

COMUNE di CARPIGNANO SALENTINO(LE)

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO AGRI-FOTOVOLTAICO IMPIANTO DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE DI TIPO FOTOVOLTAICO INTEGRATO DA RIQUALIFICAZIONE AGRICOLA

Committente:

URBA – I 130115 S.R.L

Via G. Giulini,2
20123 Milano (MI)



Nuova Tutela s.r.l.

Via Ernesto Simini, 36 - 73100 - Lecce (LE)
Mail:amministrazione.nuovatutela@gmail.com

Spazio Riservato agli Enti:

REV	DATA	ESEGUITO	VERIFICA	APPROV	DESCRIZ
00	12/09/2022	RDP	EC	GP	Emissione VIA AU

Numero Commessa:

C 4184

Data Elaborato :

12/09/2022

Revisione :

R0

Titolo Elaborato:

Relazione Geologica e Idrogeologica

Progettista:

Geol. Raffaella De Pascalis

Ordine dei Geologi della Regione Puglia n.575

Elaborato:

Rel_03

Sommario

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	8
3.1 Inquadramento geologico strutturale generale	8
4. Inquadramento geologico strutturale di dettaglio	9
5. CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA DELL'AREA	12
5.1 Caratteristiche litologiche a grande scala	12
6. Caratteristiche litologiche di dettaglio	13
7. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA	17
8. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DELL'AREA	18
9. VERIFICA DI COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.	26
10. INDAGINI GEOGNOSTICHE SVOLTE E MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	30
10.1 Sismica a rifrazione	30
10.2 MASW 37	
11. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO	38
12. MODELLAZIONE SISMICA DI BASE E PERICOLOSITA' SISMICA	39
12.2 Vita nominale, Classi d'uso e Periodo di Riferimento	40
12.3 Stati Limite, Probabilità di Superamento e Periodo di Ritorno	41
12.4 Pericolosità sismica di base	42
12.5 Stima della pericolosità sismica di sito	43
13. CONCLUSIONI	46
14. ALLEGATI	48

1. PREMESSA

Su incarico della società Nuova Tutela s.r.l., si redige la presente relazione finalizzata alla ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche di un'area vasta dove si intende realizzare un parco agrivoltaico e la relativa rete di connessione alla stazione elettrica. In questa sede si effettuerà altresì una modellazione sismica di base ed una stima della pericolosità sismica dell'area dove sorgerà detta stazione.

La realizzazione del parco agrivoltaico e della relativa rete di connessione, della lunghezza di 4,5 km, avverrà a N del territorio comunale di Carpignano Salentino, a circa 4 km dal centro abitato. In particolare il parco sarà realizzato in località "Bosco di Fischietti", all'incrocio tra la SP147 con la SP276 (rif. Figg.1).

L'area di impianto sarà realizzata sul foglio n.8 del NCT del comune di Carpignano Salentino sulle particelle catastali n. 39, 68, 69, 70, 197, 198, 199 mentre il tracciato interesserà zone extraurbane, e principalmente strade pubbliche (SP147, SP276, strade comunali). Solo in prossimità della richiusura sulla linea aerea MT D53016927 S. Borgagne lo scavo sarà realizzato in prossimità di una strada bianca di proprietà privata, ricadente nel foglio n. 12, particelle 5 e 6 del Comune di Carpignano Salentino (cfr. elaborato grafico di progetto C03).

La presente relazione è corredata dalla seguente cartografia, riportata in calce:

- Tav.1 – Carta Geolitologica
- Tav.2 – Sezioni Geologiche
- Tav.3 – Carta Idrogeologica - Stralcio della Tav.C05 del PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.4 – Aree a vincolo d'uso degli acquiferi – PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.5 – Zone di protezione speciale idrogeologica PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.6 – PAI dell'AdB Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia.

Lo studio geologico, geomorfologico e idrogeologico effettuato su queste aree è stato basato su rilievi di campo, sulla consultazione della Pianificazione Regionale relativa alla tutela dei corpi acquiferi superficiali e profondi (Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia), del Piano di Assetto Idrogeologico del AdB Puglia, nonché sulla consultazione di cartografia geologica specialistica quale la Carta Geologica d'Italia, scala

1:100.000 foglio n. 214 "Gallipoli". A tutto ciò, ed al fine di addivenire ad un modello geologico e geotecnico delle aree di progetto, è stata affiancata una campagna di indagini geognostiche costituite da:

- N. 6 indagini di sismica a rifrazione della lunghezza di 55 m ciascuna.
- N. 3 indagini sismiche di tipo MASW della lunghezza di 55 m;

I contenuti della presente relazione rispettano i dettami ed i contenuti nel Testo Unico "Norme Tecniche per le Costruzioni" – D.M. 17 gennaio 2018: infatti attraverso i sopralluoghi effettuati, successivamente convalidati e tarati mediante l'esecuzione delle indagini geognostiche, è stato possibile definire un modello geologico dell'area che è propedeutico alla modellazione geotecnica.

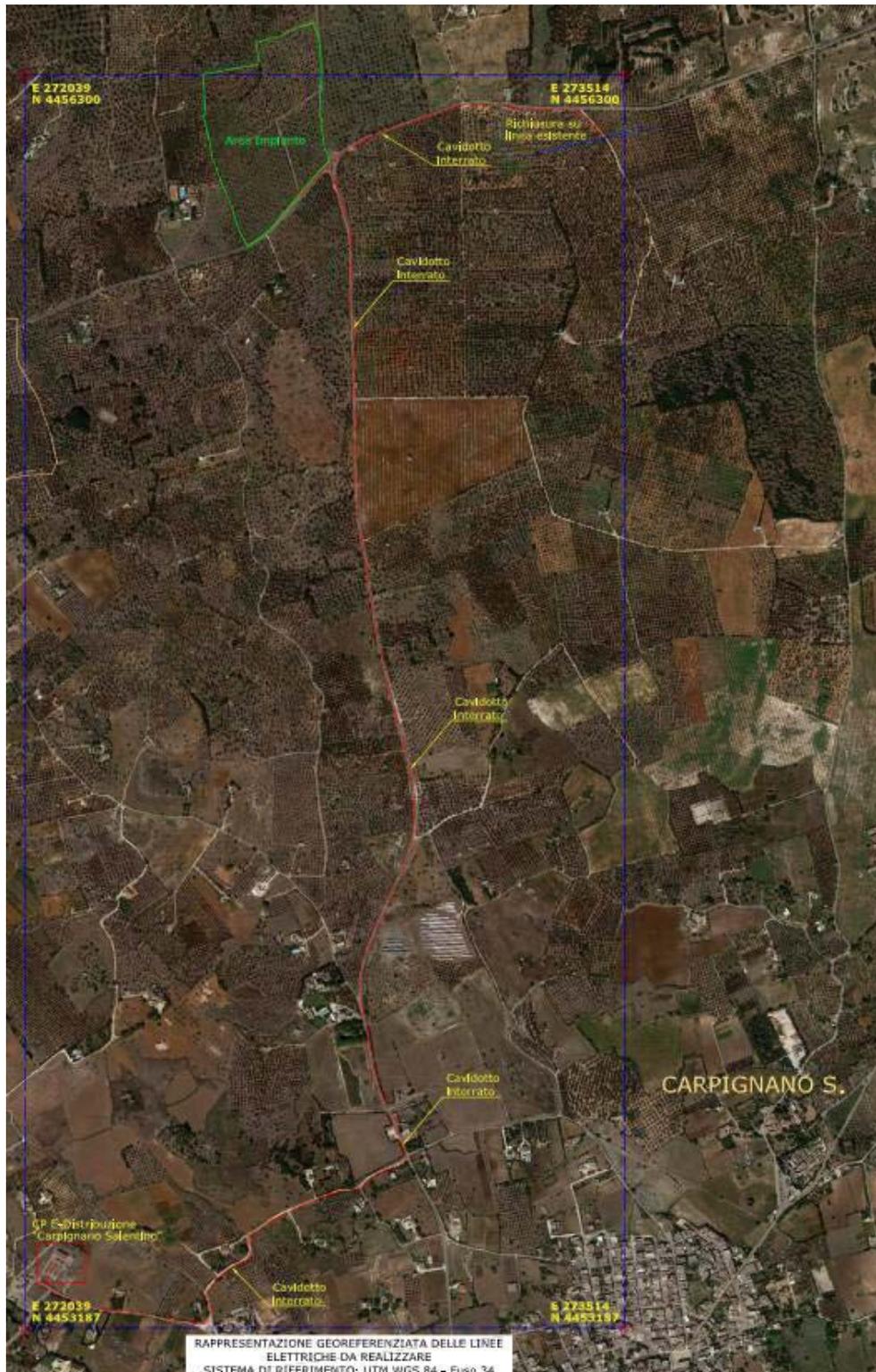


Fig. 1 – Ubicazione dell'area dove sorgerà l'impianto agrivoltaico e la linea interrata di collegamento (rif. Tav. C16 di progetto)

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato condotto sulla scorta dei seguenti riferimenti normativi:

- ❖ Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
- ❖ D.M.LL.PP. 11 marzo 1988 (G.U. 1-6-1988, n. 127 suppl.) - *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione."*;
- ❖ CIRC. LL.PP. 24-09-1988, n. 30483 - Legge 2 febbraio 1974 n. 64, art. 1 DM 11 marzo 1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione."*;
- ❖ D.M. 16 Gennaio 1996 (G.U. 5-2-1996, n. 29) - *"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*;
- ❖ Circolare 10 aprile 1997, n. 65/AA.GG. - *"Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16 gennaio 1996"*;
- ❖ D.M. 14 gennaio 2008 (G.U. 4-2-2008, n. 30) - *"Nuove norme tecniche per le costruzioni"*,
- ❖ D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. 20.01.2018, n. 42) - *"Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni"*;
- ❖ CIRC. LL.PP. 2 febbraio 2009 (G.U. 26-2-2009, n. 47) - *"Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008"*;
- ❖ CIRC. LL.PP. 21 gennaio 2019 (G.U. 11-2-2019, n. 5) - *"Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018"*;
- ❖ *Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (P.T.A.)*, adottato con Delibera di Giunta Regionale n. 883 del 19 giugno 2007 e pubblicato sul Bollettino

Ufficiale della Regione Puglia n. 102 del 18 luglio 2007 e approvato con Delibera di Consiglio n. 230 del 20 ottobre 2009. Recentemente con Delibera di Giunta Regionale n. 1333 del 16 luglio 2019 è stata adottata la proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano regionale di Tutela delle Acque.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

3.1 Inquadramento geologico strutturale generale

Nella Penisola Salentina, a partire dal Cretacico, si verificarono una serie di eventi tettonico - paleogeografici i quali portarono all'attuale morfologia del Salento. Durante un lungo periodo, protrattosi per almeno 35 MA, il centro della Penisola Salentina ha subito gli effetti di una forte continentalizzazione, causata dall'emersione della Piattaforma Apula (Bosellini et al., 1994).

Il basamento carbonatico del Cretacico, che costituiva il substrato della Piattaforma Apula è stato interessato, a più riprese, da ripetute subsidenze, con formazione di faglie ad andamento prevalentemente NW-SE e NE-SW, le quali hanno dislocato la formazione mesozoica, dando luogo a strutture di tipo Horst e Graben.

Per quanto riguarda le litologie che caratterizzano la Penisola Salentina, la più antica e affiorante in queste aree, corrisponde alla successione calcareo - dolomitica mesozoica di tipico ambiente di piattaforma carbonatica. Si tratta di una monotona successione di calcari, calcari dolomitici e dolomie, di colore variabile, dal bianco al grigio o all'avana scuro, generalmente compatti e tenaci, a luoghi fossiliferi, in strati e banchi di spessore variabile da qualche decimetro a 2 m, caratterizzati da un diffuso sistema di fratture. Al di sopra del basamento carbonatico cretacico si sono sedimentati depositi di natura terrigena e/o marina: infatti a partire dalla fine del Mesozoico, il Salento è stato interessato da più fasi di sedimentazioni con la deposizione di sedimenti paleogenici, oligocenici, miocenici, pliocenici e quaternari (Ricchetti et al., 1988; Ciaranfi et al. 1988, 1993). I terreni paleogenici ed oligocenici ("Calcareniti di Porto Badisco" e "Calcari di Castro") sono costituiti da rocce organogene e affiorano limitatamente lungo la fascia costiera sud-orientale.

Gli affioramenti più diffusi nella Penisola Salentina invece, sono quelli di età miocenica e riguardano principalmente due tipi formazionali, noti con i nomi di "Pietra Leccese" e "Calcareniti di Andrano". Il primo è costituito da calcareniti marnose, fossilifere, prevalentemente a grana fine di colore giallo paglierino, a volte verdognole per la presenza di glauconite, di norma compatte e piuttosto tenere, a stratificazione generalmente indistinta. Il secondo invece, che giace spesso in trasgressione sulla "Pietra Leccese", è caratterizzato dalla messa in posto di calcari organogeni e detritici a grana variabile, grigio chiari o biancastri, stratificati, di norma piuttosto compatti e tenaci. Tali calcareniti mioceniche sono interessate da una fitta rete di fratture variamen-

te orientate ed elaborate dalla dissoluzione carsica. Infine le formazioni plio - quaternarie affiorano nelle aree strutturalmente depresse e lungo la fascia costiera, e si possono distinguere in tre unità litostratigrafiche ben distinte: le "Sabbie di Uggiano", la "Formazione di Gallipoli" e le "Calcareniti del Salento" (queste ultime correlabili, per contenuto faunistico alle "Calcareniti di Gravina").

4. Inquadramento geologico strutturale di dettaglio

Da un punto di vista geologico strutturale l'area dove è prevista la realizzazione del parco agrivoltaico e della rete di connessione è ubicata all'interno un alto strutturale (Horst) avente direzione NW-SE e passante per l'allineamento di Martignano - Martano -Palmariggi (direzione appenninica). In particolare si trova sul fianco destro di detto alto strutturale che è caratterizzato dalla presenza di depositi calcareo dolomitici calcareo - calcarenitici di età cretacea e miocenica. Nella Tav.1 allegata alla presente relazione è riportata la carta geolitologica con l'ubicazione del parco agrivoltaico e della rete di connessione con l'esistente stazione elettrica: si nota come non ci siano discontinuità di carattere tettonico: soltanto, lungo il tracciato del cavidotto, ad E ed W dello stesso, si notano in maniera discontinua dei lievi dislivelli che decregono verso il tracciato viario, e che sono testimoniati da una sorte di "terrazzamento", una disposizione "a gradini" dell'ammasso roccioso calcarenitico (rif. FOTO 1 e 2 seguenti).



FOTO 1



FOTO 2

5. CARATTERIZZAZIONE GEOLITOLOGICA DELL'AREA

5.1 Caratteristiche litologiche a grande scala

L'area di progetto è inserita all'interno della Carta Geologica d'Italia al Foglio n. 214 "Gallipoli", scala 1:100.000 di cui la Fig. 2 rappresenta uno stralcio. A grande scala la Formazione caratterizzante sia il sedime di fondazione del parco agrivoltaico che la rete di connessione all'esistente stazione elettrica è rappresentata da calcareniti e/o calcari detritici compatti bianchi e/o grigiastri con frammenti di macrofossili appartenenti alla Formazione delle Calcareniti di Andrano di età Miocenica (rif. Fig.2):



Fig. 2: Stralcio del Foglio 214 "Gallipoli" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

6. Caratteristiche litologiche di dettaglio

Nella Tav.1 alla presente relazione è riportata la geolitologia di dettaglio delle aree interessate dagli interventi di progetto (rete di connessione e parco agrivoltaico).

Prima di entrare nel dettaglio della descrizione dei terreni di sedime di fondazione delle opere di progetto, si riporta la descrizione della successione stratigrafica caratterizzante il territorio analizzato partendo dalla Formazione più antica fino a quella più recente (rif. Fig.2):

Calcarea di Altamura (Cretaceo)

L'unità è costituita da calcari dolomitici e dolomie subcristalline, vacuolari, di colore grigio o nocciola, a cui si intercalano o, talvolta, si sostituiscono strati e banchi di calcari micritici chiari subcristallini o porcellanacei, calcari bioclastici di colore biancastro o grigiastro, compatti e a frattura irregolare.

I calcari si presentano variamente fessurati e carsificati con possibili inclusioni di "terra rossa" nelle fratture e cavità carsiche. In generale nel territorio comunale il fenomeno carsico interessa soltanto i primi metri degli affioramenti calcarei.

Calcareniti di Andrano (Miocene)

Calcareniti organogene talvolta marnose o leggermente glauconitiche, calcari detritici porosi, calcari compatti, calcari bioclastici e talora lumachelle. Stratificazione evidente e potenza massima di 80 m. Tale Formazione è di età Miocenica (Langhiano-Messiniano).

Calcareniti di Gravina (Pliocene medio ?)- Pleistocene inferiore)

La Formazione affiora in trasgressione sulle formazioni più antiche o addossata ai rilievi calcarei. Il litotipo caratterizzante è costituito da calcareniti organogene in grossi banchi a granulometria da media a grossolana, di norma friabili e porose, che rappresentano la fase di apertura del ciclo sedimentario quaternario.

Nelle zone topograficamente depresse lo spessore delle calcareniti di Gravina è dell'ordine dei 20 m.

Il sedime di fondazione del parco agrivoltaico e della rete di connessione è costituito da calcareniti tenaci interessate nella parte superiore da fenomeni carsici i quali conferiscono alla roccia un aspetto vacuolare. Dette calcareniti si presentano con un aspetto massivo, senza evidenti stratificazioni ed il colore assume toni dal biancastro al grigiastro con forme di incrostazione superficiale nerastre, le cosiddette "croste nere" (rif. FOTO 3-4-5-6).

In particolare le foto da 3 a 5 sono state scattate lungo tutto il tracciato della rete di connessione, mentre la n. 6 in corrispondenza del sito dove sarà realizzato il parco agrivoltaico.

Per avere una ricostruzione puntuale degli spessori e delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce caratterizzanti il sedime del parco agrivoltaico e della rete di connessione interrata si sono eseguite delle indagini geognostiche di tipo sismico. Si rimanda al seguente § 9 per la descrizione dettagliata delle indagini geognostiche svolte nonché all'All.1 per l'ubicazione delle stesse.



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6

7. CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA DELL'AREA

Da un punto di vista geomorfologico il territorio comunale ha l'aspetto di un tavolato poco elevato sul livello del mare e debolmente inclinato verso Nord. Esso presenta una morfologia piuttosto dolce che si movimentata soltanto in corrispondenza dell'allineamento Martignano- Martano- Cursi, rappresentante un alto strutturale avente direzione appenninica (NW-SE) formato da rocce calcaree cretatiche e calcarenitiche mioceniche.

Un fenomeno che caratterizza l'intero territorio comunale è quello dovuto all'azione del carsismo sia ipogeo che epigeo: quest'ultimo è visibile laddove affiorano i termini carbonatici e calcarenitici mentre le manifestazioni ipogee sono individuabili mediante l'esecuzione di prospezioni geologiche.

Nel territorio comunale non è presente un'idrografia superficiale a causa della presenza di terreni la cui permeabilità non ha permesso l'instaurarsi di un reticolo idrografico permanente. Sono presenti linee di deflusso aventi direzioni preferenziali che si presentano come solchi di erosione solitamente poco profondi e poco sviluppati in lunghezza a causa della scarsità delle precipitazioni e della mancanza di aree a forte pendenza.

