

ASJA AMBIENTE ITALIA S.p.A.

via Ivrea, 70 - 10098 Rivoli (To)

REALIZZAZIONE DI NUOVA STAZIONE TERNA DI SMISTAMENTO A 150 kV AD AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE 380/150 kV DI TROIA (FG)

PROGETTO DEFINITIVO



Via Napoli, 363/I - 70123 Bari - Italy
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

Via Salandra, 18 - 00187 Roma - Italy
tel. (+39) 0642272305 - fax (+39) 0642274000
www.studiobfp.com - info@studiobfp.com

AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE QUALITÀ
UNI EN ISO 9001:2008
CERTIFICATO DA CERTIQUALITY

Tecnico

Dott. Geol. Raffaele Sassone

Responsabile Commessa

ing. Gianluca B. Biscotti



ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA		
R04		RELAZIONE GEOLOGICA	11037	D		
REVISIONE			CODICE ELABORATO			
00			DC11037D-R04			
REVISIONE		Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l. e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)	SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA		
00			-	-		
REV			NOME FILE	PAGINE		
DATA			DC11037D-R04.doc	28 + copertina		
MODIFICA			Elaborato	Controllato	Approvato	
00	15/04/11	Emissione	Sassone	Crisafulli	Biscotti	
01						
02						
03						
04						
05						
06						

Elaborato realizzato con sistema WORD. E' vietata la modifica manuale.

Mod. P-19 Rev.1 02.03.09

Dott. Raffaele SASSONE

Via dei Mori, 22
70023 Gioia del Colle BA
Tel: **3204890266** E-mail: r.sassone@yahoo.it
P.IVA: 06504280725
C.F. : SSS RFL 76T17 A662I

iscritto presso l'**Albo Professionale** dell'**Ordine Regionale dei Geologi della Puglia sezione A** con numero di iscrizione **664** in data
03/10/2006

COMUNE DI TROIA

PROVINCIA DI FOGGIA

REGIONE PUGLIA

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DEFINITIVO

**REALIZZAZIONE DI NUOVA STAZIONE TERNA DI SMISTAMENTO A 150 KV AD
AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE 380/150 KV DI TROIA (FG)**

Committente: ASJA AMBIENTE ITALIA S.P.A.

Gioia del Colle, marzo 2011

il Geologo
Dott. Raffaele SASSONE



INDICE

RELAZIONE GEOLOGICA

1. Premessa	pag. 1
2. Unità geologiche, litologiche e strutturali	pag. 1
3. Inquadramento geologico del Foglio 163 "Lucera"	pag. 1
4. Inquadramento geologico e strutturale del comune di Troia	pag. 4
5. Inquadramento geomorfologico del comune di Troia	pag. 5
6. Idrogeologia	pag. 5
7. Campagna geognostica cabina di sottostazione utente/stazione	pag. 6
8. Rilevamento geologico-tecnico	pag. 10
9. Definizione delle unità litotecniche al di sotto della stazione	pag. 11
10. Vincoli	pag. 11
11. Aspetti geodinamici e sismicità dell'area in cui sorgerà la cabina di consegna	pag. 12
12. Prescrizioni	pag. 13

1. Premessa

Questa relazione geologica ha come scopo la caratterizzazione dei terreni di fondazione interessati dalla realizzazione di una nuova stazione Terna di smistamento a 150 kV ad ampliamento della stazione 380/150 kV ricadente nel territorio comunale di Troia (FG) (Fig. 1, Fig. 2 e Tabb. 1a e 1b).

Tabella 1 - Ubicazione

Riferimento IGM	Quota	UTM WGS 84 GEOGRAFICHE
Foglio 163 - Tav. II SO "Troia"	433 m s.l.m	41° 20' 29" N; 15° 15' 43" E (da Greenwich)

I dati esposti in questo elaborato sono stati riscontrati direttamente sul cantiere e nelle aree circostanti. Le conoscenze acquisite sono state integrate con quanto già noto su territorio di Troia (D.M. del 11/3/88).

Inoltre, secondo la normativa in vigore (DM 14/1/2008), il comune di Troia rientra nella zona identificata come sismica (Zona 2 ai sensi dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003).

2. Unità geologiche, litologiche e strutturali

L'area in studio ricade nel Foglio 163 "Lucera", scala 1:100000 (Fig. 2) della Carta Geologica d'Italia. La successione stratigrafica, riferita alle formazioni affioranti nell'area in studio, è la seguente:

Q: Alluvioni recenti e attuali (Olocene);

Qt: Depositi fluviali terrazzati ai 7m sull'alveo del fiume (Olocene);

Qc1: Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni, a volte cementati, di rocce derivanti dai terreni dell'Appennino talora con intercalazioni sabbiose (Pleistocene);

PQa: Argille scistose, argille marnose grigio azzurrognole, sabbie argillose (Pliocene- Calabriano);

PQs: Sabbie giallastre sciolte, talora con accenno di stratificazione (Pliocene - Calabriano)

bcD: Formazione della Daunia (Miocene).

3. Inquadramento geologico del Foglio 163 "Lucera"

Le caratteristiche geologiche, strutturali e idrogeologiche del territorio di Troia (Fg) e delle aree immediatamente limitrofe rispecchiano il contesto stratigrafico e strutturale del settore del subappennino dauno.

3.1 Caratteristiche geologiche generali

L'assetto geologico strutturale dell'area studiata è caratterizzata dalla presenza di due distinti domini, separati da un limite orientato NW-SE, che presentano peculiari caratteristiche geologiche e soprattutto strutturali. Il centro abitato di Celle San Vito rientra quasi interamente nel dominio occidentale dove affiorano, essenzialmente, facies flyscioidi di età miocenica. Si tratta del Flysch

Rosso (Argille varicolori) e del Flysch di Faeto che, in quest'area, risulta molto diffuso e litostratigraficamente ben rappresentato. Limitati affioramenti derivanti, prevalentemente, dal disfacimento del Flysch di Faeto sono costituiti dalle alluvioni presenti nel fondovalle del T. Celone e del T. Foce. Il dominio orientale è caratterizzato da affioramenti di litotipi riconducibili al ciclo sedimentario della Avanfossa Plio-Pleistocenico. Si tratta della porzione basale, sabbioso conglomeratica, del ciclo trasgressivo Plio-Pleistocenico sulla quale poggia, in continuità di sedimentazione e con locali eteropie di facies la Formazione delle Argille Subappennine. Sulle argille grigio azzurre subappennine si rinvengono i prodotti di disfacimento delle rocce in posto dovuti alla morfogenesi fluviale e costituiti da ghiaie, conglomerati, alluvioni terrazzate ed attuali e dal detrito di falda.

3.2 Caratteristiche tettoniche generali

Dal punto di vista strutturale, l'area è caratterizzata dalla presenza di due linee di contatto tettonico, orientate all'incirca NW-SE e rappresentano il limite di demarcazione tra il dominio strutturale della Catena Appenninica, ad occidente, e quello dell'Avanfossa ad oriente. In particolare il dominio orientale non mostra evidenze tettoniche macroscopiche e le rocce affioranti presentano un assetto giaciturale singenetico. Il dominio occidentale, invece, è interessato da elementi strutturali sia a carattere compressivo, quali le citate linee di sovrascorrimento tettonico, sia a carattere distensivo, come la faglia diretta presente sulla destra idrografica dei rami di testa del T. Freddo. Lo stato di tettonizzazione presente nel dominio di Catena si manifesta, soprattutto negli orizzonti più competenti dei flysch, con una intensa fatturazione delle rocce che presentano spesso strati contorti e verticali specie in prossimità del limite di affioramento del fronte dell'alloctono.

3.3 Caratteristiche idrogeologiche generali

Dal punto di vista idrolitologico, tenendo conto delle caratteristiche di permeabilità (tipo e grado) oltre che della natura litologica dei depositi affioranti, possiamo suddividere l'area in studi in due complessi idrogeologici, che vengono descritti di seguito:

- Complesso Sabbioso - Conglomeratico;
- Complesso Argilloso;
- Complesso Marnoso - Argilloso;

Complesso Sabbioso - Conglomeratico

Il complesso Sabbioso-Conglomeratico, che comprende i depositi clastici riferibili ai cicli sedimentari trasgressivo-regressivi del Pliocene e del Pleistocene, affiora nel settore meridionale e, limitatamente, in quello nord-orientale dell'area. Sabbie e sabbie argillose caratterizzano i livelli inferiori della successione; quelli superiori vedono la presenza di lenti o banchi conglomeratici, che segnano anche

il passaggio ai soprastanti conglomerati a matrice sabbiosa, caratterizzati da intercalazioni sabbioso-argillose. Questi litotipi, scarsamente cementati, sono permeabili per porosità, con un grado di permeabilità che varia dal basso, nelle sabbie, al medio nei conglomerati superiori.

