

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA MEDIANTE LO SFRUTTAMENTO DEL VENTO
NEL TERRITORIO COMUNALE DI MESAGNE, BRINDISI E
CELLINO SAN MARCO IN LOC. LO SPECCHIONE (BR)
POTENZA NOMINALE 79,2 MW

PROGETTO DEFINITIVO - SIA

PROGETTAZIONE E SIA

ing. Fabio PACCAPELO

ing. Andrea ANGELINI

ing. Antonella Laura GIORDANO

ing. Francesca SACCAROLA

COLLABORATORI

ing. Giulia MONTRONE

ing. Francesco DE BARTOLO

geom. Rosa CONTINI

STUDI SPECIALISTICI

GEOLOGIA

geol. Matteo DI CARLO

ACUSTICA

ing. Antonio FALCONE

STUDIO FAUNISTICO

dott. nat. Fabio MASTROPASQUA

VINCA, STUDIO BOTANICO VEGETAZIONALE

E PEDO-AGRONOMICO

dr.ssa Lucia PESOLA

ARCHEOLOGIA

dr.ssa archeol. Domenica CARRASSO

INTERVENTI DI COMPENSAZIONE E VALORIZZAZIONE

arch. Gaetano FORNARELLI

arch. Andrea GIUFFRIDA

PD.R. ELABORATI DESCRITTIVI

REV. DATA DESCRIZIONE

R.4 Relazione geologica, morfologica e idrogeologica



INDICE

1	PREMESSA	1
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E COORDINATE	3
3	SCHEMA TETTONICO DELL'AREA MEDITERRANEA	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	11
5	GEOLOGIA PARTICOLAREGGIATA DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO	21
6	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	23
7	CLASSIFICAZIONE SISMICA	35
8	ZONIZZAZIONE SIMOGENETICA	37
8.1.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	41
9	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	46
9.1.	CATEGORIE TOPOGRAFICHE	46
10	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	47
11	CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL SUBSTRATO FONDAZIONALE	50
12	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROLOGICO GENERALE	55
10.1.	AMBIENTE IDRICO SUPERFICIALE	58
10.2.	MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO	58
10.3.	VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) - PERICOLOSITÀ IDRAULICA	59
10.4.	VINCOLI PIANO DI ASSETTO IDROGEOMORFOLOGICO (PAI) - PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA	60
13	CONCLUSIONI	61
14	ELENCO ALLEGATI	63



1 PREMESSA

La Società **SANTA CHIARA S.R.L** ha commissionato al sottoscritto il presente studio di compatibilità geologica, idrogeomorfologica e sismica, inerente il "Progetto per la realizzazione di un Parco Eolico, costituito da n. **11 Aerogeneratori** con potenza nominale di 7.2 MW **per una capacità produttiva complessiva pari a 79.2 MW** di cui 7 WTG siti nel comune di Brindisi, 2 WTG nel comune di Mesagne (BR), 2 WTG nel comune di Cellino San Marco (BR), dove insiste anche la **Sottostazione di Trasformazione Elettrica**.

Scopo dello studio é quello di stabilire la natura litologica dei terreni affioranti nell'area in studio per risalire al loro prevedibile comportamento in dipendenza dei fattori geomorfologici, stratigrafici, tettonici, idrogeologici e geomeccanici, A tale scopo é stato eseguito un rilevamento geologico dell'area oggetto di studio, che ha consentito di tracciare un quadro generale della variabilità litologica dei terreni e dei fenomeni macroscopici connessi con le modificazioni e le alterazioni del suolo con finalità geomorfologiche e geomeccaniche applicative, come previsto dalla normativa vigente.

Il presente studio geologico è stato redatto in ottemperanza alle leggi vigenti ed in particolare a:

- **Logge 64/74**
- **DM 11/03/1988** "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 e delle opere di fondazione" e successive modifiche ed integrazioni
- **D.M LL.PP.** del 24/01/1986 "Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche"
- **D.M. LL.PP.** del 14/01/2008 (G.U n. 29 del 04/02/2008)
- **Circolare** del 02/02/2009 n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni"
- **D.M. 17/01/2018 pubblicato** sul S.O. - G.U 20 febbraio 2018 n. 42 "Norme tecniche per le costruzioni"
- **Raccomandazioni dell'AGI in merito alle indagini geognostiche in situ ed alle indagini geotecniche di laboratorio**
- **Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) emanato dall'Autorità di Bacino della Puglia.**

Stando alla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB Puglia, le aree di sedime delle fondazioni degli aerogeneratori non rientrano in aree soggette a vincolo sia dal punto di vista della pericolosità geomorfologica, che dal punto di vista della pericolosità idraulica. Come da cartografia allegata, scaricata dall'Autorità di Bacino della Puglia, nessuno dei 16 Aerogeneratori ricade in aree vincolate.