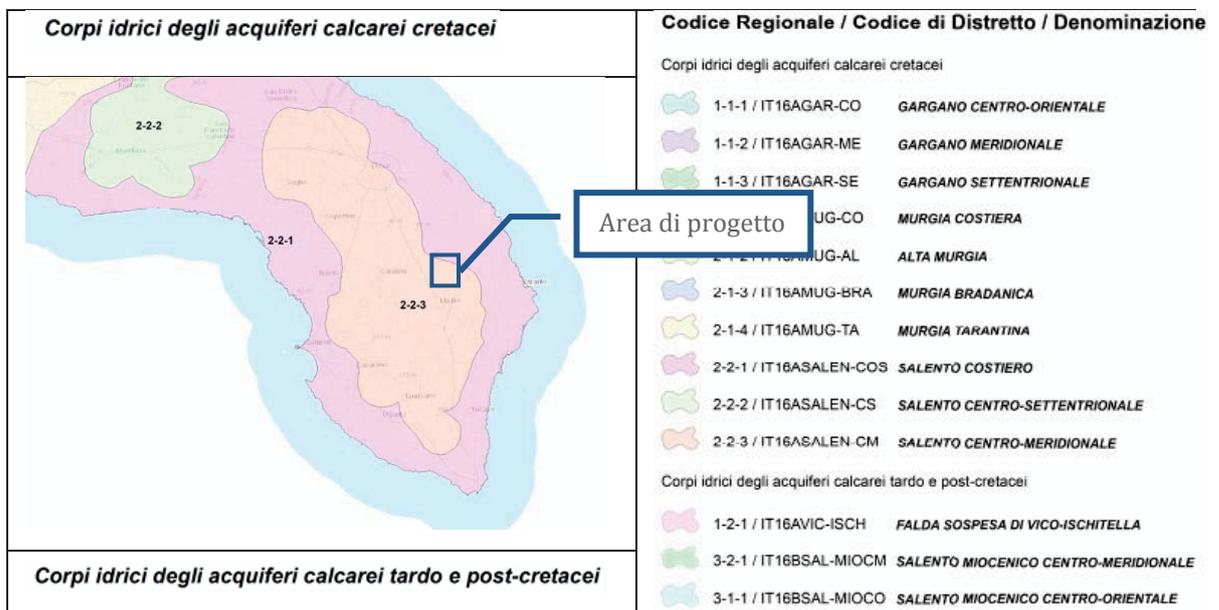
Il risultato che oggi si riscontra in questa porzione di territorio è un paesaggio in avanzato stato di insenilimento dove il rilievo è stato modellato e ridotto dall'azione degli agenti morfogenetici.

Anche le quote altimetriche tra l'altro testimoniano l'insenilimento del paesaggio: basta infatti percorrere la SP 276, verso la SP275 e SP147 per notare una dislivello di circa 21 m (si passa da quote di circa 81 m s.l.m. a quote di circa 60 m s.l.m.) che si determina su una distanza planimetrica di circa 4 km e quindi con un gradiente di circa 0,005: quindi il graduale salto di quota è scarsamente percepito su questa lunga distanza.

8. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DELL'AREA

Nell'area di progetto non si rinviene alcun acquifero superficiale (Fig.3- Stralcio fuori scala della Tav.C4- Corpi Idrici Sotterranei del PTA aggiornato al 2019); è presente invece la sola falda profonda, ospitata all'interno dei calcari del basamento carbonatico (Fig.4 Stralcio fuori scala della Tav.C5- Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi e All.4 - Idrogeologia - Stralcio della Tav.C05 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi" del PTA della Regione Puglia 2019 allegata alla presente relazione).

Secondo le informazioni desumibili dalla Tav. C5 allegata al PTA aggiornato al 2019 il livello piezometrico della falda profonda si attesta a quote di circa 2,0 m s.l.m. in corrispondenza della stazione elettrica di progetto, a quote inferiori a 2,0 m s.l.m. lungo il tracciato (rif. Tav.3 – Carta Idrogeologica - Stralcio della Tav.C05 del PTA della Regione Puglia (2019)).



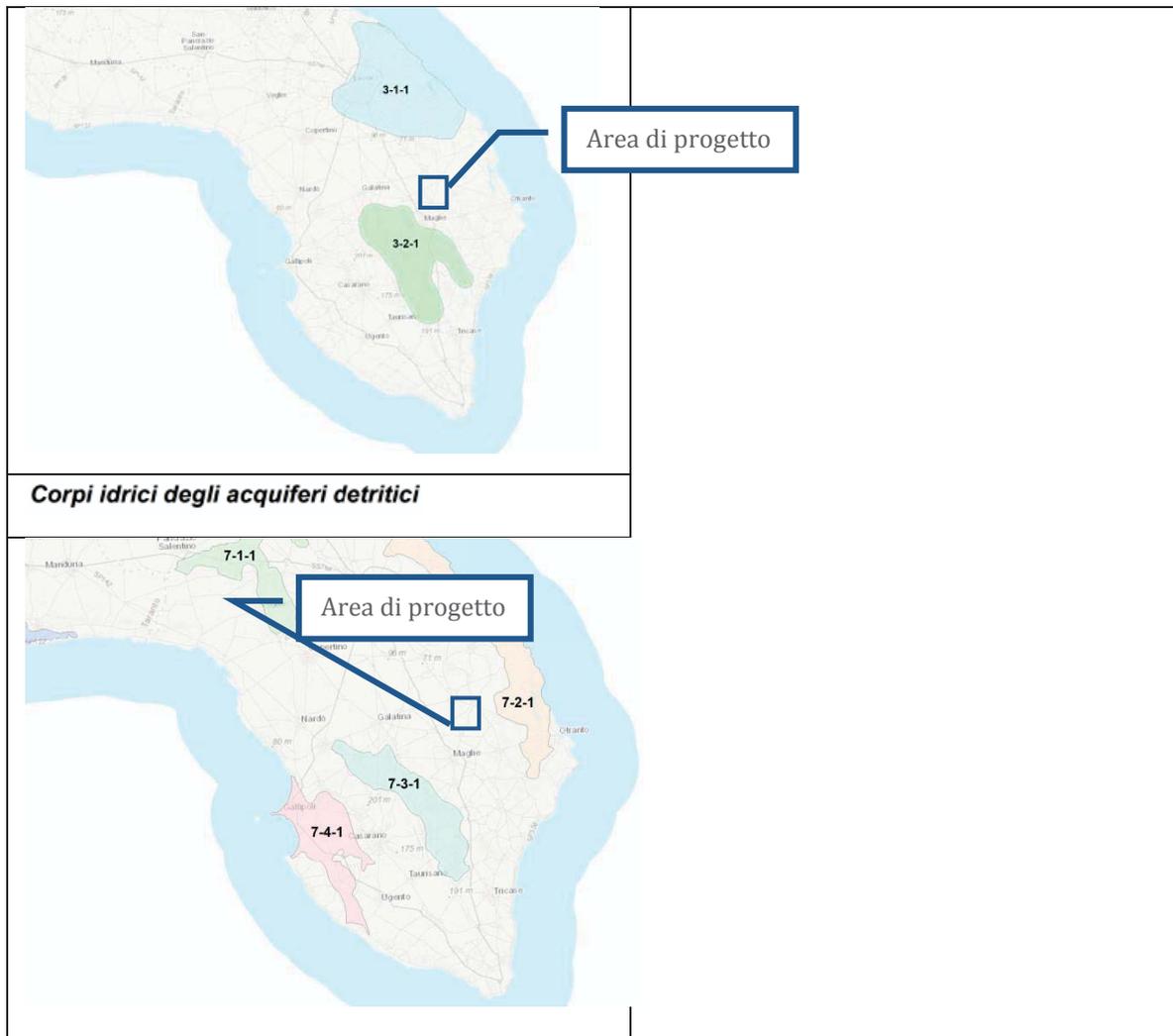


Fig. 3 - Stralcio fuori scala della Tav.C4- Corpi Idrici Sotterranei del PTA aggiornato al 2019.

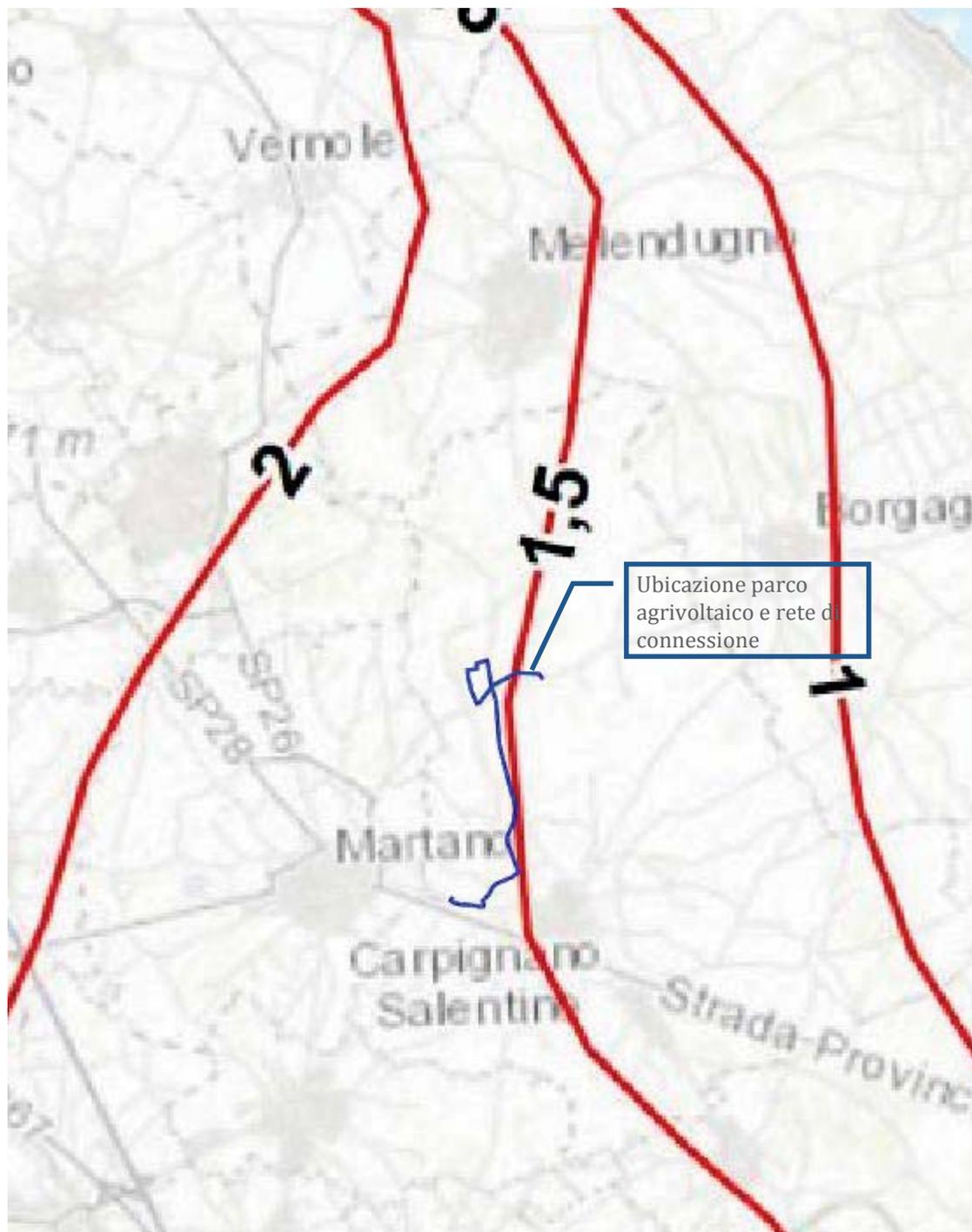


Fig. 4 -Stralcio fuori scala della Tav.C5-Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi del PTA aggiornato al 2019.

Per fattori connessi alle modalità di alimentazione, la falda assume una sezione a forma lenticolare la cui superficie teorica di separazione tra i due liquidi a diversa densità, ossia tra l'acqua dolce e l'acqua salata, è chiamata *interfaccia*.

La legge di Ghyben-Herzberg regola, nell'ipotesi di assenza di deflusso, l'equilibrio acqua dolce acqua salata, ed è data dalla seguente relazione:

$$h = \left(\frac{d_f}{d_m - d_f} \right) \times t$$

in cui:

t = altezza del livello di falda sul livello del mare

h = profondità dell'interfaccia dal livello del mare

d_m = densità dell'acqua di mare

d_f = densità dell'acqua dolce di falda

Lo spessore della falda e la profondità dell'interfaccia risultano pertanto correlate all'altezza della superficie piezometrica sul livello del mare ed alla densità dei due liquidi.

Se si pone:

$$d_m = 1.028 \text{ g/cm}^3$$

$$d_f = 1.0028 \text{ g/cm}^3$$

si ottiene che:

$$h \sim 40 t$$

Pertanto, limitatamente alle aree di progetto, considerando cautelativamente l'altezza piezometrica sul livello del mare di circa 1,5 m, lo spessore della falda è riconducibile grossomodo a circa 60 m. Il verso di deflusso della falda ha direzione circa W-E.

Secondo le Disposizioni del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia aggiornato al 2019, il sito di progetto non è classificato tra le zone di Protezione Speciale Idrogeologica, come individuato nella Tav.C7 "*Zone di protezione speciale idrogeologica*" del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia. Inoltre, si precisa che il sito di progetto ricade in area vulnerabile alla contaminazione salina, così come individuato nella Tav.C6 "*Aree di vincolo d'uso degli acquiferi*" dello stesso Piano di Tutela delle Acque (Figg. 5 e 6 e Tavv. 4 e 5 allegate alla presente relazione).

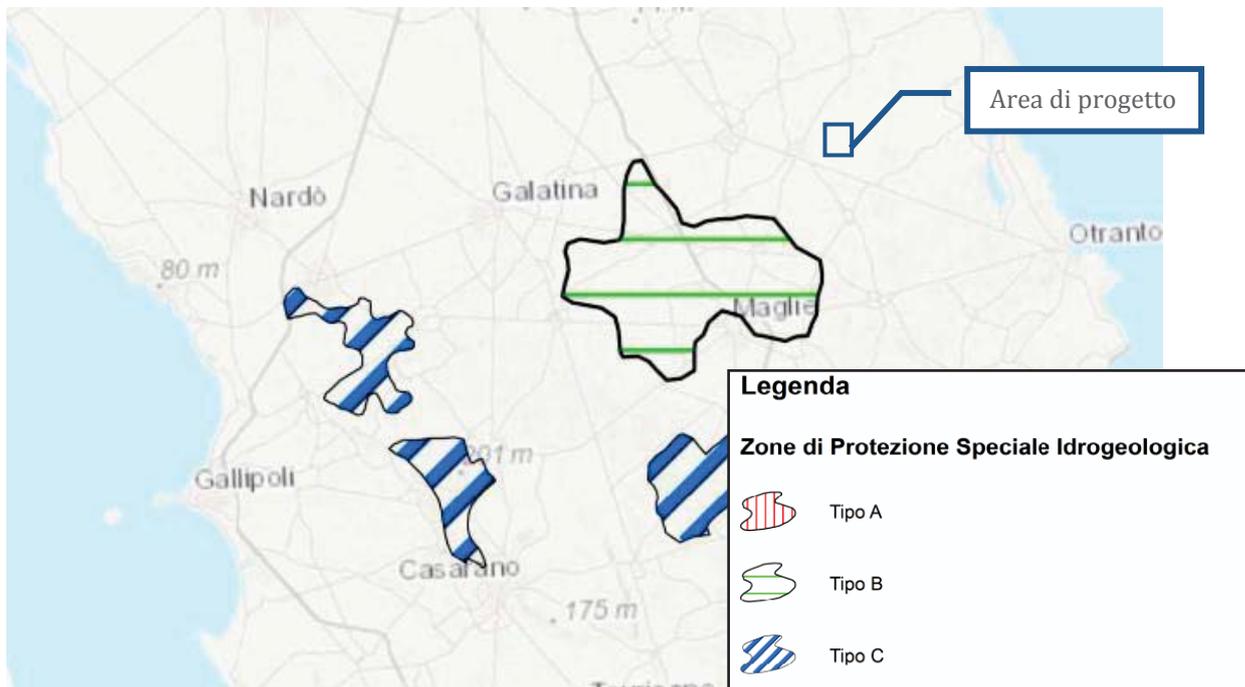


Fig. 5 - Stralcio fuori scala della Tav.C7 del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia (fonte: www.sit.puglia.it).

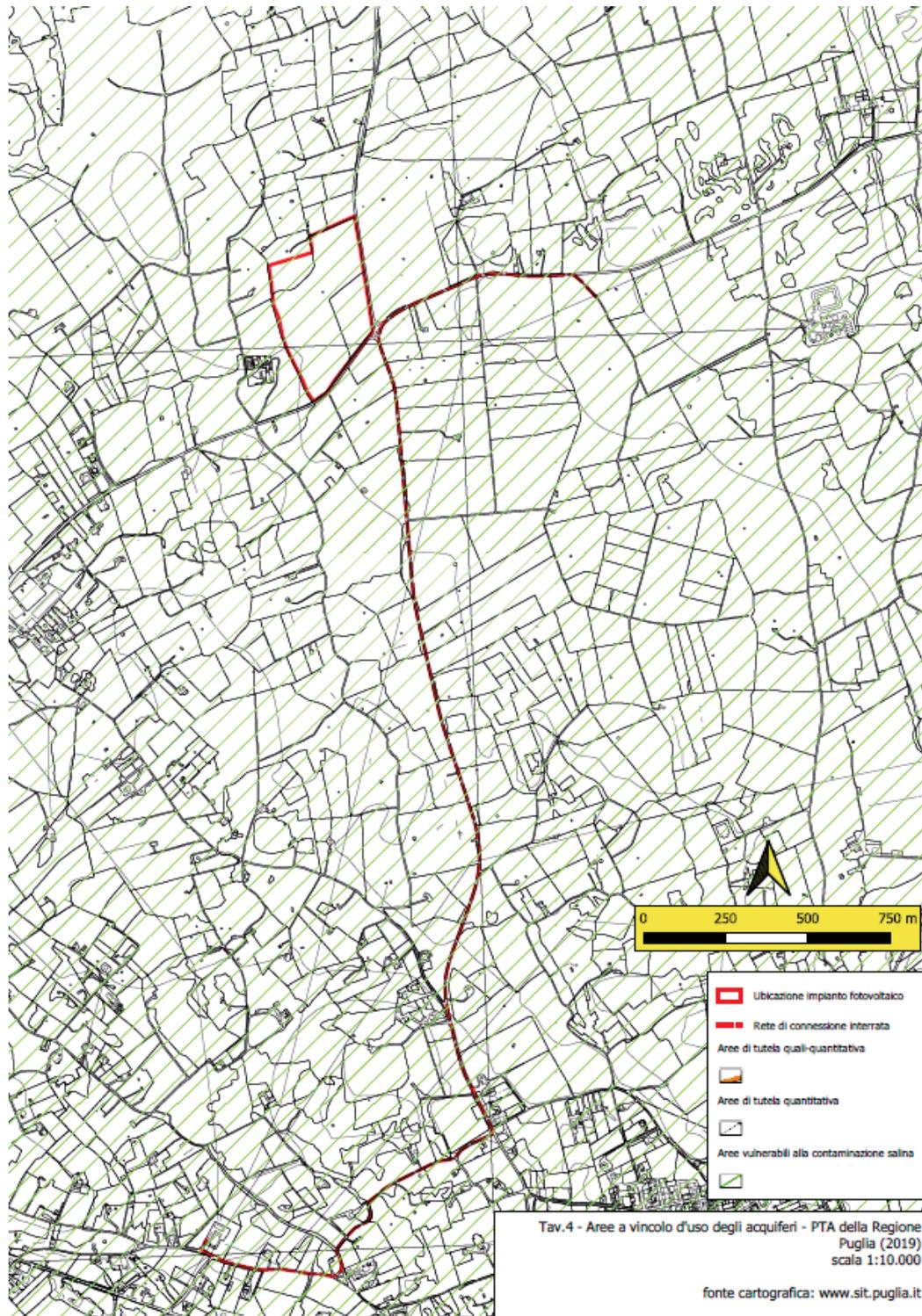


Fig.6- Stralcio fuori scala della Tav.C6 del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia (fonte: www.regione.puglia.it)

9. VERIFICA DI COMPATIBILITA' CON IL P.A.I.

La Regione Puglia, nella veste dell'Autorità di Bacino che ha redatto il PAI (Piano di bacino stralcio per l'Assetto Idrogeologico), ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità/rischio idraulico e geomorfologico. Il Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia (PAI), approvato in data 30/11/2005 e successivamente aggiornato e riprogettato (l'ultimo aggiornamento è recente), è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso.

Il PAI costituisce il Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale sede di Puglia.

Nello specifico, il Piano ha le seguenti finalità:

- la sistemazione, la conservazione ed il recupero del suolo nei bacini imbriferi, con interventi idrogeologici, idraulici, idraulico-forestali, idraulico-agricoli compatibili con i criteri di recupero naturalistico;
- la difesa ed il consolidamento dei versanti e delle aree instabili, nonché la difesa degli abitati e delle infrastrutture contro i movimenti franosi ed altri fenomeni di dissesto;
- il riordino del vincolo idrogeologico;
- la difesa, la sistemazione e la regolazione dei corsi d'acqua;
- lo svolgimento funzionale dei servizi di polizia idraulica, di piena, di pronto intervento idraulico, nonché di gestione degli impianti.