Complesso Argilloso

Il complesso è presente prevalentemente lungo il bordo orientale dell'area, dove affiorano argille ed argille sabbiose, di spessore variabile, riferibili ai cicli sedimentari pliocenici e pleistocenici. Il complesso, permeabile per porosità, mostra un grado di permeabilità molto basso costituendo un limite di permeabilità definito. Esso consente un modesto accumulo di acqua sotterranea.

Complesso Marnoso-Argilloso

Il complesso "ma" comprende marne, argille e marne argillose, con sottili intercalazioni arenacee e calcarenitiche, che prevalgono nel settore orientale dell'area e molasse, che caratterizzano prevalentemente quello occidentale. A tetto delle une e delle altre sono frequenti depositi evaporitici e sedimenti associati. Il tipo di permeabilità prevalente è per porosità; il grado è molto basso. Il complesso Marnoso-Argilloso, da considerarsi impermeabile, svolge il ruolo idrogeologico di acquiclude nei confronti dei terreni maggiormente permeabili della Daunia.

3.4 Caratteristiche geomorfologiche generali

In generale, a seconda del modo in cui si relaziona con il Tavoliere, la catena montuosa del subappennino può essere distinta in due sistemi principali: il sistema a ventaglio del sub-appennino settentrionale e il sistema di valle del sub-appennino meridionale. Il primo è costituito da valli poco incise e ampie, generate da torrenti a carattere prevalentemente stagionale, che si alternano a versanti allungati sui quali si sviluppano, in corrispondenza del crinale, gli insediamenti principali. Questi, affacciati direttamente sulla piana, sono collegati ad essa tramite un sistema di strade a ventaglio che, tagliando trasversalmente i bacini fluviali, confluisce su Lucera (avamposto del Tavoliere).

Il secondo sistema è caratterizzato da due valli principali profondamente incise da torrenti permanenti, il Cervaro e il Carapelle, che rappresentano gli assi strutturanti del sistema insediativo del sub-appennino meridionale. Gli insediamenti, arroccati sulle alture interne, non si affacciano più sul Tavoliere ma sulla valle e sono direttamente connessi ad essa da una viabilità perpendicolare che si innesta sull'asse parallelo al fiume.

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio di Celle San Vito rientrano a pieno titolo nella geomorfologia generale del Subappennino Dauno. Il paesaggio, infatti, è quello caratteristico delle aree appenniniche a morfologia prevalentemente collinare, caratterizzato da una serie di rilievi arrotondati e ondulati, allineati in direzione nord/ovest – sud/est, degradanti verso la piana e incisi da un sistema di corsi d'acqua che confluisce verso il Tavoliere. Il paesaggio si presenta alto collinare,

con versanti a pendenza media-alta, coltivati soprattutto a grano e inframezzati da piccoli lembi di bosco a prevalenza di Roverella, con ampi spazi lasciati ad incolti e a maggese.

4. Inquadramento geologico e strutturale del comune di Troia

Nell'intorno dell'abitato del comune di Troia affiorano essenzialmente dei sedimenti marini, il più profondo dei quali è costituito dalle Argille subappennine su cui poggiano, più o meno in continuità stratigrafica e con contatto regressivo, dei Conglomerati e ghiaie sabbioso-limose, del Pleistocene inferiore (Fig. 3), e dei Depositi terrazzati di origine fluviale ascrivibili all'Olocene.

Le Argille subappennine sono rappresentate da argille scistose, argille marnose e sabbie argillose e costituiscono un complesso che caratterizza la base di tutto il Tavoliere e che, localmente, si rinviene in trasgressione sulle diverse unità in facies di flysch dell'Appennino Dauno. Le Argille subappennine, depositatisi in un bacino marino subsidente e scarsamente profondo, hanno uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri (Balduzzi et alii, 1982), e poiché non vi si riscontra la presenza di una microfauna significativa, l'attribuzione cronologica risulta comprensiva per l'intera serie al Plio-Pleistocene (Jacobacci et alii, 1967).

Con lieve discordanza angolare sulle sottostanti Argille subappennine, affiorano dei Conglomerati e ghiaie sabbioso-limose regressivi e ad assetto suborizzontale. Gli elementi costitutivi, a grado di cementazione variabile, sono rappresentati da ciottoli arenitici e/o di calcari detritici, derivanti dai flysch della vicina catena appenninica, le cui dimensioni medie rientrano nel range 10÷30 cm di diametro; le ghiaie sabbioso-limose, invece, si rinvengono intercalate in lenti e/o con stratificazione incrociata. Nel complesso, questi sedimenti, depositatisi in ambiente di mare scarsamente profondo, possono essere interpretati come accumuli deltizi formati durante fasi pluviali in cui le capacità di trasporto dei corsi d'acqua ed i processi di denudamento delle rocce affioranti sarebbero stati piuttosto intensi. Lo spessore di questi sedimenti è valutabile in alcune decine di metri e la datazione è da attribuire al Pleistocene glaciale.

Per quanto riguarda i depositi terrazzati è necessario precisare che l'area del Tavoliere mostra forme del rilievo caratterizzate da una serie di scarpate, d'origine sia marina sia fluviale, i cui modesti dislivelli sono collegati tra loro da spianate variamente estese. Sia le spianate sia le scarpate sono poste a diverse altezze sul livello mare e corrispondono a paleolinee di riva e a paleo superfici d'abrasione. Nelle aree oggetto del presente studio sono stati riconosciuti due ordini di terrazzi: quelli a quote più elevate di origine marina; gli altri, in prossimità dei corsi d'acqua, di natura fluviale. Le spianate dei terrazzi più alti (fino a 400 m di quota) sono costituite dai Conglomerati e ghiaie sabbioso-limose con ciottoli poligenici (Caldara & Pennetta, 1991), e risultano separati da valli molto ampie e al cui fondo affiorano Depositi terrazzati di origine fluviale (Olocene) costituiti da una coltre alluvionale prevalentemente sabbiosa, con livelletti di ciottolame siliceo a grana fine, che raggiunge al massimo uno spessore di una decina di metri.

5. Inquadramento geomorfologico del comune di Troia

Il paesaggio dell'area oggetto di studio è caratterizzato da rilievi collinari di modesta acclività separati da ampie vallate alluvionali incise da un articolato reticolo idrografico. La morfodinamica fluviale ha giocato un ruolo fondamentale nel modellamento della parte centrale del Tavoliere (Zezza et alii, 1994), che comprende la fascia pedemontana in cui si collocano i due comuni, come testimoniato dai numerosi paleovalvei meandriformi di antichi corsi d'acqua che avevano la caratteristica di non sfociare in mare ma di andare ad immettersi nel Torrente Candelaro.

Le aree sono caratterizzate, come già detto, dai depositi terrazzati alluvionali e deltizi, che si presentano sotto forma di dorsali piatte, prevalentemente allungate in direzione E-W e di limitata continuità laterale, a causa dell'intensa attività erosiva dei corsi d'acqua (fig. 4).

L'intera area è soggetta ad una continua evoluzione dal punto di vista geomorfologico per i frequenti dissesti, piccoli e grandi, favoriti e/o innescati da diversi fattori, tra cui:

- natura dei terreni e delle rocce affioranti;
- acclività dei pendii;
- copertura vegetativa in genere inadeguata;
- fattori climatici;
- modificazioni antropiche;
- sismicità.

Un ruolo fondamentale sulle condizioni di stabilità del territorio in esame giocano i fenomeni di erosione e weathering, responsabili del continuo rimodellamento del territorio, per i quali va considerata la stabilità globale dei rilievi collinari, e non solo i singoli dissesti.

6. Idrogeologia

L'idrografia dell'area in studio è caratterizzata dalla presenza del torrente Celone. Si tratta di un corso d'acqua a carattere esclusivamente torrentizio attivo solo durante gli eventi meteorologici di forte intensità (fig. 4).

Ad uno sguardo di insieme, si nota una generale tendenza del corso d'acqua in direzione NE, con pattern sub-paralleli costituiti dalle aste principali e con piccoli tributari perpendicolari. Il corso d'acqua ha il suo bacino idrografico limitato dalle linee di displuvio che corrono sui settori topograficamente poco elevati.

L'azione erosiva di questi corsi d'acqua può considerarsi scarsa mentre, maggiore importanza, riveste il dilavamento superficiale ad opera delle precipitazioni atmosferiche, in particolare durante il periodo invernale quando le precipitazioni sono abbondanti e la copertura vegetale è scarsa. A questo va aggiunta una discreta erosione dovuta al soliflusso, fenomeno tipico dei suoli ricchi di limo e argilla capaci di imbevversarsi d'acqua in seguito a piogge abbondanti.

