

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA NOMINALE
DI 40.683,52 kWp
"SALICE SANCHIRICO"

UBICATO NEL COMUNE DI SALICE SALENTINO (LE)

CODICE IDENTIFICATIVO PRATICA AU REGIONALE: T141QE2

Titolo Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO (MITE)

LIVELLO PROGETTAZIONE	TIPO DOCUMENTO	CODICE IDENTIFICATIVO	DATA	SCALA
PD	R	T141QE2_Geol_01	LUGLIO 2022	-

REVISIONI

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07/22	Prima emissione	XXXXX	XXXXX	XXXXXXX

PROGETTAZIONE:



TECNICO:

Geol. Francesco CALDARONE
Ordine dei Geologi Regione Puglia
n.507



PROPONENTE:

TRINA SOLAR PAPIRO S.R.L.
Piazza Borromeo, 14
20123, Milano (MI) - Italy



Indice

1. Premessa.....	2
2. Collocazione geografica dell'area	3
3. Inquadramento morfologico-strutturale	6
4. Inquadramento geologico	9
4.1 Depositi marini	11
4.1.1 Calcare di Altamura (Cretaceo sup.)	11
4.1.2 Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)	11
4.1.3 Argille subappennine (Pleistocene inf.)	12
4.1.4 Depositi marini terrazzati (Pleistocene med.-sup.).....	12
4.2 Depositi continentali	13
4.2.1 Depositi alluvionali (Olocene).....	13
5. Inquadramento idrogeologico.....	14
6. Indagini eseguite.....	19
6.1 Profilo sismico a rifrazione	19
6.2 Profilo sismico con metodologia MASW.	20
7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico	22
7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni	22
7.2 Permeabilità dei terreni	26
8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo indagine sismica con la metodologia MASW.....	27
8.1 Classificazione sismica.....	27
8.2 Indagine sismica con metodologia MASW	28
8.3 Categoria del suolo di fondazione	29
9. Conclusioni.....	33

Allegati

- RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITO.

1. Premessa

La società proponente TRINA SOLAR PAPIRO S.R.L., avente Sede legale in Piazza Borromeo, 14 - MILANO (MI), 20123 - Numero REA MI 2646247, P.IVA 12202020967, PEC: trinasolarpapiro@unapec.it, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto di installazione di un Impianto Agrivoltaico denominato “Salice Sanchirico”, nel comune di Salice Salentino, provincia di Lecce, con potenza installata pari a 40.683,52 kWp e 40.000,00 kW in immissione alla rete elettrica nazionale.

La Società Proponente intende realizzare tale impianto “agrivoltaico”, ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario.

La vendita dell'energia prodotta dall'impianto agrivoltaico sarà regolata da criteri di “market parity”, ossia avrà gli stessi costi, se non più bassi, dell'energia prodotta dalle fonti tradizionali (petrolio, gas, carbone).

Lo studio ha per obiettivo quello di definire le componenti litostratigrafiche e idrogeologiche che caratterizzano il sito stesso e l'area in cui esso ricade con l'individuazione delle caratteristiche fisiche dei terreni.

Al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio e di una sua caratterizzazione geotecnica, si è proceduto:

- al rilevamento geologico di campagna di dettaglio;
- all'analisi di dati in possesso dello scrivente;
- all'analisi di dati e informazioni desunte da letteratura tecnica;
- all'esecuzione di un piano di investigazione costituito da
 - indagini indirette:
 - o n.4 profili sismici a rifrazione;
 - o n.4 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

Si fornisce, inoltre, un inquadramento geologico e morfologico-strutturale dei luoghi, si identificano le formazioni ed i litotipi presenti in sito, le caratteristiche geostutturali del sottosuolo e le caratteristiche idrogeologiche anche in riferimento alla natura e collocazione della falda freatica. I dati raccolti hanno consentito di caratterizzare in maniera soddisfacente i terreni coinvolti, salvo poi verificarne l'esatta corrispondenza prima dell'inizio dei lavori.

Le prospezioni geofisiche (indagini sismiche con metodologia MASW) sono state finalizzate all'individuazione della categoria di suolo come previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.01.2018).

La presente è stata redatta in ottemperanza alle disposizioni dettate dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. del 17.01.2018.

2. Collocazione geografica dell'area

L'impianto fotovoltaico è ubicato ad 1,5 km Ovest-SudOvest del comune di Salice Salentino (LE), in area compresa tra S.P. n.255 a sud e S.P. n.107 a nord.

Il sito su cui sorgerà l'impianto è individuato alle coordinate geografiche: 40°22'12.3"N, 17°56'12.6"E; presenta quote altimetriche comprese tra 45 e 49 m s.l.m. (Figg. 2 e 3).

L'impianto FV sarà realizzato su una superficie complessiva pari a 50,10 ha.

Nella tabella 1 viene riportato l'elenco delle particelle interessate alla realizzazione dell'impianto agrivoltaico oggetto della presente:

COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
SALICE SALENTINO	28	73, 119, 120, 121, 122, 123, 139, 225, 226, 250, 251, 275, 277, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 385, 387
SALICE SALENTINO	29	324, 325, 326, 327, 328
SALICE SALENTINO	38	97, 122, 123
SALICE SALENTINO	39	20, 24, 25, 71, 72, 73, 74, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 151

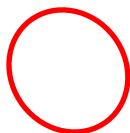
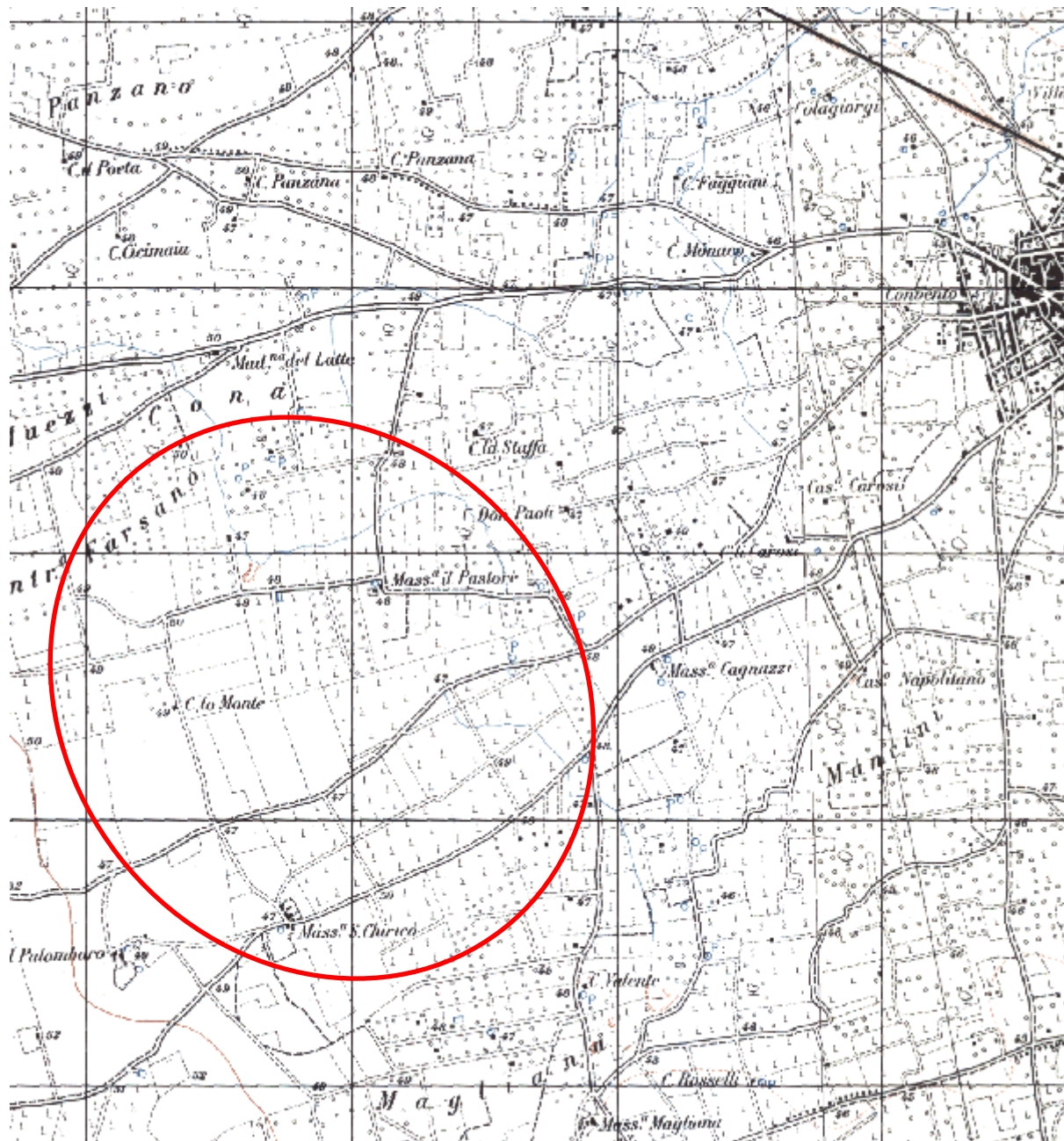
Tabella 1 – Particellare catastale

Il progetto prevede, inoltre, la realizzazione di un cavidotto interrato di collegamento con la Stazione Elettrica di futura costruzione posta in agro di Cellino S. Marco.

L'area di intervento ricade sul foglio 203 "Guagnano" II SE della Carta d'Italia I.G.M. scala 1:25.000.

FIG. 1 - COROGRAFIA

Estratto del foglio 203 - Tav. "Guagnano" - Carta d'Italia I.G.M. - scala 1:25.000



UBICAZIONE DEL PROGETTO "SALICE SANCHIRICO"



Fig. 2 - Ortofoto dell'area oggetto d'intervento

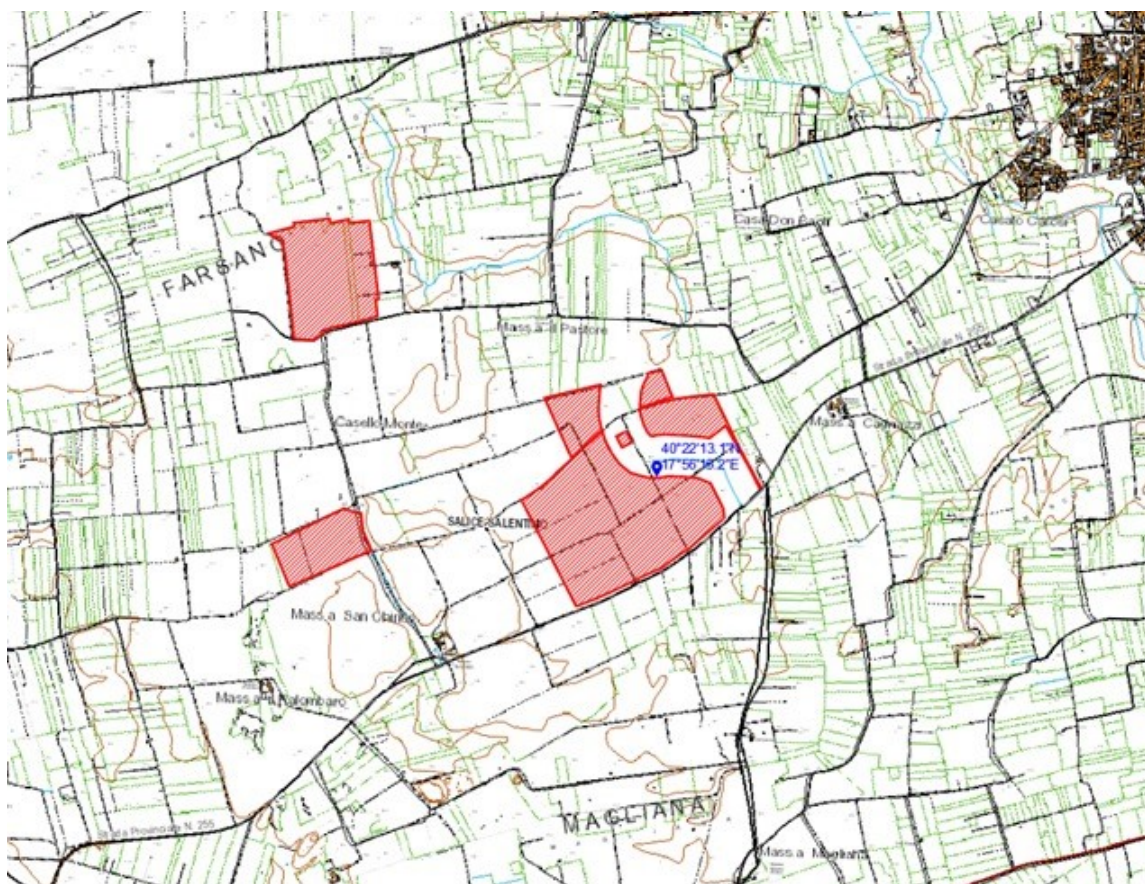


Fig. 3- Perimetrazione dell'area di Salice Salentino su base CTR

3. Inquadramento morfologico-strutturale

Il Salento, come evidente dall'andamento delle curve di livello, si sviluppa poco a sud di quella che è la ideale direttrice che collega le città di Brindisi e di Taranto, laddove una costante digradazione della morfologia apre verso la “Conca di Brindisi”, area tettonicamente depressa.

Le Murge, altopiano che si estende prevalentemente nella provincia di Bari ed il cui tratto terminale, immergente verso SSE, ricade nella zona WNW del brindisino, sono caratterizzate da una monoclinale il cui orientamento è sub-parallelo alla linea di costa e la cui immersione varia tra 5° e 20° a SSW.

Le formazioni in esse affioranti mostrano uno stile tettonico essenzialmente tabulare con pieghe a raggio molto ampio e fianchi poco inclinati.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento carbonatico durante il terziario e creato un'alternanza di rilievi e depressioni con andamento preferenziale NNW-SSE.

Come naturale conseguenza di una tale tettonica, il sistema di faglie principale assume la stessa direzione. Si tratta di faglie normali che hanno provocato il movimento relativo di porzioni dell'impalcatura calcarea cretacea con blocchi in sollevamento (horst) sugli altri sprofondati (graben).

