carattere idrogeologico e di proporre l’adozione di adeguate soluzioni. In particolare, si pone il problema di definire le possibili interferenze tra la costruzione dell’opera e la qualità delle acque erogate dalla Sorgente Mazzoccolo, attualmente utilizzate per l’approvvigionamento idrico municipale.

Questo rapporto intende fornire un quadro geologico ed idrogeologico dell’area interessata dall’opera, desunto dai numerosi studi disponibili ed in particolare dalle ricerche eseguite per la progettazione preliminare dell’opera. L’esame degli elaborati consultati è stato integrato da appositi controlli di campo che hanno interessato l’intero tracciato, con particolare attenzione al settore orientale dell’area, dove è ubicata anche la Sorgente Mazzoccolo.

## BREVE SINTESI DELLA SITUAZIONE GEOLOGICA

La dorsale M.te di Mola – M.te S. Maria è costituita da calcari e calcari dolomitici di età cretacea, riferibili alla successione di piattaforma carbonatica subsidente, nota come Laziale - Abruzzese. Questi sedimenti sono costituiti da carbonati depositi in diversi ambienti di sedimentazione. Calcari micritici grigi ed avana, ben stratificati si intercalano a strati e banchi dolomitici. A questi si associano calcari oolitici, calcari detritici con passaggi a breccie e conglomerati disposti in banchi di notevole spessore. Nei giunti di stratificazione è frequente la presenza di sottili orizzonti marnosi di colore verdastro. La successione carbonatica si chiude con depositi detritici che assumono a luoghi una struttura conglomeratica, costituita da clasti di notevoli dimensioni, evoluti e legati da tenace cemento micritico.

La successione carbonatica affiorante ha spessori di diverse centinaia di metri.

Nell'insieme il rilievo è costituito da tipici carbonati della successione laziale – abruzzese degli Autori (figg. 1 e 2).

Ai margini orientali e meridionali del rilievo di M.te di Mola (località S. Antonio) si è riscontrata una situazione che differisce sensibilmente dalla cartografia geologica ufficiale (Foglio 171 – Gaeta della Carta Geologia d'Italia, scala 1:100.000).

Sui depositi mesozoici poggiano Breccie calcaree monogeniche, costituite da clasti eterometrici poco evoluti di calcari mesozoici, legati da tenace cemento micritico. Questi depositi, di età imprecisata, sono stati differenziati in figura 1 dai sottostanti calcari mesozoici. Lungo le pendici meridionale ed orientali del rilievo di M.te di Mola (località S. Antonio) sulle breccie calcaree monogeniche trasgrediscono lungo una superficie articolata, ben identificabile, calcareniti e marne che fanno passaggio a tipiche Puddinghe poligeniche, varicolori, ben cementate, costituite da clasti eterogenei (calcari mesozoici, micriti grigie ed arenarie). I clasti sono sempre molto evoluti e talvolta perfettamente arrotondati. Il cemento è costituito da micriti grigie molto tenaci. Questi conglomerati sono disposti in potenti bancate che hanno spessori dell'ordine del metro nel settore più meridionale e spessori minori a quote più elevate, dove si intercalano a frequenti orizzonti di calcareniti, arenarie ed argille.

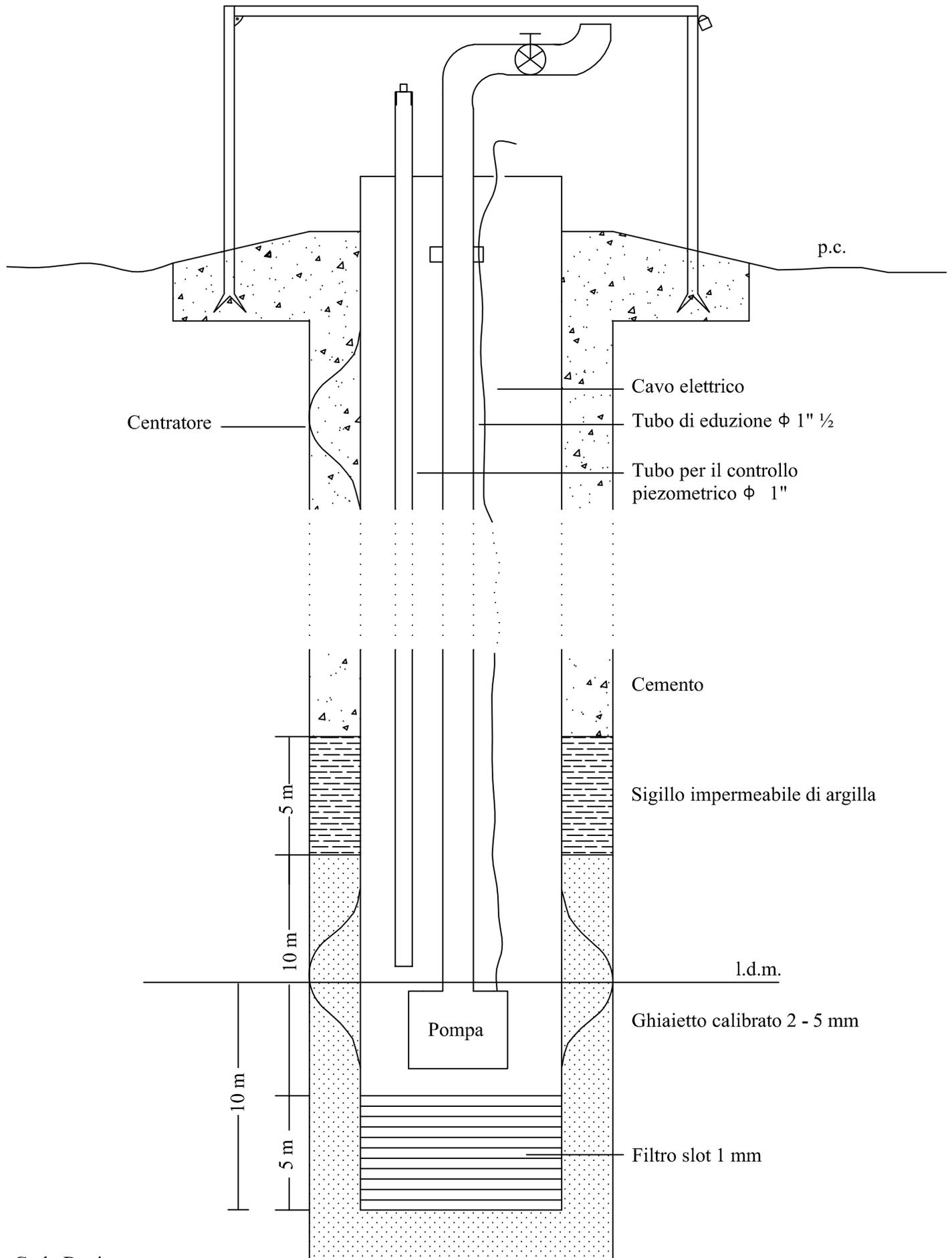
Le puddinghe poligeniche vengono attribuite al Pliocene inferiore.

Tra la località Pietime e la Sorgente Mazzoccolo la situazione geologica appare molto articolata (fig. 3).