7. Campagna geognostica per la stazione

Nell'ambito del progetto di realizzazione di una nuova stazione Terna di smistamento a 150 kV ad ampliamento della stazione 380/150 kV ricadente nel territorio comunale di Troia (FG) sono state eseguite due indagini geofisiche al fine di determinare alcune proprietà fisiche del sottosuolo. Nel sito indagato sono state eseguite (fig. 5):

n.1 profilo sismico tipo MASW;

n.1 profilo sismico a rifrazione speditivo.

In figura 5 viene indicata anche la direzione del profilo, indicando con le lettere A e B le progressive iniziali e finali dello stendimento.

La prospezione sismica di tipo MASW ha consentito la caratterizzazione sismica del terreno di fondazione attraverso il calcolo della V_{s30} , come richiede la normativa vigente. Inoltre, mediante una speditiva indagine sismica a rifrazione è stato possibile determinare le caratteristiche dinamiche dei litotipi investigati e i relativi moduli elastici, nonché definire in maniera più precisa le caratteristiche sismostratigrafiche sub-superficiali.

7.1 Prospezione sismica a rifrazione

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti, qualora siano verificate opportune condizioni.

Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante.

Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza acustica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Essa si determina attraverso il prodotto tra la velocità dell'onda nel mezzo per la densità.

Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo.

Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia

natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano.

Ciò comporta una distinzione fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

7.2 Prospezione sismica di tipo MASW

Il parametro V_{s30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove h_i è lo spessore dello strato i -esimo
 V_i è la velocità dello strato i -esimo

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno ella

dispersione.

L'indagine sismica di tipo MASW presenta peculiarità rispetto alle altre classiche indagini sismiche per la caratterizzazione del sottosuolo, in particolar modo la sismica a rifrazione.

Infatti, contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico.

Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 10 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

7.3 Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo

Preliminarmente all'acquisizione dei dati geofisici, è stato condotta una fase operativa riguardante l'organizzazione e l'approntamento delle indagini nel sito specifico.

In fase di approntamento dell'indagine, sono state valutate opportunamente spaziature geofoniche.

Il profilo sismico di tipo MASW eseguito nell'area d'indagine è consistito in uno stendimento di lunghezza totale di 16,5 metri, con spaziatura geofonica pari a 1,5 metri, offset di scoppio pari a 2 metri, durata dell'acquisizione di circa 1 secondo e tempo di campionamento pari a 1 millisecondo.

Contestualmente all'indagine MASW, è stata condotta una speditiva indagine sismica a rifrazione, lungo la stessa linea sismica dell'indagine MASW, utilizzando geofoni aventi frequenza pari a 4,5 Hz e medesima spaziatura geofonica dell'indagine MASW. E' stato eseguito un singolo scoppio esterno, avente offset pari a 2 metri.

Per quanto concerne i parametri di acquisizione è stata utilizzata una durata dell'acquisizione pari a 256 ms e un tempo di campionamento pari a 125 μ s.

Infatti mentre nell'indagine sismica a rifrazione è importante restringere la finestra di interesse del segnale sismico, sia in termini di durata dell'acquisizione che di tempo di campionamento, per poter individuare il primo arrivo dell'onda rifratta ai sensori, nell'indagine MASW l'interesse è rivolto alla propagazione del segnale sismico dell'onda di superficie nella sua interesse e, di conseguenza, alla registrazione del fenomeno della dispersione di tali onde in profondità.

La strumentazione utilizzata è un sismografo della PASI, modello "16SG12, comprendente 12 canali e acquisizione computerizzata dei dati, durata dell'acquisizione pari a 128 msec e frequenza di

campionamento di 250 μ sec.

E' stata utilizzata una sorgente del tipo "mazza battente" di peso pari a 10 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde longitudinali P.

7.4 Risultati indagini geofisiche

7.4.1 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante.

Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.3 della Eliosoft.

Il sismogramma, la curva di dispersione sperimentale e la relativa sezione elaborata del profilo sono mostrate nell'figg. 6, 7 e 8. In particolar modo, nella figura 7 in alto è mostrato il sismogramma sperimentale e la curva di dispersione, mentre nella figura 7 in basso la stessa curva di dispersione con il relativo picking dei modi dell'onda di Rayleigh e il profilo verticale dell'onda S.

Nella curva di dispersione sono stati rilevati sia il modo fondamentale dell'onda di Rayleigh, nel range di frequenza 5-30 Hz, sia il primo modo superiore, nel range di frequenza 30-45 Hz, che il secondo modo superiore, nel range di frequenza 45-60 Hz.

Per tutti i modi rilevati la velocità aumenta al diminuire della frequenza, ossia all'aumentare della profondità d'investigazione.

Pur evidenziando che l'indagine MASW risente particolarmente del problema della non univocità del modello geofisico rispetto ai dati sperimentali ed è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro V_{s30} più che alla ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo, è stato possibile evidenziare una congruenza fra il modello ricavato dall'indagine MASW con quello determinato dalla sismica a rifrazione.

La V_{s30} stimata per il profilo MASW M1 è pari a 314 m/s, inserendo il terreno di fondazione in categoria C - "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".

7.5 Elaborazione indagine sismica a rifrazione

Dal sismogramma sperimentale sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione della relativa dromocrona (diagramma tempo-distanza),

mostrata in figura 6.

L'interpretazione della dromocrona è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo del Tempo Intercetto.

E' stato possibile, così, ottenere la sezione sismostratigrafica del profilo mostrata in figura 8 e schematizzata di seguito:

da m 0,00 a m -1,00 dal p.c.: sismostrato A – $V_p \approx 450$ m/s;

da m -1,00 a m dal p.c. in poi : sismostrato B – $V_p \approx 1600$ m/s;

Per il profilo S1 sono stati rilevati 2 sismostrati, uno superficiale con V_p media avente valori pari a circa 450 m/s e spessore pari a circa 1,00 m, attribuibile a terreno vegetale con alta densità di ciottoli di medie dimensioni e uno profondo avente V_p media pari a 1600 m/s ed ascrivibile ad un litotipo argilloso sabbioso.

Sulla base delle informazioni riguardanti le caratteristiche geologiche dell'area investigata, per quanto concerne la correlazione fra sismostrati e litologia è possibile associare:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c.: terreno vegetale con alta densità di ciottoli di medie dimensioni (sismostrato A);

da 1,00 m dal p.c. in poi: alternanza di argille sabbiose di colore marrone con ciottoli di medie e grosse dimensioni (sismostrato B).

I valori delle V_s sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo la determinazione dei principali parametri elastici, con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm^2 , mentre il modulo di Poisson rappresenta un numero adimensionale.

Il peso di volume (g/cm^3) è stato ricavato da una relazione empirica che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P longitudinali: $\gamma = 0,23V^{0,25}$

dove γ è la densità espressa in g/cm^3 e V è la velocità delle onde di tipo (longitudinali o di pressione) espressa in ft/s.

Profilo sismico:

Strato	V_p	V_s	Poisson	Ed	Es	G	K	γ
1°	450	150	0,438	941	47	327	2509	1,42
2°	1600	400	0,467	9375	468	3196	46876	1,95

8. Rilevamento geologico-tecnico

Dalle conoscenze acquisite nell'area circostante il sito in studio e il risultato dell'indagine geognostica indiretta hanno permesso di stabilire che nell'area in cui verrà realizzato la nuova stazione Terna affiorano argille sabbiose e ciottoli di medie e grosse dimensioni.

La successione descritta in figura 9 è la ricostruzione della situazione dell'immediato sottosuolo in cui sono state effettuate le indagini.

In linea di massima, la successione può essere descritta come segue:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c.: terreno vegetale con alta densità di ciottoli di medie dimensioni;

da 1,00 m dal p.c. in poi: alternanza di argille sabbiose di colore marrone con ciottoli di medie e grosse dimensioni.

9. Definizione delle unità litotecniche al di sotto della stazione

Nella seguente trattazione geotecnica si farà riferimento alle caratteristiche geotecniche:

delle argille sabbiose di colore marrone e ciottoli di medie e grosse dimensioni (da 1,00 m dal p.c. in poi) – tab 9.1;

I dati, quindi, fanno riferimento sia alle conoscenze acquisite nell'area in progetto sia alle indagini effettuate e sia dai dati ricavati dalla letteratura esistente.