L'area di studio si colloca quindi in corrispondenza di graben entro cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie Plio-Pleistoceniche.

Di regola le formazioni affioranti nelle parti più elevate sono le più antiche (cretacee); sui piani che circondano le alture mesozoiche affiorano terreni plio-pleistocenici. Le formazioni più antiche corrispondono al territorio delle Murge, costituito da un esteso altopiano sviluppato in direzione WNW-ESE. Sui diversi ripiani di queste formazioni calcaree sono presenti strutture derivanti da una intensa attività carsica, quali numerose doline, riempite da depositi terrosi con ottime possibilità di coltivazioni agricole, e inghiottitoi.

Le Murge sono delimitate a NE, lato adriatico, da alte scarpate e ripiani poco estesi, mentre, lungo la direttrice che unisce l'altopiano al Salento, sono caratterizzate da una serie di vasti ripiani che digradano a mezzo di scarpate, alte al massimo poche decine di metri¹. La formazione più recente, che occupa la posizione più depressa, tende, in prossimità della scarpata, a raccordarsi con quest'ultima, assumendone la stessa immersione.

Le caratteristiche delle scarpate, le particolarità del contatto tra le due formazioni di diversa età, le caratteristiche litologiche della formazione più recente in prossimità della scarpata e le relazioni tra quest'ultima e la formazione più antica, provano che le scarpate rappresentano

¹ Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1992) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460, Roma.

antiche linee di costa, attive nel tempo corrispondente all'età del sedimento situato in posizione depressa².

La fascia costiera si presenta incisa da solchi erosivi a pareti molto ripide (“lame”) che l'attraversano secondo linee di massima pendenza. Si tratta di incisioni torrentizie che definiscono corsi d'acqua temporanei paralleli tra di loro e perpendicolari alla linea di costa.

Su questa è presente una catena irregolare e discontinua di cordoni dunari, allungata parallelamente alla riva del mare, poco estesa in larghezza. Le coste sono per certi tratti rocciose, spesso frastagliate, a tratti invece basse e sabbiose (soprattutto a sud di Brindisi).

Vi è una corrispondenza generale tra forme ed andamento strutturale: l'altopiano delle Murge, i gradoni, i terrazzamenti si sviluppano in via preferenziale lungo le direttrici WNW-ESE, cioè le stesse dei principali piani di faglia.

Le pieghe sono a raggio molto ampio ed a fianchi pochissimo inclinati con blande ondulazioni trasversali; queste condizioni rendono difficile stabilire la loro direzione assiale.

Tenendo presente che il numero delle misure di strato con direzione WNW-ESE è statisticamente superiore, si può affermare che esse hanno un andamento molto vicino alla direttrice appenninica.

I piegamenti sono relativamente intensi solo nelle formazioni cretacee, mentre sono quasi impercettibili nelle formazioni plio-pleistoceniche.

Per quanto concerne le faglie, l'uniformità litologica dei terreni cretacei e la mancanza di livelli di riferimento non consentono una facile individuazione del loro andamento.

Nell'area murgiana si riconosce comunque la presenza di due sistemi principali di faglie normali: il primo, più evidente, a direzione appenninica, che ha causato il sollevamento del lato più interno dell'altopiano cretaceo; il secondo, a direzione SW-NE, interrotto dal primo. La dislocazione dei blocchi ha originato un'estesa struttura a gradinata orientata anch'essa da WNW a ESE.

Le faglie sono generalmente subverticali e con rigetti non superiori a qualche decina di metri; la loro età dovrebbe essere ascrivibile almeno al Calabriano (Pleistocene inf.) per la presenza di lembi residui di calcareniti calabriane a quote notevolmente più elevate rispetto a quelle affioranti lungo il bordo adriatico.

I sistemi di faglia interessano prevalentemente le successioni mesozoiche. In corrispondenza della piana brindisina, caratterizzata dalla presenza di formazioni plio-pleistoceniche, non sono state rilevate faglie, se si esclude quella orientata SW-NE posta al confine tra le Murge ed il Salento che ha portato alla formazione della depressione tettonica aperta sul lato adriatico, che è la piana brindisina stessa.

All'interno di queste zone strutturalmente depresse, tuttavia, è possibile la presenza di faglie anteriori ai terreni plio-pleistocenici, che risultano perciò sepolte dagli stessi.

² Rossi D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - fogli 203, 204, 213, Brindisi-Lecce-Maruggio*. Serv. Geol. d'It.

Il sito oggetto del presente studio risulta posto in un'area sub-pianeggiante, con quote altimetriche comprese tra 45 e 49 m s.l.m.

Come si evince dalla fig. 4, come si dirà più in dettaglio all'interno della Relazione Idraulica, la porzione sud-est dell'impianto risulta "solcata" da un corso d'acqua episodico presente nella Carta Idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.



Fig. 4- Layout di impianto

4. Inquadramento geologico

Le formazioni più antiche che si rinvengono nell'area in esame sono riferibili all'instaurarsi, nel Cretaceo, di una sedimentazione di ambiente marino avvenuta in seguito alla fase di rifting (fine Paleozoico- inizio Mesozoico) connessa con la frammentazione della Pangea³. Esse sono costituite da calcari e calcari dolomitici che danno vita all'impalcatura geologica della Penisola Salentina e sono il risultato dell'evoluzione della “piattaforma carbonatica apula”.

Questa è solo marginalmente interessata, nel Cretaceo sup., dagli effetti dell'orogenesi alpina che si manifestano con lacune stratigrafiche e blandi piegamenti. In quest'area la lacuna perdura fino al Pliocene Sup., periodo in cui, in seguito all'orogenesi appenninica, la Puglia assume il ruolo di avampaese.

In trasgressione sulle formazioni carbonatiche cretacee si sovrappongono sedimenti marini pliocenici e quaternari, spesso rappresentati dai “tufi” (Calcarenite di Gravina e Depositi Marini Terrazzati). Si tratta di depositi marini che individuano un'alternanza di gradini e terrazzi digradanti verso il mare.

Infine, lungo alcuni tratti di costa si hanno depositi continentali costituenti cordoni di dune recenti e depositi alluvionali composti da sabbie calcaree, talvolta argillose.

In sintesi, le formazioni affioranti all'interno dell'area oggetto di studio, facendo riferimento alle “Note alla carta geologica delle Murge e del Salento” di Ciaranfi et alii (1992), sono, a partire dal basso:

depositi marini

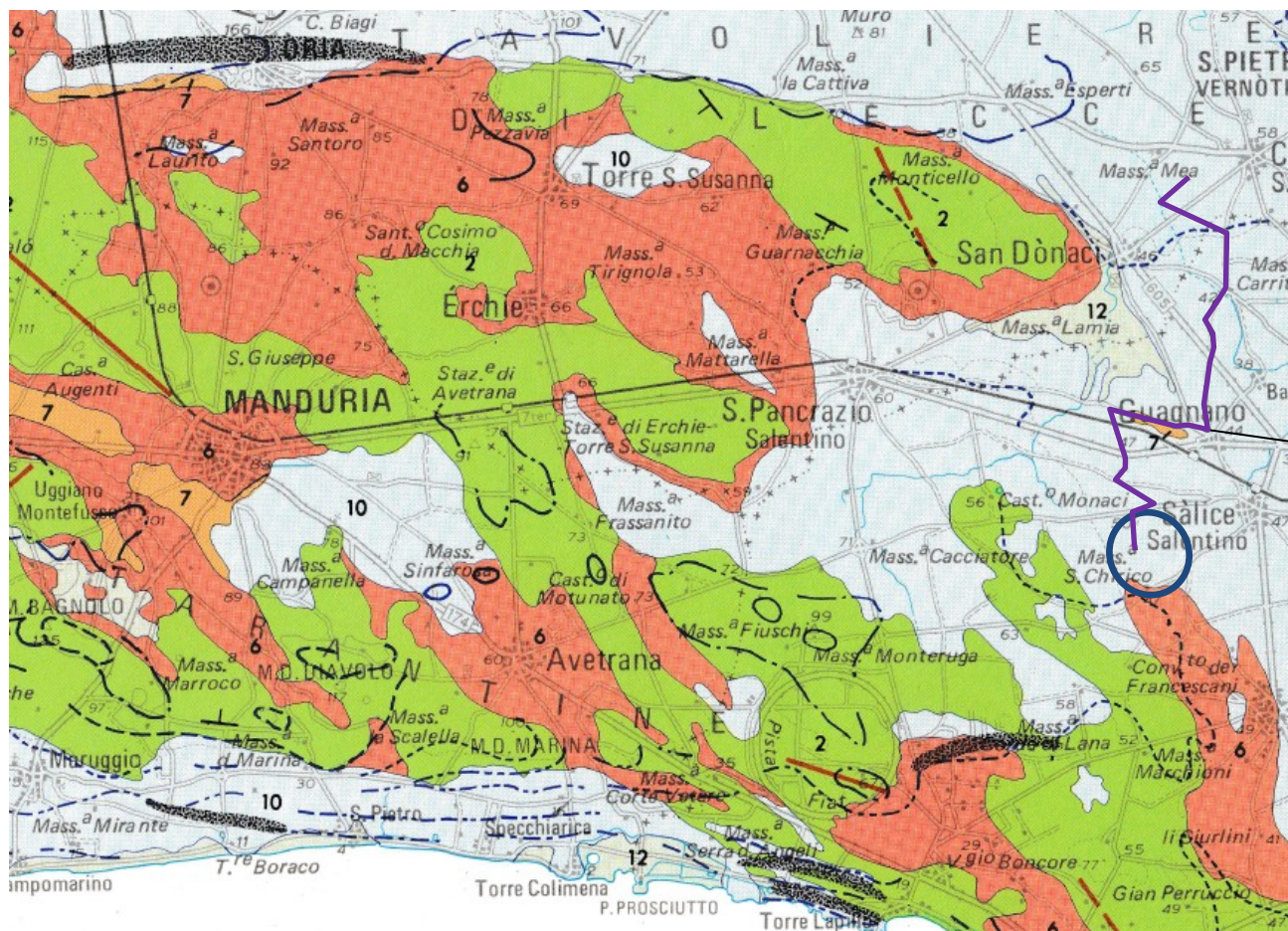
- 1- Calcarea di Altamura (Cretaceo sup.)
- 2- Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)
- 3- Argille subappennine (Pleistocene inf.)
- 4- Depositi marini terrazzati (Pleistocene med.-sup.)

depositi continentali

- 5- Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene)

³ Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1992) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460, Roma.

FIG. 5 - CARTA GEOLOGICA



LEGENDA



UBICAZIONE DEL PROGETTO “SALICE SANCHIRICO”



CAVIDOTTO



DEPOSITI MARINI TERRAZZATI (PLEISTOCENE MEDIO E SUP.)



ARGILLE SUBAPPENNINE (PLEISTOCENE INF.)



CALCARENITE DI GRAVINA (PLIOCENE MEDIO – PLEISTOCENE INF.)



CALCARE DI ALTAMURA (CRETACEO)

4.1 Depositi marini

4.1.1 Calcare di Altamura (Cretaceo sup.)

Questa formazione, cronologicamente riferibile al Cretaceo superiore, è una delle unità lito-stratigrafiche costituenti il basamento carbonatico mesozoico pugliese.

L'ambiente di sedimentazione di questa formazione è di mare sottile con episodici movimenti ascensionali caratterizzati da periodi lagunari o addirittura di erosione subaerea.

Si tratta di una formazione costituita in prevalenza da calcari microcristallini, a grana fine, di solito molto compatti e tenaci, di colore biancastro o, talvolta, grigio chiaro, con intercalati orizzonti dolomitizzati di aspetto sub-cristallino o saccaroide e colore da grigio scuro a nocciola.

I “Calcari di Altamura” si presentano ben stratificati, con strati di spessore prevalentemente compreso tra 5 e 40 cm, rinvenendo talora banconi di spessore pari o superiore al metro.

Dal punto di vista petrografico i termini calcarei sono costituiti da particelle micrometriche di calcite microcristallina (“micrite”), di norma associate a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microrganismi planctonici e bentonici: il tutto cementato da quantità variabili di calcite spatica (“sparite”).

I termini dolomitici sono invece costituiti da cristalli di dolomite, in quantità molto variabile in funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia, e da frazioni residue di elementi calcitici.

Gli elementi ed i granuli a composizione carbonatica rappresentano, nei calcari mesozoici salentini, di norma oltre il 98% del totale: il residuo insolubile, costituito in prevalenza da piccoli granuli di quarzo e silicati (feldspati, pirosseni, minerali pesanti, ecc.), da minerali argillosi e da idrossidi di ferro e alluminio, è quasi sempre molto basso, generalmente inferiore all'1%.

La potenza totale della formazione è mal determinabile per la blanda struttura a pieghe, lo spessore affiorante si aggira intorno ai 1000 metri.

La sua datazione è Turoniano sup. - Maastrichtiano (Cretaceo sup.).

4.1.2 Calcareniti di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)

Si tratta di un'unità costituita da calcareniti e calciruditi detritico-organogene, di colore bianco-giallastro o rossastro per alterazione (generalmente nei livelli sommitali), piuttosto porose, di norma mal stratificate, a grado di cementazione variabile che si presentano in grossi banchi con intercalazioni calcilutitiche. I granuli della roccia sono quasi interamente costituiti da frammenti di micro e macrofossili e cementati tra loro da quantità variabili di calcite spatica; la loro composizione mineralogica è quasi esclusivamente carbonatica, (il carbonato di calcio costituisce generalmente oltre il 95% del totale). Il residuo insolubile, di norma molto scarso, è generalmente inferiore al 2%.

In parte degli affioramenti calcarenitici possono rinvenirsi sistemi di fratture parallele con direzione NNW-SSE, presumibilmente originate da locali fenomeni di riattivazione, durante il Quaternario, dei sistemi di faglie dirette.

La Calcarenite di Gravina si ritrova in trasgressione sui calcari cretacei di cui conserva frammenti derivanti dal loro disfacimento essendosi depositata in corrispondenza di depressioni ed avvallamenti di origine morfologica o strutturale.