La Caratterizzazione e la Modellazione Geologica del Sito è stata eseguita con la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, della pericolosità geologica del territorio. In considerazione degli interventi da realizzare e della complessità del contesto geologico sono state eseguite specifiche indagini finalizzate alla documentata ricostruzione del "**modello geologico**". I metodi e i risultati delle indagini verranno esaurientemente esposti e commentati in questa Relazione Geologica. Sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nella zona interessata e si è portato a termine il seguente piano di lavoro:

Ricerca bibliografica di pubblicazioni e studi di carattere geologico effettuati nell'area d'interesse. Rilevamento geologico e geomorfologico di un'area sufficientemente ampia e delle zone specificatamente interessate dalle opere di progetto;



Raccolta di indagini geognostiche precedentemente eseguite ed altre informazioni e dati provenienti da precedenti studi di carattere geologico-geotecnico-sismico-idrogeologico e idraulico ricadenti nell'area oggetto d'intervento ed in aree attigue.

Sono state eseguite n.3 tomografie sismiche e n.3 MASW

Sono state visionate numerose stratigrafie relative all'escavazione di pozzi pubblicati dall'ISPRA (Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo - Legge 464/1984), di cui si allegano n. 8 stratigrafie con le relative falde acquifere, ritenute quelle più pertinenti allo studio in oggetto, grande importanza hanno avuto per la caratterizzazione del substrato, anche se alcune descrizioni fatte dai pozzaioli risultano imperfette, ma, comunque danno indicazione dei materiali attraversati durante la perforazione.

Obiettivo dello studio è stato quello di fornire un quadro di riferimento geologico e tecnico dei terreni affioranti nell'area esaminata al fine di una congrua valutazione delle caratteristiche geostrutturali per le conseguenti scelte progettuali.