Tabella 9.1: argille sabbiose di colore marrone e ciottoli di medie e grosse dimensioni (da 1,00 m dal p.c. in poi)

Parametri Geotecnici			
Parametri fisici			
γ_s	1,60 – 2,00 g/cm ³	15690 - 19613 N/m ³	peso specifico
γ_n	1,95 g/cm ³	19122 N/m ³	peso di volume naturale (o peso unità di volume)
v	0,467		coefficiente di Poisson
Parametri meccanici			
c_u	0,00 Kg/cm ²	0,00 N/mm ²	coesione non drenata
φ	20°		angolo di attrito interno
E_s	468 Kg/cm ²	45,89 N/mm ²	modulo Edometrico
E_d	9375 Kg/cm ²	919 N/mm ²	modulo Elastico o di Young
G	3196 Kg/cm ²	313 N/mm ²	modulo di taglio
K	46876 Kg/cm ²	4596 N/mm ²	modulo di incompressibilità
K_w	1 - 2 Kg/cm ³	9,8 – 19,6 N/cm ³	Coefficiente di Winkler (o di sottofondo)

10. Vincoli

10.1 Vincoli “P.A.I.” redatti dall’Autorità di Bacino della Puglia

L’osservazione della cartografia “P.A.I.” redatta dall’Autorità di Bacino della Puglia include la sottostazione utente/stazione nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) (figg. 10 e 11).

Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), come previsto dall’art. 15 delle Norme tecniche di attuazione del PAI, sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l’intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità

e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.

In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

La stazione Terna verrà realizzata su di un versante geomorfologicamente stabile con pendenza dell'ordine del 10%. Nel sito non sono stati osservati fenomeni erosivi superficiali o movimenti franosi tali da mettere a rischio la presenza della sottostazione stessa.

Pertanto l'intervento:

1. non modificherà la morfologia dell'area e non vi sono condizioni di instabilità geomorfologica;
2. non modificherà la circolazione delle acque sotterranee in quanto alla profondità indicata per lo scavo non è presente una falda acquifera che potrebbe interferire con l'opera (vedi paragrafo 6).
3. non modificherà la circolazione delle acque superficiali poiché non vi sono dei corsi d'acqua interrotti dall'edificio da realizzare.
4. Si determineranno cedimenti nulli o trascurabili in quanto le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati (vedi paragrafo 9) sono tali da garantire una stabilità del terreno di fondazione.

Pertanto, da quanto sopra riportato, e osservabile nella sezione riportata nella fig. 12, l'opera in progetto verrà posizionata su superfici geomorfologicamente stabili.

11. Aspetti geodinamici e sismicità dell'area in cui sorgerà la stazione

Tipo di elaborazione	Fondazioni
----------------------	------------

Sito in esame.	
latitudine	41,343017
longitudine	15,263183
Classe	2
Vita nominale	50

Siti di riferimento			
Sito 1	ID: 30995	Lat: 41,3219 Lon: 15,2212	Distanza: 4223,242
Sito 2	ID: 30996	Lat: 41,3209 Lon: 15,2877	Distanza: 3204,274
Sito 3	ID: 30774	Lat: 41,3709 Lon: 15,2892	Distanza: 3778,299
Sito 4	ID: 30773	Lat: 41,3719 Lon: 15,2225	Distanza: 4670,439

Parametri sismici	
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

Operatività (SLO):	
Probabilità di superamento:	81 %
T_r	30 [anni]
a_g	0,049 g
F_0	2,404
T_c^*	0,292 [s]

Danno (SLD):	
Probabilità di superamento	63 %
T_r	50 [anni]
a_g	0,061 g
F_0	2,495
T_c^*	0,329 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):	
Probabilità di superamento	10 %
T_r	475 [anni]
a_g	0,154 g
F_0	2,581
T_c^*	0,443 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):	
Probabilità di superamento	5 %
T_r	975 [anni]
a_g	0,203 g
F_0	2,579
T_c^*	0,476 [s]

11.1 Coefficienti Sismici

SLO		SLD		SLV		SLC	
S_s	1,500	S_s	1,500	S_s	1,460	S_s	1,390
C_c	1,580	C_c	1,510	C_c	1,370	C_c	1,340
S_t	1,000	S_t	1,000	S_t	1,000	S_t	1,000
K_h	0,015	K_h	0,018	K_h	0,054	K_h	0,079
K_v	0,007	K_v	0,009	K_v	0,027	K_v	0,039
A_{max}	0,716	A_{max}	0,893	A_{max}	2,212	A_{max}	2,764
Beta	0,200	Beta	0,200	Beta	0,240	Beta	0,280

12. Prescrizioni

Pertanto la successione stratigrafica in cui verrà realizzata la NUOVA STAZIONE TERNA può essere descritta come segue:

da 0,00 m a 1,00 m dal p.c.: terreno vegetale con alta densità di ciottoli di medie dimensioni;

da 1,00 m dal p.c. in poi: alternanza di argille sabbiose di colore marrone con ciottoli di medie e grosse dimensioni.

La Vs30 stimata per il profilo MASW M1 è pari a 314 m/s, inserendo il terreno di fondazione in categoria C

Inoltre, secondo la normativa in vigore (DM 14/1/2008), il territorio di Troia rientra nella zona identificata come sismica (Zona 2 ai sensi dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003).

Il paragrafo 11 della relazione include lo studio sulle azioni sismiche previste nell'area in progetto secondo quanto indicato dalla normativa in vigore (DM 14/1/2008: "Nuove norme tecniche sulle costruzioni"). I parametri sismici dell'area sono indicati in tabella:

Parametri sismici	
latitudine	41,343017
longitudine	15,263183
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

Si deve tener presente, inoltre, che non è stata riscontrata la presenza di una falda freatica superficiale che potrebbe causare dei cedimenti dovuti ad eventuali variazioni dei livelli della falda stessa.

L'osservazione della cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia include la nuova stazione Terna nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1).

La sottostazione verrà realizzata su di un versante geomorfologicamente stabile con pendenza dell'ordine del 10%. Nel sito non sono stati osservati fenomeni erosivi superficiali o movimenti franosi tali da mettere a rischio la presenza della cabina stessa.

Pertanto l'intervento:

1. non modificherà la morfologia dell'area e non vi sono condizioni di instabilità geomorfologica;
2. non modificherà la circolazione delle acque sotterranee in quanto alla profondità indicata per lo scavo non è presente una falda acquifera che potrebbe interferire con l'opera (vedi paragrafo 6).

3. non modificherà la circolazione delle acque superficiali poiché non vi sono dei corsi d'acqua interrotti dall'edificio da realizzare.
4. Si determineranno cedimenti nulli o trascurabili in quanto le caratteristiche geotecniche dei terreni analizzati (vedi paragrafo 9) sono tali da garantire una stabilità del terreno di fondazione.

Pertanto, da quanto sopra riportato, e osservabile nella sezione riportata nella fig. 12, l'opera in progetto verrà posizionata su superfici geomorfologicamente stabili.

Inoltre è consigliabile che il piano di posa delle fondazioni della stazione sia posto sempre al di sotto dello strato di suolo presente nel sito.

Si consiglia inoltre di comunicare al sottoscritto l'inizio dei lavori di posa delle fondazioni, al fine di poter fornire eventuali integrazioni, chiarimenti e suggerimenti tecnici per variazioni progettuali da adottare in corso d'opera, richiesti da possibili imprevisti geologici.

Nella fase esecutiva, allorché il sottoscritto lo ritenga opportuno, saranno eseguite ulteriori indagini geognostiche dirette e/o indirette, al fine di verificare le eventuali zone di anomalia.

Particolare cura dovrà essere rivolta durante i lavori di captazione e smaltimento delle acque piovane, al fine di evitare infiltrazioni e ristagni idrici al livello e al di sotto dei piani fondali, con conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.