In corrispondenza di una vasta depressione (dovuta ad una cava utilizzata per la produzione di laterizi) affiorano argille con gessi, attribuite al Messiniano. Queste si trovano in contatto tettonico con le breccie calcaree monogeniche. Più a nord, depositi argillosi (riferibili dubitativamente al

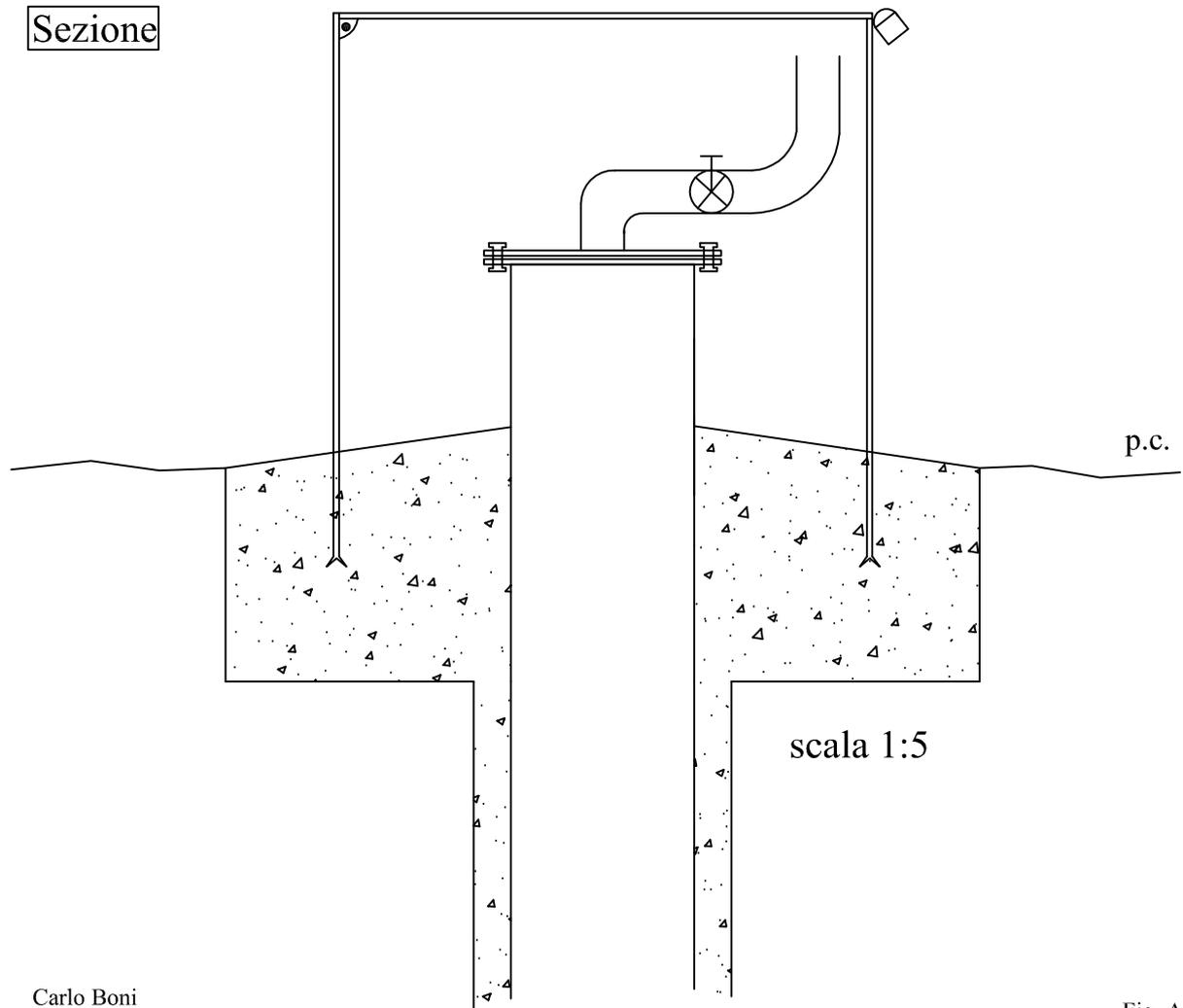
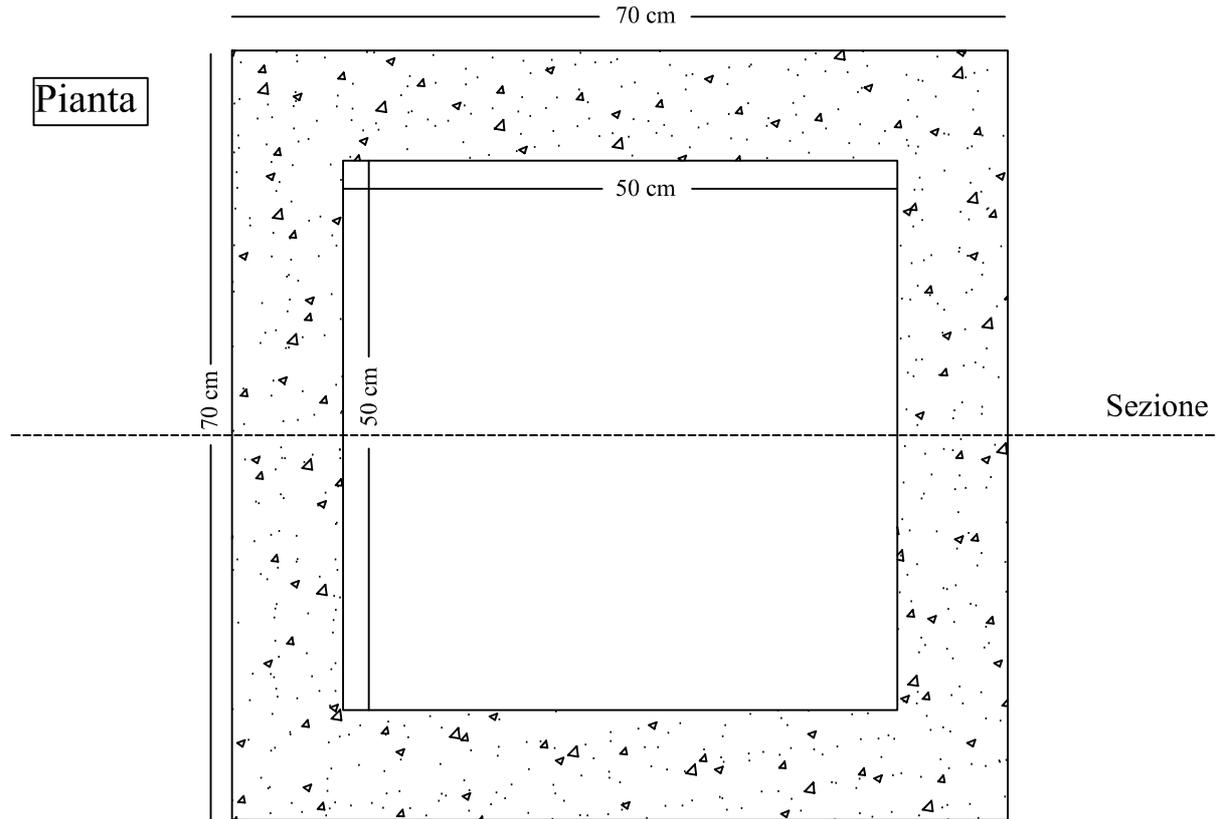
# POZZO PIEZOMETRICO

Sezione longitudinale (non in scala)



# POZZO PIEZOMETRICO

Piazzola di cemento e copertura  
della testata in metallo



## **CONTRATTO DI RICERCA**

*“Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della galleria stradale tangenziale all’abitato di Formia, inserita nel progetto della variante alla S.S. n. 7 Appia”*

**RELAZIONE  
(MAGGIO 2004)**

---

**ALLEGATO C:**

Documentazione fotografica

Foto 1 – Ammasso di depositi detritici, a grandi blocchi, di dimensioni metriche. Sono distribuiti in una larga fascia pedemontana in località Piroli, dove è posto l'imbocco ovest della galleria. Sono materiali con permeabilità molto elevata, caratterizzati da marcata instabilità.