Ai fini dell'uso del territorio, il Piano individua la perimetrazione delle **Aree a Pericolosità Idraulica ed a Rischio Idrogeologico**. In funzione del regime pluviometrico e della morfologia del terreno, il PAI distingue le seguenti aree:

- Aree ad alta pericolosità di inondazione (AP): aree soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) inferiore a 30 anni;

- Aree a media pericolosità di inondazione (MP): aree soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 30 anni e 200 anni;
- Aree a bassa pericolosità di inondazione (BP): aree soggette ad essere allagate con un tempo di ritorno (frequenza) compresa fra 200 e 500 anni.

Le aree a Rischio Idrogeologico R, definito come l'entità del danno atteso in seguito al verificarsi di un particolare evento calamitoso in un intervallo di tempo definito ed in una data area. Il PAI individua quattro differenti classi di rischio ad entità crescente:

- Rischio moderato (R1): rischio per il quale i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono marginali;
- Rischio medio (R2): rischio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- Rischio elevato (R3): rischio per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- Rischio molto elevato (R4): rischio per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale e la distruzione di attività socio-economiche.

Il territorio è stato inoltre suddiviso in tre differenti categorie di **Pericolosità Geomorfologica**:

- PG1: aree a suscettibilità da frana bassa e media (pericolosità geomorfologica media e bassa);
- PG2: aree a suscettibilità da frana alta (pericolosità geomorfologica elevata);
- PG3: aree a suscettibilità da frana molto alta (pericolosità geomorfologica molto elevata).

L'area dove sorgerà il parco agrivoltaico e la rete di connessione interrata non ricadono in alcuna delle aree perimetrate dal PAI.

Pertanto l'intervento non inficia gli obiettivi di tutela dettati dalle NTA dello stesso PAI.

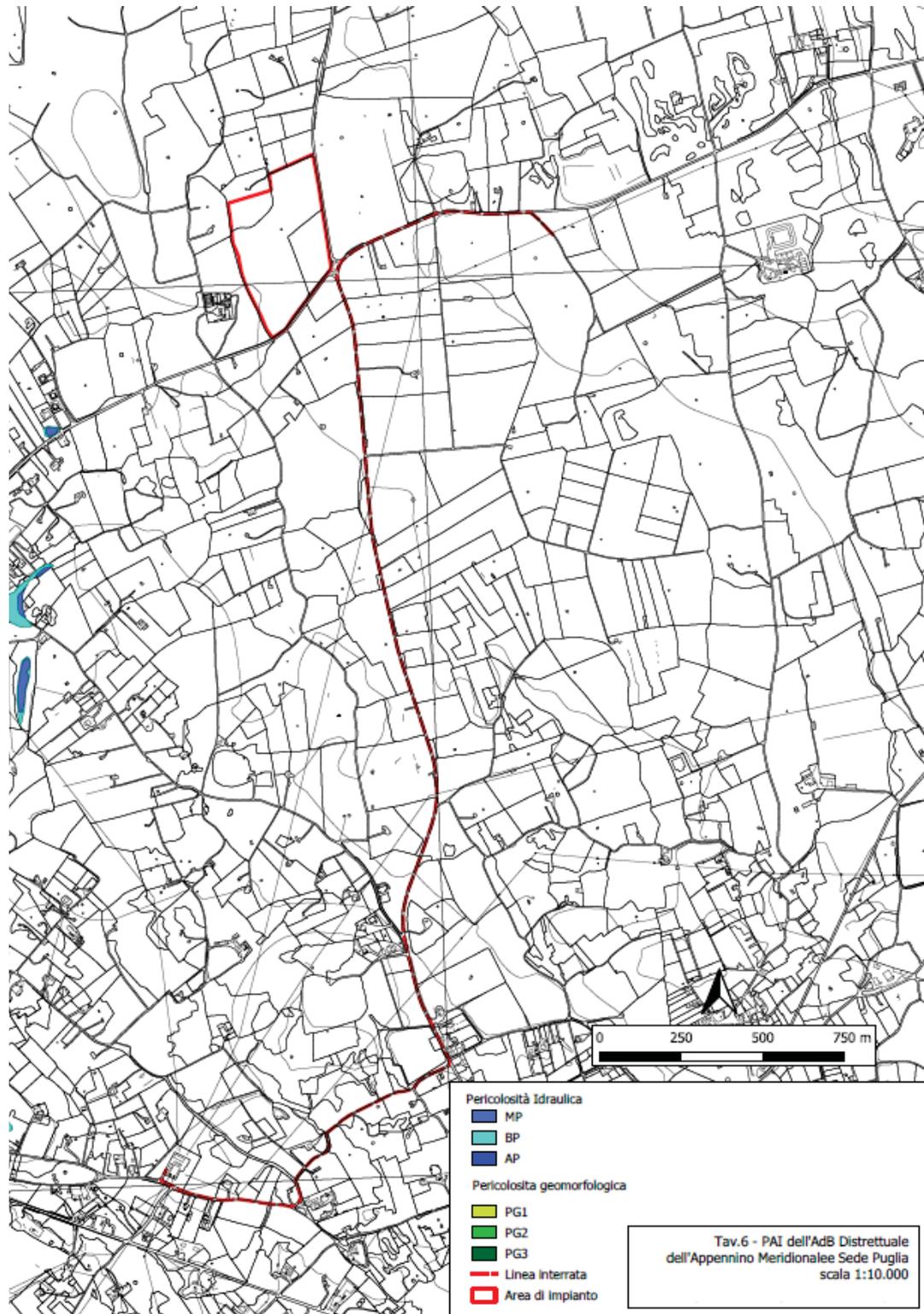


Fig. 7- Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)- aree a pericolosità idraulica e pericolosità geomorfologica (fonte www.adb.puglia.it)

10. INDAGINI GEOGNOSTICHE SVOLTE E MODELLO GEOLOGICO-TECNICO

Come già riportato nei paragrafi precedenti, nelle aree che saranno interessate sia dal parco agrivoltaico che dal passaggio della rete di connessione interrata sono state condotte delle indagini programmate in modo da ricostruire le caratteristiche litografiche nonché quelle geotecniche ed addivenire poi ad un modello geologico tecnico caratterizzante il sedime di fondazione delle strutture. A tal fine è stata individuata la macroarea rappresentativa la quale è stata caratterizzata mediante l'esecuzione di indagini sismiche MASW e da indagini di sismica a rifrazione.

Le indagini eseguite sono consistite in:

- N. 6 indagini di sismica a rifrazione della lunghezza di 55 m ciascuna;
- N. 3 indagini sismiche di tipo MASW.

L'ubicazione delle stesse è riportata nell'Allegato 1 alla presente relazione unitamente ai risultati delle indagini.

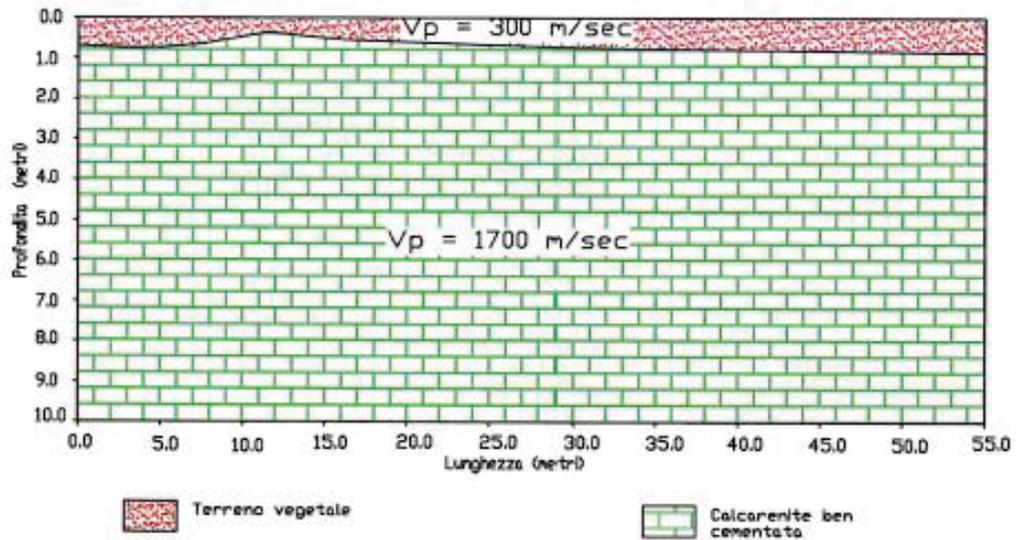
10.1 Sismica a rifrazione

Attraverso l'esecuzione delle n. 6 sismiche a rifrazione della lunghezza di 55 m ciascuna si sono potuti ricavare i seguenti parametri e quindi ricostruire il modello geologico-tecnico del sito interessato:

PROFILO SISMICO A-A'

Dal profilo sismico A-A' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore variabile da 0.4 a 0.7 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1700 m/sec è da assimilare ad un calcarenite ben cementata.

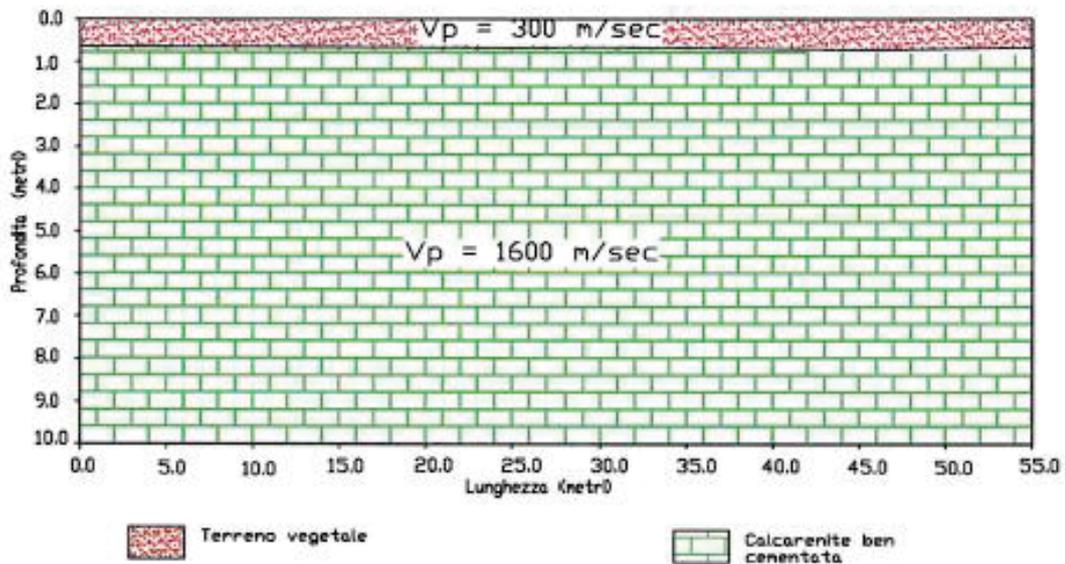
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE A-A'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



PROFILO SISMICO B-B'

Dal profilo sismico B-B' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore variabile da 0.4 a 0.6 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1600 m/sec è da assimilare ad un calcarenite bene cementata.

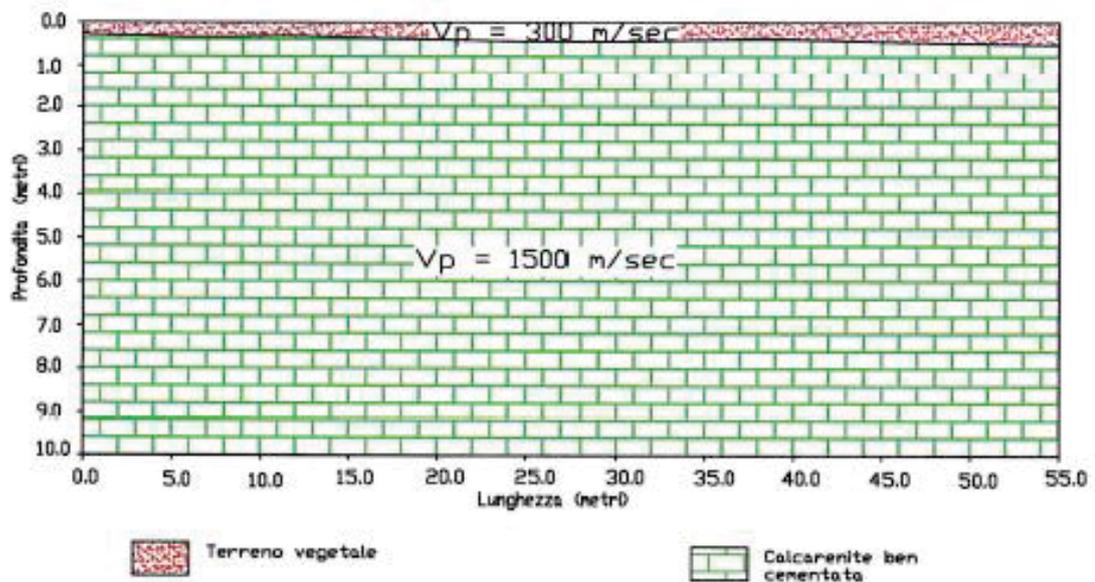
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE B-B' LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



PROFILO SISMICO C-C'

Dal profilo sismico 3-3' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale frammisto a pietrame, che presenta uno spessore variabile da 0.1 a 0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1500 m/sec è da assimilare ad una calcarenite bene cementata.

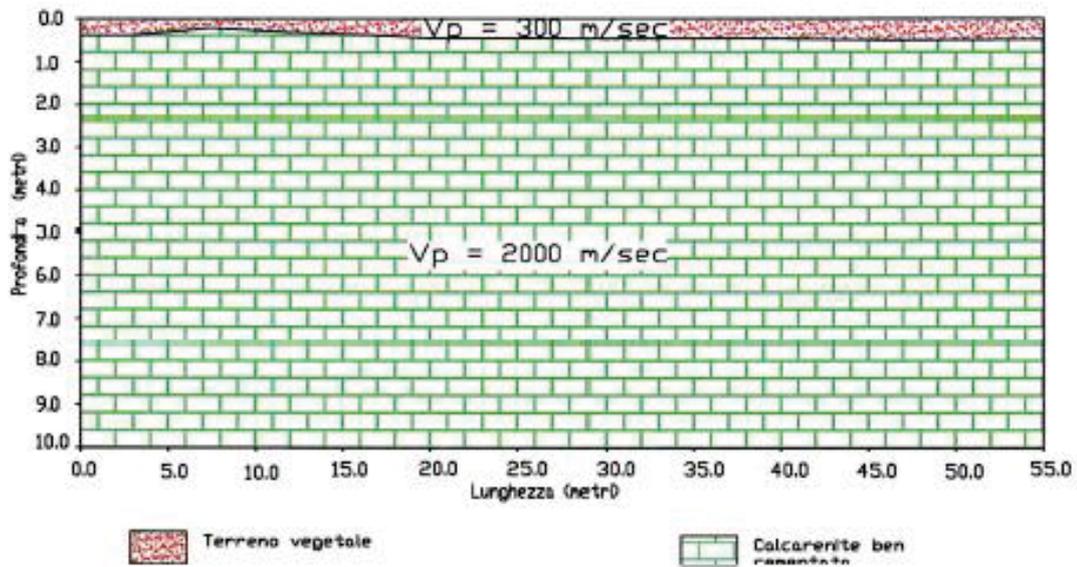
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE C-C' LOCALITA': CARPIGNANO SAI ENTINO (IF)



PROFILO SISMICO D-D'

Dal profilo sismico D-D' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale frammisto a pietrame, che presenta uno spessore di circa 0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 2000 m/sec è da assimilare ad una calcarenite bene cementata.

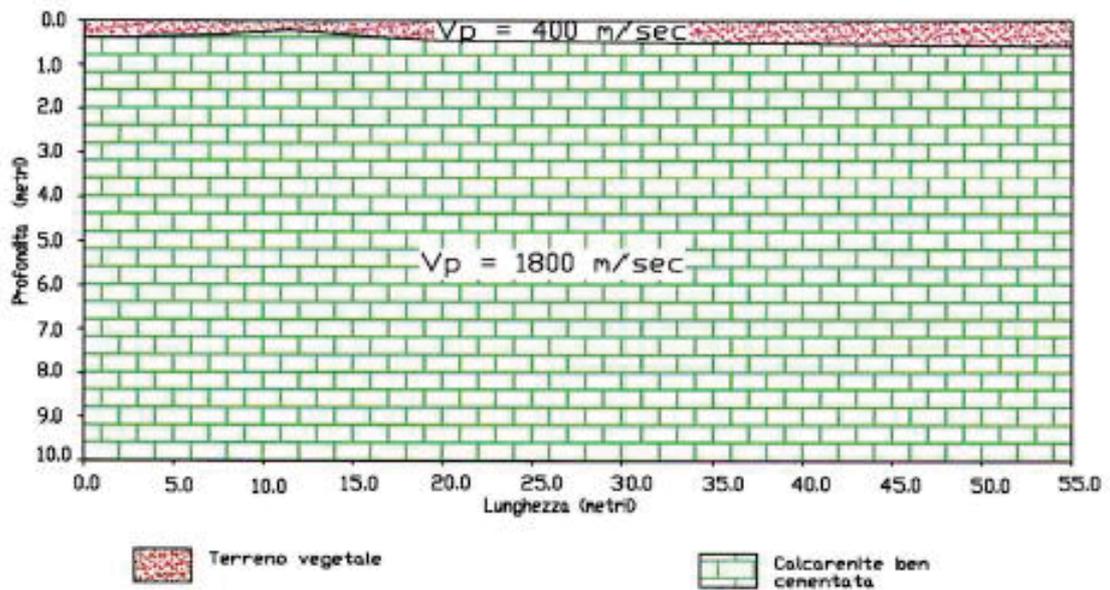
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE D-D' LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



PROFILO SISMICO E-E'

Dal profilo sismico E-E' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale frammisto a pietrame, che presenta uno spessore di circa 0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1800 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.

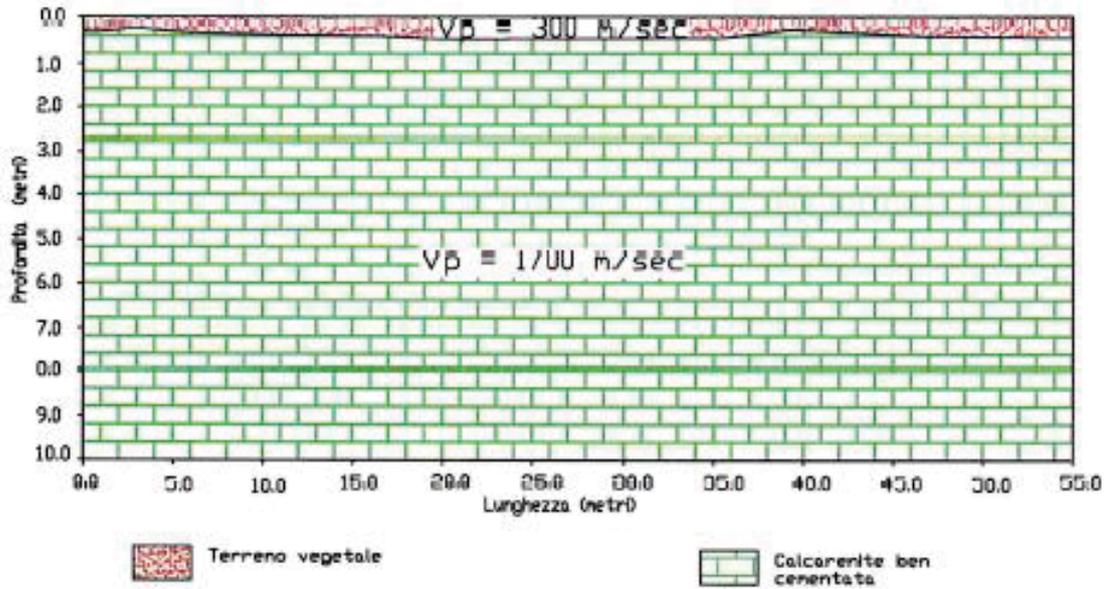
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE E-E' LOCALITA' CARPIGNANO SALENTINO (LE)



PROFILO SISMICO F-F'

Dal profilo sismico F-F' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.2 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1700 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE F-F'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



A seguito delle indagini condotte si sono determinati, in maniera indiretta, i parametri geotecnici del litotipo indagato che è risultato, per valore caratteristico delle V_p , e per caratteristiche litologiche e mineralogiche analogo per tutte le aree di progetto. In particolare sono stati ricavati i parametri considerando sia la V_p minore sia quella superiore tra quelle ricavate durante le indagini sismiche:

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E (Kg/cmq)	η
1	400	-	-	-	-	-	-
2	1500	403	30	0.01	2.06	5500	0.46
2	2000	700	34	0.02	2.25	9000	0.43

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione efficace;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

10.2 MASW

Attraverso le analisi MASW è stato possibile classificare il terreno di fondazione attraverso la determinazione della $V_{s,eq}$. Sono state eseguite n. 3 MASW, sulle stesse tracce degli stendimenti di sismica a rifrazione A-A', C-C' e D-D', i cui risultati sono riportati di seguito.