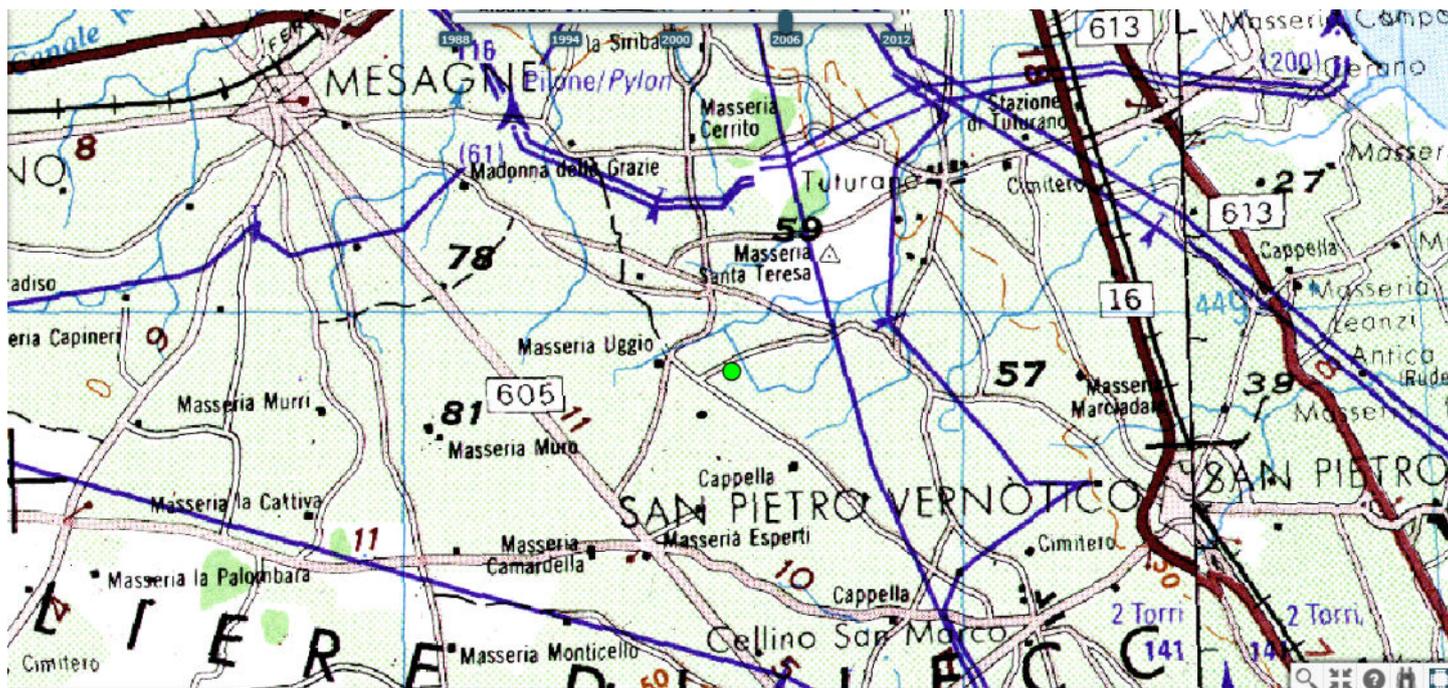


2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E COORDINATE

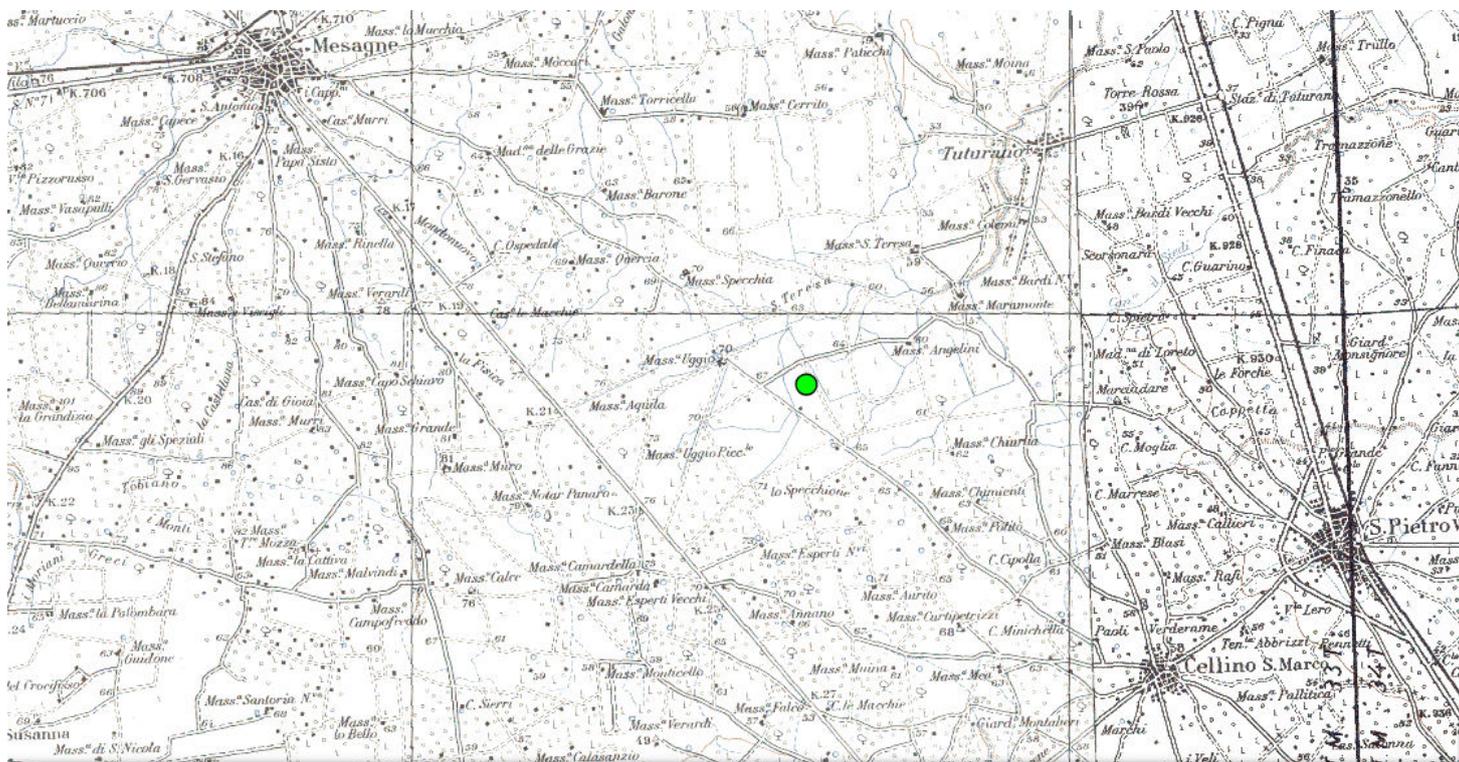
Si riportano di seguito le coordinate degli aerogeneratori di progetto nel sistema di riferimento UTM WGS84 Fuso 33:

WTG	COORDINATE WGS 84 FUSO 33	
	EST	NORD
BRN1	747545.25	4488428.60
BRN2	748002.29	4489032.21
BRN3	746965.37	4488721.47
BRN4	744382.94	4487266.56
BRN5	745964.20	4487927.37
BRN6	744670.66	4487711.31
BRN7	745939.00	4488741.82
CLN1	748802.05	4488007.21
CLN2	748302.84	4488255.96
MES1	743405.82	4490367.78
MES2	743916.91	4489736.98
SSE	749536.00	4483882.56