La formazione è molto fossilifera per la presenza di Gasteropodi, Echinidi e Brachiopodi.

I suoi terreni sono noti in letteratura come “Tufi” delle Murge soprattutto in riferimento agli affioramenti esistenti lungo il bordo adriatico dell’altopiano.

Da un punto di vista cronostratigrafico è imputabile al Pliocene sup. – Pleistocene inf., mentre la sua potenza si aggira su valori di circa 50-60 metri.

4.1.3 Argille subappennine (Pleistocene inf.)

Le “Argille subappennine” poggiano in continuità di sedimentazione sulla “Calcarenite di Gravina” oppure, localmente, in trasgressione direttamente sul “Calcare di Altamura”.

Sono costituite da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre, mediamente fossilifere ed a luoghi stratificate.

Questi depositi affiorano solo localmente su aree molto ristrette per la presenza di formazioni che si rinvengono superiormente in trasgressione datate Pleistocene med.- sup.

Da sondaggi e pozzi eseguiti nell’area in esame emerge che questa formazione occupa estese aree nel sottosuolo; si hanno incertezze riguardo la sua continuità spaziale per la presenza di eteropie con i depositi calcarenitici e per le frequenti variazioni di potenza.

Le “argille subappennine” sono idrogeologicamente importanti in quanto rappresentano il substrato impermeabile su cui giace la falda acquifera superficiale.

La formazione è attribuibile al Calabriano (Pleistocene inf.).

4.1.4 Depositi marini terrazzati (Pleistocene med.-sup.)

Si tratta dell’unità direttamente interessata dalle opere da realizzare.

Questi depositi, sono costituiti da sabbie quarzose e argillose fini e medie di colore giallastro, in strati di qualche centimetro di spessore, talora debolmente cementate, cui si alternano orizzonti di calcareniti organogene e arenarie grigio-giallastre (“panchina”).

Si tratta di unità formazionali di esiguo spessore (da qualche metro fino ad una quindicina di metri) costituite da depositi di spiaggia e di piana costiera terrazzati che occupano una vastissima area attorno a Brindisi, in corrispondenza di zone morfologicamente depresse e allungate secondo le principali strutture regionali.

Esse giacciono in trasgressione lungo superfici di abrasione marina individuatesi nelle argille e nelle calcareniti sottostanti, nonché nei calcari mesozoici; presentano una generale immersione

a nord-est che in parte corrisponde alla originaria immersione ed in parte ad un movimento di leggero basculamento nell'ambito del generale sollevamento dell'area.

In alcuni casi presentano la tipica morfologia e giacitura dei cordoni litorali e dunari, sicuri indicatori di antiche linee di costa; sono collegate a distinte fasi eustatico-tettoniche verificatesi durante il ritiro del mare verso l'attuale linea di costa.

Nel complesso, sono stati individuati sedici episodi sedimentari relativi ad altrettante superfici terrazzate poste a quote via via più basse procedendo dall'interno verso il mare.

Queste unità rappresentano l'acquifero superficiale sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

I “Depositati marini terrazzati” sono riferibili al Siciliano-Tirreniano (Pleistocene med.- sup.).

4.2 Depositi continentali

4.2.1 Depositi alluvionali (Olocene)

Sono costituiti da depositi terrosi e ciottolosi di esiguo spessore derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei calcari cretacei e dei “Tufi” delle Murge.

Si tratta di intercalazioni di sabbie prevalentemente calcaree, sabbie argillose, argille sabbiose e limi, con tinta variabile attorno a toni grigi e la cui potenza non dovrebbe superare i pochi metri; si rinvengono sia sui calcari che sui depositi pleistocenici.

Sul fondo valle dei solchi erosivi (“lame”) e dei canali, sono depositi di tipo palustre costituiti da limi sabbiosi e argille limose di colore variabile dal grigio scuro al nerastro con lenti ed orizzonti dello spessore massimo di circa un metro di resti vegetali nerastri.

Nelle aree più depresse vicino alla costa formano spiagge attuali con depositi sabbiosi calcarei stretti e allungati, di colore grigio-giallastro, direttamente a contatto con la fascia intertidale.

Gli stessi sedimenti caratterizzano le dune costiere presenti lungo il litorale brindisino, dove danno vita a cordoni di forma allungata ed ampiezza variabile, ricchi di Gasteropodi continentali, con scarsa vegetazione (perlopiù arbusti tipici della “macchia mediterranea”) che possono considerarsi mobili.

Nell'area in cui sorgerà l'impianto i litotipi che interesseranno direttamente la struttura in progetto appartengono alla formazione del “Calcarea di Altamura”, alla formazione della “Calcarenite di Gravina” e alla formazione dei “Depositati marini terrazzati”, con eventuale copertura di depositi di terra rossa e/o terreno vegetale.

In ampie zone dove verrà installato l'impianto i litotipi calcarei e quelli calcarenitici affiorano direttamente in superficie.

5. Inquadramento idrogeologico

I caratteri idrogeologici dell'area indagata sono in stretta relazione con le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti.

Le rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche, fessurate e carsificate, presentano nel complesso una certa omogeneità litologico-strutturale ed idrogeologica. Nell'insieme, tali terreni sono caratterizzati da un medio-alto grado di permeabilità per fessurazione e carsismo, come peraltro è dimostrato dall'assenza di una idrografia superficiale e dalla cospicua presenza di acque nel sottosuolo.

Anche i terreni calcarenitici plio-pleistocenici sono più o meno omogenei e dotati di una certa permeabilità per porosità interstiziale.

Nell'area in esame vi è presenza di due acquiferi: uno profondo, l'altro superficiale.

Il primo ha sede nei calcari cretacei costituenti l'impalcatura geologica e non affioranti nella zona considerata. Essi presentano un'elevata permeabilità secondaria sia verticale che orizzontale dovuta alla loro fratturazione di origine tettonica ed all'azione della dissoluzione carsica ad opera delle acque meteoriche e di penetrazione che li attraversano.

Si tratta quindi di una falda cospicua, unica risorsa idrica della regione, la cui acqua galleggia per differenza di densità su quella marina che invade i calcari della penisola salentina e la cui area di ricarica è individuabile nella contigua idrostruttura delle Murge.

Il secondo è di tipo a falda libera, o al più semiconfinata, circola nei litotipi sabbioso-calcarenitici calabrianici e post-calabrianici ed è presente solo laddove, come in zona, vi è il sostegno di uno strato argilloso impermeabile (argille grigio-azzurre calabrianiche).

L'acquifero è costituito da sabbie, a grana medio-grossolana, appartenenti ai Depositi Marini Terrazzati, presenti in corrispondenza della Conca di Brindisi, fortemente assorbenti per permeabilità di tipo primario legata alle peculiarità intrinseche che ne conferiscono buona porosità. I livelli calcarenitici sono dotati di una bassa permeabilità soprattutto secondaria per fratturazione.

Nell'insieme la formazione ha permeabilità medio-bassa anche per il contributo offerto dalle frazioni limose sempre o quasi presenti.

La falda freatica ha potenzialità irrilevanti rispetto alla falda profonda e la sua ricarica è legata esclusivamente a fenomeni di infiltrazione locale che hanno sede nei depositi marini sabbioso-calcarenitici pleistocenici permeabili per porosità.

Essa, pertanto, è soggetta a variazioni di quota stagionali in stretta connessione coi regimi pluviometrici dell'area in esame, presentando quindi i livelli massimi in corrispondenza dei mesi autunnali e invernali ed i minimi in quelli estivi.

Nella zona considerata, come detto, l'apporto alla falda profonda delle acque meteoriche è ben scarso per la presenza degli strati argillosi impermeabili e le acque provenienti dal massiccio murgiano rappresentano per essa la prevalente fonte di arricchimento. Gli afflussi pluviali

incidenti sui terreni affioranti vanno ad alimentare sia la falda superficiale presente sia i corsi d'acqua temporanei esistenti, fluendo così a mare.

Non vi è, inoltre, possibilità alcuna di travasi di acque dalla falda superficiale alla profonda a meno di condizioni eccezionali, non osservabili nell'area di studio, dovute alla presenza di pozzi mal funzionanti, a locali assottigliamenti degli strati impermeabili o alla tettonizzazione degli stessi con formazioni di faglie ormai sepolte.

Le acque dolci di falda risultano sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale, sulle quali esse "galleggiano" in virtù della loro minore densità: in condizioni di quiete ed in assenza di perturbazioni della falda, si stabilisce una situazione di equilibrio e non si verifica alcun fenomeno di mescolamento tra le due diverse masse idriche.

Detta condizione di galleggiamento della lente di acqua dolce sulla sottostante acqua salata, può essere esplicitata mediante la legge di GHYBEN-HERZBERG che permette di determinarne lo spessore (h) in funzione della densità e del carico piezometrico:

$$h = (d_f / (d_m - d_f)) \times t$$

dove d_m è la densità dell'acqua di mare (1.03 g/cmc), d_f la densità dell'acqua dolce di falda (1.0028 g/cmc) e t il carico piezometrico.

Dalla lettura dei valori che t assume in zona, si deduce che lo spessore dell'acquifero in questione è valutabile in 100 m circa.

La falda profonda salentina (vedi Fig. 6) presenta, su grande scala, una forma pseudo-lenticolare con spessori massimi nella parte centrale della penisola, che si assottigliano poi progressivamente in direzione della costa. Il livello di base verso cui le acque di falda defluiscono è, infatti, costituito dal livello marino: il deflusso, di tipo radiale, si esplica pertanto dall'entroterra verso le zone costiere, con cadenti piezometriche molto basse, raramente superiori all'1‰.



Fig. 6 - Sezione idrologica della Penisola Salentina.

Le informazioni assunte consentono di affermare la possibile presenza di una falda sospesa superficiale il cui livello statico potrebbe attestarsi a quote non superiori -1.50 ÷ -2.00 m ca. dal p.c., in stretta connessione coi regimi pluviometrici dell'area in esame.