Foto 2, 3, 4 – Conglomerati poligenici, costituiti prevalentemente da ciottoli eterometrici di calcari ed arenarie, molto evoluti, legati da cemento micritico. Sono trasgressivi sulle Breccie calcaree monogeniche, lungo una superficie ben identificabile, segnata da calcareniti sottili alternate a marne. I conglomerati sono disposti in strati irregolari, potenti da pochi decimetri ad oltre un metro, intercalati a calcareniti e marne in strati più sottili. Contengono strati prevalentemente micritici (Foto 4) con orizzonti di ciottoli di dimensioni centimetriche.

Foto 5 – Conglomerati poligenici nella trincea ferroviaria che passa immediatamente a monte della Sorgente Mazzoccolo.

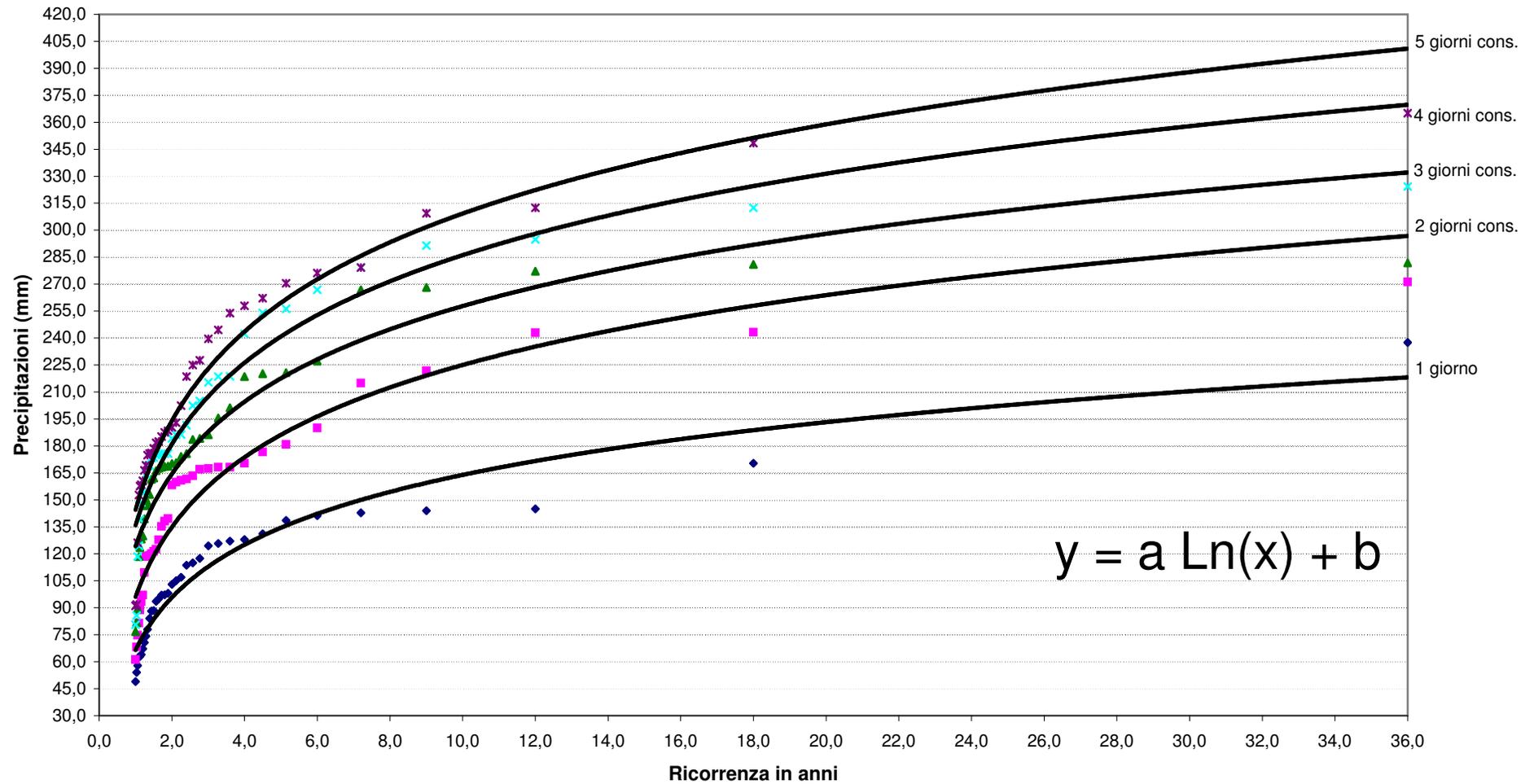
Foto 6,7, 8 – Breccie calcaree monogeniche, costituite da frammenti eterometrici poco evoluti di calcari mesozoici, legati da cemento micritico. Sono disposte in strati e banchi irregolari che poggiano direttamente sui calcari mesozoici. Sono interessate da dislocazioni distensive, riferibili alla fase tettonica più recente.

Foto 9, 10 – Calcari mesozoici, disposti in strati di dimensioni decimetriche, interessati da un fitto reticolo di dislocazioni variamente orientate e da diffuso carsismo che ha generato un reticolo di vuoti, parzialmente colmato da depositi residuali (terra rossa). La galleria interessa prevalentemente questa litologia.

Foto 11 – Argille con gessi messiniane che affiorano nella vasta depressione prodotta da una cava per laterizi. In alto a sinistra si intravede la faglia che separa le argille dalle breccie calcaree monogeniche e dalle sovrastanti puddinghe poligeniche.

Foto 12 – Evidente parete di faglia ad andamento subverticale, che separa le argille con gessi messiniane a destra, dalle breccie calcaree monogeniche (che costituiscono la parete di faglia) e dai conglomerati poligenici su queste trasgressivi.