Localizzazione Area Sottostazione Elettrica su base IGM 1:250.000

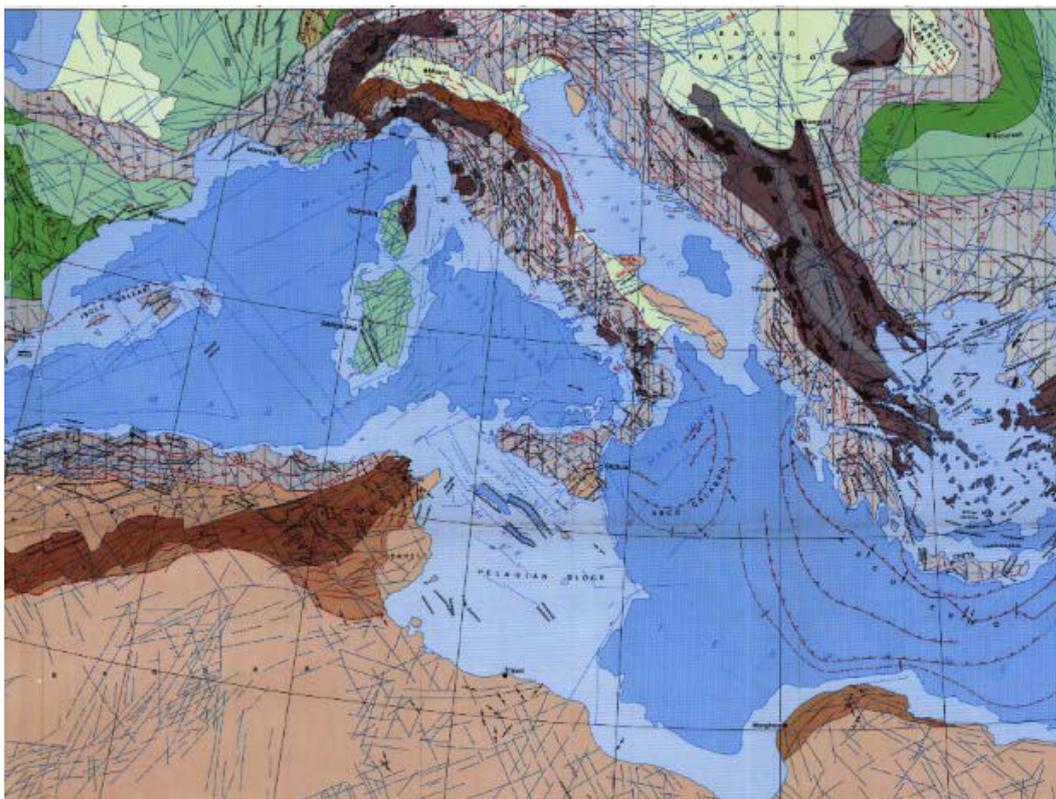


Localizzazione Area Aerogeneratori su base IGM 1:100.000

L'area di intervento propriamente detta si colloca al confine sudoccidentale del comune di Brindisi, a sudest del comune di Mesagne (BR) e nordovest del comune di Cellino San Marco (BR) dove insiste pure la Sottostazione di Trasformazione Elettrica.