La $V_{s,eq}$ è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum h_i/V_i}$$

Ottenendo i seguenti risultati:

- indagine Masw n. 1: $V_{s,eq} = 539$ m/sec
- indagine Masw n. 2: $V_{s,eq} = 515$ m/sec
- indagine Masw n. 3: $V_{s,eq} = 693$ m/sec

che fanno rientrare il sottosuolo nella **categoria sismica B** (DM 17/01/2018) "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

11. MODELLO GEOTECNICO DEL SITO

Attraverso l'analisi delle risultanze sperimentali delle indagini in sito condotte nella presente fase di progetto, è possibile formulare il seguente modello stratigrafico e geotecnico del sottosuolo:

- Strato 1: terreno vegetale avente spessore variabile, fino a 0,7 m circa. Questi terreni hanno pessime capacità portanti.

- Strato 2: calcarenite ben cementata. Di seguito si riportano le caratteristiche, rilevate a seguito delle indagini *in situ* (si sono considerati i valori più cautelativi):

Peso di volume	$\gamma = 2,06 \text{ gr/cm}^3$
Coesione efficace	$c' = 0,1 \text{ KPa}$
Angolo di resistenza al taglio	$\rho = 30^\circ$
Modulo di elasticità	$E = 5500 \text{ Kg/cm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\eta = 0,46$

I parametri indicati sono da considerarsi come valori caratteristici, in accordo alle NTC2018 (p.to 6.2.2).

12. MODELLAZIONE SISMICA DI BASE E PERICOLOSITA' SISMICA

L'O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 ha introdotto una nuova classificazione sismica del territorio italiano, in risposta sia alle nuove conoscenze scientifiche in materia sismica, sia al ripetersi di terremoti che hanno interessato anche zone precedentemente non classificate.

Rispetto alle classificazioni precedenti, l'O.P.C.M. 3274 stabilisce una nuova classificazione sismica del territorio nazionale utilizzando ed aggiornando la classificazione sismica proposta nel 1998 la quale suddivideva il territorio nazionale, attraverso un approccio probabilistico, in tre categorie sismiche a cui si aggiunse un'ulteriore categoria per i comuni non classificati.

La nuova classificazione è invece articolata in 4 zone, ciascuna contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale (a_g) del suolo di riferimento considerato rigido (suolo di categoria A) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche; in questo modo, a ciascuna area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di protezione sismica.

Tabella 1 Valori dell'accelerazione di picco orizzontale a_g in funzione della zona sismica di riferimento

Zona sismica di riferimento	Intervallo di pertinenza della PGA (10% in 50 anni)	$a_{g,max}$
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 \text{ g}$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g
4	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g

Secondo questa classificazione sismica del territorio italiano, l'area appartenente al Comune di Carpignano Salentino (LE) ricade in zona 4, con un'accelerazione orizzontale massima convenzionale attesa, per un suolo di categoria A, pari a 0,05 g.

12.2 Vita nominale, Classi d'uso e Periodo di Riferimento

La svolta normativa introdotta dalle precedenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) è relativa all'introduzione di un nuovo elemento metodologico nella stima della pericolosità sismica di base, la quale non risulta più legata esclusivamente alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa nello specifico sito, definita su un reticolo molto fitto di punti.

Secondo tali norme, nella realizzazione delle costruzioni, bisogna fare riferimento a degli *stati limite* che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* dell'opera.

Quindi, per poter stimare l'azione sismica da considerare per la progettazione della struttura in oggetto, bisognerà stabilire:

- la vita nominale dell'opera (V_N), che, congiuntamente al valore della classe d'uso C_U (così come definito nella Tab. 2.4.II delle NTC2018), permette di determinare il periodo di riferimento dell'azione sismica V_R ;
- il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica, determinato in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} dello stato limite considerato.

Ai sensi della classificazione operata dalle NTC18 al punto 2.4.2 – *Classi d'uso* le opere in progetto appartengono alla **Classe II**. Le strutture sono altresì identificabili nel **Tipo di Costruzione 2** (opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) come definito dal punto 2.4.1 delle NTC18.

Alla luce di quanto sopra, l'opera in oggetto deve essere progettata per resistere, oltre alle azioni naturali ed antropiche, ad un sisma avente periodo di ritorno V_R pari a:

$$V_R = V_N \times C_U \geq 50 \text{ anni}$$

nella quale:

- $V_N \geq 50$ anni è la Vita Nominale dell'opera, come definita al punto 2.4.1 delle NTC18 per tipo di costruzione 2;
- $C_U = 1,0$ è il Coefficiente d'Uso, come definito al punto 2.4.3 delle NTC18 per strutture in classe d'uso II

12.3 Stati Limite, Probabilità di Superamento e Periodo di Ritorno

Le NTC2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). Uno stato limite è una condizione, superata la quale, l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di accelerazione orizzontale massima del suolo prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Il Tempo di Ritorno T_R per l'azione sismica, espresso in anni, viene calcolato tramite la seguente espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Nel caso oggetto di studio, essendo $V_R = 50$ anni, il tempo di ritorno per l'azione sismica sarà per gli stati limite considerati:

Tabella 2 Valori (in anni) del periodo di ritorno T_R per il periodo di riferimento $V_R = 75$ anni

Stati Limite		Valori (in anni) del periodo di ritorno T_R per il periodo di riferimento $V_R = 50$ anni
Stati limite di esercizio (SLE)	SLD	75,43
Stati limite ultimi (SLU)	SLV	711,84

12.4 Pericolosità sismica di base

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC2018, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, sulla scorta di quanto indicato nell'allegato A delle precedenti NTC2008. Le forme spettrali previste dalle NTC2018 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei seguenti parametri fondamentali:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di questi parametri, forniti nella tabella contenuta nell'Allegato B delle precedenti NTC2008, per i 10751 punti del reticolo di riferimento del territorio nazionale, sono identificati da coordinate geografiche di longitudine e latitudine.

12.5 Stima della pericolosità sismica di sito

Le sollecitazioni generate da un evento sismico dipendono dalle particolari condizioni locali, ossia dalle caratteristiche topografiche, litografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi, nonché dalle proprietà fisico-meccaniche che li costituiscono.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è necessario valutare la risposta sismica locale in funzione delle categorie di sottosuolo riportate all'interno delle tabelle Tab. 3.2.I e Tab. 3.2.II delle NTC2018.

La stima della pericolosità sismica locale dell'area interessata dai lavori è stata eseguita considerando per il sottosuolo la **Categoria "B"** ed una **Categoria topografica T1**: *Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°.*

I parametri sismici ricavati per il luogo di riferimento, per ciò che concerne la **Categoria di sottosuolo "B"**, in funzione degli stati limite considerati, sono riportati di seguito in tabella 3:

Tabella 3 Categoria di sottosuolo "B" - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^ per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno Stato Limite*

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLD	50	0,018	2,425	0,166
SLV	475	0,0544	2,503	0,412

Si rappresentano, di seguito, i diagrammi degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali per gli stati limite considerati. Nello specifico vengono confrontati lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente X SLD § 3.2.3.5 NTC2018 (di colore rosso) e lo Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente X SLV § 3.2.3.5 NTC2018 (di colore nero).

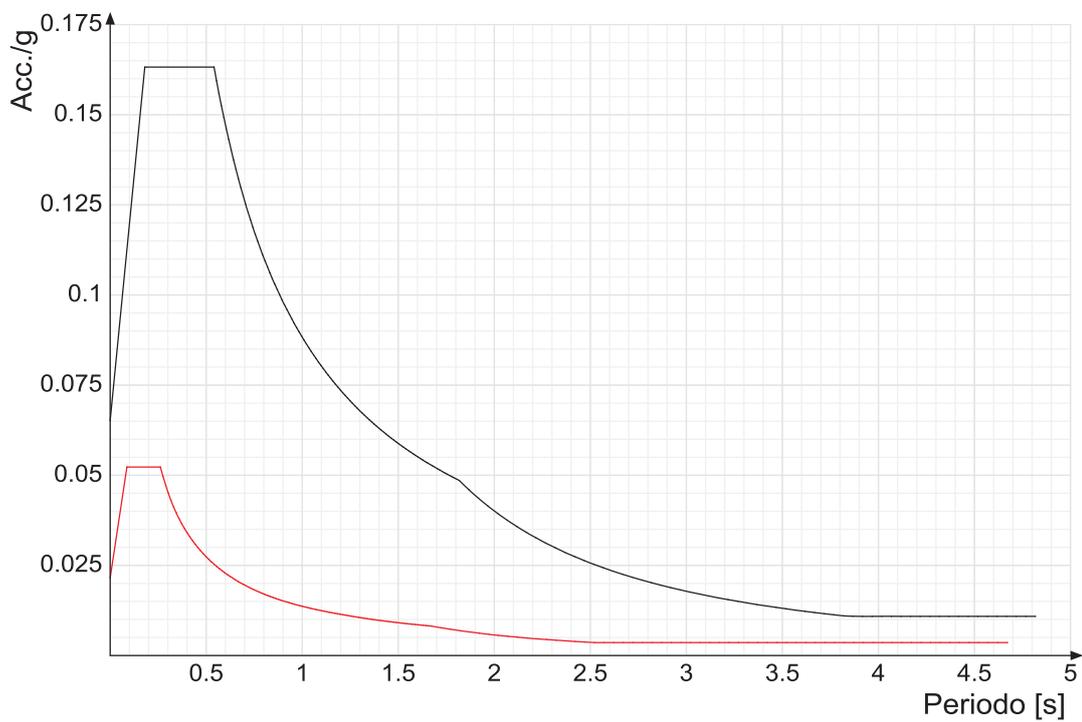


Fig. 8 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontale lungo X degli stati limite **SLD** e **SLV**

Di seguito invece vengono confrontati lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente Y SLD § 3.2.3.5 NTC2018 (di **colore rosso**) e spettro di risposta elastico in accelerazione della componente Y SLV § 3.2.3.5 NTC2018 (di colore nero).

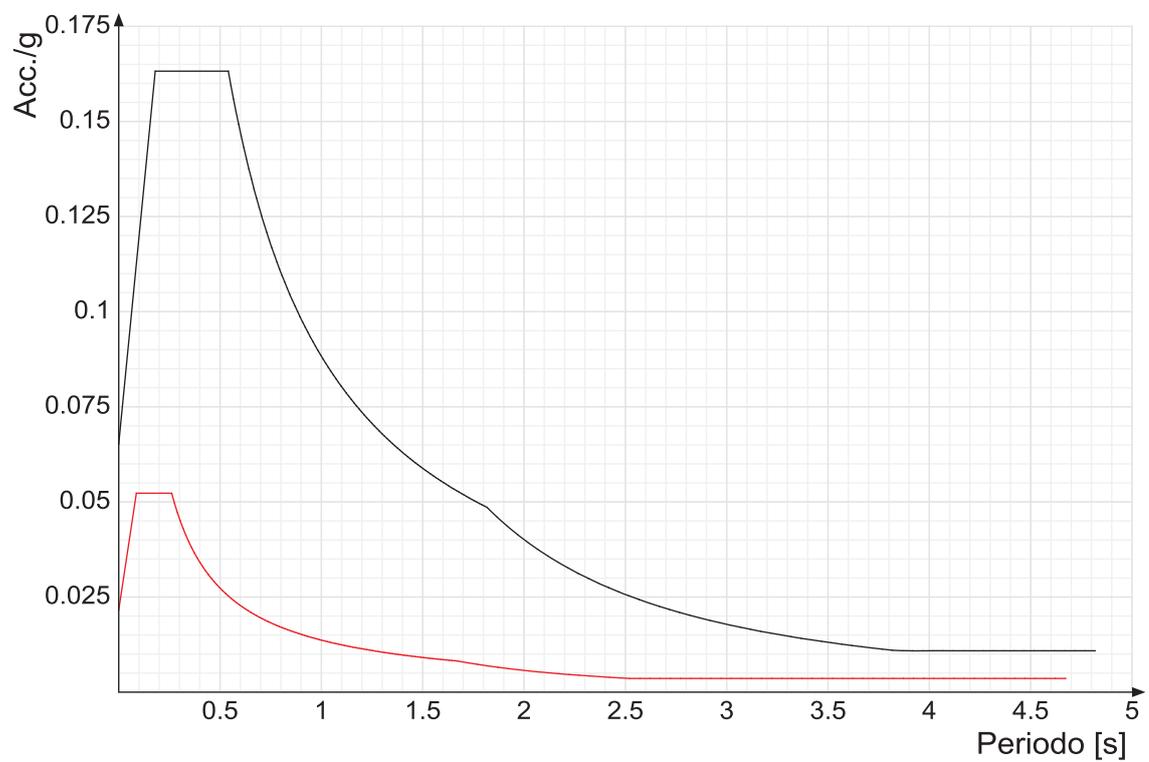


Fig. 9 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontale lungo Y degli stati limite SLD e SLV

13. CONCLUSIONI

Lo studio fin qui condotto è stato finalizzato alla ricostruzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche delle aree dove dovrà sorgere un parco agrivoltaico e la relativa rete di connessione alla esistente stazione elettrica. In questa sede si è anche effettuata una modellazione sismica di base ed una stima della pericolosità sismica.

La realizzazione del parco agrivoltaico avverrà a N del Comune di Carpignano Salentino a circa 4 km dal centro abitato. In particolare il parco sarà realizzato in località "Bosco di Fischietti", all'incrocio tra la SP147 con la SP276.

Lo studio è stato eseguito attraverso le seguenti attività:

1. rilievo geologico ed idrogeologico dell'area di intervento;
2. consultazione di cartografia e bibliografia specialistica regionale e nazionale (Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 dell'IGM, Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia e Piano di Assetto Idrogeologico redatti dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sezione Puglia e PTA della Regione Puglia);
3. esecuzione di una serie di indagini geognostiche per la caratterizzazione litostratigrafica delle Formazioni affioranti nelle aree di intervento.

Le conclusioni alle quali si è giunti sono le seguenti:

1. le aree sulle quali saranno realizzati il parco agrivoltaico e la rete di connessione sono caratterizzate da un substrato calcarenitico di età Miocenica, di aspetto massivo, alterato in superficie a causa dell'azione del fenomeno carsico. Tale Formazione è ricoperta da uno strato variabile di terreno vegetale compreso tra 0,2 m e circa 0,7 m;
2. nelle aree di progetto non è presente alcun acquifero superficiale ma soltanto la falda profonda ospitata all'interno dell'acquifero carsico ospitato all'interno della piattaforma calcarea a quote prossime al livello del mare. Secondo la cartografia allegata al PTA della Regione Puglia, il livello piezometrico della falda profonda, nelle aree di progetto, è di circa 1,5 m s.l.m.: **pertanto la falda acquifera non interferirà con le opere che si andranno a realizzare;**
3. secondo le Tav. C06 e C07 allegata al PTA della Regione Puglia le aree di progetto non sono comprese in alcuna delle Zone di Tutela Speciale idrogeologica

ma sono comprese in un'area vulnerabile alla contaminazione salina relativamente alla falda profonda;

4. le aree dove sorgeranno il parco agrivoltaico e la rete di connessione non sono interessate da alcuna perimetrazione del PAI dell'AdB e **pertanto la realizzazione delle opere di progetto non inficia gli obiettivi di tutela riportati nelle NTA dello stesso PAI**;
5. al fine di ricavare il modello geologico tecnico delle aree di intervento, sono state eseguite delle indagini indirette di tipo sismico e cioè n. 6 sismiche a rifrazione e n. 3 MASW. Il modello geologico tecnico individuato è il seguente:

- a. Strato 1: terreno vegetale avente spessore variabile, fino a 0,7 m circa. Questi terreni hanno pessime capacità portanti;
- b. Strato 2: calcarenite ben cementata. Di seguito si riportano le caratteristiche, rilevate a seguito delle indagini *in situ* (si sono considerati i valori più cautelativi):

Peso di volume	$\gamma = 2,06 \text{ gr/cm}^3$
Coesione efficace	$c' = 0,1 \text{ KPa}$
Angolo di resistenza al taglio	$\rho = 30^\circ$
Modulo di elasticità	$E = 5500 \text{ Kg/cm}^2$
Coefficiente di Poisson	$\eta = 0,46$

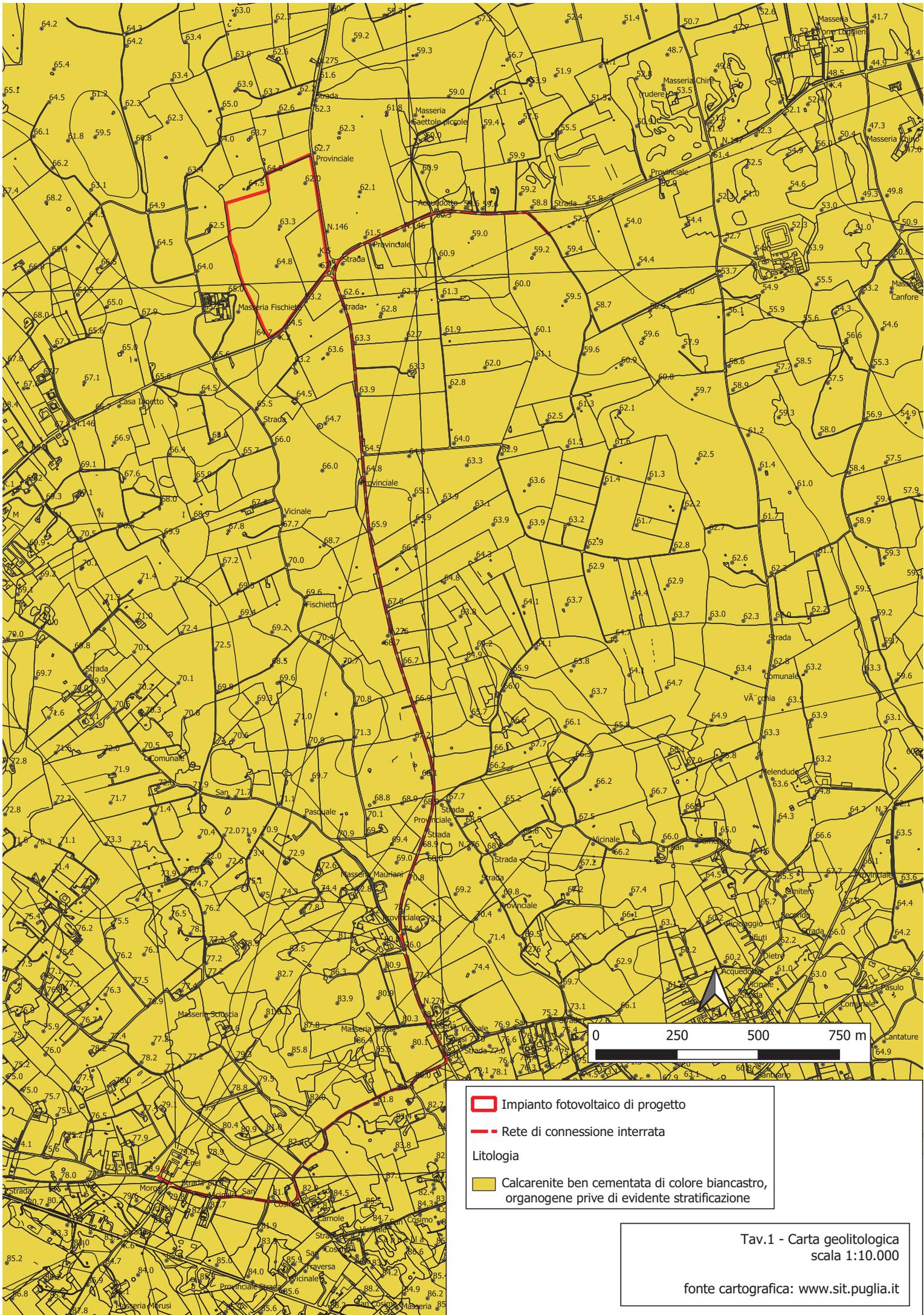
6. La categoria di sottosuolo presente è la **categoria B**.