FIG. 7 - SEZIONE SCHEMATICA CIRCOLAZIONE IDRICA

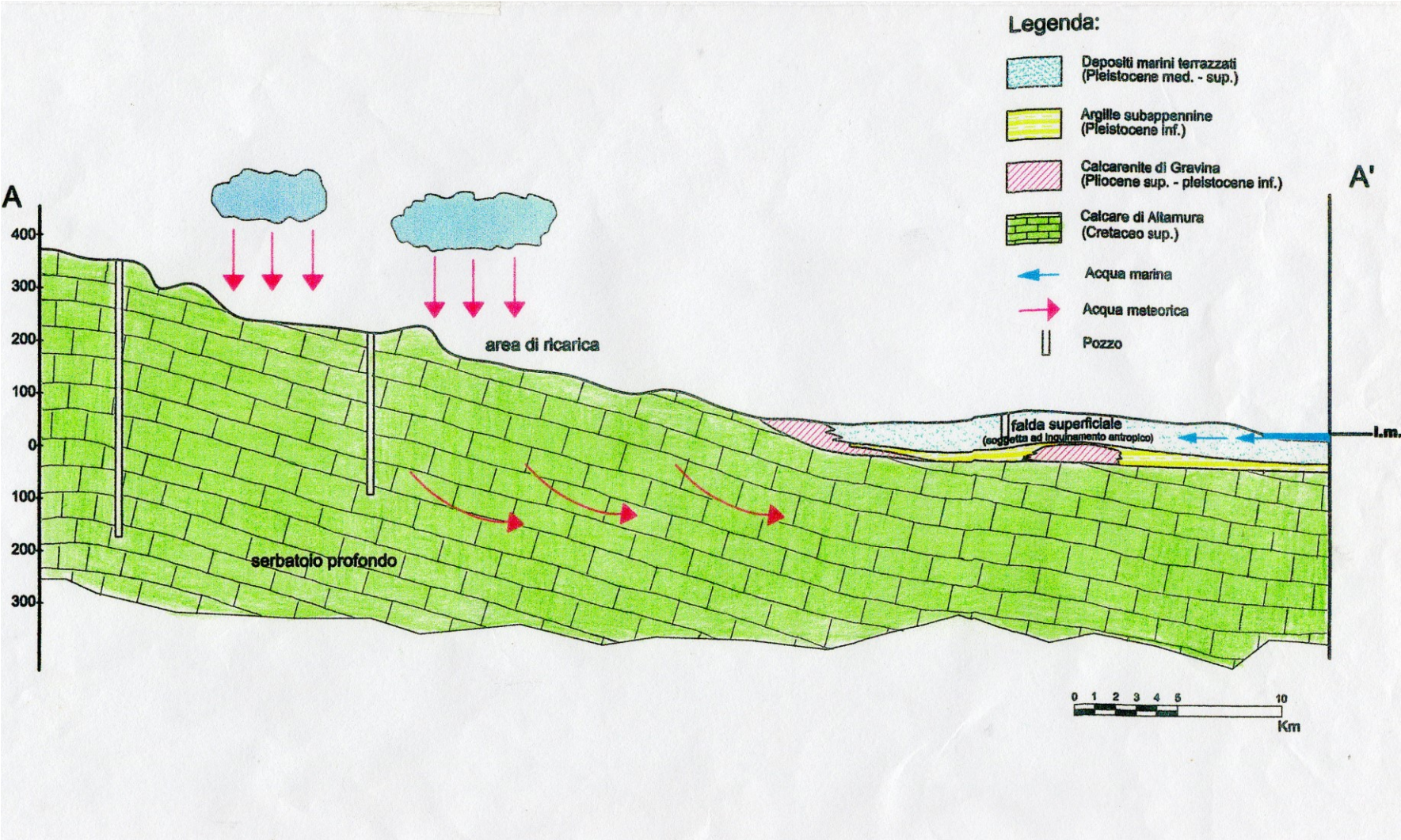
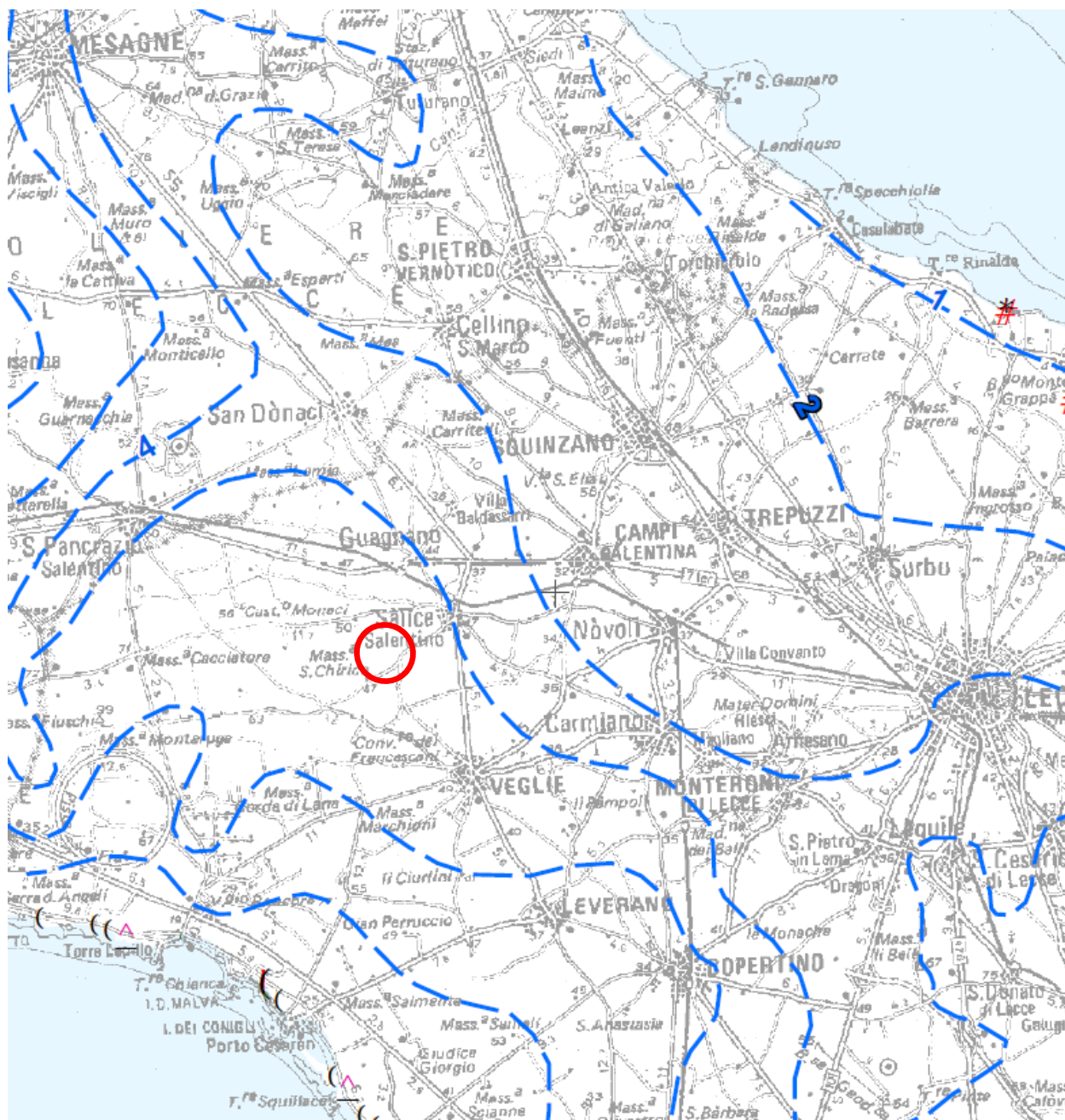
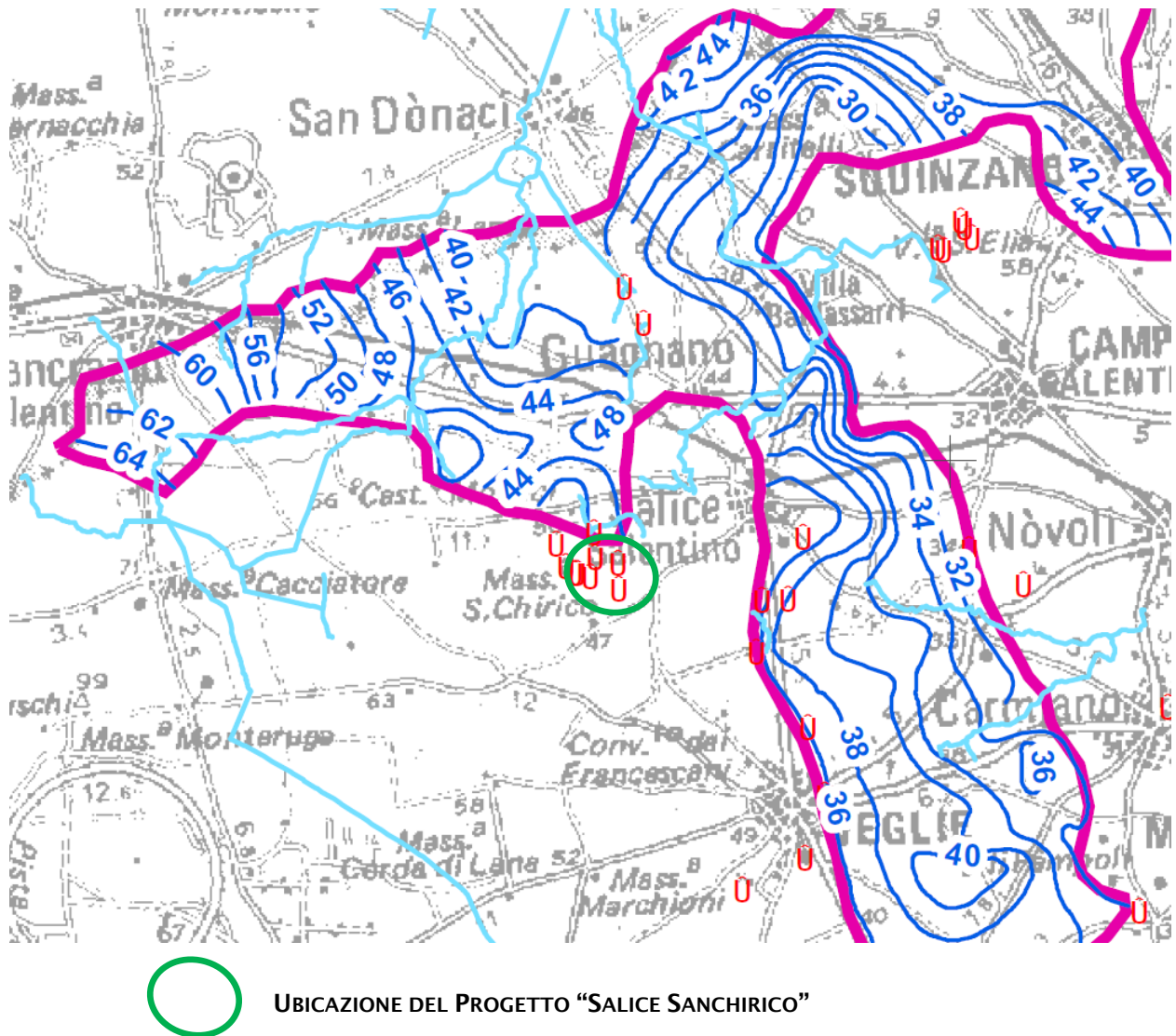


FIG. 8 - PTA REGIONE PUGLIA 2009 - TAV. 6.2 - CARTA DELLE ISOPIEZE



UBICAZIONE DEL PROGETTO "SALICE SANCHIRICO"

FIG. 9 - PTA REGIONE PUGLIA 2009 - TAV. 060302 - CARTA DELLE ISOPIEZE SUPERFICIALI



6. Indagini eseguite

Come affermato in premessa, per il riconoscimento delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione sono state eseguite (dalla GEOPROVE S.r.l., in data 16 luglio 2022) le seguenti indagini indirette:

- n.4 profili sismici a rifrazione;
- n.4 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

6.1 Profilo sismico a rifrazione

Per la ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dell'area e per la caratterizzazione meccanica dei litotipi che si rinvenivano nell'area sono stati eseguiti n.4 profili sismici a rifrazione (SR1, SR2, SR3, SR4) ognuno con uno stendimento di lunghezza pari a 33 m.

La sismica a rifrazione consente di valutare, sulla base della misura delle velocità di propagazione delle onde elastiche, le caratteristiche strutturali e di deformabilità dei terreni. Inoltre, permette di delimitare le coperture presenti (depositi eluvio-colluviali, materiale di riporto, ecc.).

L'indagine si basa sulla registrazione dei tempi di arrivo ad una serie di geofoni delle onde elastiche longitudinali generate da impatti sulla superficie del terreno.

Quando le onde sismiche incidono su di una superficie di discontinuità elastica (ovvero una superficie che separa due mezzi sovrapposti aventi natura e proprietà elastiche differenti) si verificano fenomeni di rifrazione e di riflessione. I raggi rifratti possono ritornare in superficie per cui, noti i tempi di percorrenza tra sorgente sonora e geofono, nonché la distanza tra questi due, è possibile calcolare la velocità di propagazione delle onde longitudinali in ciascun "mezzo sismico" attraversato e da questa risalire anche alle costanti elastiche.

L'elaborazione del profilo sismico è avvenuta mediante apposito algoritmo delle sezioni sismografiche. Tale metodo permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine.

L'apparecchiatura adottata per l'esecuzione delle prospezioni è rappresentata da un sismografo 12 canali della *Geometrics* (Sismografo Modulare *GEODE*), costituito da una serie di geofoni di bassa frequenza regolarmente spazati lungo un determinato stendimento e da un sistema che registra l'istante di partenza del treno d'onda ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. L'energizzazione del terreno è stata ottenuta per mezzo di una massa battente del peso di 5 Kg.

L'analisi dei sismogrammi ha consentito di ricavare i tempi di primo arrivo delle onde sismiche longitudinali tramite i quali sono stati ricavati i diagrammi distanza-tempo (dromocroni) utilizzati sia per il calcolo analitico delle velocità di propagazione delle onde elastiche, sia per

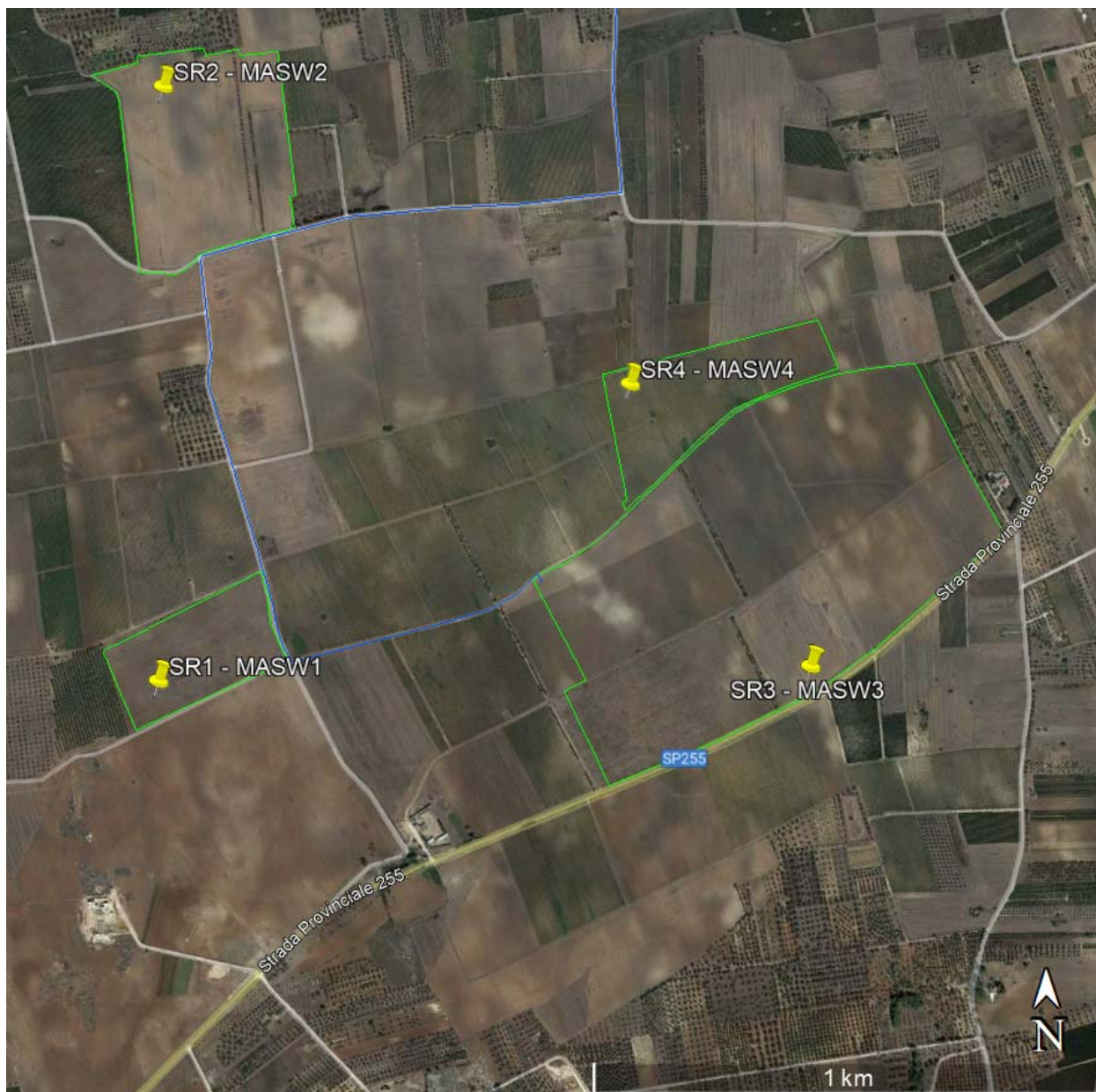
l'interpretazione della struttura sotterranea e l'elaborazione della corrispondente sezione sismo-stratigrafica.

Per maggiori dettagli inerenti la tecnica utilizzata e la determinazione dei moduli elastici e delle caratteristiche meccaniche dei litotipi indagati si rimanda alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati* al presente lavoro.