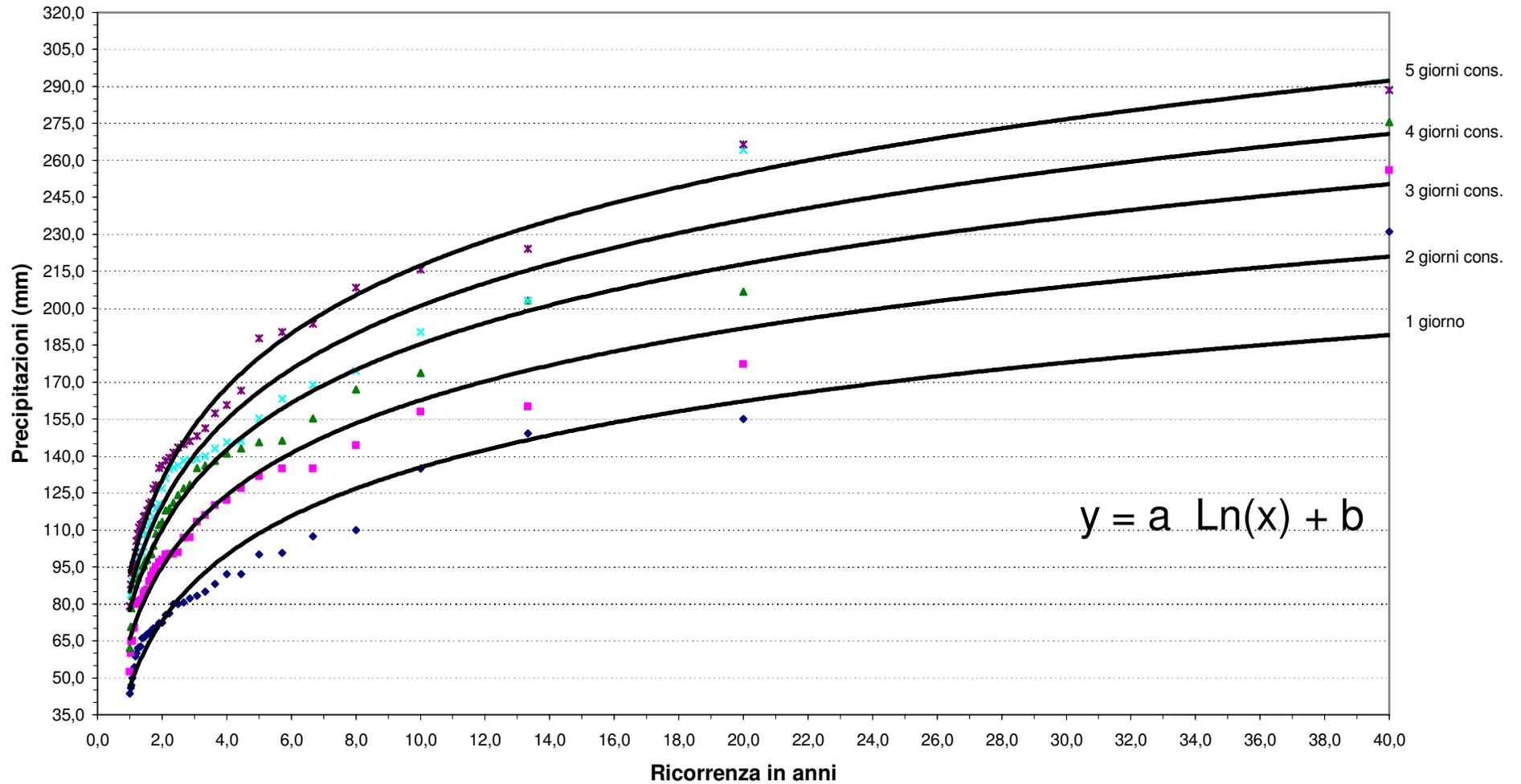
# Esperia



Curve di ricorrenza delle precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi

◆ 1 giorno    ■ 2 giorni    ▲ 3 giorni    × 4 giorni    \* 5 giorni

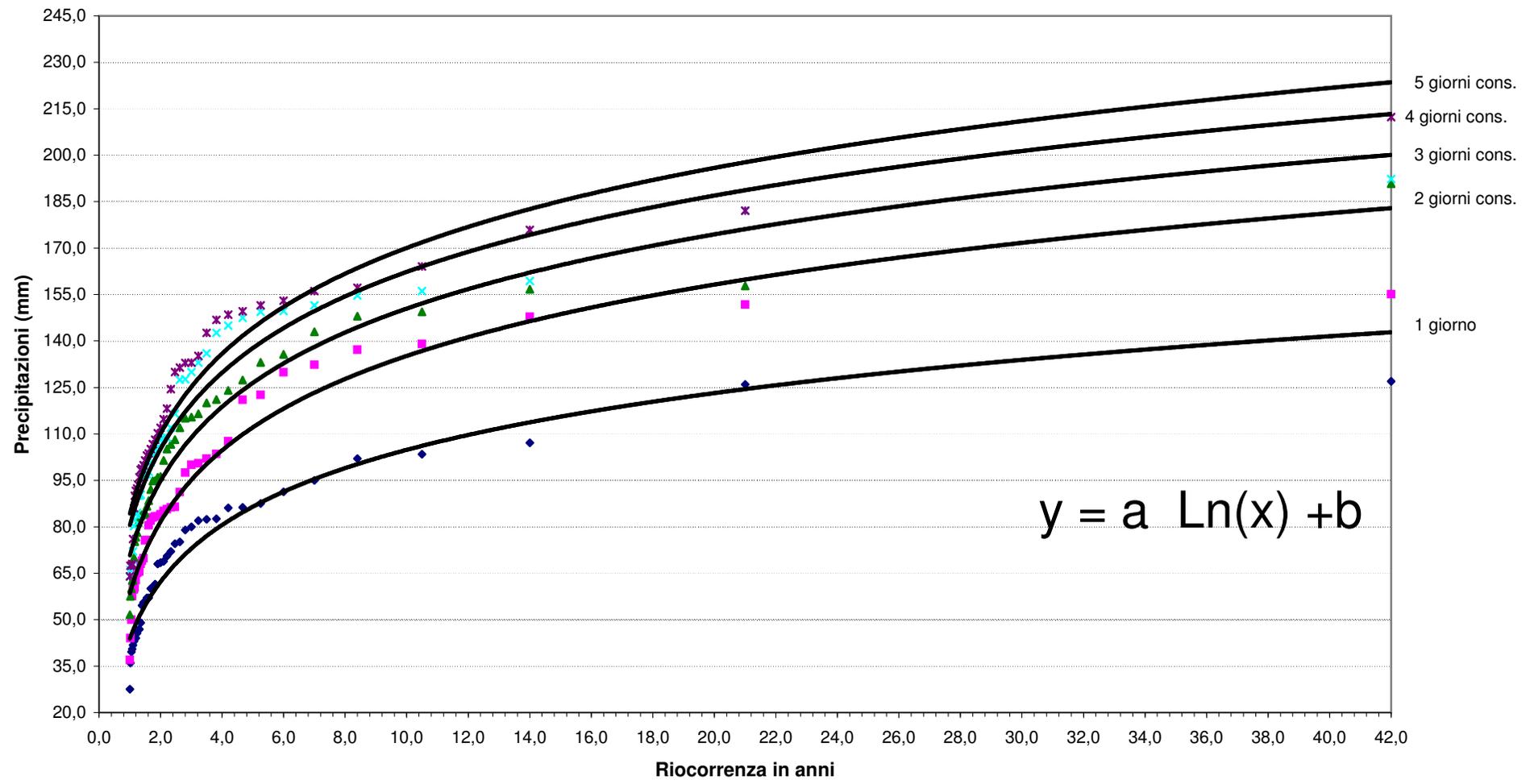
# Itri



Curve di ricorrenza delle precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi

◆ 1 giorno    ■ 2 giorni    ▲ 3 giorni    × 4 giorni    \* 5 giorni

# Gaeta

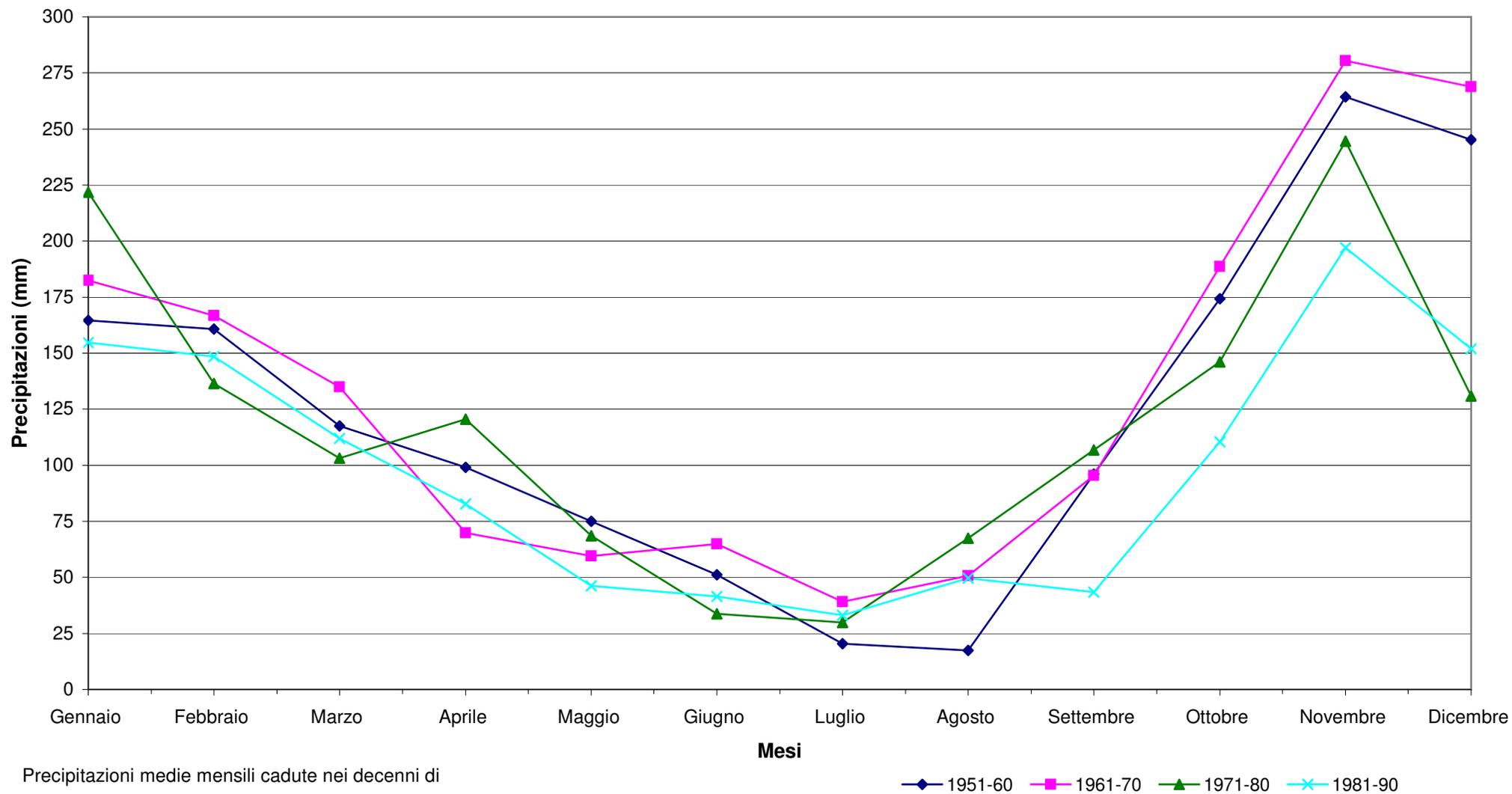


$$y = a \ln(x) + b$$

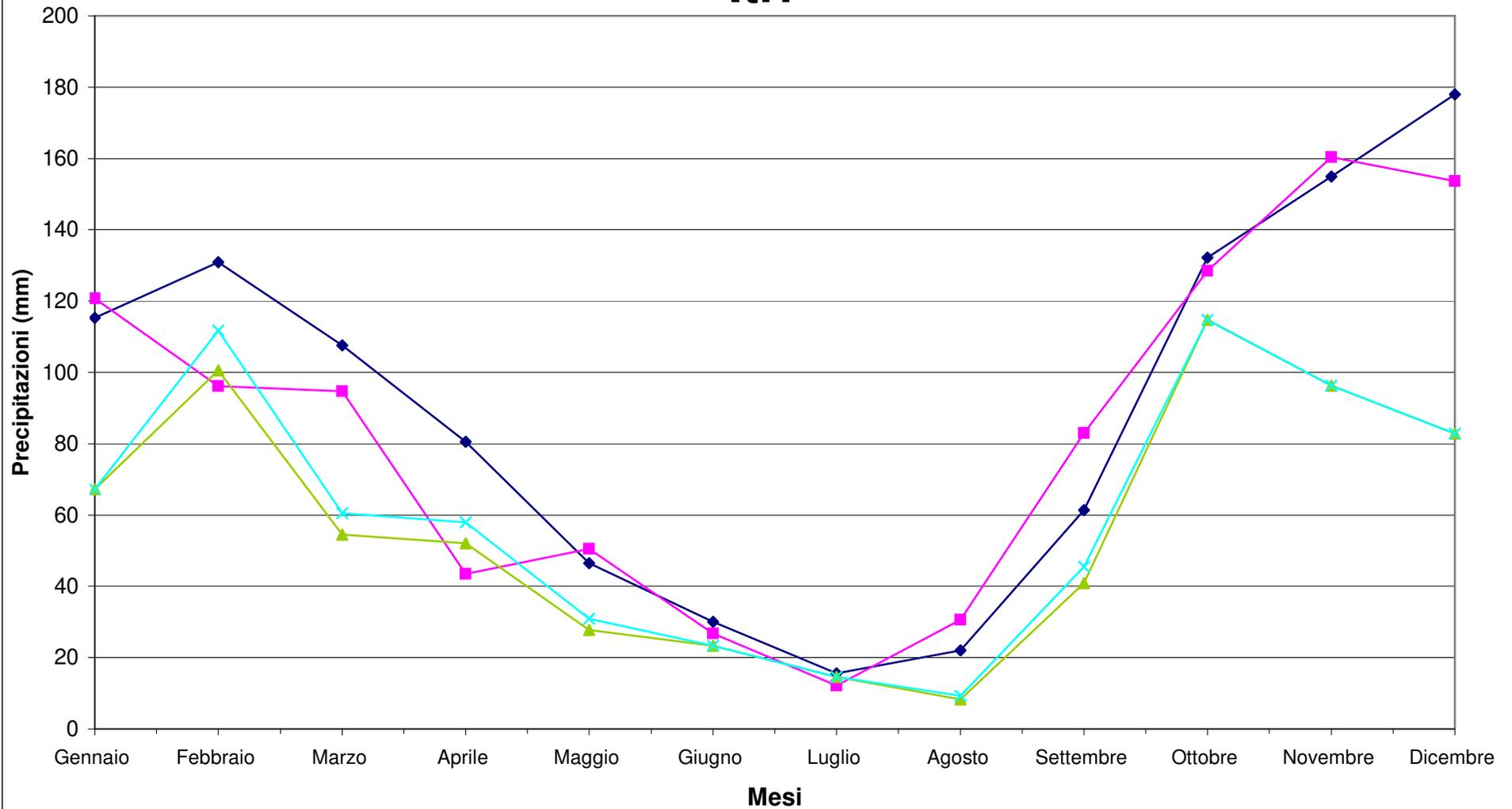
Curve di ricorrenza delle precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi

- ◆ 1 giorno
- 2 giorni
- ▲ 3 giorni
- × 4 giorni
- ✱ 5 giorni

# Esperia



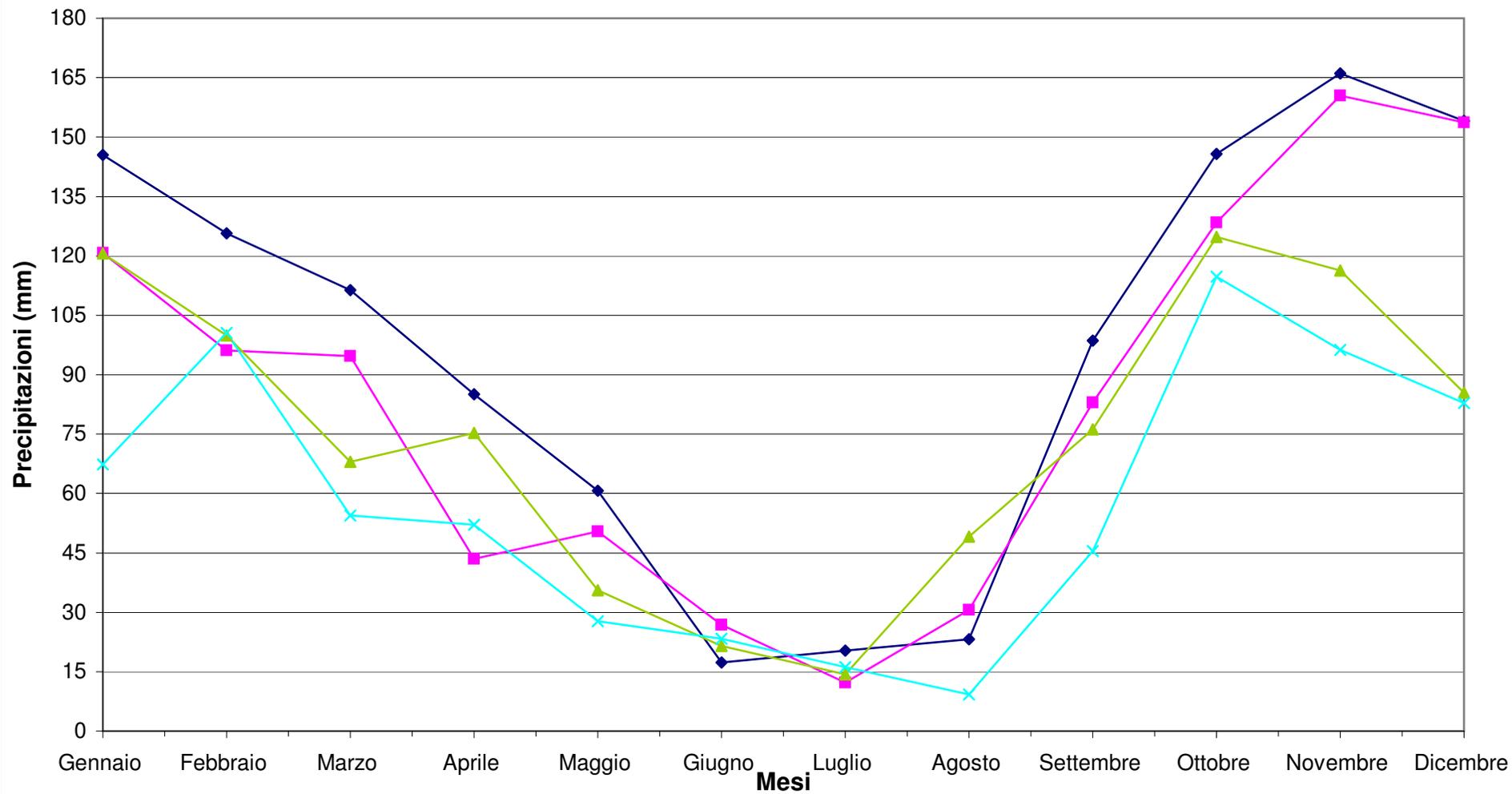
# Itri



Precipitazioni medie mensili cadute nei decenni di riferimento

◆ 1951-60    ■ 1961-70    ▲ 1971-80    × 1981-90

# Gaeta



Precipitazioni medie mensili cadute nei decenni di riferimento

◆ 1951-60    ■ 1961-70    ▲ 1971-1980    × 1981-90

## **CONTRATTO DI RICERCA**

*“Studio Idrogeologico relativo alla costruzione della galleria stradale tangenziale all’abitato di Formia, inserita nel progetto della variante alla S.S. n. 7 Appia”*

### **RELAZIONE (MAGGIO 2004)**

---

#### **ALLEGATO B:**

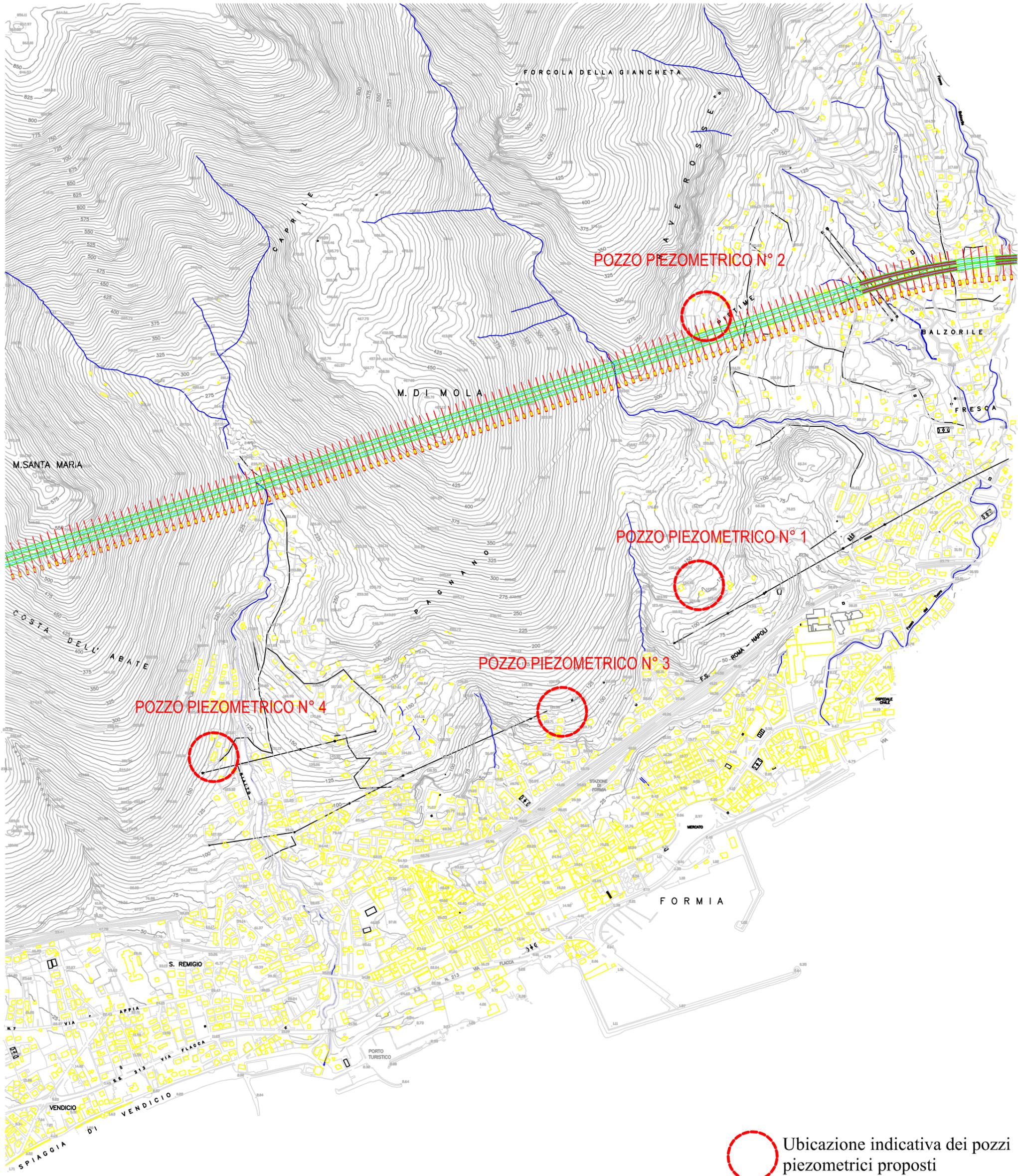
##### **Dati pluviometrici desunti dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico**

Nell’Allegato B vengono riportate alcune informazioni sulle caratteristiche delle precipitazioni osservate in una vasta area circostante la galleria in studio. Sono state prese in considerazione le stazioni pluviometriche di Gaeta, Itri ed Esperia.

Di ciascuna stazione vengono indicate: le precipitazioni medie mensili cadute nei decenni 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 e 1981-1990; le precipitazioni medie mensili dei mesi di massima piovosità (novembre) e di minima piovosità (luglio) cadute in ogni anno del periodo di osservazione; le curve di ricorrenza delle precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni.