Per ciò che concerne le verifiche delle strutture di fondazione ai sensi delle NTC 2018 si rimanda agli specifici tabulati di calcolo delle opere di progetto. In fase di realizzazione delle opere di fondazione dovranno essere verificate in maniera diretta le caratteristiche litostratigrafiche in modo da segnalare tempestivamente qualsivoglia discordanza con il modello geologico tecnico determinato in questa sede.

Tanto si doveva per l'incarico conferitomi.

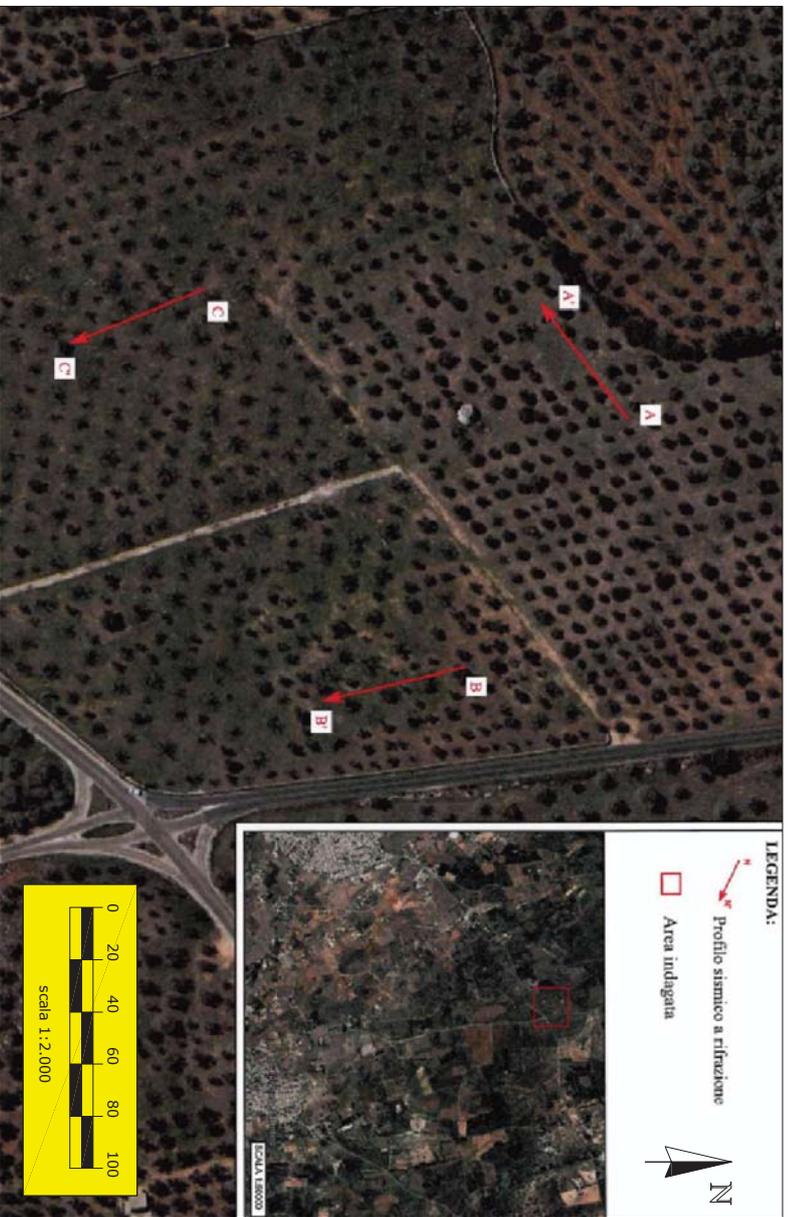
14. ALLEGATI

- Tav.1 – Carta Geolitologica
- Tav.2 – Sezioni Geologiche
- Tav.3 – Carta Idrogeologica - Stralcio della Tav.C05 del PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.4 – Aree a vincolo d’uso degli acquiferi – PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.5 – Zone di protezione speciale idrogeologica PTA della Regione Puglia (2019);
- Tav.6 – PAI dell’AdB Distrettuale dell’Appennino Meridionale Sede Puglia.
- All.1 – Report ed ubicazione delle indagini geognostiche eseguite



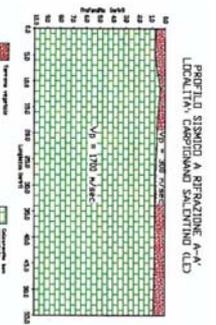
Tav.1 - Carta geolitologica
scala 1:10.000

fonte cartografica: www.sit.puglia.it

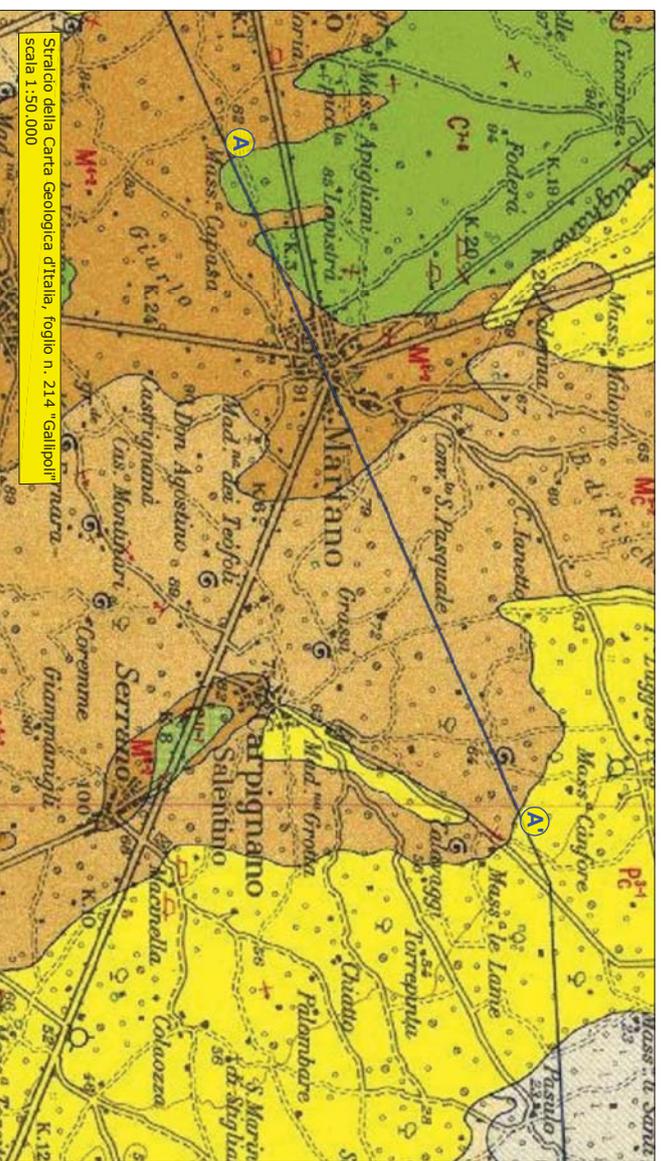
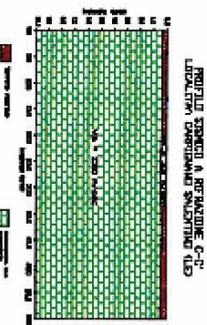
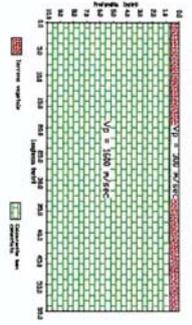


LEGENDA:

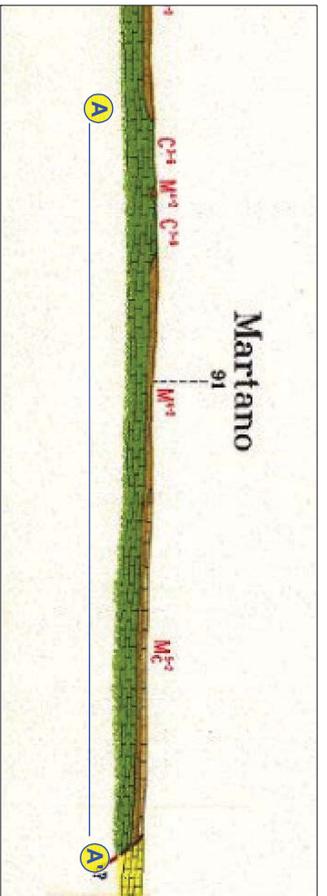
- Profilo sismico a rifrazione
- Area indagata



Le sezioni geolitologiche A-A', B-B' e C-C' sono state ricostruite mediante la realizzazione della sismica a rifrazione.
Scala 1:1.000

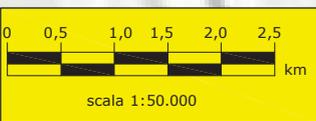
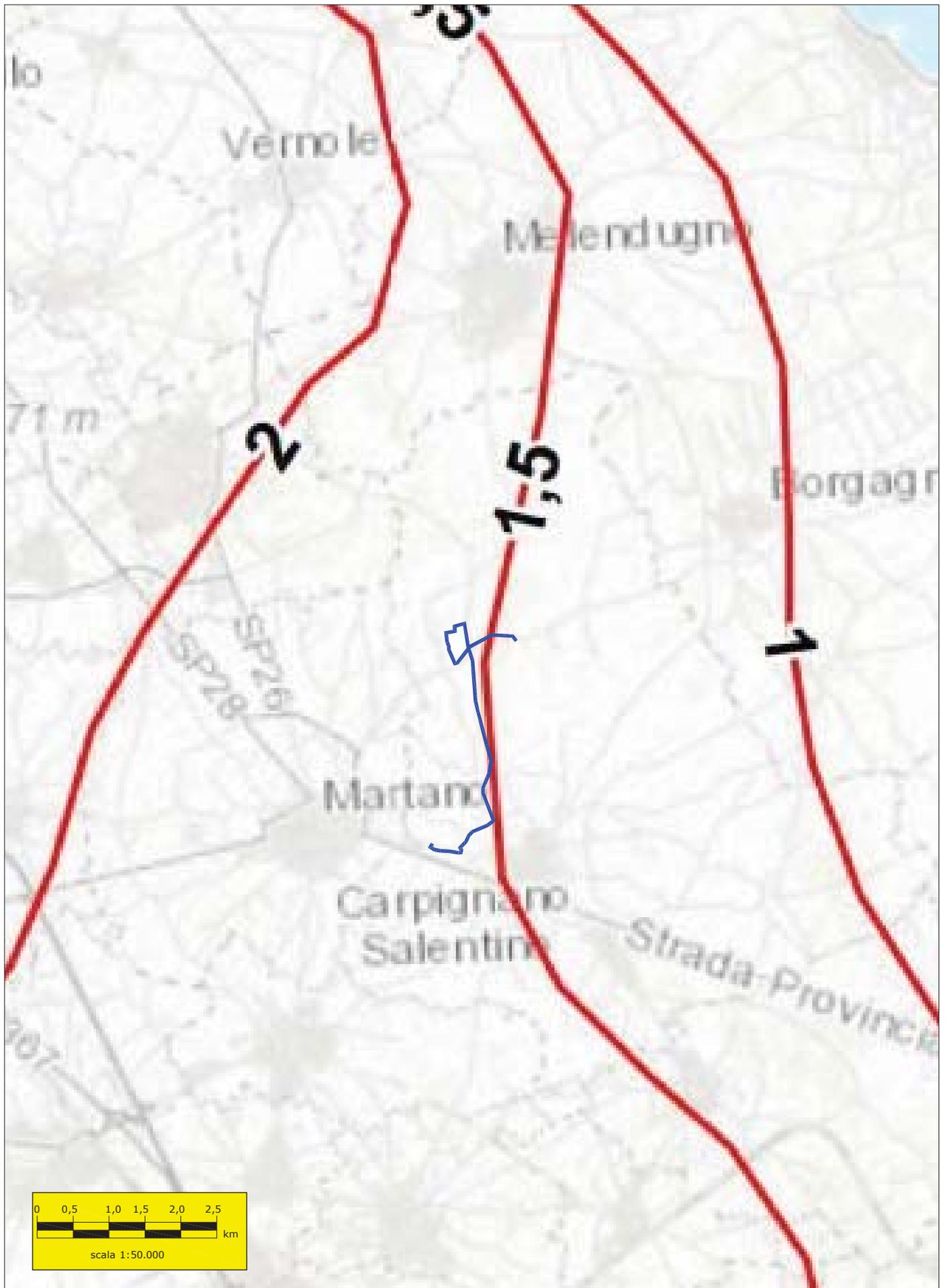


Stratido della Carta Geologica d'Italia, foglio n. 214 "Gallipoli"
scala 1:50.000



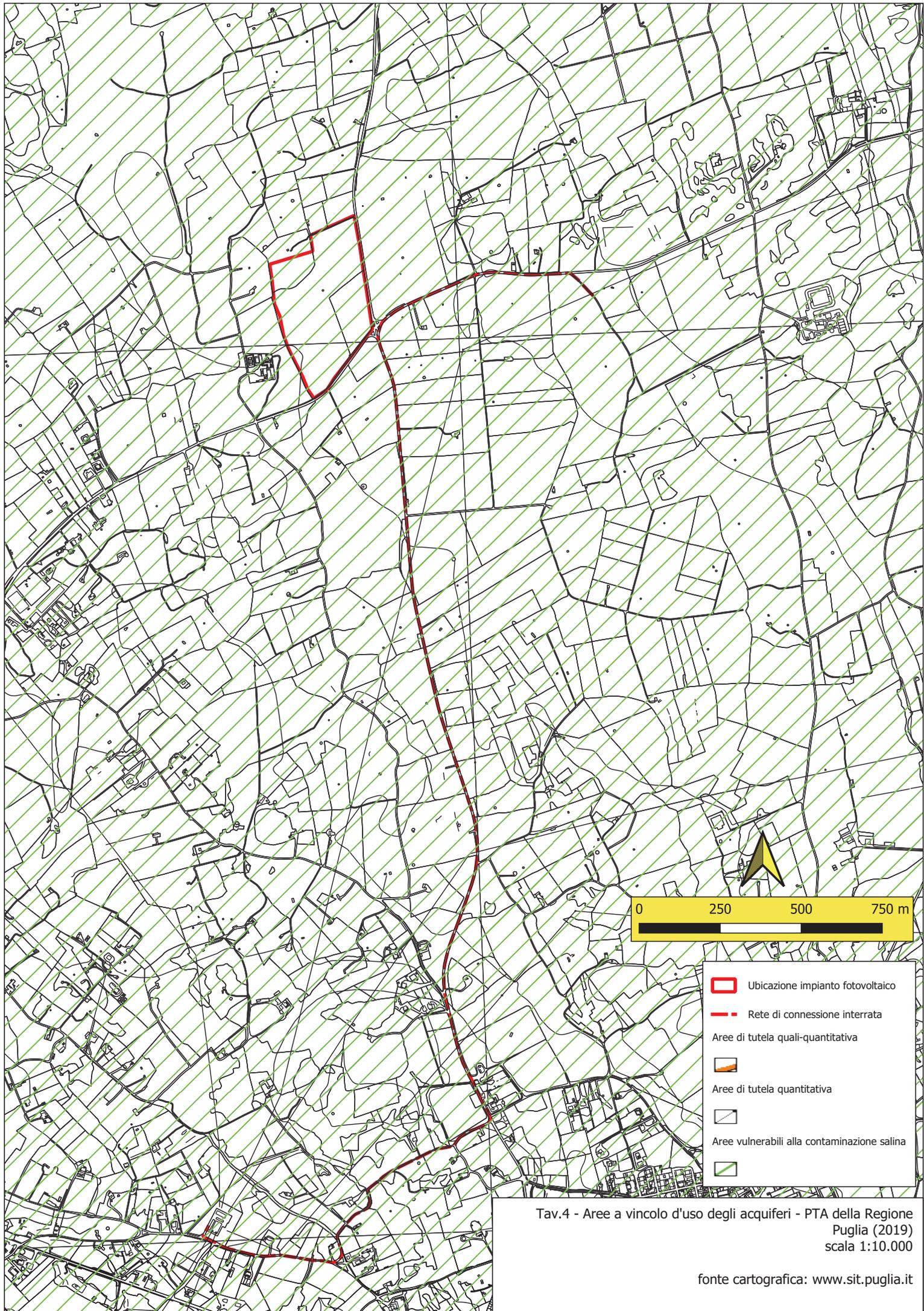
Riproduzione parziale della sezione IV-IV' della Carta Geologica d'Italia (sezione A-A'), foglio n. 214 "Gallipoli". La sezione è passante poco più a sud dell'area dove dovrà sorgere l'impianto fotovoltaico.
scala 1:50.000

TAV.2 - SEZIONI GEOLITOLOGICHE



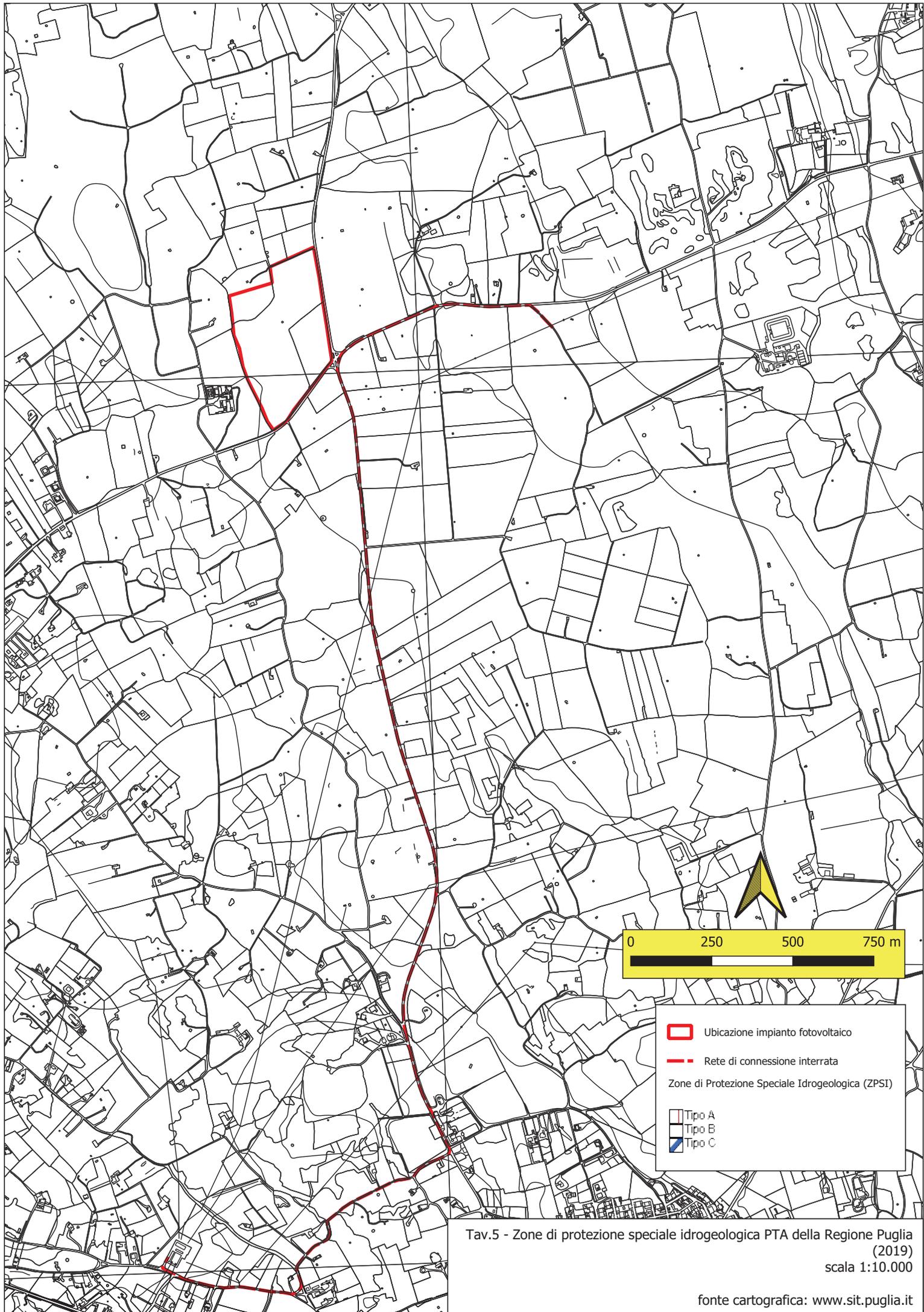
— Ubicazione impianto agrivoltaico e rete interrata

TAV.3 - CARTA IDROGEOLOGICA - STRALCIO DELLA TAV.C05 DEL PTA DELLA REGIONE PUGLIA (2019)



Tav.4 - Aree a vincolo d'uso degli acquiferi - PTA della Regione Puglia (2019) scala 1:10.000

fonte cartografica: www.sit.puglia.it



Tav.5 - Zone di protezione speciale idrogeologica PTA della Regione Puglia (2019)
scala 1:10.000

PREMESSA

Nel mese di giugno 2022, il sottoscritto, ha eseguito su incarico della Dott.ssa Raffaella De Pascalis, delle indagini geognostiche in agro di Carpignano Salentino (LE).