6.2 Profilo sismico con metodologia MASW.

Per la presentazione dell'indagine sismica con metodologia MASW si rimanda al Cap. 8 ed alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati*.

FIG. 10 – ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI



Legenda

SR Profilo sismico a rifrazione

MASW Profilo sismico con metodologia MASW

7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico

7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni

I profili sismici eseguiti in sito hanno permesso di ricostruire un modello che mette in evidenza i rapporti tra i diversi sismostrati in base ai tempi di arrivo delle onde sismiche.

In particolare:

- Il profilo sismico a rifrazione SR1 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore medio variabile tra 0,9 e 1,0 m caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/s, il secondo, con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale, caratterizzato da una velocità media V_p di 1000 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR2 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore medio variabile tra 0,6 e 0,8 m caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/s, il secondo, con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale, caratterizzato da una velocità media V_p di 1400 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR3 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore variabile tra 1,2 e 1,7 m caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/s, il secondo, con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale, caratterizzato da una velocità media V_p di 900 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR4 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore variabile tra 0,40 e 0,70 m, caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/s, il secondo, con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale, caratterizzato da una velocità media V_p di 1500 m/s.

Per le ricostruzioni delle sezioni sismostratigrafiche si rimanda alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati*.

Pertanto, in base all'analisi dei profili sismici, la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

Colonna stratigrafica 1

0,00 m ÷ 0,90/1,00 m

terreno vegetale

0,90/1,00 m ÷ prof. non indagata

sabbie concrezionate, mediamente addensate, con possibile presenza di noduli calcarenitici

Colonna stratigrafica 2

0,00 m ÷ 0,60/0,80 m

terreno vegetale

0,60/0,80 m ÷ prof. non indagata

sabbie concrezionate con presenza di orizzonti calcarenitici tipo “Panchina”

Colonna stratigrafica 3

0,00 m ÷ 1,20/1,70 m

terreno vegetale

1,20/1,70 m ÷ prof. non indagata

sabbie concrezionate

Colonna stratigrafica 4

0,00 m ÷ 0,40/0,70 m

terreno vegetale

0,40/0,70 m ÷ prof. non indagata

orizzonti calcarenitici tipo “Panchina” frammisti a sabbie concrezionate

La caratterizzazione stratigrafica dell’area in esame è conforme con i dati di letteratura e con la “Carta Geologica delle Murge e del Salento” (di Ciaranfi et alii) utilizzata come riferimento per l’inquadramento geologico.

Per quanto riguarda il cavidotto di collegamento dell’impianto agrivoltaico alla SE di Cellino S. Marco, di futura costruzione, esso sarà interrato; il suo tracciato si snoderà, laddove possibile, lungo strade esistenti. Ricadrà anch’esso interamente all’interno dell’unità individuata dei *Depositi marini Terrazzati* di cui alla letteratura e verrà alloggiato in scavi, eseguiti fino a quote comprese tra -0,50 e -1,00 m dal p.c., che pertanto, intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale) e la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie concrezionate).

In Fig. 11 si riporta la colonna stratigrafica tipo, tenuto conto delle quote medie di rinvenimento dei due livelli individuati nei profili sismici a rifrazione eseguiti. Per le stratigrafie di dettaglio corrispondenti a ciascun profilo sismico eseguito si rimanda alle sismostratigrafie all’interno della *Relazione conclusiva delle attività di indagine* in *Allegati*.

Nella tabella seguente vengono riportati i principali moduli e parametri desunti dalla misurazione delle velocità Vs e Vp nel corso dei profili sismici a rifrazione (cfr *Relazione conclusiva delle attività di indagine* in *Allegati*):

Strato	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ϕ (°)	C' (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E (Kg/cmq)	η
1	300						
2	900	248	26	0.0	1.83	310	0.45
2	1400	345	33	0.0	2.06	4800	0.44

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

Tab. 2 - Parametri geotecnici e moduli correlati a Vp e Vs

7.2 Permeabilità dei terreni

Prove di permeabilità in pozzetto a carico variabile (tipo Lefranc) condotte nella zona in esame ed in litotipi aventi le medesime caratteristiche fisiche di quelli presenti in zona hanno mostrato valori di permeabilità $k = 10^{-5}$ m/s.

Si tratta di valori che indicano una permeabilità medio-bassa se si considera che i dati forniti dalla letteratura riportati in Tab. 3 indicano come riferimenti i seguenti valori:

Grado di permeabilità	Valori di K (m/s)
Alto	$>10^{-3}$
Medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
Basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
Molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeabile	$<10^{-9}$

Tab. 3 - Corrispondenza tra valore e grado di permeabilità

Le prove di permeabilità rappresentano, comunque, prove puntuali che non tengono in considerazione le variazioni laterali dei litotipi quaternari costituenti i terreni sui quali ricade il sito oggetto dello studio.

Valori medio-bassi di permeabilità stanno a significare che all'interno della legge del bilancio idrologico gli afflussi rivenienti sul territorio sono destinati sia al ruscellamento superficiale che all'infiltrazione nel suolo e sottosuolo.

8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo indagine sismica con la metodologia MASW

8.1 Classificazione sismica

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, pubblicata in G.U. n. 105 del 8-5-2003 - Suppl. Ordinario n.72, stabilisce che in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento “Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale”, elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.

Tale “Proposta” individua le nuove zone sismiche (quattro) nelle quali è suddiviso l'intero territorio nazionale (ivi compreso il territorio regionale pugliese), classificando sismicamente ciascun comune in una delle quattro zone e comparando detta nuova classificazione con quella previgente. In proposito, si evidenzia che l'ordinanza 3274/03 attribuisce alle singole Regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica per quelle costruzioni da edificare sui rispettivi territori in zona sismica classificata 4 e per quegli edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale collasso degli stessi, da realizzare ex novo, di cui al DPCM 21/10/2003.

L'esercizio di tale ultima facoltà è consentito, grazie alle tante proroghe succedutesi, fino all'emanazione del D.M. 14/01/2008 “Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni” dove al comma 4 viene precisato che “le indicazioni di cui ai punti precedenti non operano per le verifiche tecniche e le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico ed a particolari opere infrastrutturali...”. Dall'entrata in vigore del decreto, la progettazione dovrà essere elaborata esclusivamente sulla base delle nuove norme tecniche dallo stesso approvate.

La Regione Puglia ha recepito l'Ordinanza 3274/03 provvedendo alla prima, ancorché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale pugliese, così come individuata nell'Allegato 1 alla Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004 n.153, operata estrapolando dall'Allegato A all'ordinanza 3274/03 i comuni pugliesi ivi classificati, riservandosi di provvedere definitivamente alla predetta riclassificazione sismica, successivamente all'intervenuta elaborazione della nuova mappa nazionale del rischio sismico a cura della competente Amministrazione statale.

Secondo la suddetta riclassificazione il comune di Salice Salentino (LE) ricade in zona 4.

Per il sito oggetto del presente studio, la caratterizzazione sismica è stata eseguita con la modalità riportata nel paragrafo seguente.

8.2 Indagine sismica con metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs, sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il *picking* o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs e il parametro Vs,eq.

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per l'indagine MASW sono costituite da:

- ✓ un sistema di energizzazione ad impatto verticale per le onde di Rayleigh costituito da una mazza battente verticalmente su piastra metallica posta direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;
- ✓ un sistema di ricezione costituito da 12 geofoni verticali;

- ✓ un sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo e da un notebook PC Windows XP con software di acquisizione dati;
- ✓ un sistema di trigger: consistente in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

8.3 Categoria del suolo di fondazione

Grazie alla tecnica descritta precedentemente è stato possibile giungere all'individuazione della categoria del suolo per l'area indagata.

All'interno dei siti oggetto di studio sono stati eseguiti n.4 profili di lunghezza pari a 33 m, di seguito denominati MASW 1, MASW 2, MASW 3, MASW 4.

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

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Da tale relazione sono emersi i seguenti valori di $V_{s,eq}$.

MASW 1: 508 m/s;

MASW 2: 530 m/s;

MASW 3: 333 m/s;

MASW 4: 621 m/s.

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E) è fissata una descrizione litostratigrafica, con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove “*Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*” il profilo stratigrafico dei terreni permette di classificare le zone oggetto di indagine come appartenenti a differenti categorie sismiche:

- ✓ *Categoria 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;*
- ✓ *Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;*

- ✓ Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;*
- ✓ Categoria D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;*
- ✓ Categoria E: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

In questo lavoro, in base all'analisi dei profili sismici e delle correlazioni relative, si attribuiscono ai suoli di fondazione le seguenti categorie:

- **MASW 1 – MASW 2 – MASW 4**

Categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

- **MASW 3**

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Come premesso, con l' "Ordinanza" n° 3274 del 20 Marzo 2003 della "Presidenza del Consiglio dei Ministri" sono state emanate le norme che definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche ai sensi dell' Art. n° 93, 1g del Decreto Legislativo 112/1998 ai fini della formazione e dell'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell' Art. 94, 2a del medesimo decreto.

L' "Ordinanza Ministeriale" è stata recepita con "Deliberazione della Giunta Regionale" n° 153 del 02/03/2004.

Sulla base di tale "Deliberazione" il comune di Salice Sal.no (LE) risulta inserito in Zona Sismica 4:

"Zona 4 - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse. Comprende 3.488 comuni."

Sulla base delle recenti disposizioni previste dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (17/01/2018) si definiscono, per l'opera in progetto, i seguenti parametri sismici:

Lotti ricadenti nel comune di Salice Salentino

Codice ISTAT: 16075065

Coordinate sito Progetto "Salice Sanchirico":

Longitudine = 17.936833° E;

Latitudine = 40.370083° N

Nodi intorno al sito: 34811 34810 35032 35033

Vita nominale dell'opera: VN = 50 anni (due volte il periodo di resa dei pannelli fotovoltaici)

Classe d'uso: II (opera privata di rilevante importanza in zona sismica 4)

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite:

Periodo di ritorno T_r (anni)		Parametri di pericolosità sismica		
		a_g (g/10)	F_0 (adim)	T_c^* (sec)
SLD	30	0.15041372	2.33760721	0.16000000
SLD	50	0.20080437	2.34131057	0.22706872
SLV	475	0.49577253	2.47619771	0.47000000
SLC	975	0.60919645	2.58717291	0.53141213

Dai valori ottenuti è possibile ricavare gli spettri da utilizzare per l'analisi sismica della struttura.

Dove: SL = Stato Limite considerato; Tr = Tempo di ritorno (anni); a_g = Accelerazione orizzontale massima al sito; Fo = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc*= Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Popolazione residente	8.287
Densità per Km²	140,5
Zona sismica (Ordinanza n.3274/2003)	4

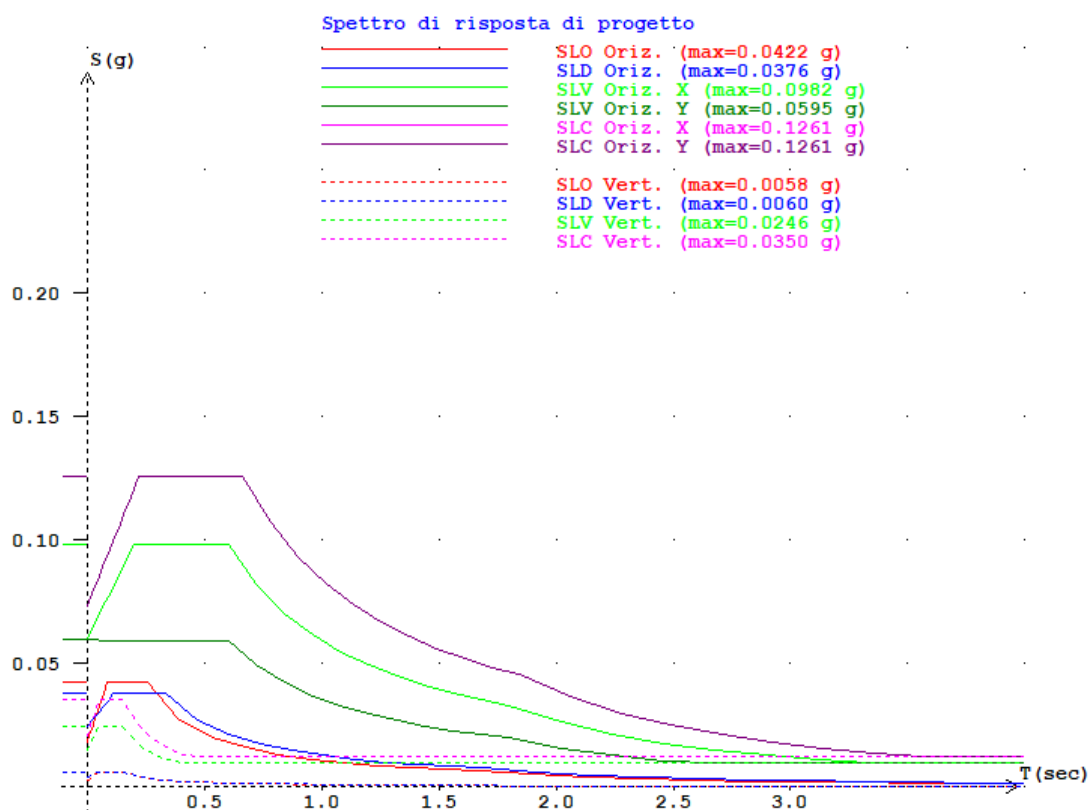


Fig. 12 - Spettri di risposta sismica di progetto - Salice Salentino

Le elaborazioni riportate sono state effettuate con il software *Spettri ver. 2.3* della *Ingegneria Soft.com*.

9. Conclusioni

La società proponente TRINA SOLAR PAPIRO S.R.L., avente Sede legale in Piazza Borromeo, 14 - MILANO (MI), 20123 - Numero REA MI 2646247, P.IVA 12202020967, PEC: trinasolarpapiro@unapec.it, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto di installazione di un Impianto Agrivoltaico denominato “Salice Sanchirico”, nel comune di Salice Salentino, provincia di Lecce, con potenza installata pari a 40.683,52 kWp e 40.000,00 kW in immissione alla rete elettrica nazionale.