SCHEMA TETTONICO DELL'AREA MEDITERRANEA

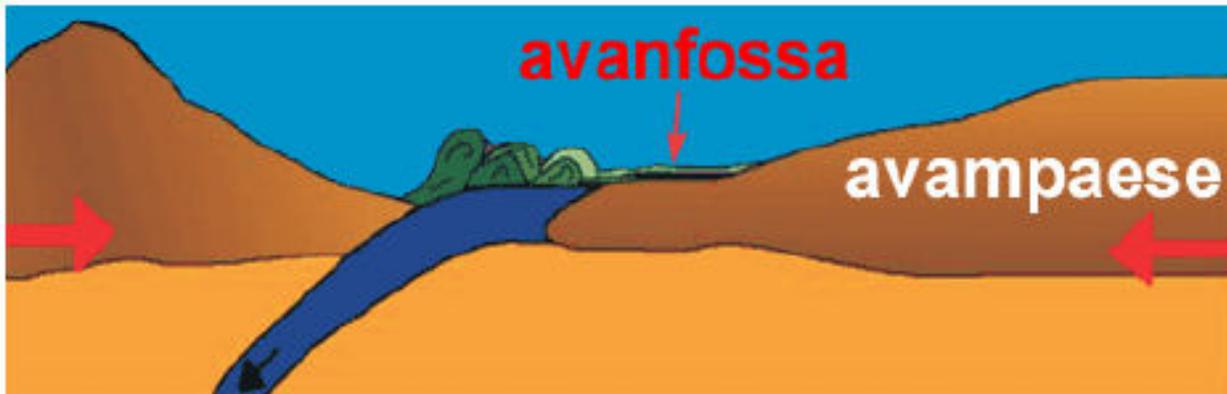


Schema Tettonico area Mediterranea da Boccaletti M. & Danieli P. 1982



Legenda Schema Tettonico Area Mediterranea da Boccaletti M. & Danieli P. 1982



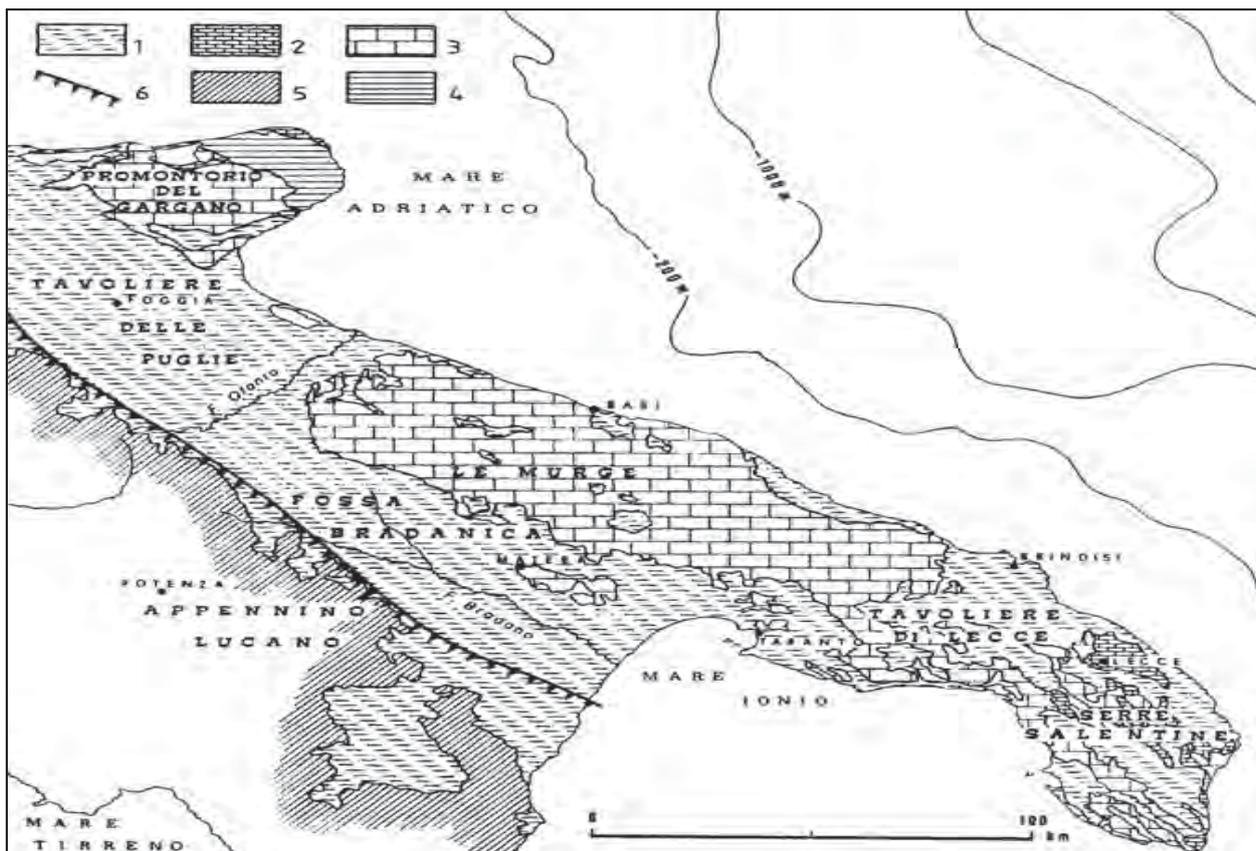


Subduzione placca africana-placca europea

La genesi della Catena dell'Appennino Meridionale inizia nell'Oligocene Superiore-Miocene e deriva dall'evoluzione del margine continentale passivo mesozoico e dalla sua inversione in margine attivo durante la subduzione della placca Adriatica verso ovest. La tettonica compressiva è stata quindi la causa dell'impilamento delle diverse unità di derivazione differente e della geometria a pieghe e sovrascorrimenti (fold-and-thrust belt) est-vergente che la catena possiede attualmente. La struttura profonda dell'Appennino meridionale è definita, come ben noto, da un sistema duplex sepolto di carbonati mesozoico-terziari derivanti dal margine interno della Piattaforma Apula ricoperto da un sistema di falde di provenienza occidentale. Il sistema di falde comprende unità di piattaforma, scarpata e bacino la cui ricostruzione palinspastica è tuttora oggetto di discussione. Un recente riprocessamento della linea CROP-04 mostra che la superficie di scorrimento basale del cuneo tettonico raggiunge una profondità superiore ai 20 chilometri in corrispondenza della costa tirrenica. L'assetto geometrico generale della catena è complicato da numerosi sovrascorrimenti fuori sequenza e dallo sviluppo di sistemi duplex all'interno delle coltri di tetto (in particolare potenti cataste antiformali di embrici lagonegresi). La propagazione della deformazione è avvenuta in maniera non cilindrica, per cui segmenti di catena adiacenti, deformati nello stesso intervallo temporale, possono mostrare geometrie fortemente diverse risultanti dalle diverse traiettorie delle superfici di scorrimento. Lo studio dei depositi pliocenico-quadernari discordanti sulle coltri di ricoprimento, lo studio dei coevi depositi di avanfossa nel sottosuolo bradanico e l'analisi delle strutture tettoniche in catena hanno portato alla costruzione di un nuovo modello sulle relazioni tra tettonica e sedimentazione che descrive l'evoluzione cinematica dell'Appennino meridionale come un processo di raccorciamento continuo e non come un susseguirsi di fasi di trasporto e fasi di quiescenza tettonica. L'attivazione di superfici di scorrimento fuori sequenza è stata responsabile sia di forti raccorciamenti all'interno del cuneo tettonico (es. generazione dei duplex all'interno delle unità di tetto) sia di cambiamenti della struttura generale della