Come richiesto dalla committenza sono state eseguite le seguenti indagini:

- N. 6 profili sismici a rifrazione della lunghezza ciascuno di 55 metri;
- N. 3 indagini Masw per l'individuazione della categoria sismica di suolo di fondazione.

Le indagini hanno permesso di determinare le caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondale.

Di seguito si relaziona:

- sulla metodologia dell'indagini;
- sui risultato ottenuti.

Si riportano inoltre:

- gli elaborati grafici delle prove;
- la documentazione fotografica.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati così ottenuti si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

Sono stati eseguiti sei profili sismici coniugati, adottando una distanza tra i geofoni di 5 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod. Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei dati di campagna, essa è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.



Esecuzione profilo sismico n. A-A' e profilo sismico Masw n. 1



Dal profilo sismico A-A' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.4-0.7 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1700 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.



Esecuzione profilo sismico n. B-B'



Dal profilo sismico B-B' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.4-0.6 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1600 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.



Esecuzione profilo sismico n. C-C' e profilo sismico Masw n. 2



Dal profilo sismico C-C' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.1-0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1500 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.



Esecuzione profilo sismico n. D-D' e profilo sismico Masw n. 3



Dal profilo sismico D-D' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con Vp di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una Vp di 2000 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.



Esecuzione profilo sismico n. E-E'



Dal profilo sismico E-E' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.3 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1800 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.



Esecuzione profilo sismico n. F-F'



Dal profilo sismico F-F' della lunghezza di 55 metri si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismostrati. In affioramento con V_p di 300 m/sec, si rileva del terreno vegetale, che presenta uno spessore di circa 0.2 metri; segue il secondo sismostrato che con una V_p di 1700 m/sec è da assimilare ad una calcarenite ben cementata.

Determinazione dei moduli elastici dei litotipi indagati

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E (Kg/cmq)	η
1	400	-	-	-	-	-	-
2	1500	403	30	0.01	2.06	5500	0.46
3	2000	700	34	0.02	2.25	9000	0.43

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione efficace;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

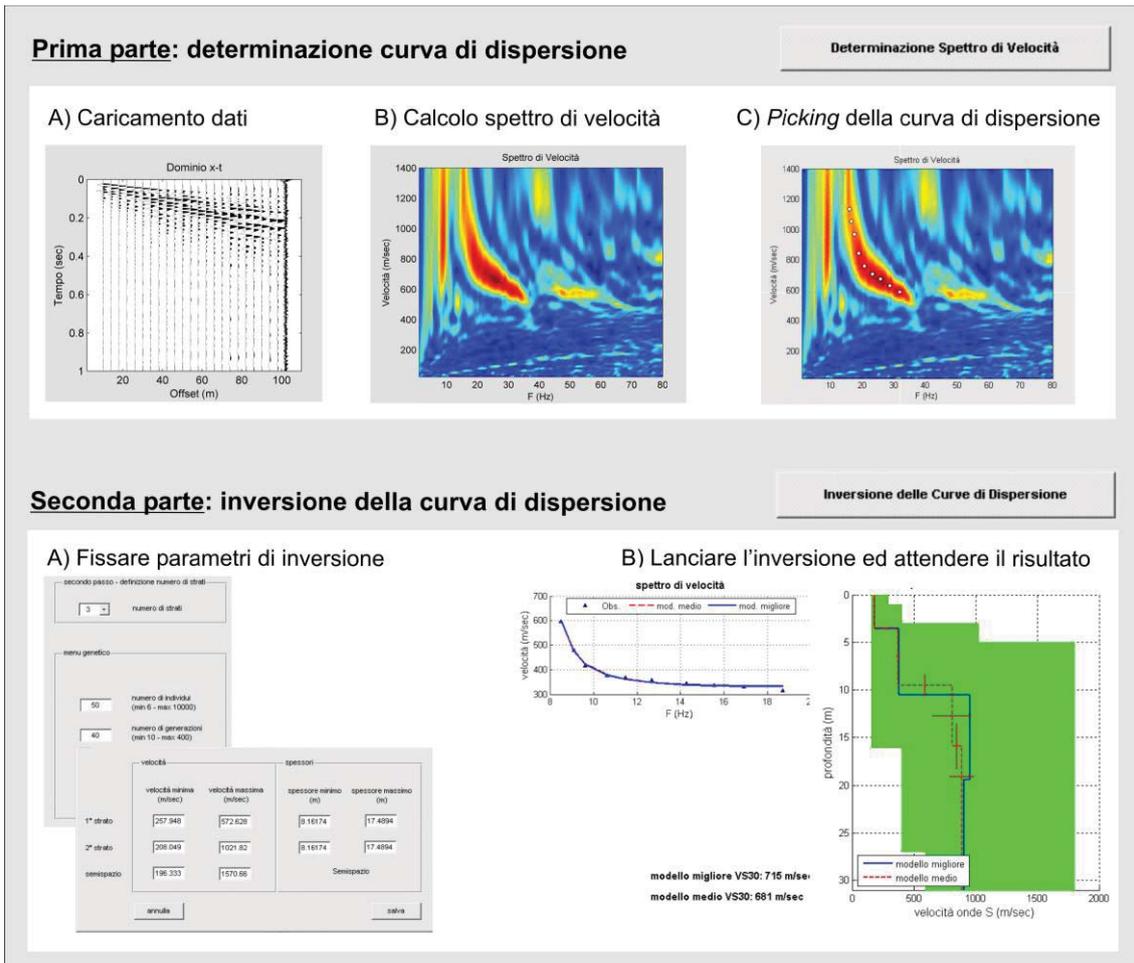
SISMICA CON METODOLOGIA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione dell'area in esame, in corrispondenza di ciascun punto di indagine (sia laddove eseguite sismiche che penetrometrie) è stata eseguita una indagine di sismica con metodologia MASW per un totale di 8 indagini.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s .



Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il

modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un' esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

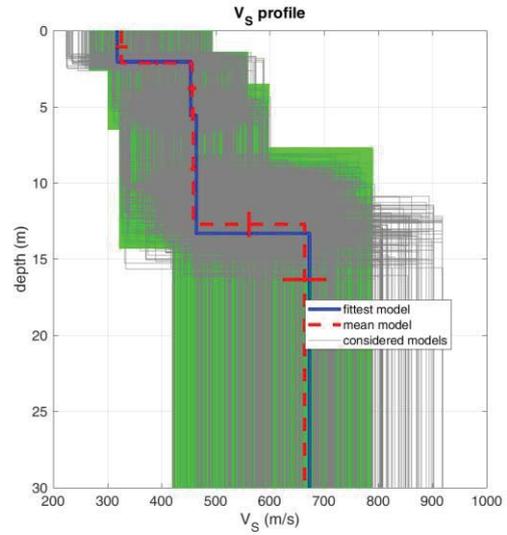
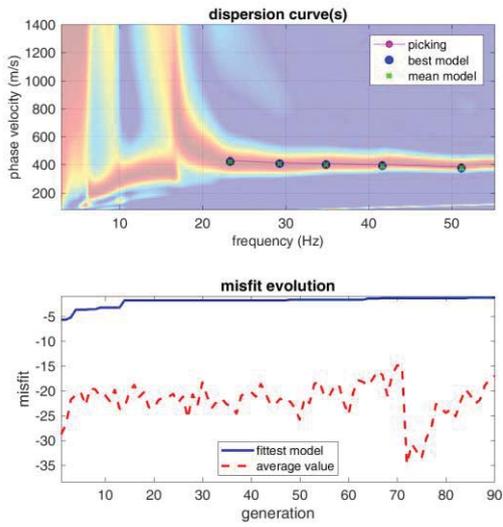
La $V_{s_{eq}}$ è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s_{eq}} = \frac{H}{\sum h_i/V_i}$$

Ottenendo i seguenti risultati:

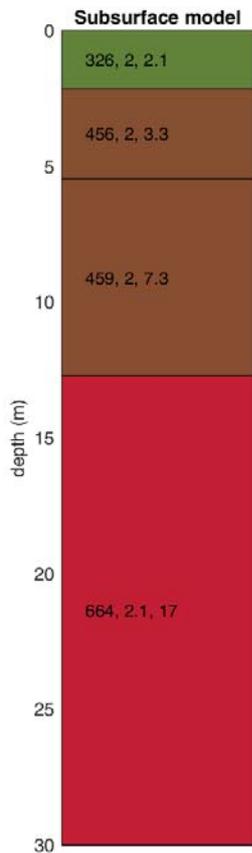
- indagine Masw n. 1: $V_{seq} = 539$ m/sec
- indagine Masw n. 2: $V_{seq} = 515$ m/sec
- indagine Masw n. 3: $V_{seq} = 693$ m/sec

MASW 1



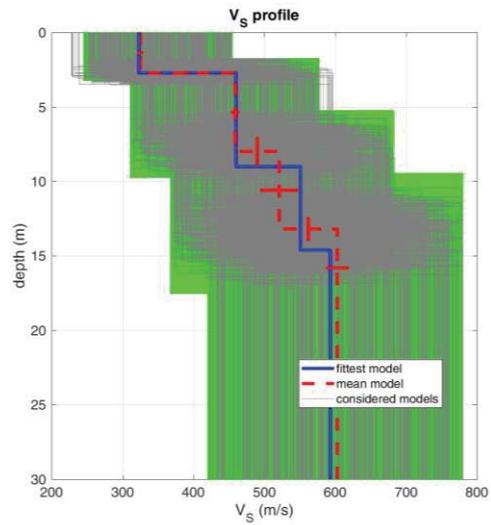
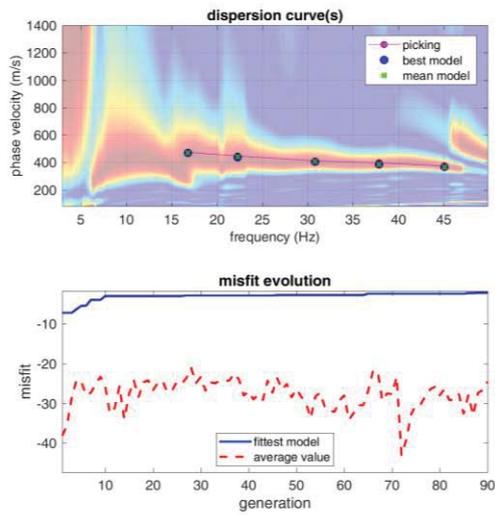
dataset: 282.dat
 dispersion curve: p.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 539 539 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 539 539 m/s

www.wlmmasw.com



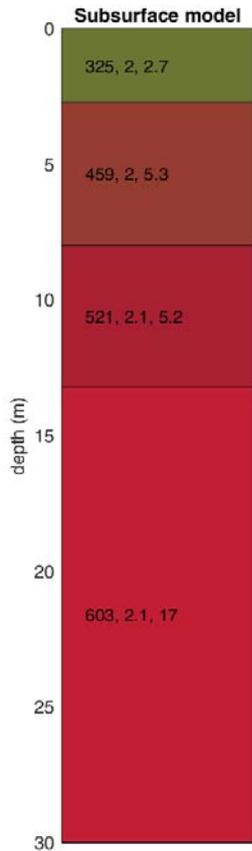
V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)

MASW 2



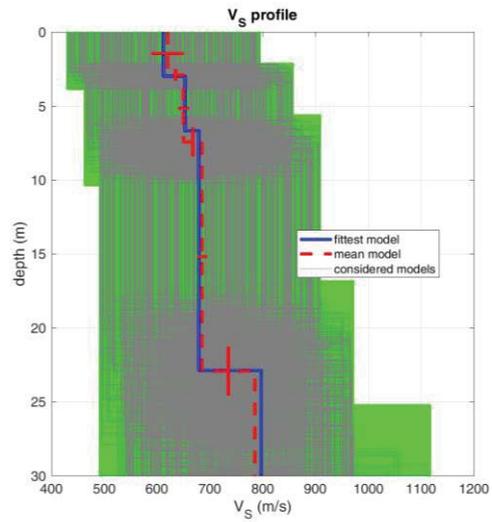
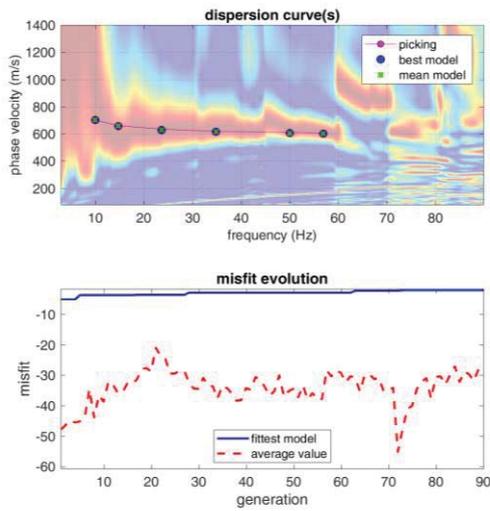
www.wlmmasw.com

dataset: 298.dat
 dispersion curve: picking.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 515 515 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 520 520 m/s



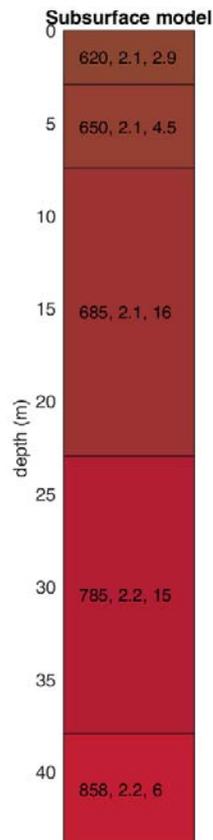
V_S density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)

MASW 3



www.wlmmasw.com

dispersion curve: Masw 3
 Vs30 & VsE (best model): 692 692 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 693 693 m/s



V_S density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)

Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- E) ***Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelle definite per le categorie C o D***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'indagine ha restituito un valore di $V_{s,eq}$ che fanno rientrare il suolo di fondazione nella **categoria B**.

Ruffano, giugno 2022

IL GEOLOGO

dr. Marcello DE DONATIS



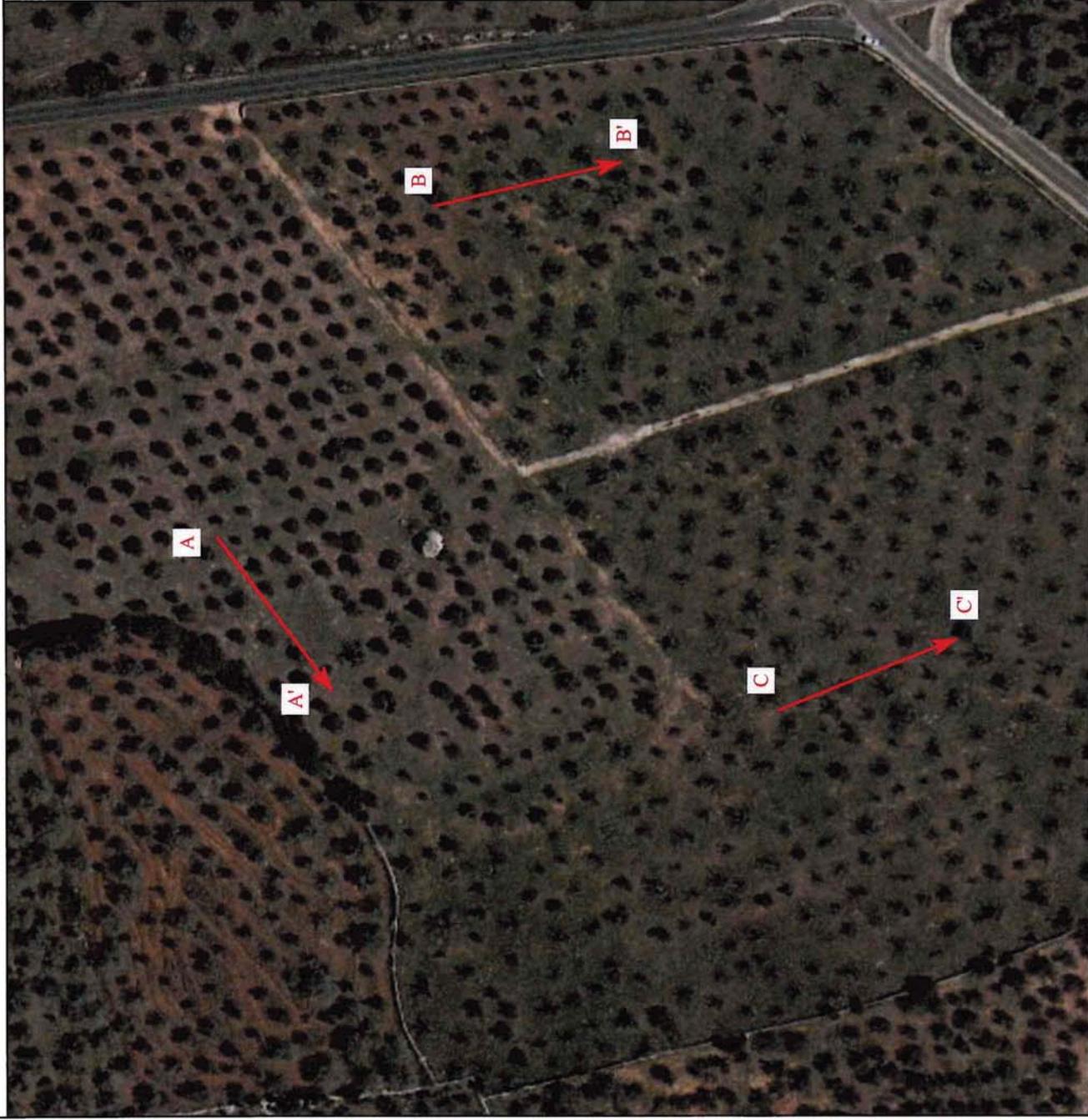
A handwritten signature in black ink, appearing to read "M. De Donatis".