Gioia del Colle, marzo 2011

il Geologo
Dott. Raffaele SASSONE



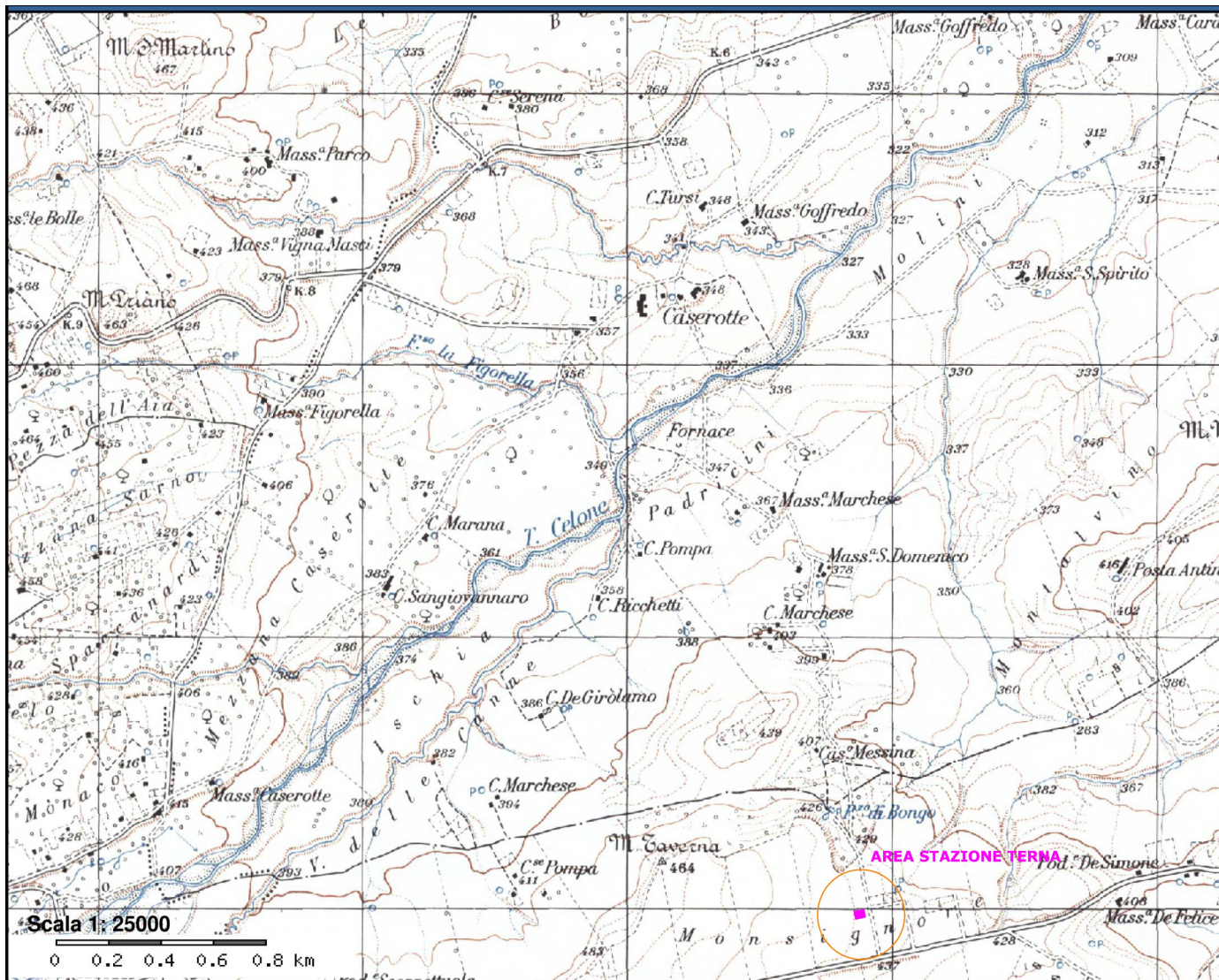


Figura 1: ubicazione su stralcio della carta topografica IGM in scala 1/25.000



Figura 2: ubicazione su stralcio della Carta Tecnica Regionale

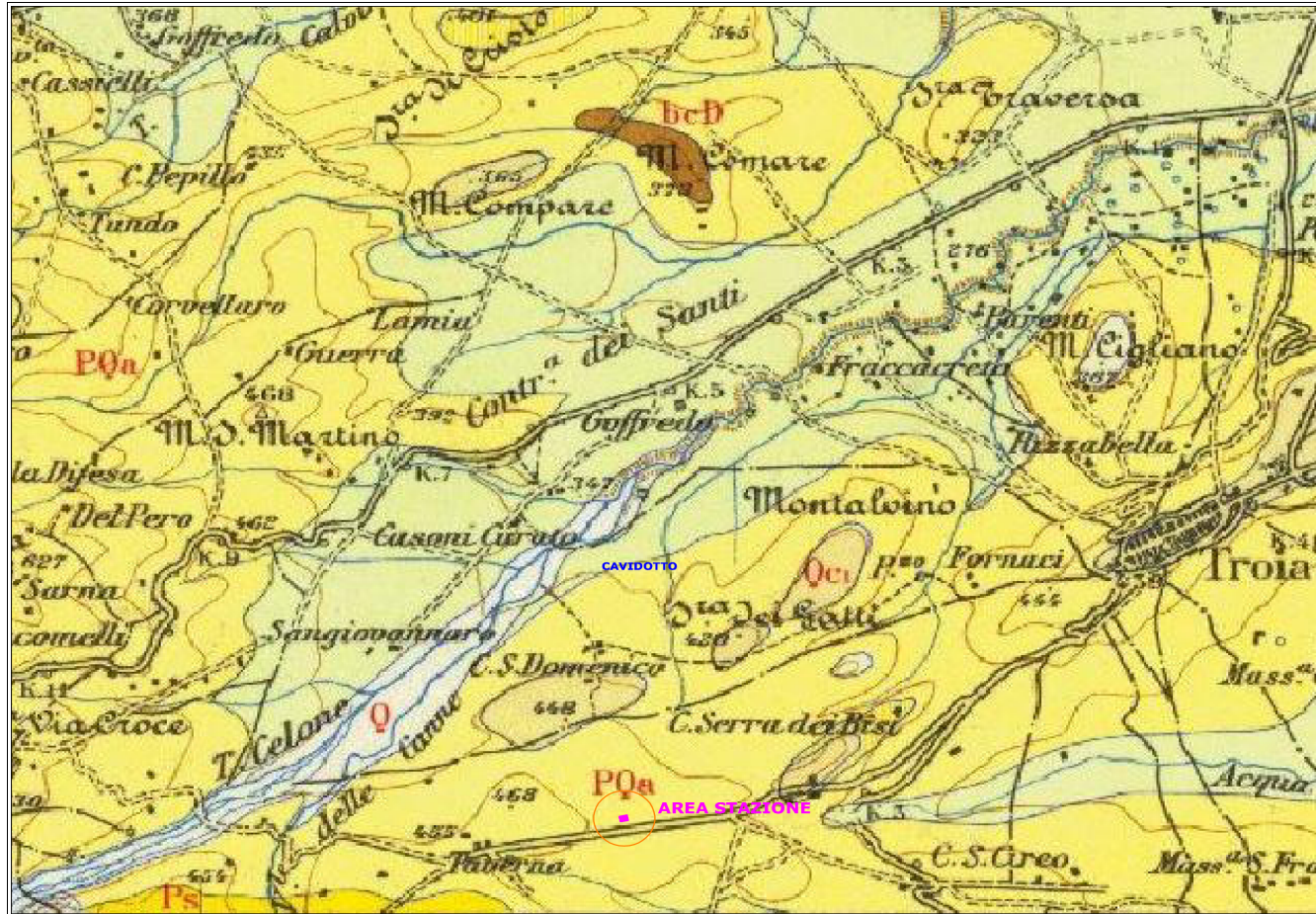


Figura 3: ubicazione su stralcio della Carta Geologica Italiana 163 “Lucera”; Q: Alluvioni recenti e attuali (Olocene); Qt: Depositi fluviali terrazzati ai 7m sull’alveo del fiume (Olocene); Qc1: Ciottolame con elementi di medie e grandi dimensioni, a volte cementati, di rocce derivanti dai terreni dell’Appennino talora con intercalazioni sabbiose (Pleistocene); PQa: Argille scistose, argille marnose grigio azzurrognole, sabbie argillose (Pliocene- Calabriano); PQs: Sabbie giallastre sciolte, talora con accenno di stratificazione (Pliocene – Calabriano) bcD: Formazione della Daunia (Miocene).