La Società Proponente intende realizzare tale impianto “agrivoltaico”, ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario.

Al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio e di pervenire ad una sua caratterizzazione geologica, si è proceduto:

- al rilevamento geologico di campagna di dettaglio;
- all'analisi di dati in possesso dello scrivente;
- all'analisi di dati e informazioni desunte da letteratura tecnica;
- all'esecuzione di un piano di investigazione costituito da
 - indagini indirette:
 - o n.4 profili sismici a rifrazione;
 - o n.4 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

Lo studio ha evidenziato che:

- nell'area in cui sorgerà l'impianto i litotipi che interesseranno direttamente la struttura in progetto appartengono alla formazione dei “Depositi marini terrazzati”, con copertura di terreno vegetale;
- in base all'analisi dei profili sismici, la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

Colonna stratigrafica 1

0,00 m ÷ 0,90/1,00 m	terreno vegetale
0,90/1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie concrezionate, mediamente addensate, con possibile presenza di noduli calcarenitici

Colonna stratigrafica 2

0,00 m ÷ 0,60/0,80 m	terreno vegetale
0,60/0,80 m ÷ prof. non indagata	sabbie concrezionate con presenza di orizzonti calcarenitici tipo "Panchina"

Colonna stratigrafica 3

0,00 m ÷ 1,20/1,70 m	terreno vegetale
1,20/1,70 m ÷ prof. non indagata	sabbie concrezionate

Colonna stratigrafica 4

0,00 m ÷ 0,40/0,70 m	terreno vegetale
0,40/0,70 m ÷ prof. non indagata	orizzonti calcarenitici tipo "Panchina" frammenti a sabbie concrezionate

- il cavidotto di collegamento dell'impianto agrivoltaico alla SE di Cellino S. Marco, di futura costruzione, sarà interrato; il suo tracciato si snoderà, laddove possibile, lungo strade esistenti. Ricadrà anch'esso interamente all'interno dell'unità individuata dei *Depositi marini Terrazzati* di cui alla letteratura e verrà alloggiato in scavi, eseguiti fino a quote comprese tra -0,50 e -1,00 m dal p.c., che pertanto, intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale) e la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie concrezionate).
- lo studio idrogeologico eseguito, unitamente alla conoscenza dell'area in cui ricade il sito, consentono di affermare che le condizioni litostratigrafiche possono comportare localmente la presenza di una falda sospesa superficiale il cui livello statico potrebbe attestarsi a quote non superiori -1.50 ÷ -2.00 m ca. dal p.c., in stretta connessione coi regimi pluviometrici dell'area in esame; è presente, inoltre, una falda profonda, che circola nel basamento calcareo cretaceo, quindi su tutto il territorio oggetto di studio, con quote teoriche comprese tra -42 e -47 m dal p.c.; lo spessore dell'acquifero in questione è valutabile in 100 m circa;
- ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", l'analisi dei profili sismici con metodologia MASW e le correlazioni relative, hanno permesso di assegnare ai terreni di fondazione, le seguenti categorie di suoli:

- MASW 1 – MASW 2 – MASW 4

Categoria B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

- MASW 3

Categoria C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

- secondo la "Deliberazione della Giunta Regionale" n° 153 del 02/03/2004, il comune di Salice Salentino è inserito in Zona sismica 4.

Durante l'esecuzione degli scavi è necessaria l'adozione di strutture di sostegno partendo dal presupposto che le azioni dovute al terreno, all'acqua ed ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate e composte in modo da pervenire di volta in volta alle condizioni più sfavorevoli;

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità che è proprio delle formazioni geolitologiche, il progettista e/o direttore dei lavori deve verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e l'effettiva situazione riscontrata, differendo, in caso contrario, le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori indagini.

Brindisi, luglio 2022

dott. geol. Francesco Caldarone



ALLEGATI

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI LECCE
COMUNE DI SALICE SALENTINO

INSTALLAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO DENOMINATO "SALICE
SANCHIRICO"

RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITU

COMMITTENTE: TRINA SOLAR PAPIRO S.R.L.



Dott. Marcello De Donatis

Luglio 2022

INDICE

<i>INDICE</i>	1
<i>PREMESSA</i>	2
<i>INDAGINE GEOGNOSTICA</i>	3
<i>Profilo sismico a rifrazione</i>	3
<i>Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)</i>	10

PREMESSA

Nel mese di giugno 2022, la Società Geoprove S.r.l. di Ruffano, eseguiva delle indagini allo scopo di ricostruire il modello geologico-stratigrafico e di caratterizzare meccanicamente e sismicamente i terreni investigati ubicati nel Comune di Salice Salentino.

La campagna d'indagini è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

Sono stati pertanto eseguiti:

- n.4 profili sismici a rifrazione;
- n.4 profili sismici con metodologia MASW

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi di supporto alla progettazione.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- n.4 profili sismici a rifrazione;
- n.4 profili sismici con metodologia MASW

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.

I profili sismici sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 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.

Analisi dei risultati

Il profilo sismico a rifrazione n.1 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 0.9 a 1.0 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1000 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad un sismostrato caratterizzato da calcareniti poco cementate.

Il profilo sismico a rifrazione n.2 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 0.6 a 0.8 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1400 m/sec da attribuire a calcarenite mediamente cementata.

Il profilo sismico a rifrazione n.3 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 1.2 a 1.7 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 900 m/sec da ricondurre a calcarenite alterata.

Il profilo sismico a rifrazione n.4 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di circa 0.4-0.7 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1500 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad un sismostrato caratterizzato da calcarenite mediamente cementata.

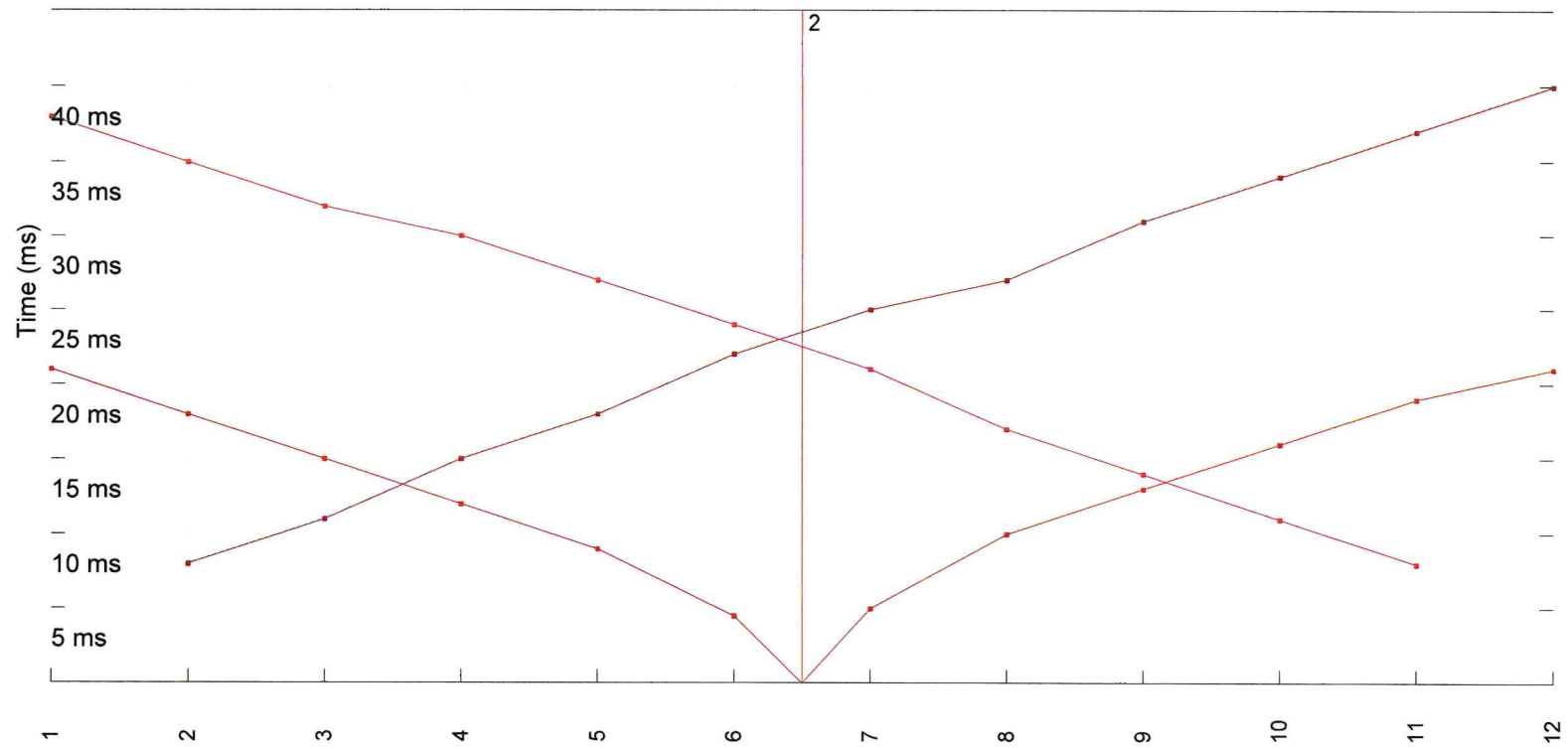
Dalla misurazione delle velocità V_p e V_s , si è risaliti ai seguenti parametri.

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C' (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E (Kg/cmq)	η
1	300						
2	900	248	26	0.0	1.83	310	0.45
2	1400	345	33	0.0	2.06	4800	0.44

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

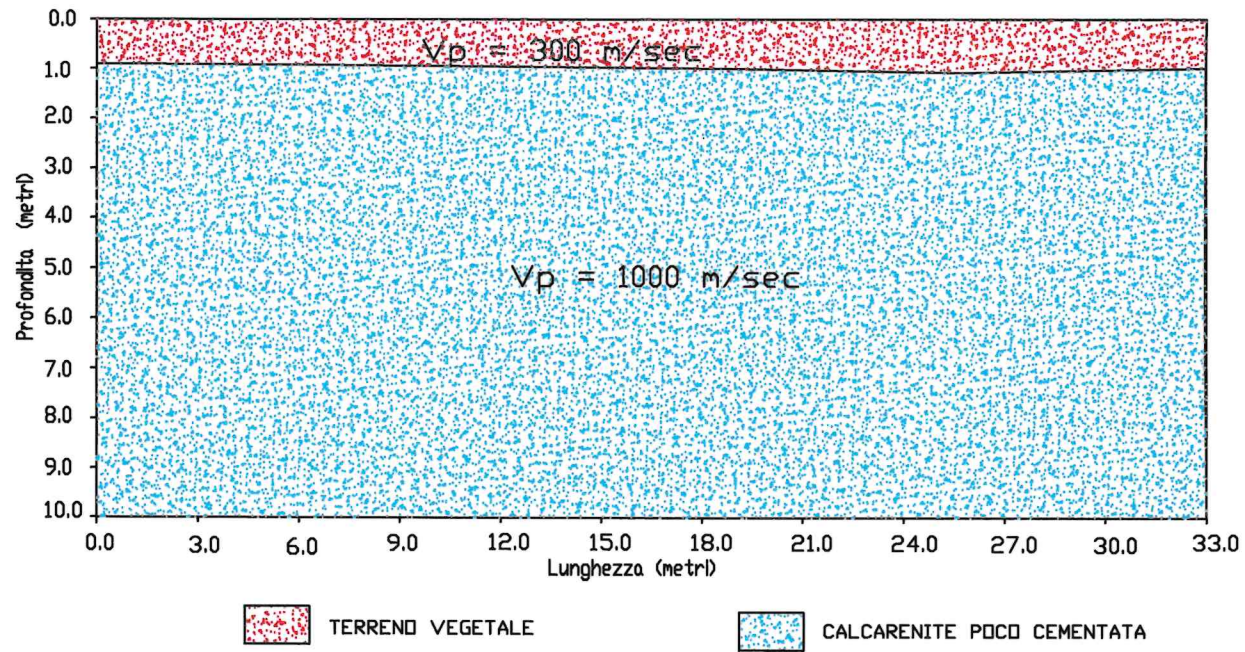
Profilo 1-1';

Località: Salice Salentino;



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'
LOCALITA': SALICE SALENTINO



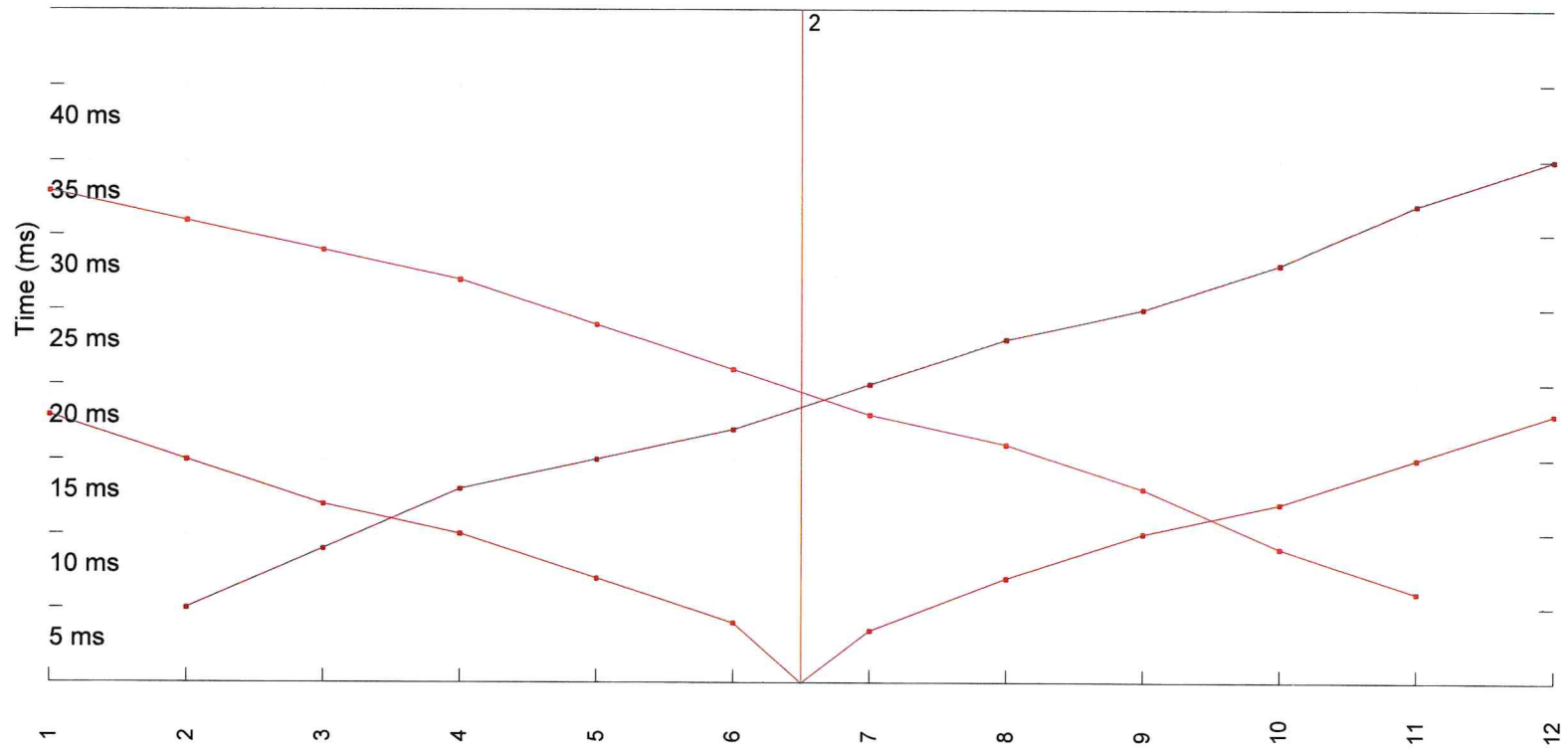


Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 1 e Masw n. 1 sullo stesso stendimento