A commento dei grafici si possono fare alcune osservazioni a carattere generale: si nota un’ apprezzabile diminuzione delle precipitazioni tra il decennio 1951-1960 e il decennio 1981-1990. A Gaeta le precipitazioni variano da massimi di circa 150 mm in novembre-dicembre a minimi di 20 mm in giugno-luglio-agosto. Situazione simile si registra ad Itri, mentre ad Esperia i massimi di precipitazione di novembre raggiungono valori di 250 mm ed i minimi estivi sono di circa 40 mm. Dai grafici delle precipitazioni mensili massime e minime si osserva un’evidente e graduale diminuzione delle precipitazioni massime dagli anni ‘50 verso gli anni ‘90, mentre i minimi estivi restano sostanzialmente invariati su valori trascurabili. L’elaborazione dei dati relativa alle precipitazioni massime da 1 a 5 giorni mette in evidenza che i valori di Esperia ed Itri, a parità di tempi di ricorrenza, sono nettamente superiori a quelli di Gaeta. Si può dedurre che, in corrispondenza dei rilievi, le precipitazioni medie ed estreme sono nettamente superiori a quelle della fascia costiera.

# UBICAZIONE INDICATIVA DEI POZZI PIEZOMETRICI

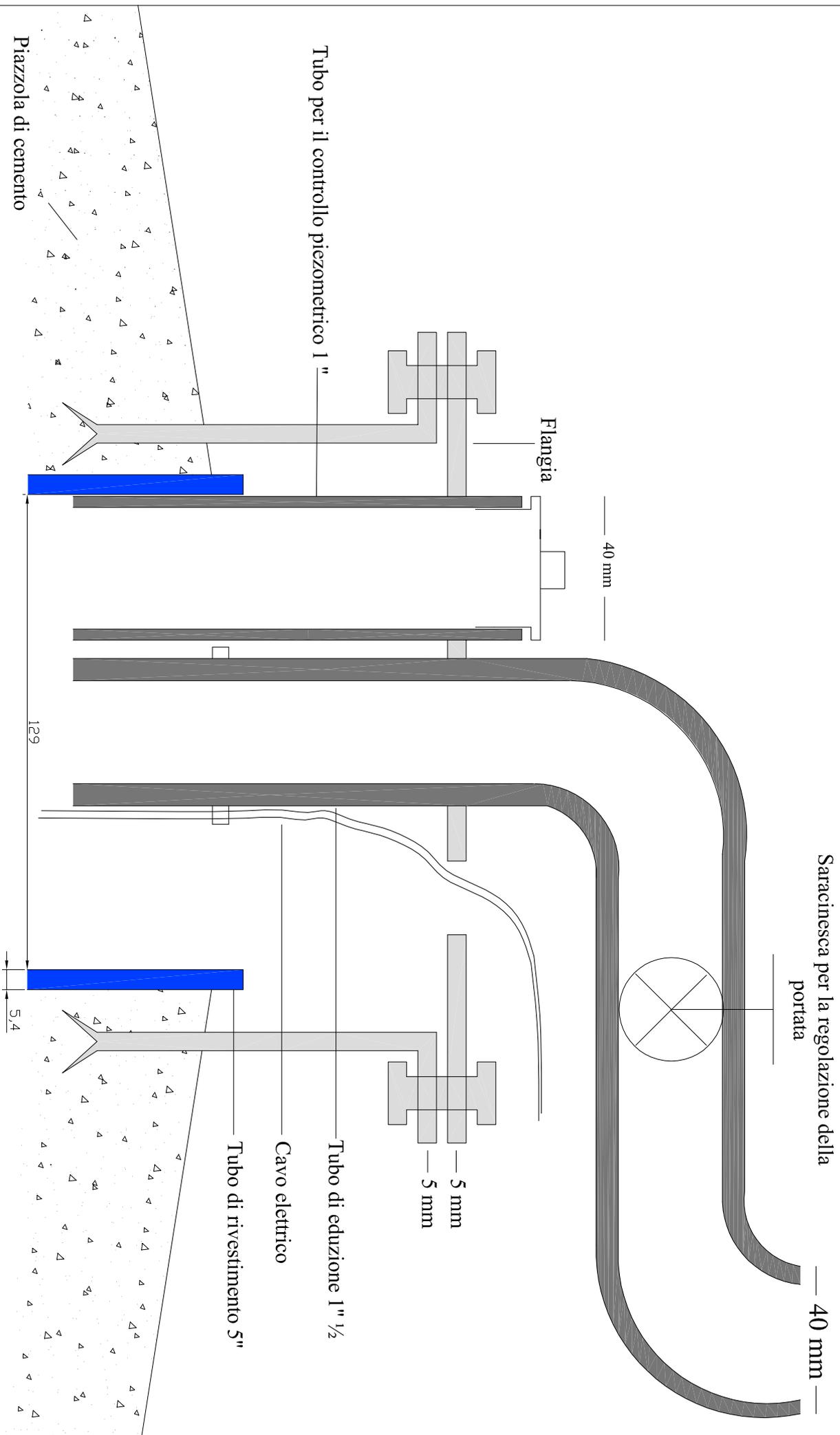


Scala 1:12.000

Fig. A-6

# POZZO PIEZOMETRICO

## Sezione della testata



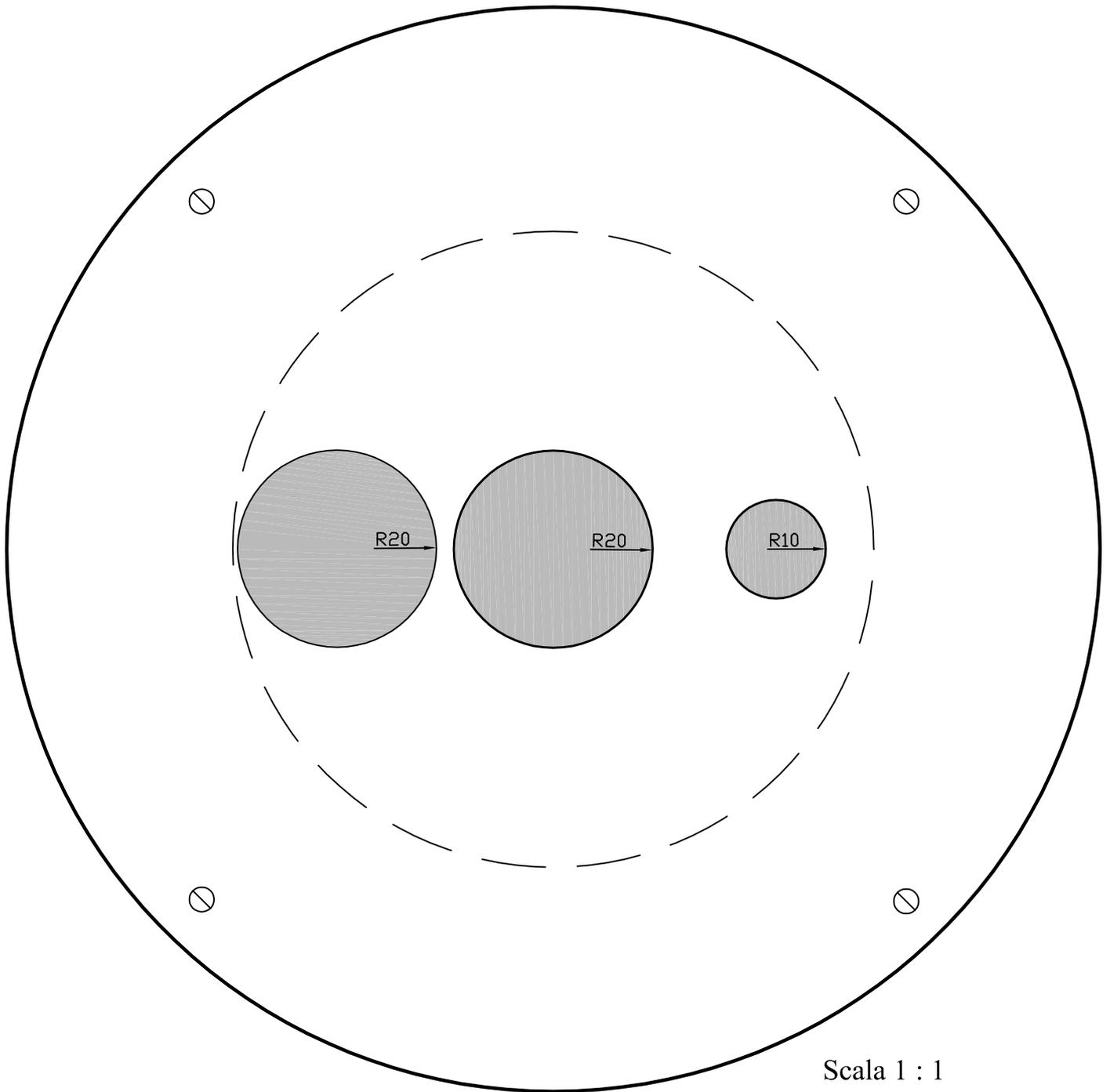
Carlo Boni  
maggio 2004

scala 1 : 1

Fig. A-5

# POZZO PIEZOMETRICO

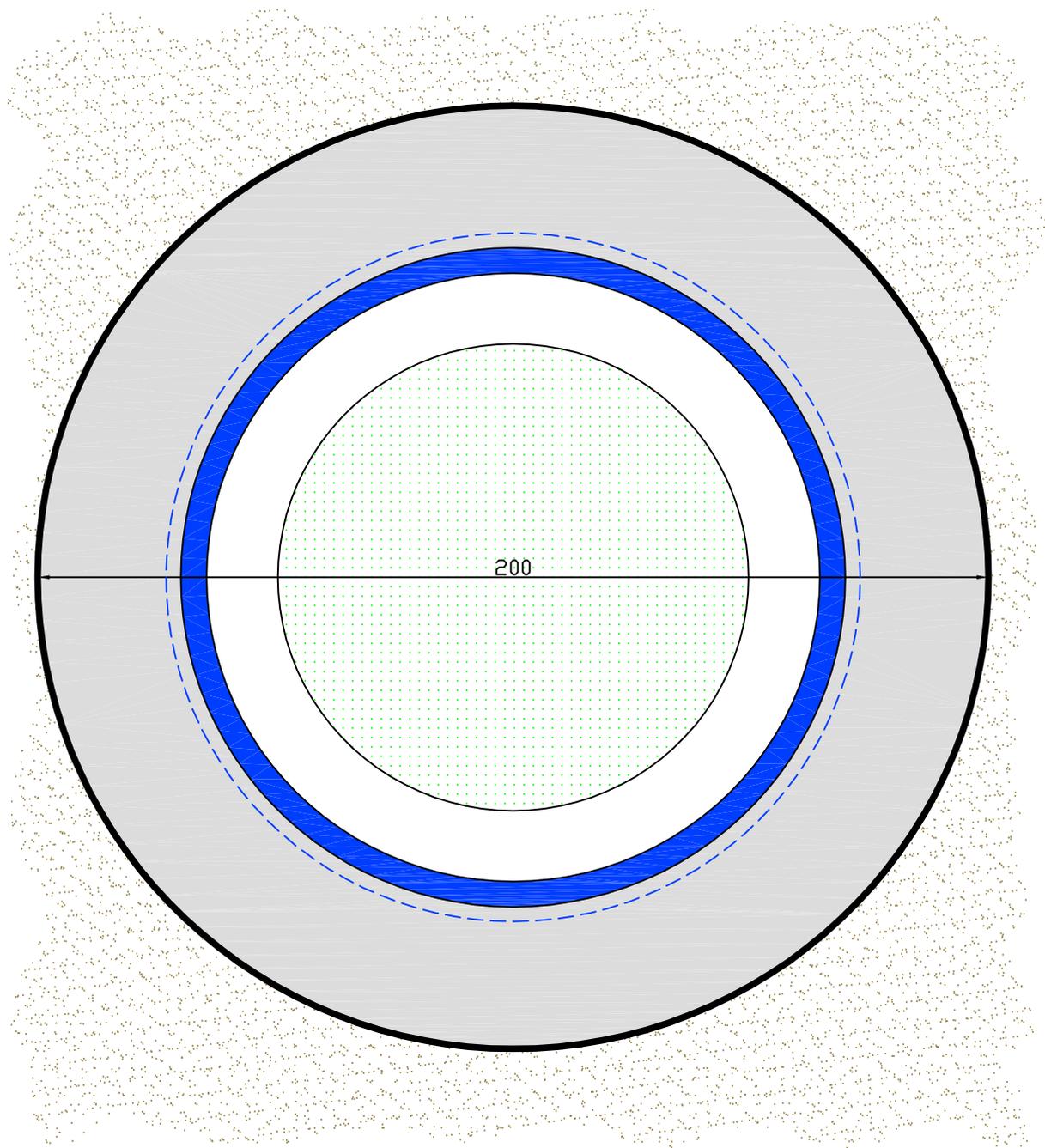
Piano della testata



Scala 1 : 1

# POZZO PIEZOMETRICO

## Schema dei diametri



scala 1 : 1

Diametro del foro 200 mm

 Spazio anulare tra roccia e rivestimento 34.5 mm

 Tubo di rivestimento  $\phi_{est.}$  140 mm  
 $\phi_{int.}$  129 mm

 Massimo ingombro:  $\phi$  max 146 mm

 Pompa:  $\phi$  max 99 mm

 Roccia



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4



Foto 11



Foto 12



Foto 9



Foto 10



Foto 7



Foto 8



Foto 5