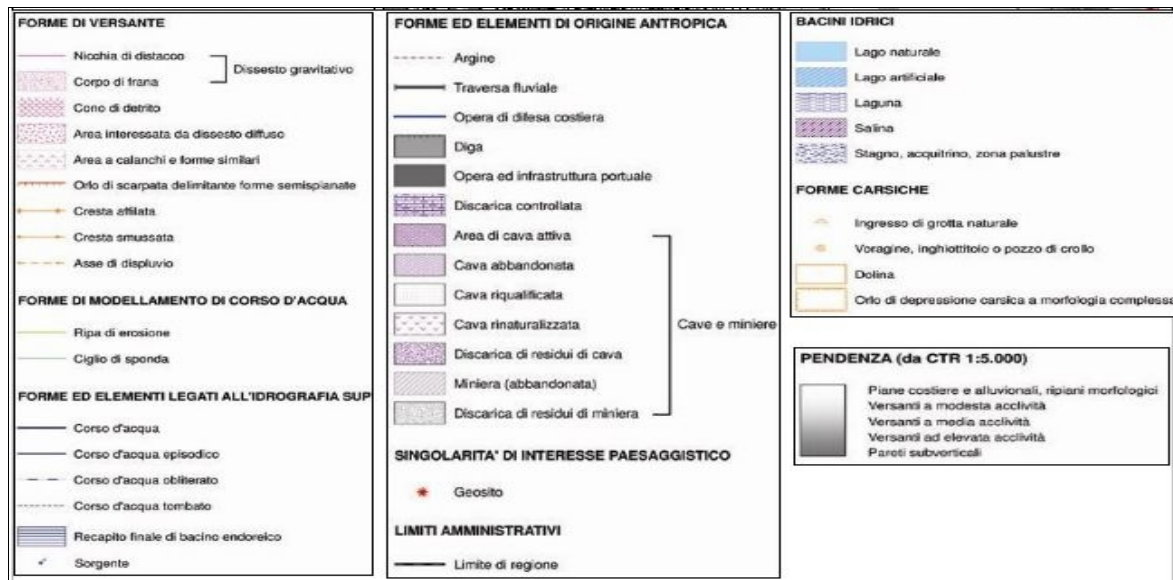
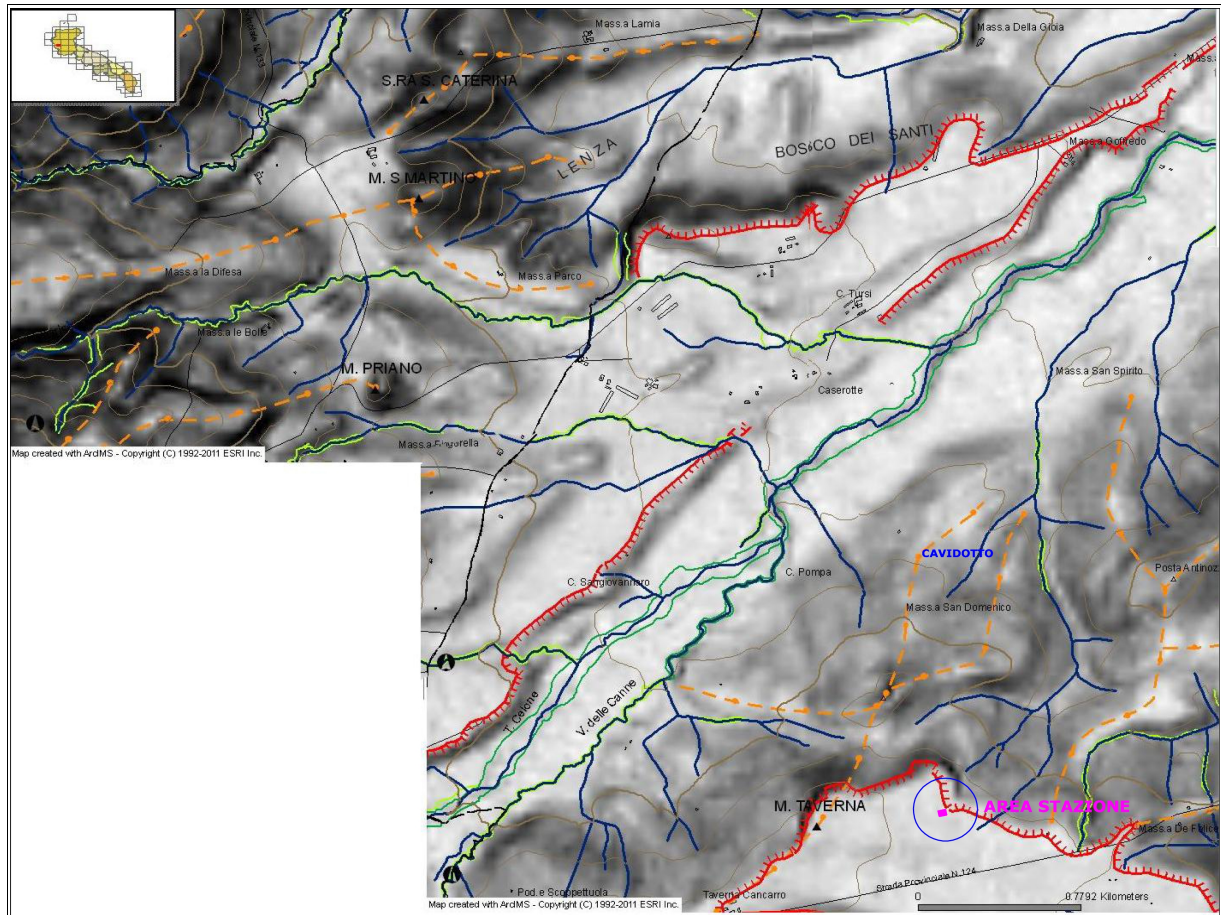


Figura 4: ubicazione su stralcio della carta idrografia superficiale e geomorfologica del sistema informativo territoriale (SIT) redatta dalla Regione Puglia