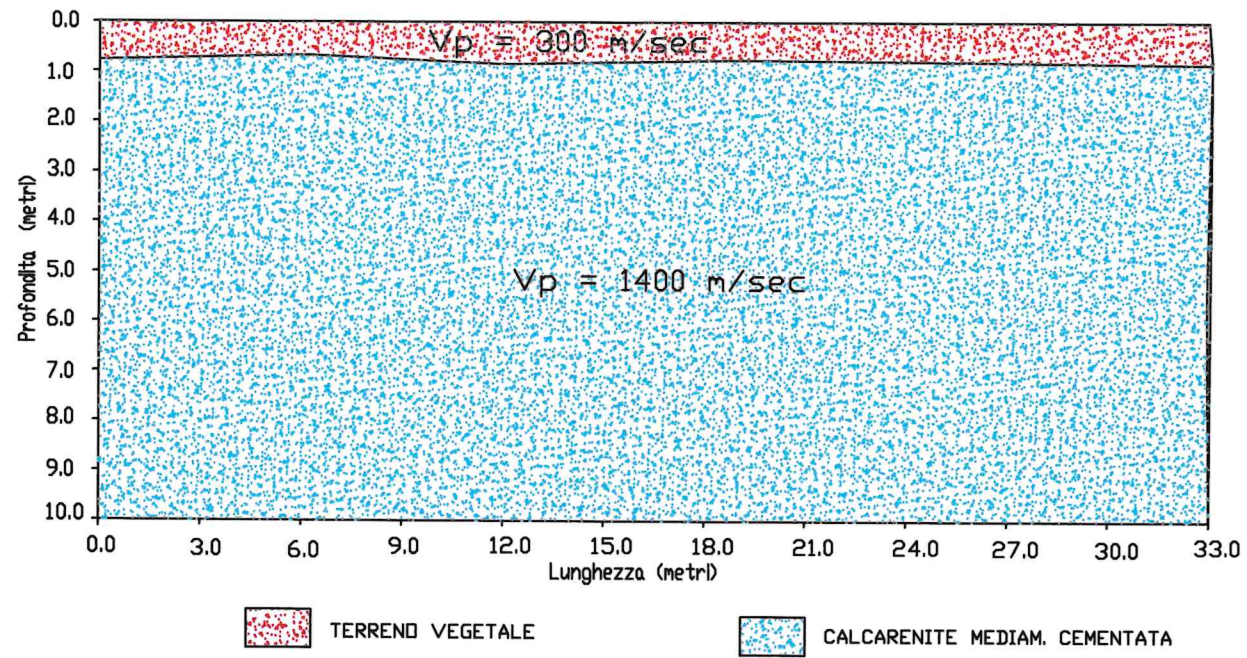
Profilo 2-2';

Località: Salice Salentino (Br);



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'
LOCALITA': SALICE SALENTINO



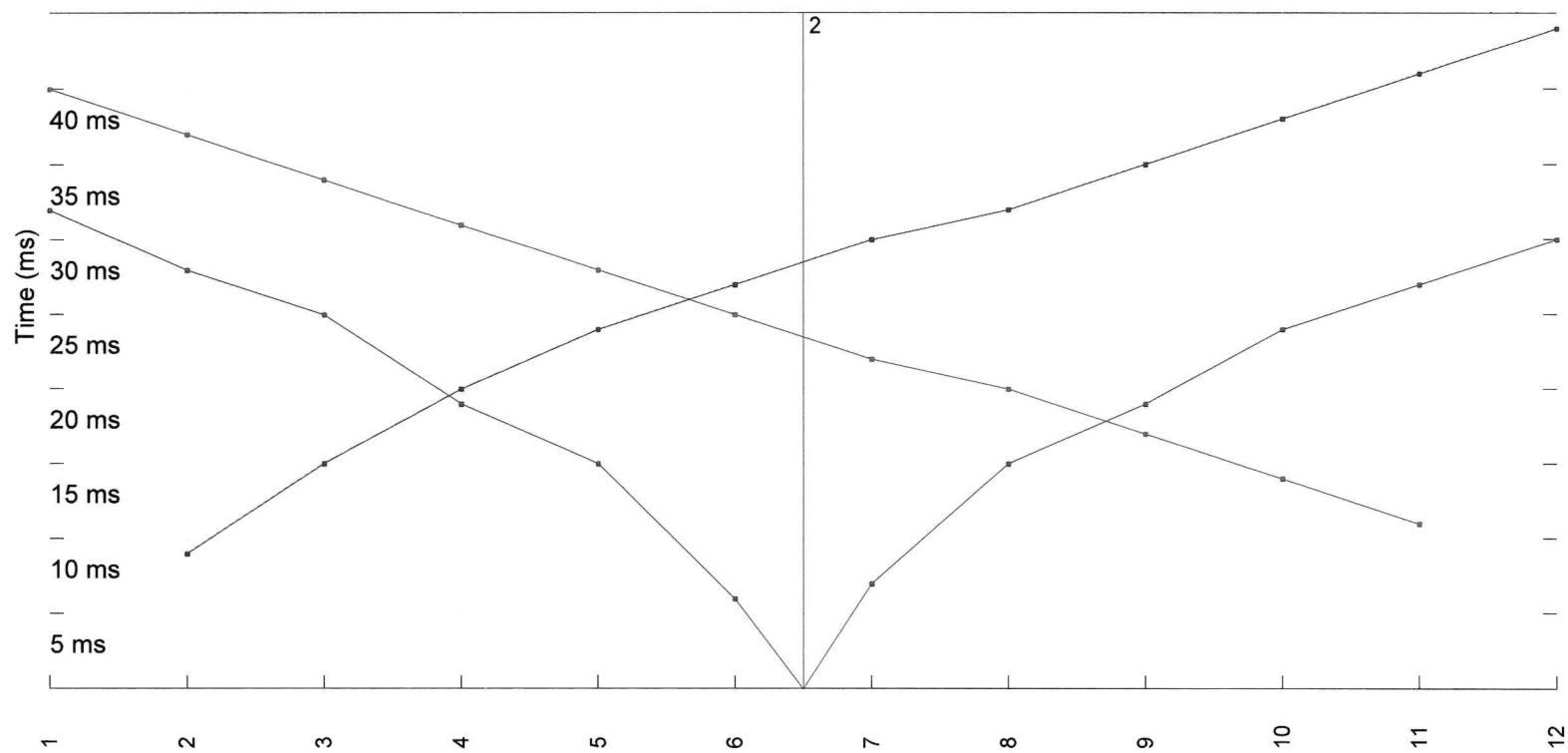


Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 2 e Masw n. 2 sullo stesso stendimento



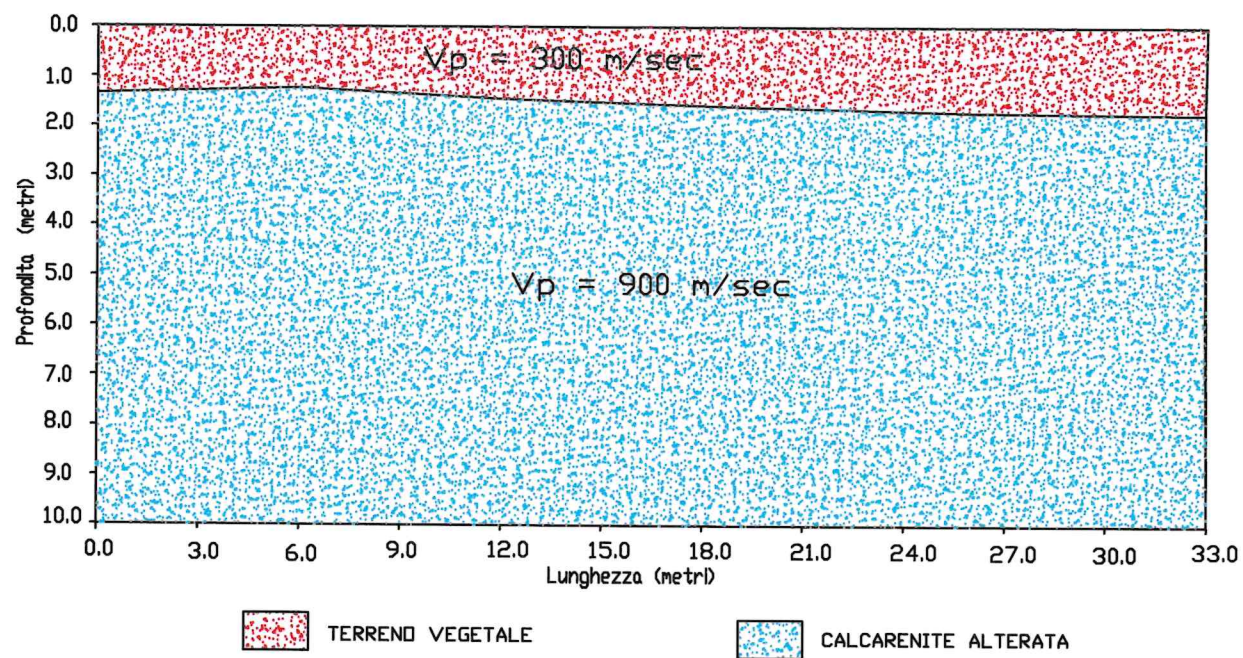
Profilo 3-3';

Località: Salice Salentino (Le);



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3-3'
LOCALITA': SALICE SALENTINO



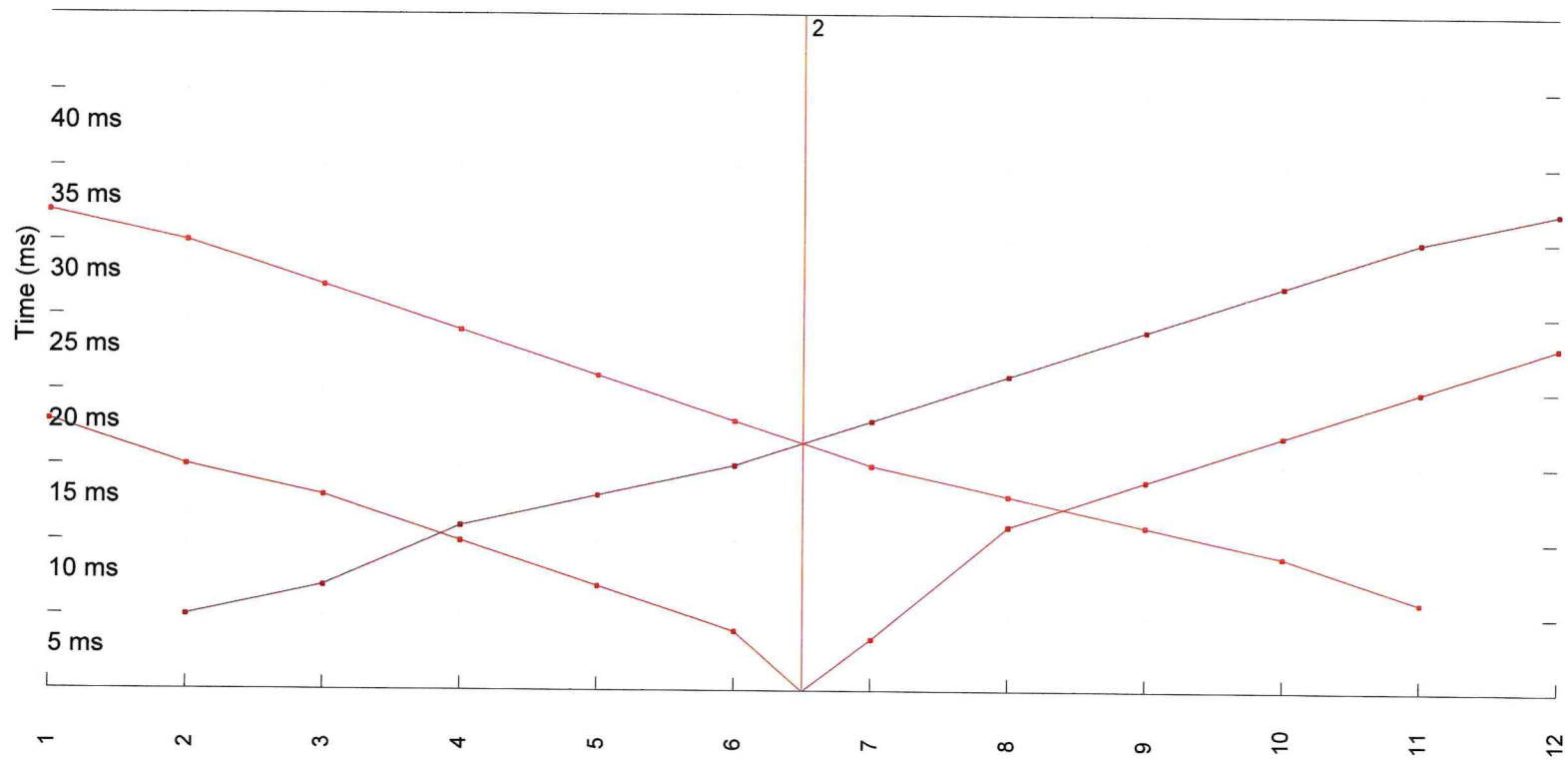


Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 3 e Masw n. 3 sullo stesso stendimento