catena, con passaggio da sistemi ad embrici a sistemi di tipo duplex dove il cuneo delle falde occupa una vasta porzione della depressione di avanfossa. La propagazione delle superfici di scorrimento verso l'avampaese, invece, è stata responsabile sia di passaggi da sistemi duplex a sistemi ad embrici sia della progressiva deformazione dell'avampaese con conseguente incorporazione di nuove strutture nel duplex carbonatico profondo. La complessità dell'assetto geometrico e la complessità dell'evoluzione cinematica spiegano, almeno in parte, le diversità esistenti nelle ricostruzioni palinspastiche proposte in letteratura.



Con il procedere delle fasi collisionali tra le placche africana ed euroasiatica, la Piattaforma apula fu progressivamente sottoposta a un'ulteriore e più marcata flessione, con conseguente definitiva emersione. Tuttavia, la sedimentazione carbonatica perdurò per tutto il Paleogene e il Miocene sui suoi margini, dove si instaurarono episodicamente ambienti deposizionali di tipo "rampa carbonatica", per effetto di oscillazioni del livello marino di origine tettonica ed eustatica. Queste ulteriori fasi sedimentarie continuarono anche durante il Miocene medio, allorchè la Piattaforma apula cominciò a svolgere il ruolo di avampaese (Avampaese apulo o adriatico) nei confronti delle nascenti catene appenninica a SO e dinarico-ellenica a NE. Nel contempo, l'Avampaese apulo fu interessato da una tettonica estensionale collegata all'inarcamento crostale prodotto dalle convergenti spinte tettonogenetiche, assumendo il generale assetto morfostrutturale di un pilastro tettonico asimmetrico con vergenza a NE, allungato in direzione NO - SE e scomposto da sistemi di faglie trasversali nei tre domini geologico- geografici del Promontorio del Gargano, delle Murge e delle Serre Salentine, delimitati dalle interposte depressioni tettoniche del Tavoliere delle Puglie, tra il Gargano e le Murge, della Fossa Bradanica, tra l'Appennino Lucano e le Murge e del Tavoliere di Lecce, tra le Murge e le Serre Salentine (fig. 4). In tale contesto geostrutturale, il territorio pugliese corrisponde a un tratto del settore meridionale del Promontorio africano e rappresenta la più estesa area dell'Avampaese apulo affiorante nell'ambito del bacino del Mediterraneo



Territori geologico-geografici della Puglia (da RICCHETTI, 1981)

1. depositi terrigeni plio-pleistocenici dell'Avanfossa appenninico-dinarica;
2. coperture eocenico-mioceniche;
3. substrato carbonatico giura-cretaceo (retroscogliera);
4. substrato silico-carbonatico giura-cretaceo (avanscogliera);
5. coltri arenaceo- argillose della Catena appenninica;