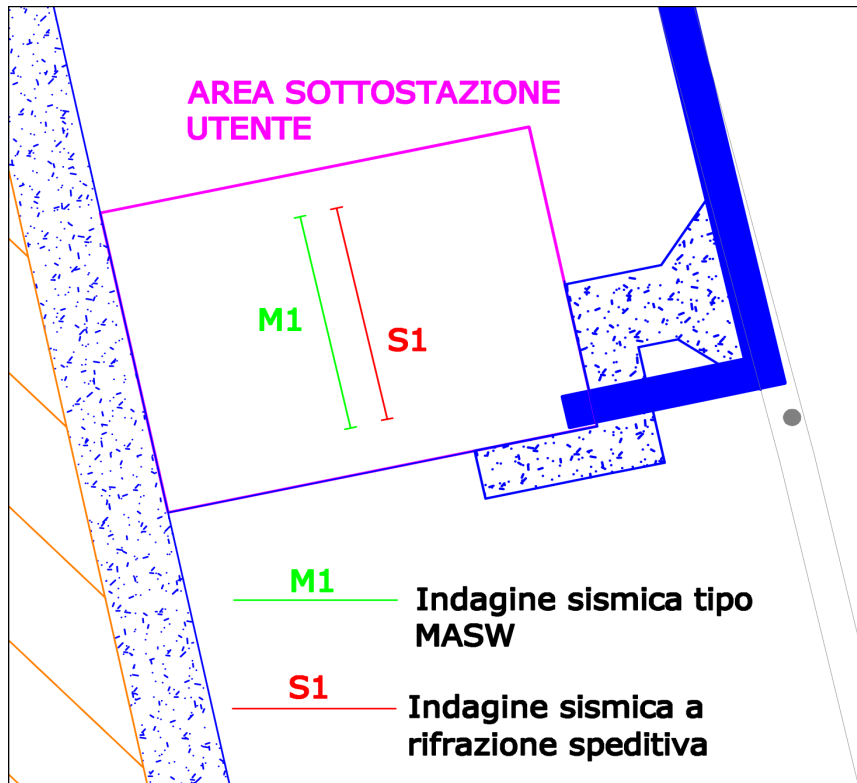


Figura 5: Ubicazione indagine sismica tipo MASW e sismica a rifrazione speditiva

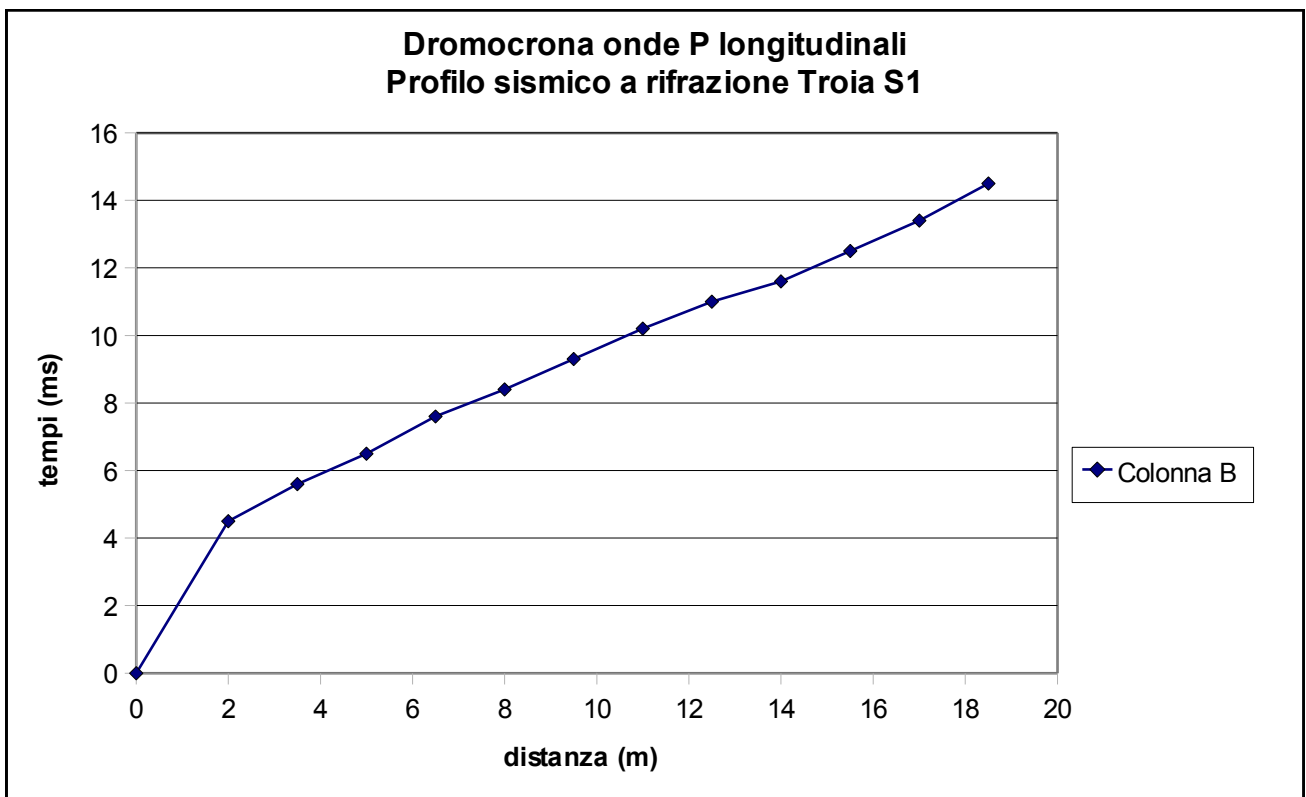


Figura 6: Dromocrona indagine sismica a rifrazione

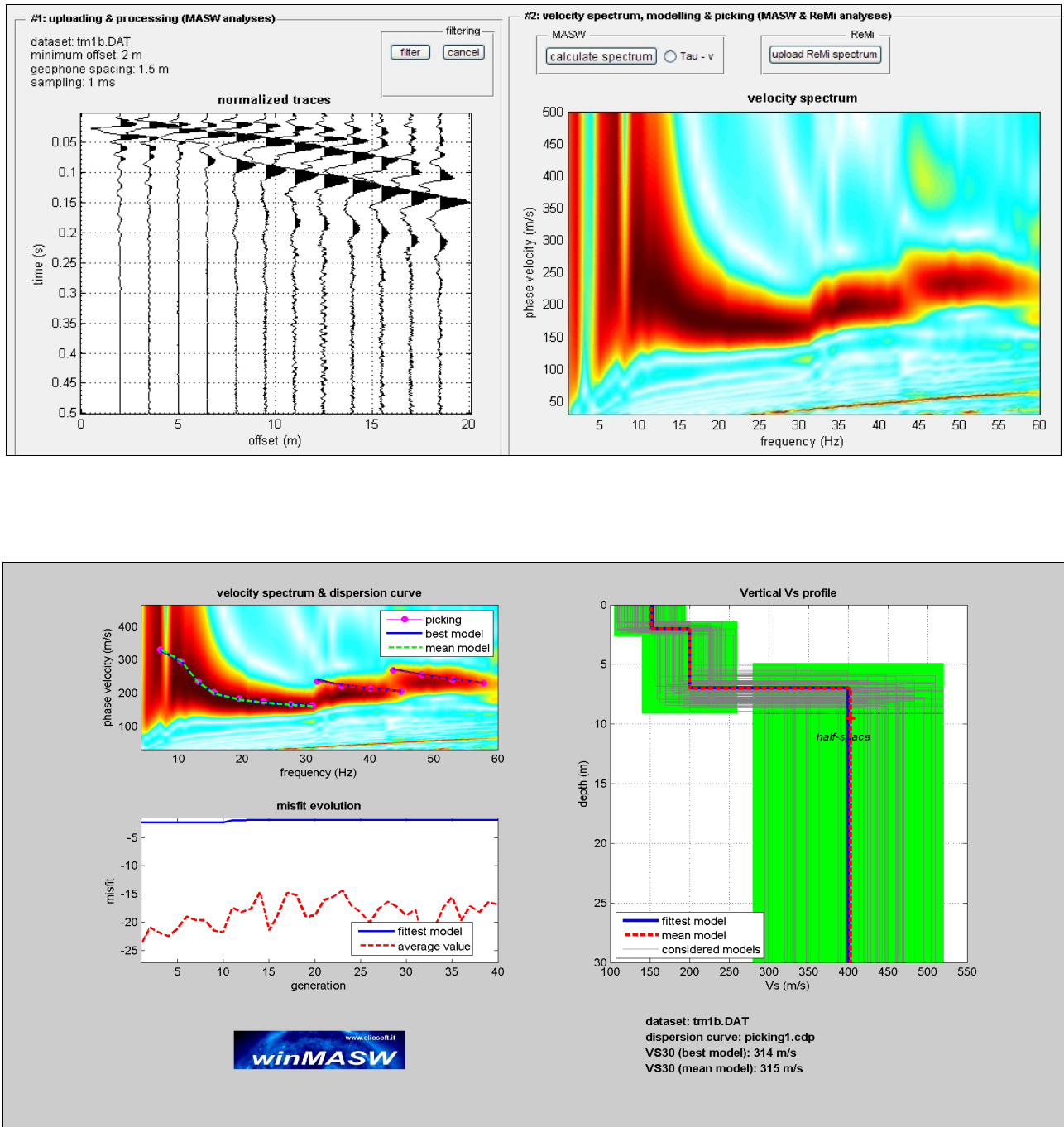


Figura 7: Elaborazione indagine MASW: sismogramma sperimentale; spettro di velocità; curva di dispersione e relativo picking del modo fondamentale dell'onda di RAYLEIGH; profilo verticale Vs.