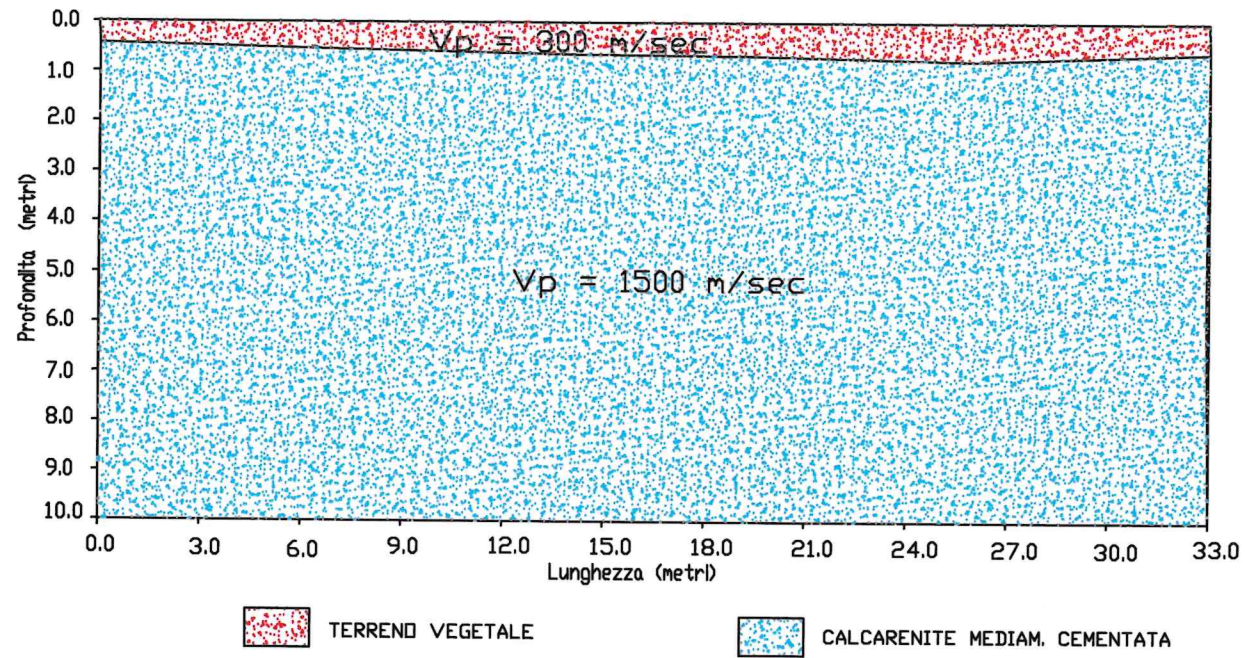
Profilo 4-4';

Località: Salice Salentino (Le);



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 4-4'
LOCALITA': SALICE SALENTINO





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 4 e Masw n. 4 sullo stesso stendimento



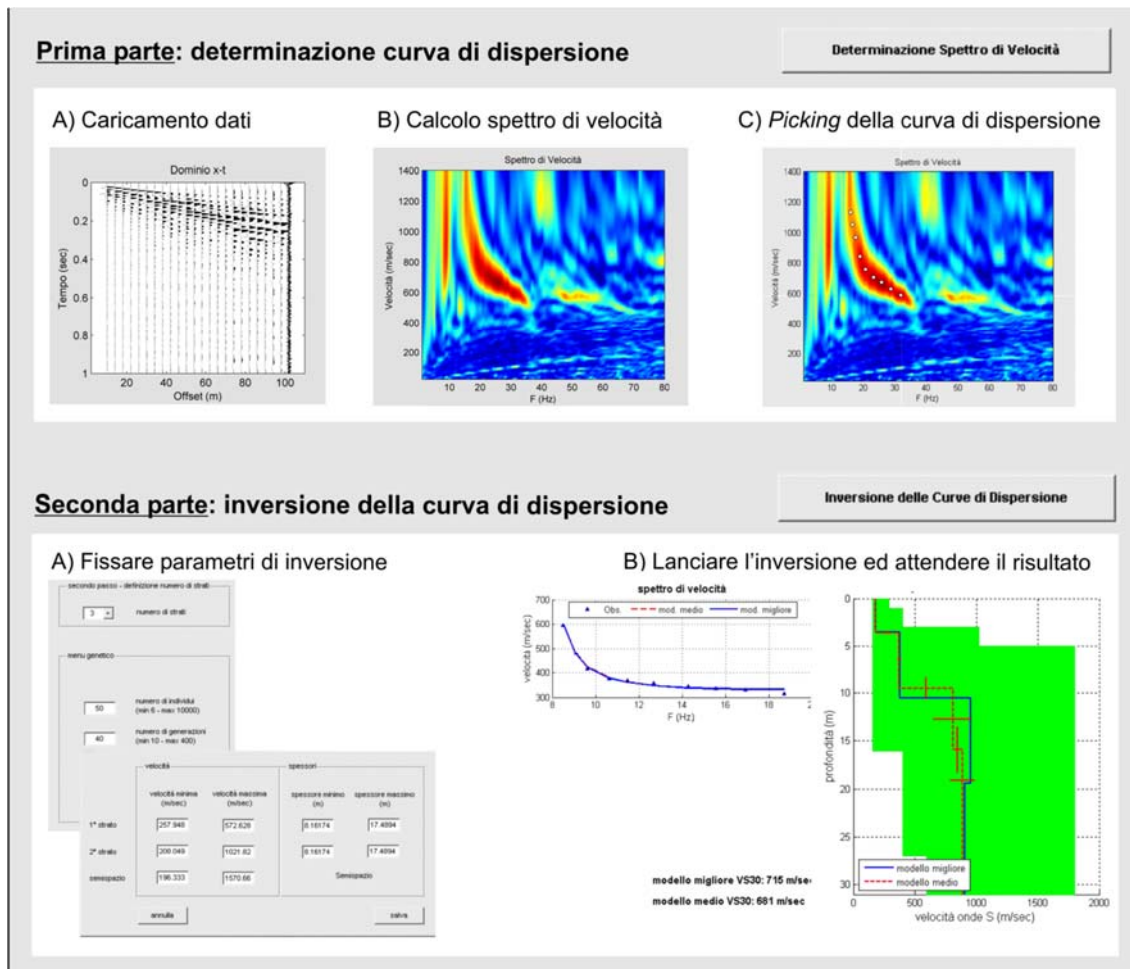
Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione dell'area investigata sono state eseguite delle indagini sismiche con metodologia MASW.

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 VS.



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 erranee.

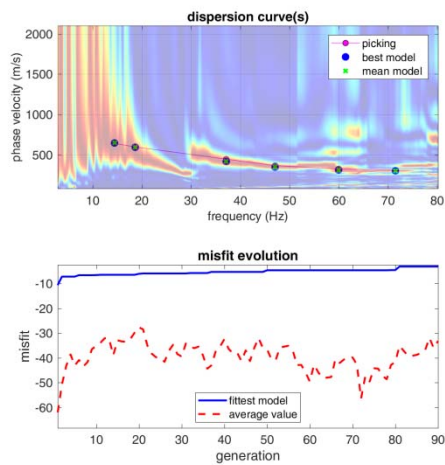
Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

La V_{Seq} è stata calcolata con la seguente espressione:

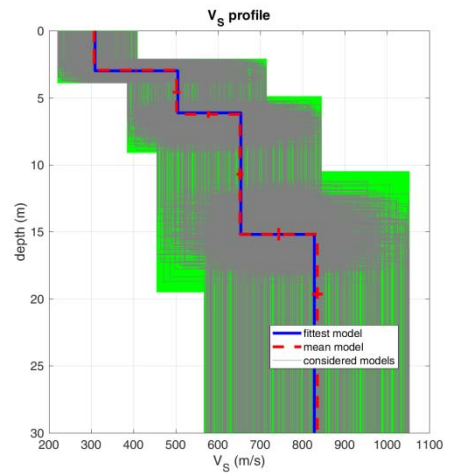
$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum h_i/V_i}$$

Le indagini sismiche Masw sono tre, eseguite in corrispondenza dell'indagine sismica n. 1, n. 2, n. 3 e n. 4.

Avendo ottenuto valori di V_{seq} rispettivamente di 508 m/sec, di 530 m/sec, di 333 m/sec e di 621 m/sec. La Categoria sismica di suolo rientra nella C per l'indagine sismica n. 3 mentre per i profili n. 1, n. 2 e n. 4 la categoria sismica è la B.

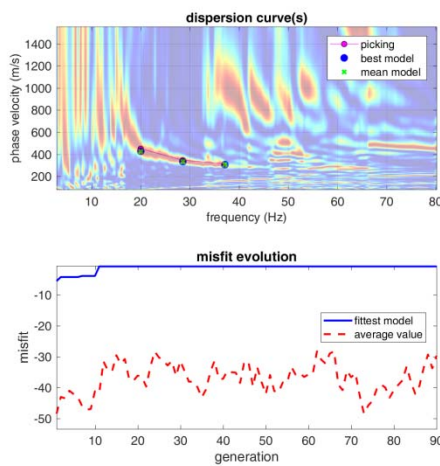


www.winmasw.com

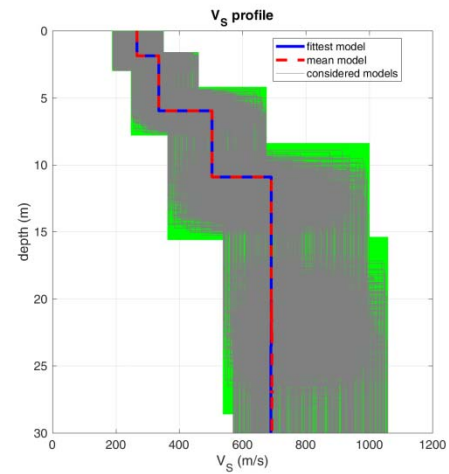


dataset: 0000516.sgy
dispersion curve: p.cdp
Vs30 & VsE (best model): 630 511 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 630 508 m/s

Masw 1

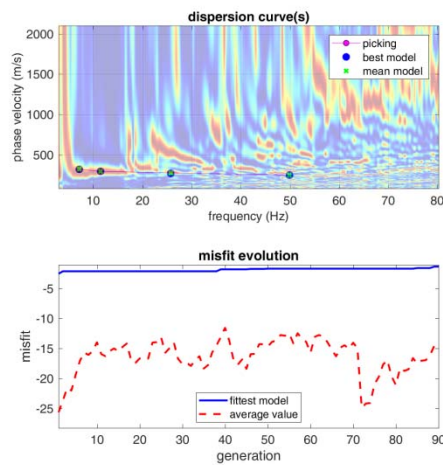


www.winmasw.com

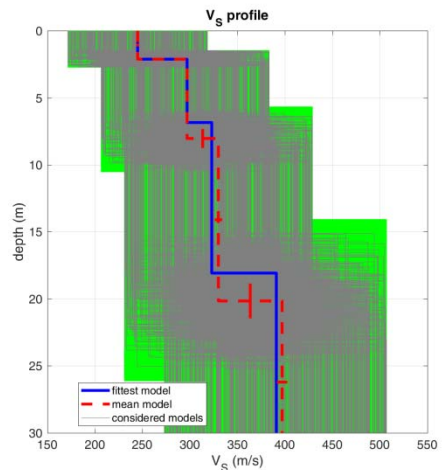


dataset: 0000598.sgy
dispersion curve: p.cdp
Vs30 & VsE (best model): 530 530 m/s
Vs30 & VsE (mean model): 530 530 m/s

Masw 2

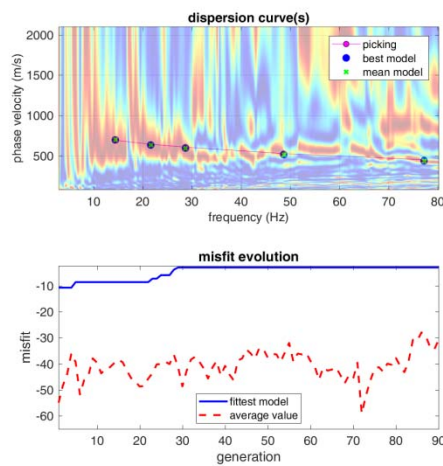


www.winmasw.com

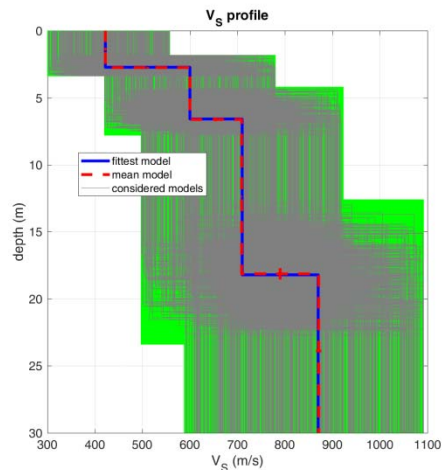


dataset: 00000861.egy
 dispersion curve: p.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 334 334 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 333 333 m/s

Masw 3



www.winmasw.com



dataset: 00000520.egy
 dispersion curve: p.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 701 622 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 701 621 m/s

Masw 4

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.

Ruffano, luglio 2022

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



15