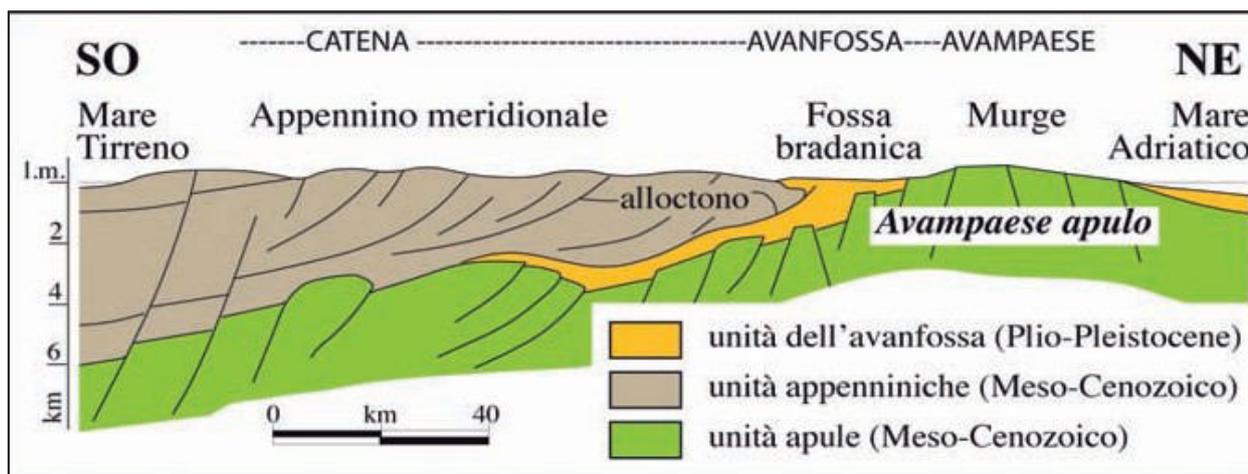
6. fronte sepolto delle coltri alloctone.

Gli eventi che hanno caratterizzato l'evoluzione geologica del territorio pugliese possono essere messi in relazione con la geodinamica di un esteso tratto crostale corrispondente con la parte settentrionale della Placca africana a partire dal Paleozoico superiore. In particolare, a seguito delle fasi di rifting e di drifting del Permo-Mesozoico connesse con l'apertura dell'oceano della Neotetide, tale tratto crostale ha risentito degli effetti del progressivo block faulting che ha determinato la graduale strutturazione di un complesso sistema di piattaforme e bacini. Più in dettaglio, l'area pugliese presenta una struttura crostale uniforme con un basamento cristallino varisco ed una copertura sedimentaria spessa oltre 7 chilometri. Tale successione è stratigraficamente contrassegnata da facies terrigene fluvio-deltizie (red beds) permo-triassiche (Verrucano), da evaporiti triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica di piattaforma di età giurassico-cretacea. La successione carbonatica cretacea affiorante in corrispondenza del settore delle Murge faceva parte di un dominio di piattaforma carbonatica, soggetto a tassi di subsidenza sostanzialmente costanti in un contesto geodinamico di margine passivo. Durante il Cenomaniano superiore ed il Turoniano la propagazione degli *stress* intraplacca indotti dall'orogenesi alpina ha prodotto l'emersione temporanea di ampi settori della Piattaforma apula. Le aree emerse sono state sede di intensa attività carsica che localmente ha prodotto l'accumulo di terre rosse bauxitiche intercalate alla serie cretacea. Una significativa variazione del regime geodinamico ha riguardato la micro-placca adriatica in seguito alla collisione, a partire dall'Oligocene, tra la zolla africana e quella europea. In questo contesto ha avuto origine la tettonogenesi appenninico-dinarica nell'ambito della quale gran parte dell'attuale territorio pugliese (Gargano, Murge e Salento) ha svolto il ruolo di avampaese (Avampaese apulo) per le catene con opposta vergenza degli Appennini e delle Dinaridi-Albanidi-Ellenidi. In particolare, l'Avampaese apulo è costituito in prevalenza da una regione carbonatica autoctona poco deformata, che si riconosce sia in aree emerse (unità stratigrafico-strutturale Murge-Gargano) che sommerse verso SE e verso NO. Fra il Miocene ed il Pleistocene inferiore la migrazione verso est del sistema sudappenninico produsse il progressivo inarcamento della placca adriatica che subì dei cedimenti sui margini appenninico e dinarico in relazione alla formazione di opposte gradinate di faglia. La migrazione verso est della catena coinvolse nella migrazione anche l'avanfossa appenninica plio-pleistocenica che, nel tratto pugliese, si differenzia rispetto alle restanti parti del bacino per essere delimitata ad ovest dai rilievi appenninici, e ad est da quelli dell'Avampaese apulo emerso. Questo segmento dell'avanfossa plio-pleistocenica, noto come Fossa bradanica, ha una storia tettonica e sedimentaria alquanto differente dal resto dell'avanfossa adriatica. Infatti, questo bacino, che dal punto di vista strutturale è assimilabile ad un *foreland basin*, si è sviluppato in gran parte sulla rampa regionale dell'avampaese migrando verso est per effetto dell'arretramento della rampa stessa che si immerge a gradinata al di sotto della catena appenninica. Contestualmente, l'avanzamento delle strutture compressive appenniniche verso est consentì l'immissione nel bacino di enormi volumi di terreni alloctoni. Per tale ragione la Fossa bradanica mostra in sezione trasversale un profilo asimmetrico per avere un margine occidentale (appenninico) molto acclive, e un margine orientale (di avampaese) caratterizzato da bassi gradienti. In un quadro paleogeografico così articolato la sedimentazione si è necessariamente differenziata per ambienti, facies e spessori. Relativamente alle aree marginali prospicienti le porzioni più sollevate ed emerse dell'Avampaese apulo (rilievi del Gargano delle Murge alte e delle Serre Salentine), la sedimentazione si è propagata su un substrato carbonatico subsidente, su cui si sono depositati sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali che terrigeni, questi ultimi rappresentati dal materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici mesozoici. In tali condizioni si è avuta la sedimentazione delle calcareniti e calciruditi di ambiente costiero (Calcarenite di Gravina), che rappresentano i