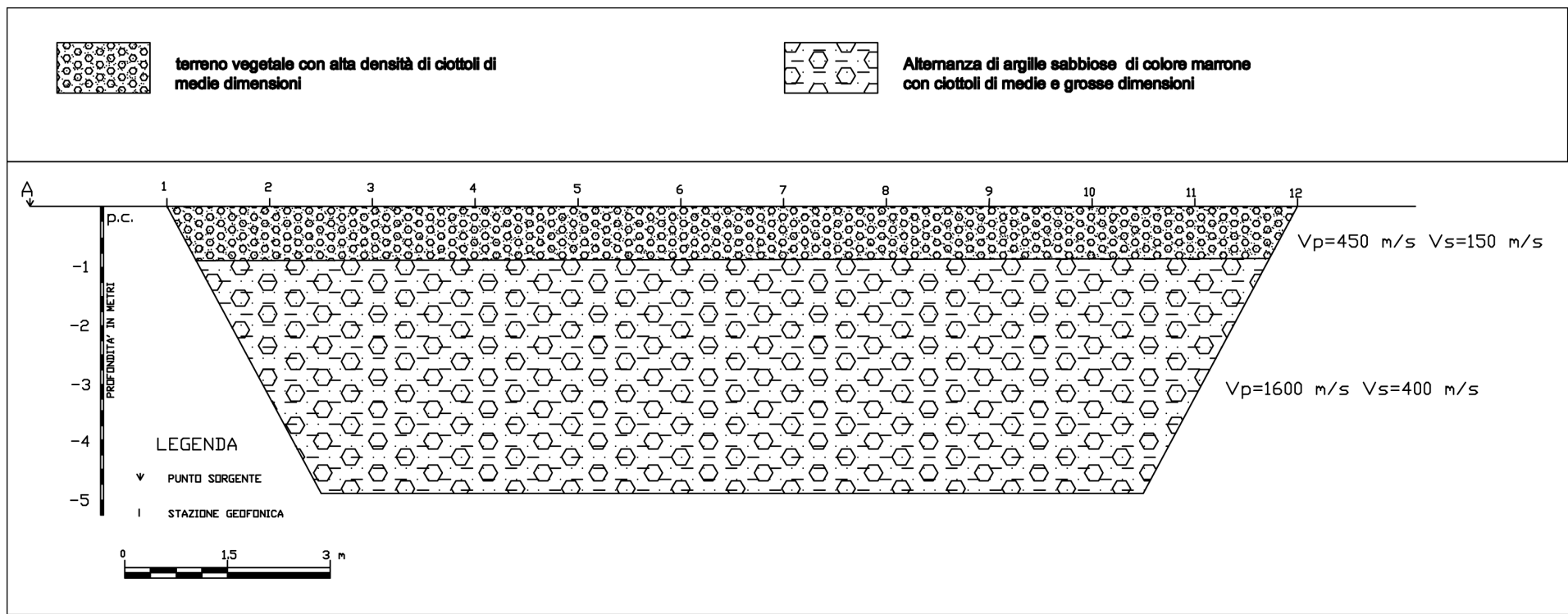


Figura 8: Sezione sismostratigrafica

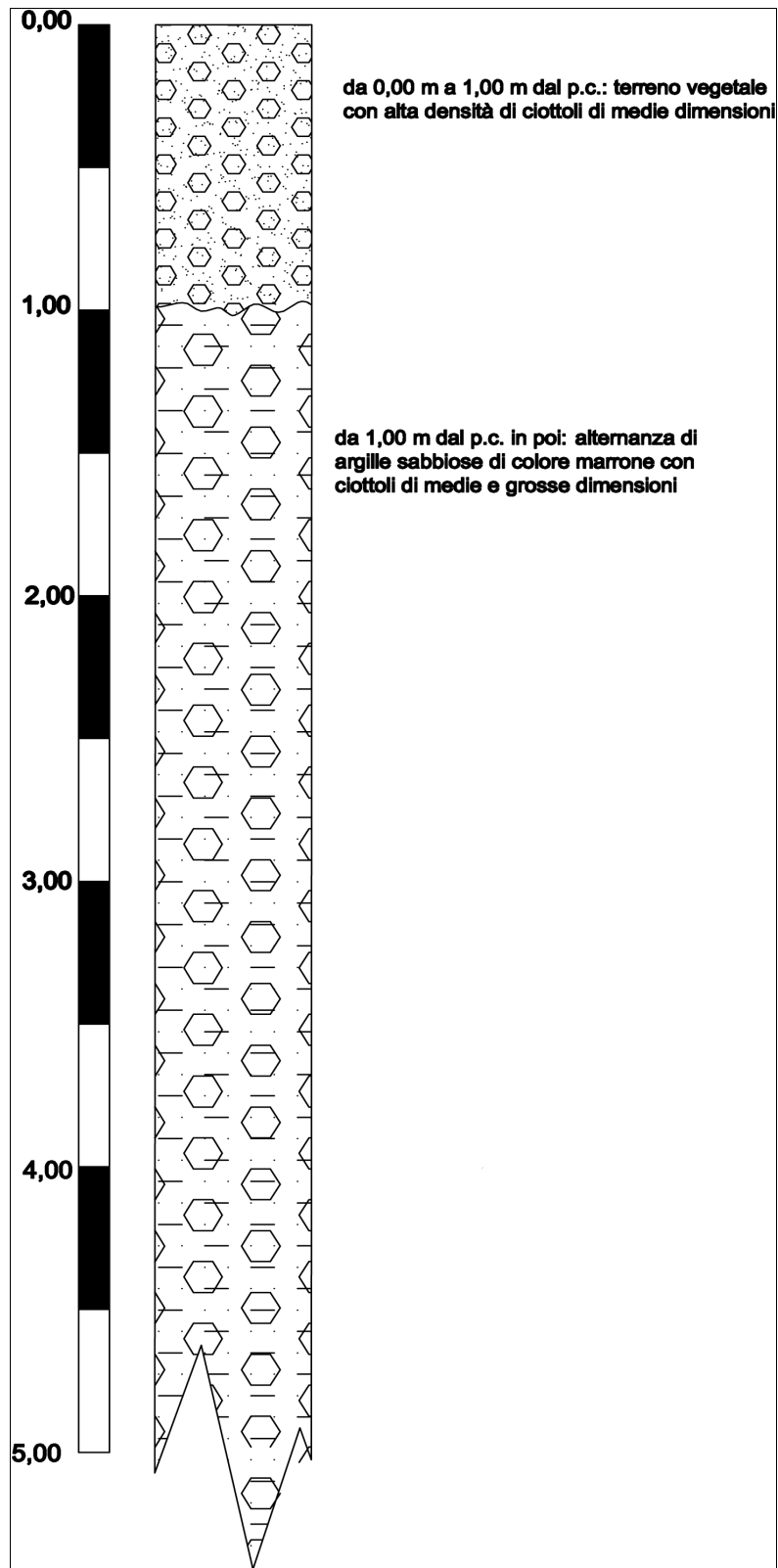


Figura 9: Colonna stratigrafica di dettaglio

Figura 10: cartografia "P.A.I." redatta dall'Autorità di Bacino della Puglia

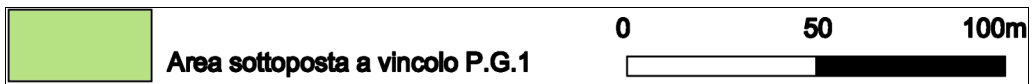
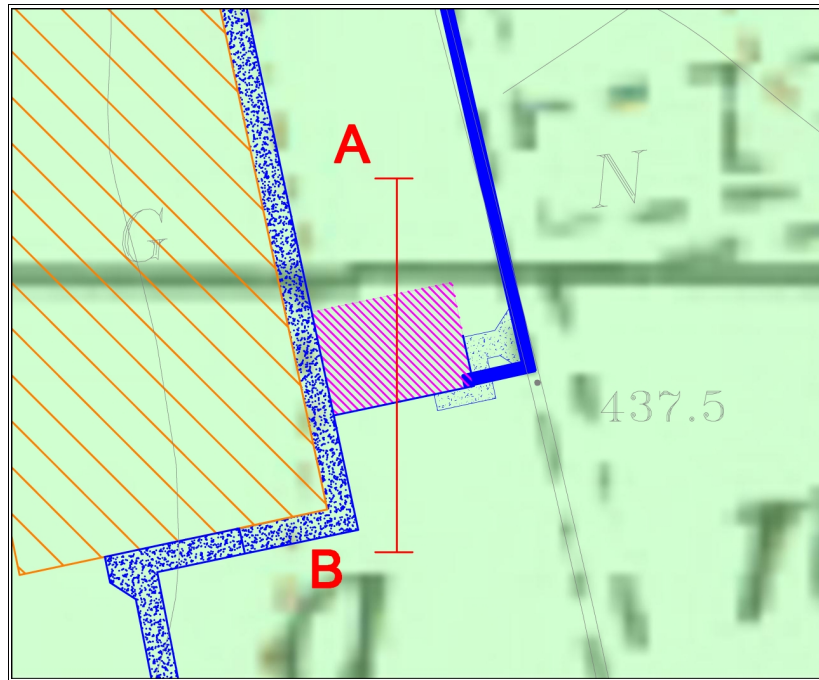


Figura 11: Stralcio ortofoto con indicazioni delle sezioni stratigrafiche, del cavidotto e delle aree interessate dal vincolo geomorfologico (P.G.1) del P.A.I.

Sezione geologica 1

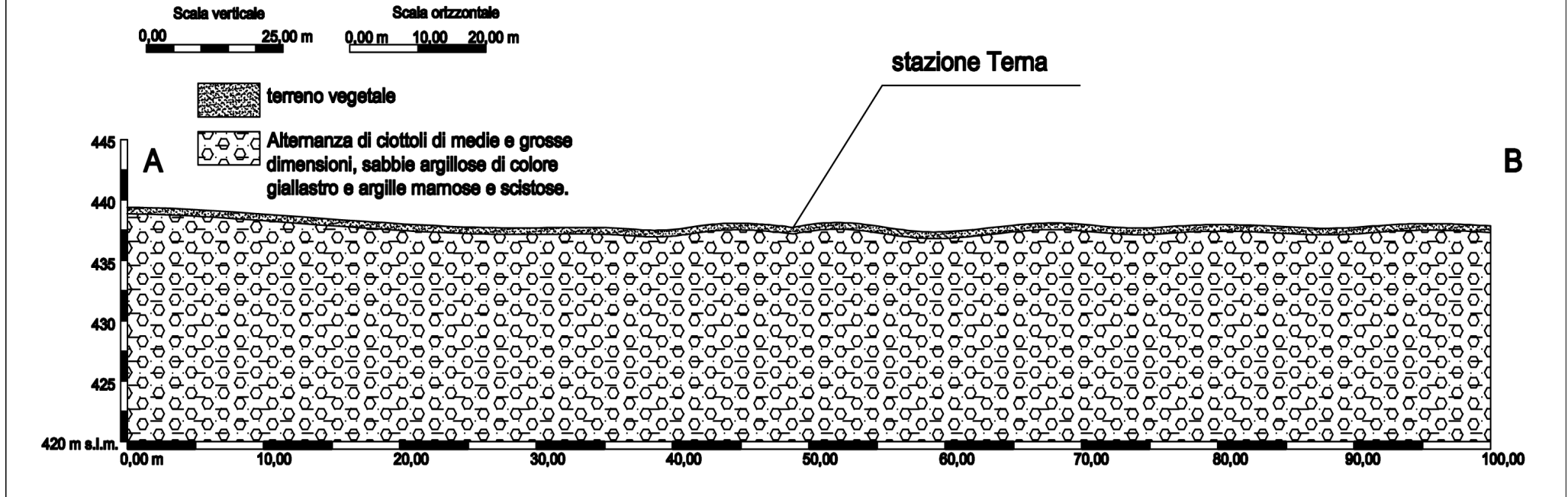


Figura 12: Sezione geologica schematica 1

Documentazione fotografica