Foto 6

## OPERE CONSULTATE

### PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE

- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1986) – *Schema Idrogeologico dell'Italia centrale*. Mem. Soc. Geol. It., 35.
- BONI C., BONO P. & CAPELLI G. (1988) – *Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio*. Assessorato alla Programmazione Ufficio Parchi e Riserve naturali – Regione Lazio.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1991/2) – *Considerazioni sulla strutturazione della Catena dei Monti Aurunci: vincoli stratigrafici*. Studi Geologici Camerti, volume speciale, CROP 11.
- NASO G. & TALLINI M. (1993) – *Tettonica compressiva e distensiva nei Monti Aurunci occidentali (Appennino centrale): prime considerazioni*. Geologica Romana, 29.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1968) – Foglio 171 (Gaeta). Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000.

### RAPPORTI INEDITI

- BARTOLOMEI C., CELICO P., PECORARO A. & RUSSO D. (1985) – OPERE DI CAPTAZIONE E DI PROTEZIONE IGIENICA DELLA SORGENTE MAZZOCOLO (FORMIA). RELAZIONE IDROGEOLOGICA AGGIORNATA A NOVEMBRE 1985. CASSA PER IL MEZZOGIORNO.
- BONO P. (?) - “*Bonifica e riabilitazione della Sorgente Mazzoccolo*” (Comune di Formia – Provincia Latina). *Allegato tecnico*. Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”.
- CIVITA M. (ottobre 1998) - *Parere tecnico in merito alla possibilità che la realizzazione della variante pedemontana della S.S. 7 – Appia, nel tratto Itri-Formia, possa influenzare negativamente, sia in termini quantitativi, sia in termini qualitativi, l'importante risorsa idrica sotterranea che alimenta il Gruppo Sorgivo Mazzoccolo*. Torino.
- GEOTER (1999) – *Relazione geologica, rilevamento geologico-strutturale e indagini geognostiche per la variante alla S.S 7 – Appia (Comune di Formia)*. Galleria naturale.