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

LEGENDA:

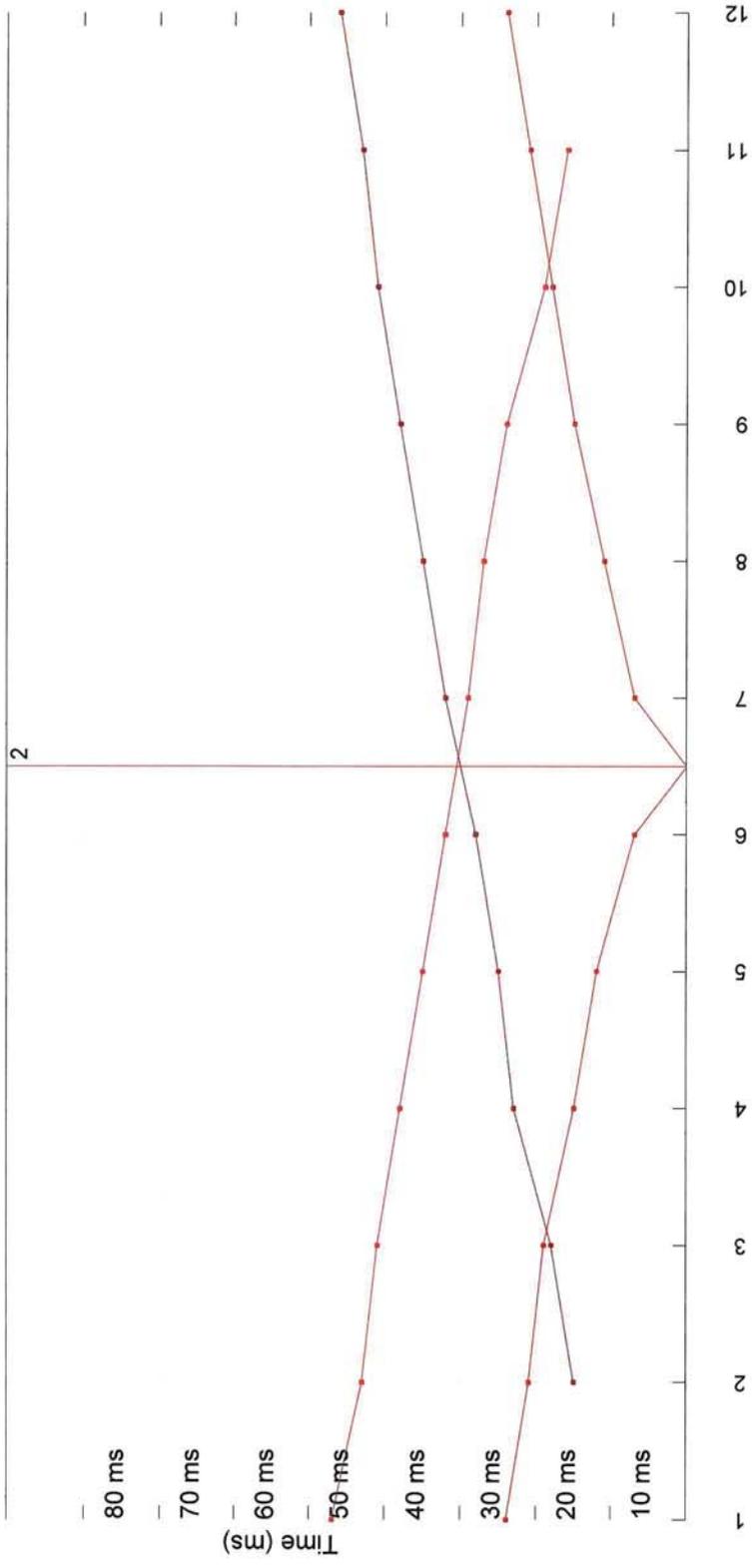
 Profilo sismico a rifrazione

 Area indagata



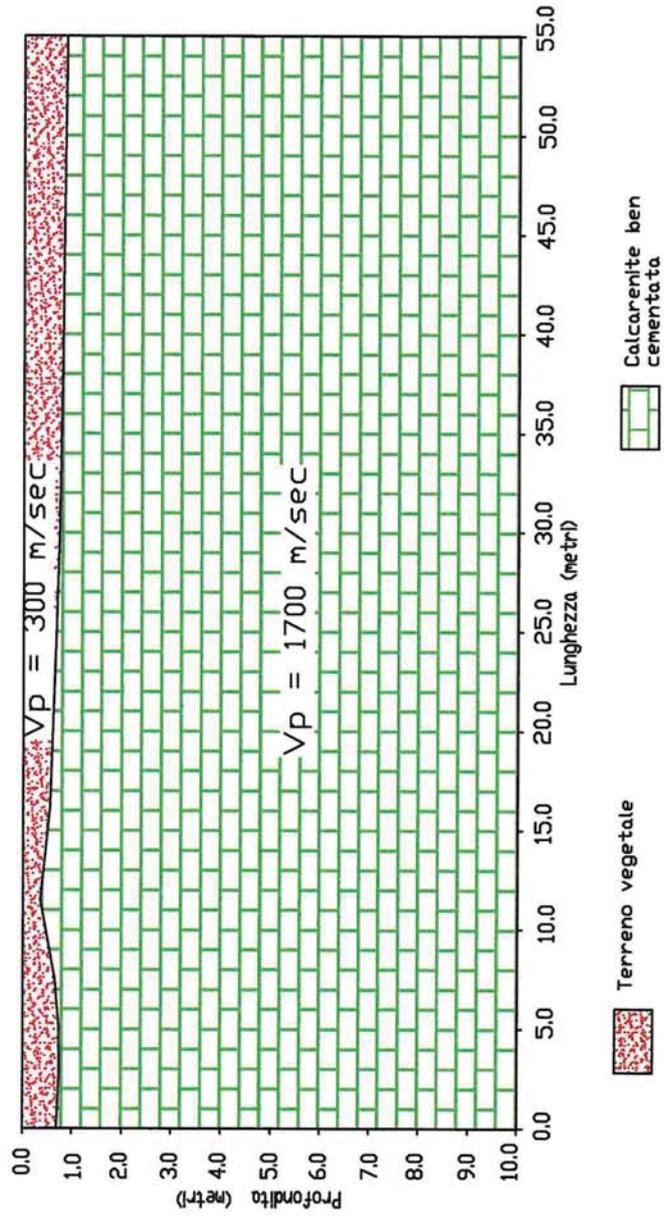
Profilo A-A';

Località Carpignano (Le);



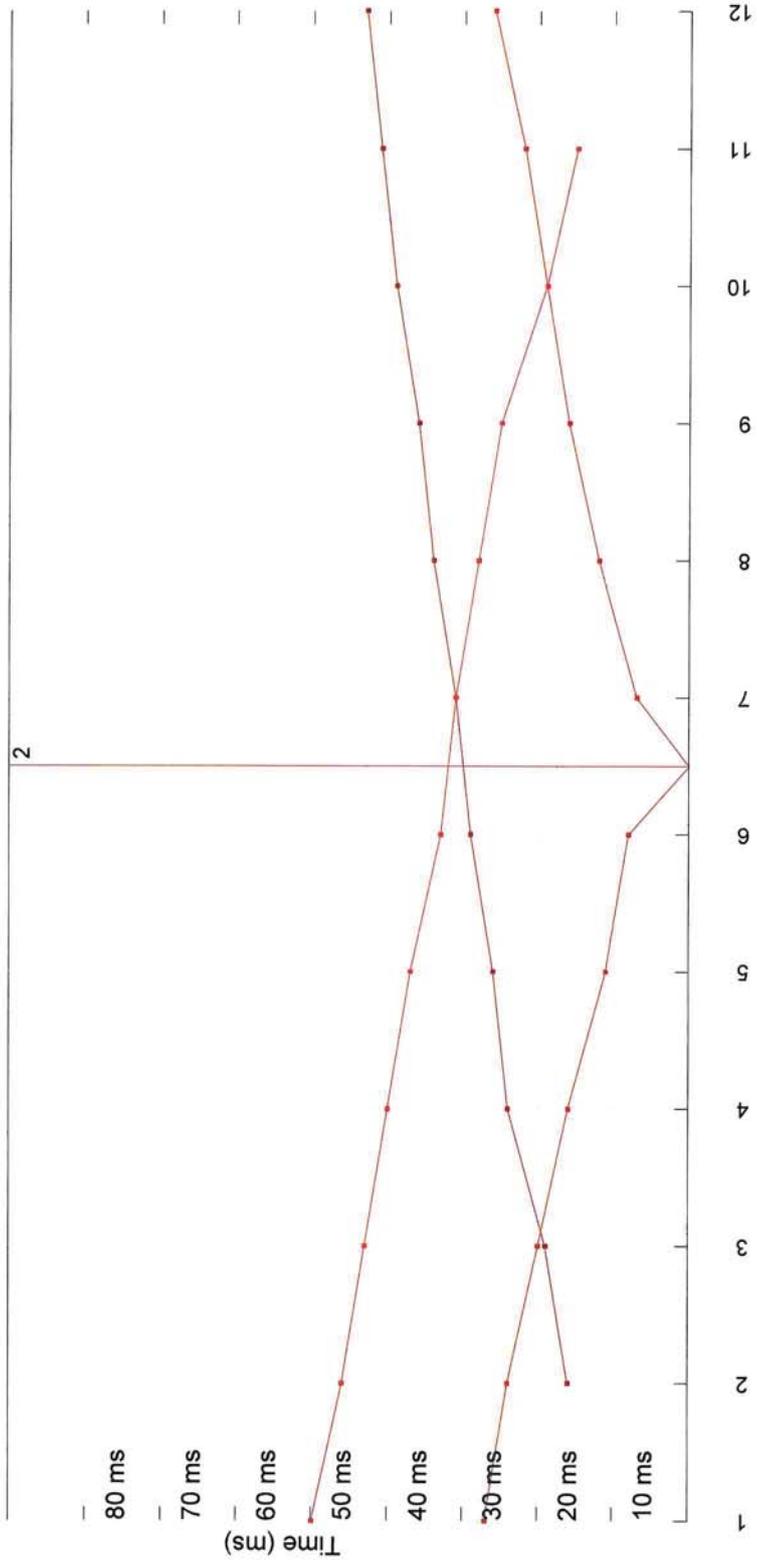
Calcoli d'épaisseur

PROFilo SISMICO A RIFRAZIONE A-A'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



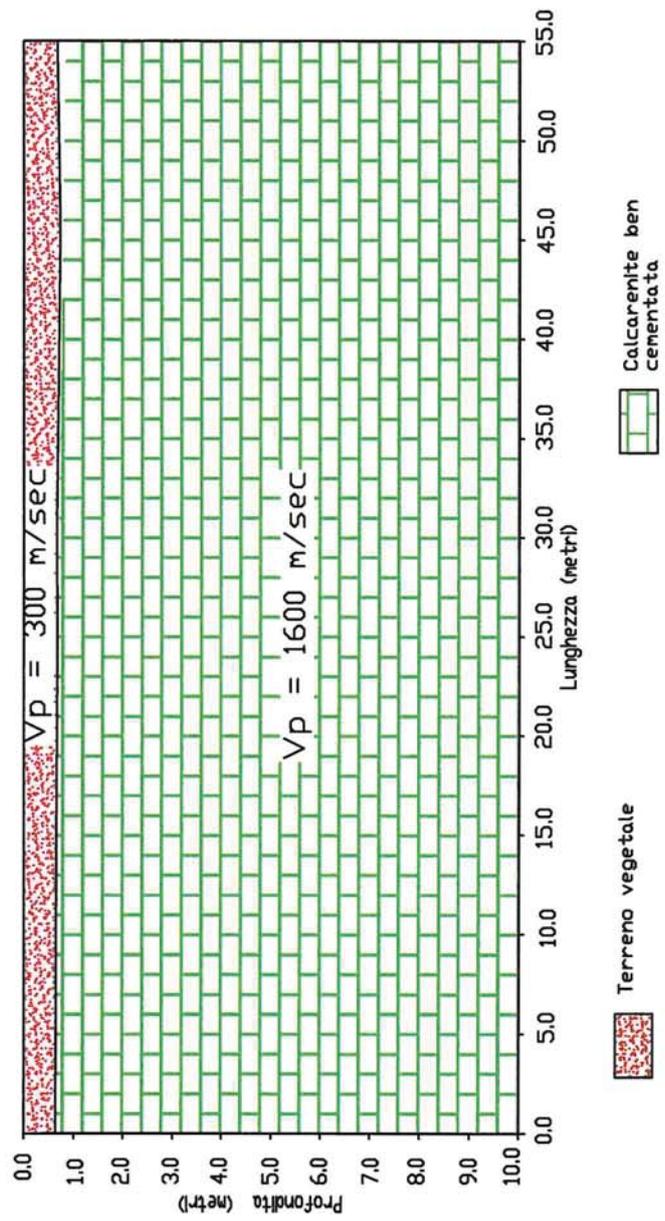
Profilo B - B';

Località: Carpignano (Le);



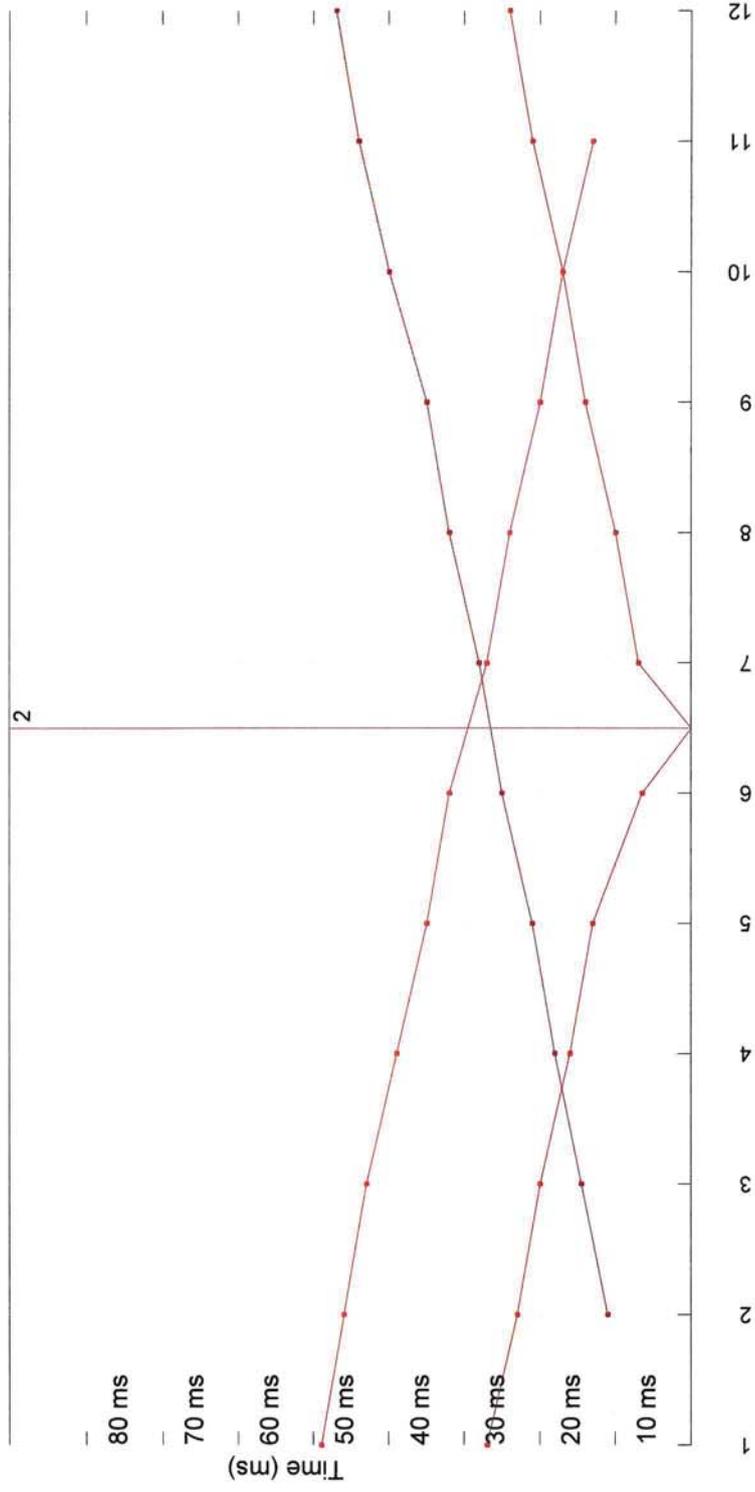
Calcoli d'epaisseur

PROFILLO SISMICO A RIFRAZIONE B-B'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



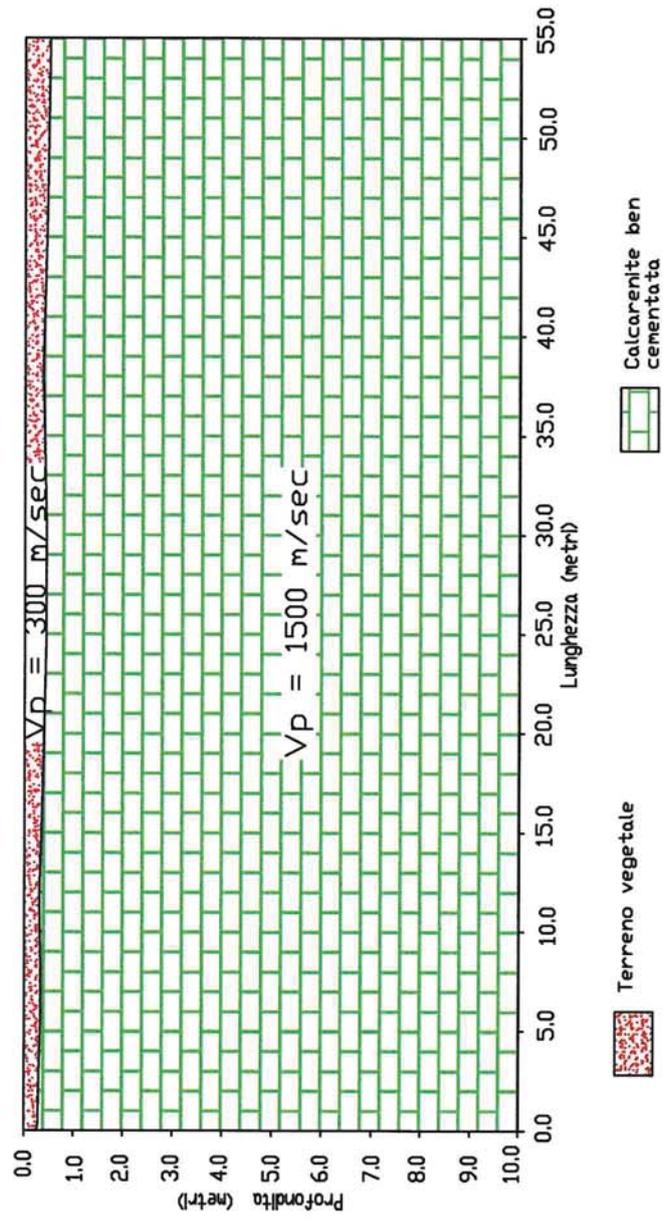
Profilo C - C';

Località: Carpignano (Le);



Calculs d'épaisseur

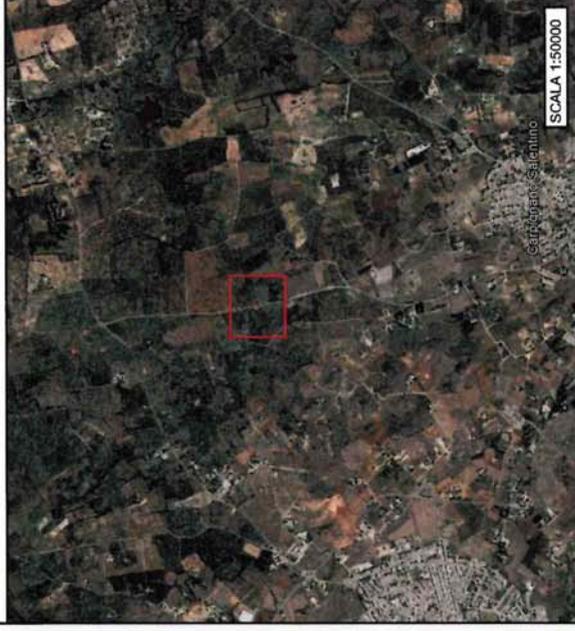
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE C-C'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

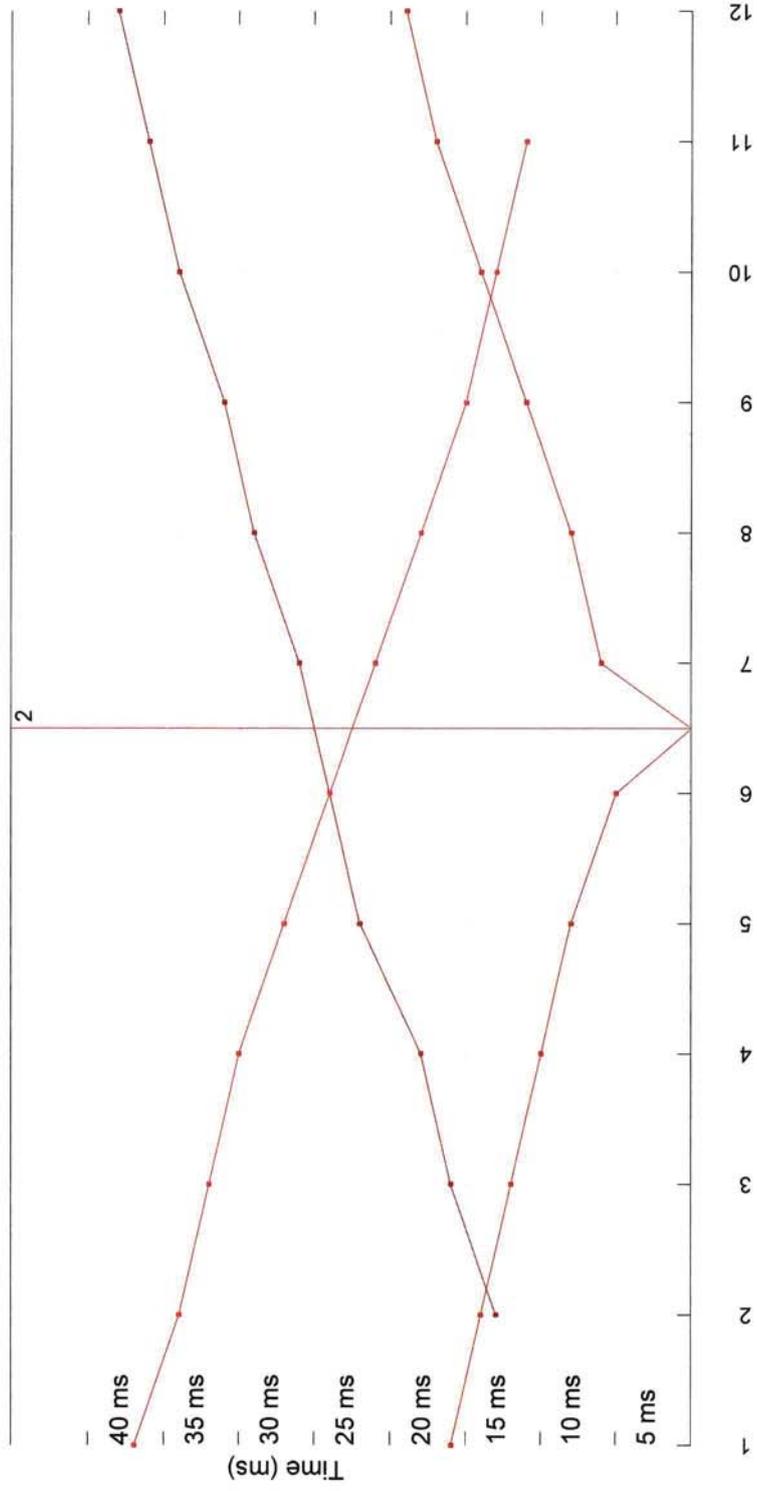
LEGENDA:

-  Profilo sismico a rifrazione
-  Area indagata



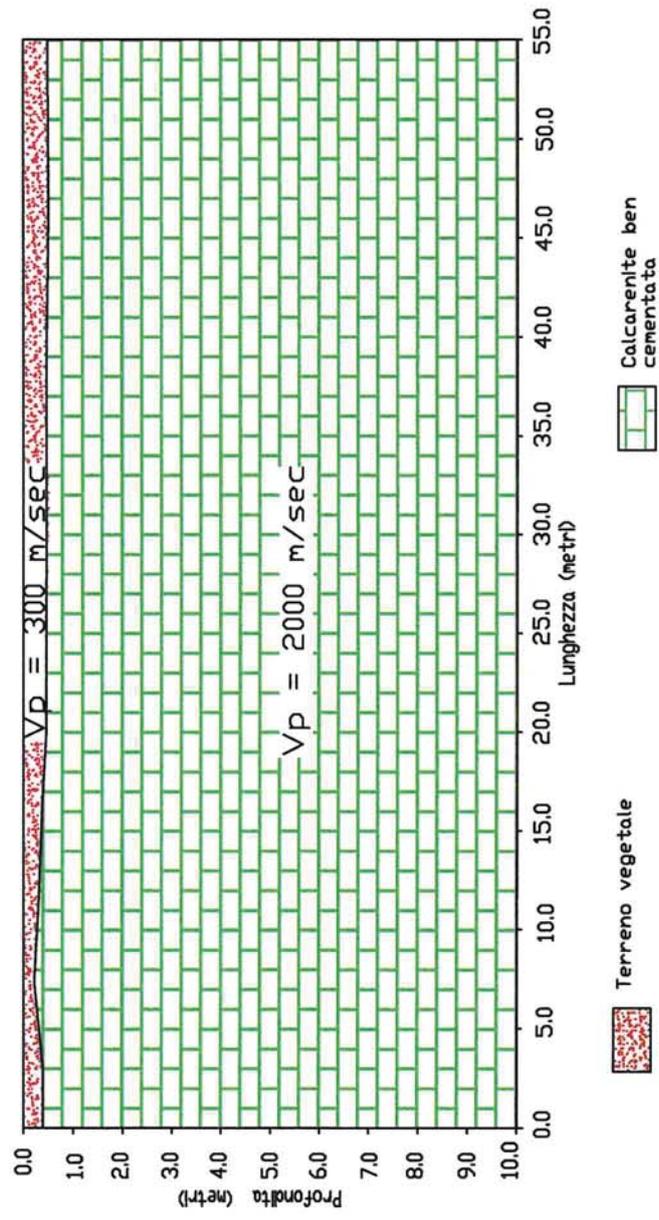
Profilo D - D';

Località; Carpignano (Le);



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE D-D'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

LEGENDA:

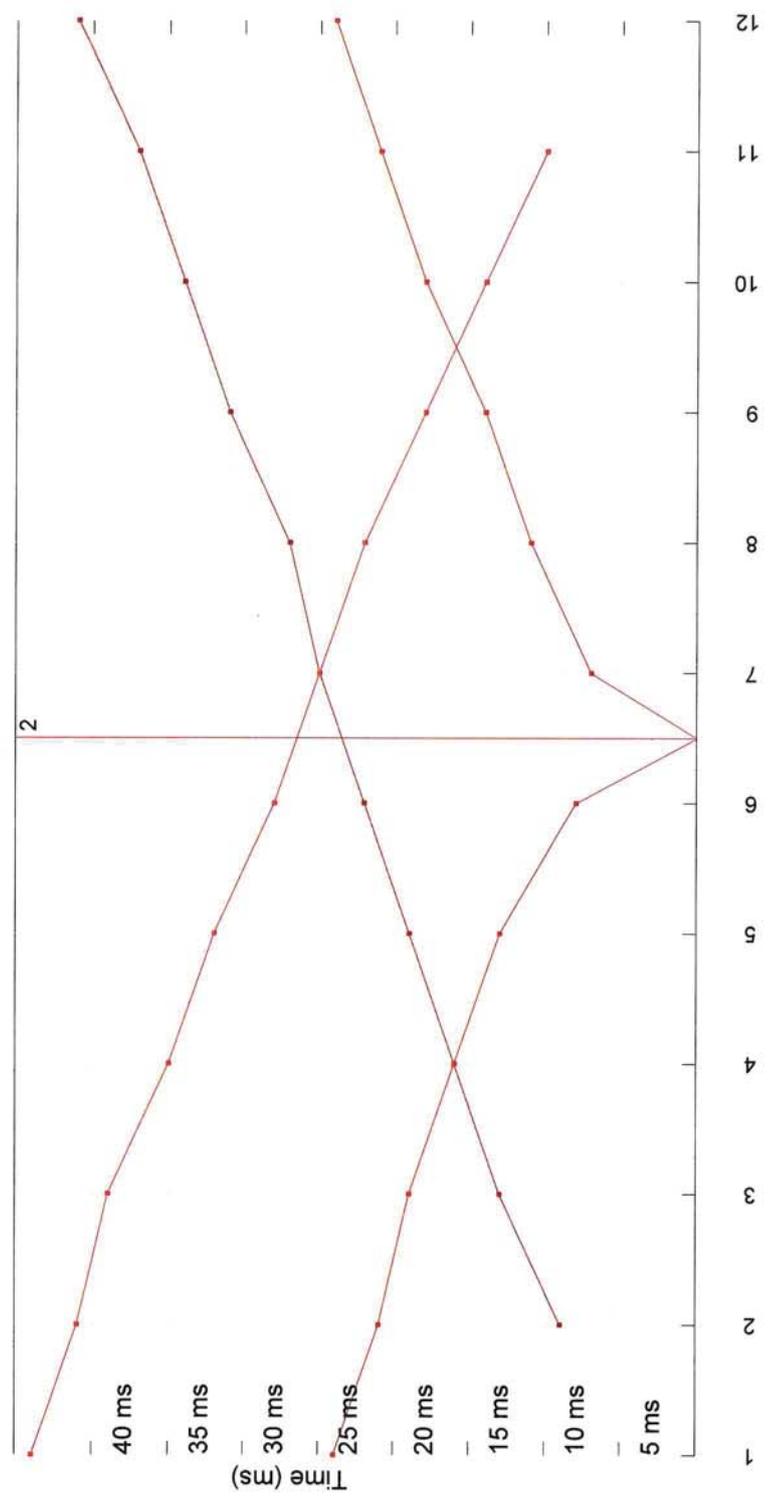
 Profilo sismico a rifrazione

 Area indagata



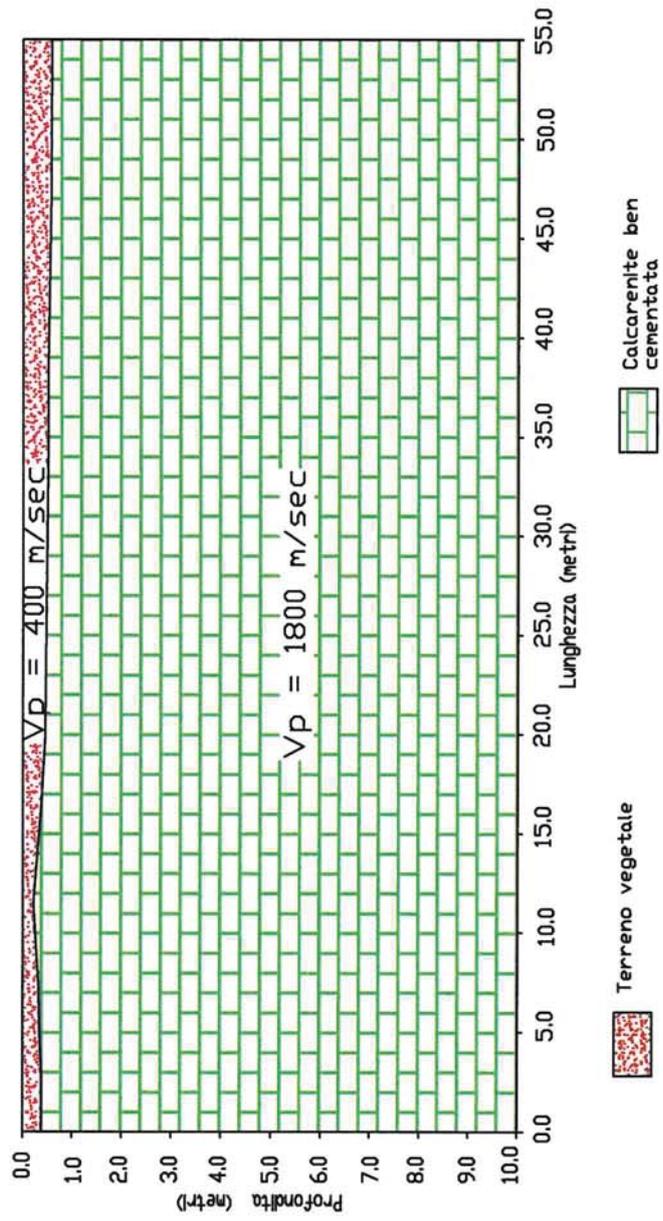
Profilo E - E';

Località: Carpignano (Le);



Calcoli d'epaisseur

PROFILLO SISMICO A RIFRAZIONE E-E'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

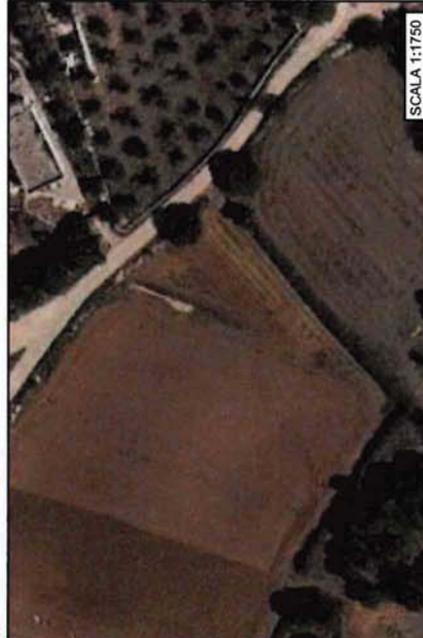
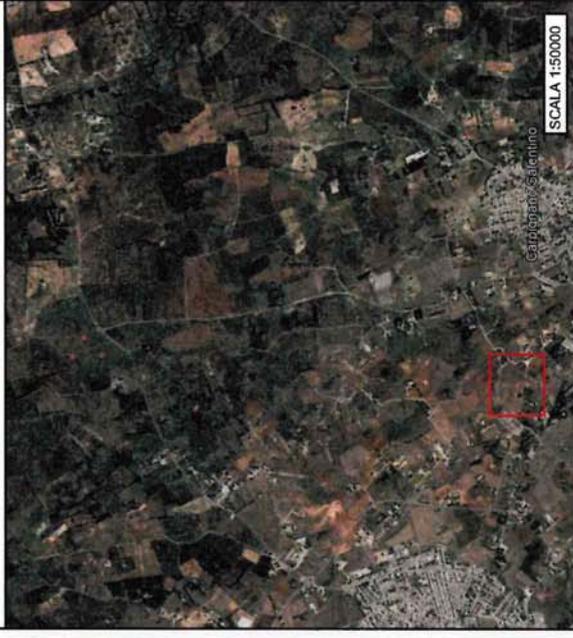
LEGENDA:



Profilo sismico a rifrazione

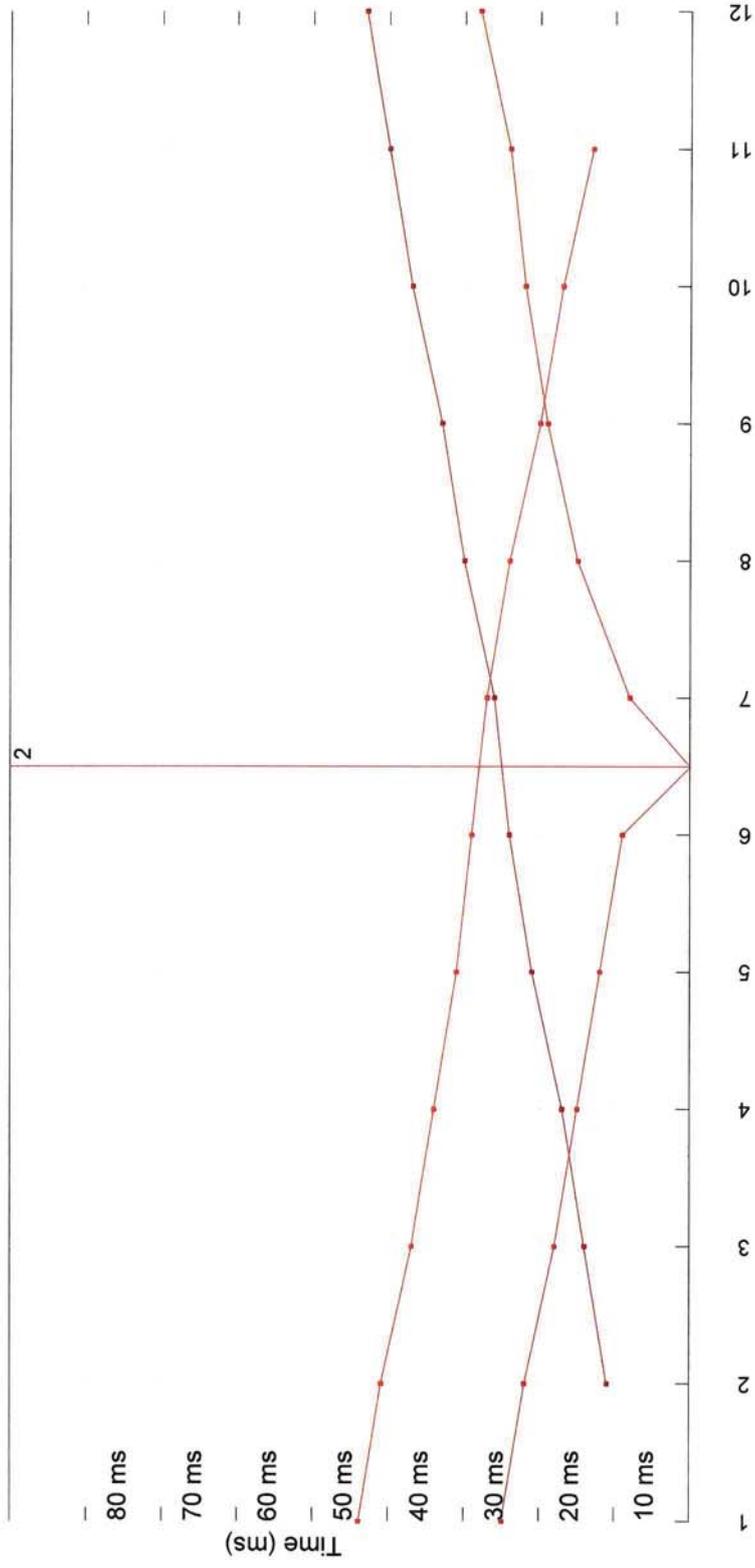


Area indagata



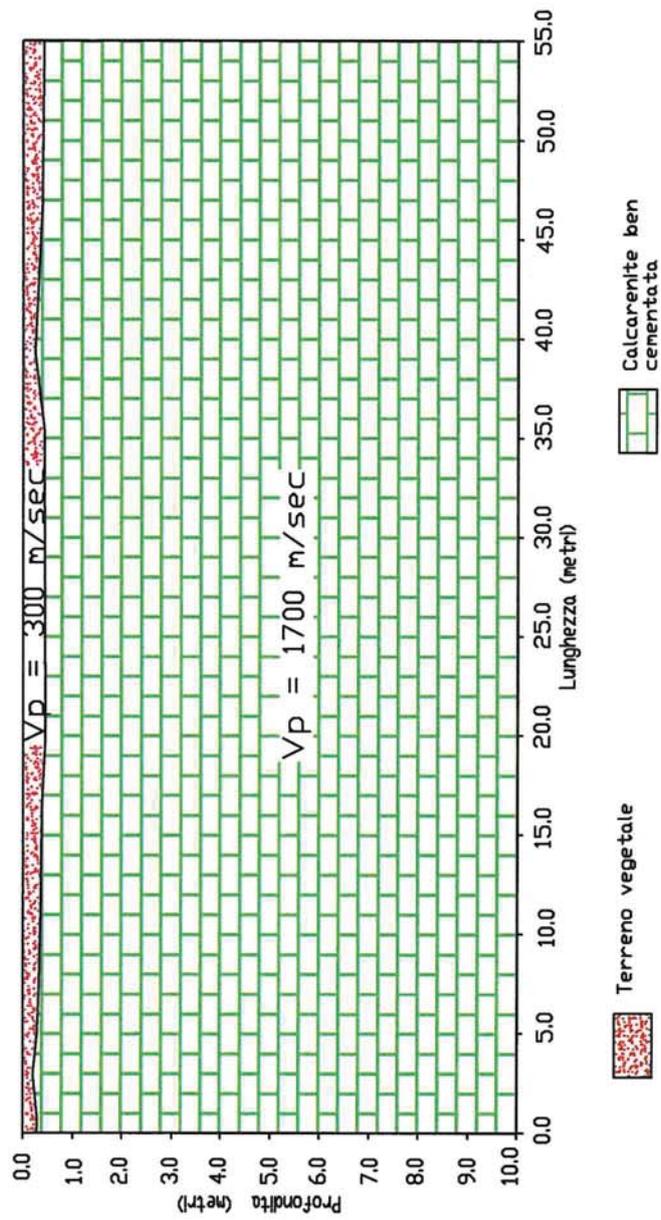
Profilo F - F';

Località: Carpignano (Le);



Calculs d'épaisseur

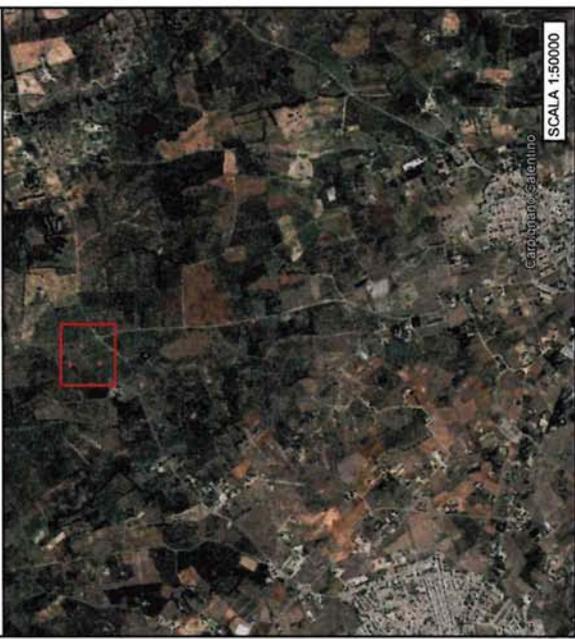
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE F-F'
LOCALITA': CARPIGNANO SALENTINO (LE)



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA TIPO MASW

LEGENDA:

-  Profilo sismico tipo MASW
-  Area indagata



SCALA 1:50000



Profilo MASW 1

Profilo MASW 2

SCALA 1:1750

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA TIPO MASW

LEGENDA:

 Profilo sismico tipo MASW

 Area indagata