depositi trasgressivi che marcano l'inizio del ciclo della Fossa bradanica in aree di avampaese; successivamente, con l'approfondimento del bacino, la sedimentazione carbonatica è stata sostituita da quella terrigena, per l'arrivo di abbondanti apporti silicoclastici di provenienza appenninica (argille subappennine) che coprono stratigraficamente in continuità di sedimentazione i carbonati della Calcarenite di Gravina. A partire dal tardo Pleistocene inferiore, l'evoluzione dell'Avampaese apulo è stata caratterizzata da un drastico mutamento geodinamico: l'avampaese, unitamente all'avanfossa, da area subsidente ha incominciato un lento e continuo sollevamento. Tale sollevamento regionale ha causato il graduale ritiro del mare in seguito al quale le aree a sedimentazione marina sono state sostituite da terre emerse. In tale contesto, l'interferenza tra il sollevamento regionale e le oscillazioni glacio-eustatiche avrebbe determinato la successione di numerose fasi sedimentarie, distinte nel tempo e nello spazio, ciascuna delle quali testimoniata da un deposito di ambiente costiero con *trend* regressivo. Inoltre, tali depositi regressivi sono disposti in terrazzi a quote progressivamente più basse procedendo verso mare, in modo tale che i depositi posti a quote più elevate corrispondono a quelli più antichi, mentre quelli posti a quote più basse a quelli più recenti. In base a tali indicazioni, è possibile ipotizzare che l'età dei depositi regressivi sia verosimilmente compresa fra il Siciliano terminale ed il Tirreniano.





3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Penisola Salentina è costituita da un'impalcatura di rocce carbonatiche di età giurassico-cretacea e subordinatamente dell'Eocene-Oligocene, formatasi in ambiente di piattaforma, sulla quale poggiano lembi, in parte isolati, di depositi essenzialmente calcarenitici e argilloso-sabbiosi appartenenti ai cicli trasgressivo-regressivi miocenici e plio-pleistocenici. Il carattere trasgressivo di questi depositi ha dato luogo, in tutta l'area salentina, a differenti rapporti stratigrafici. Le soluzioni di continuità tra i diversi litotipi affioranti non sono legate solo a fattori deposizionali connessi alla paleogeografia dell'area, ma anche alla successione di fasi tettoniche.

Le unità cretaceo-oligoceniche

Il basamento carbonatico mesozoico è costituito da calcari, calcari dolomitici e dolomie calcaree, disposti in strati suborizzontali o inclinati al massimo di 25-30°, riferibili alla formazione del Calcarea di Altamura (Cretaceo superiore). Tale formazione, che nel Salento ha unificato due formazioni geologiche conosciute come Calcari di Melissano e Dolomie di Galatina affiora massivamente in corrispondenza delle Serre Salentine .

La potenza delle formazioni mesozoiche non è grande, in affioramento, è dell'ordine di qualche centinaio di metri al massimo, mentre nel sottosuolo raggiungono profondità notevoli, come accertato dal pozzo Ugento 1, perforato dall'AGIP mineraria per ricerche petrolifere. Il pozzo, localizzato a circa 2,5 km ad E-SE dell'omonimo abitato ha raggiunto la profondità di 4.535 m, attraversando una serie calcareo-dolomitica cretacea, fino a 4.400 m, ed una riferita al Giurassico, per profondità maggiori.

Le unità plio-pleistoceniche

Estesamente su tutta l'area salentina ed in particolare nelle zone depresse che raccordano le Serre, affiorano, in lembi discontinui, le Calcareniti di Gravina (Pleistocene inferiore), in passato anche note come Calcareniti del Salento. Questi depositi, di ambiente neritico-litorale, talora con episodi sub-lagunari, sono rappresentati da calcareniti grossolane in parte friabili e porose e da calcari detritico-organogeni compatti, a luoghi tipo "panchina" di colore avana-giallastro. Localmente si rinvencono anche intervalli calcarenitici a grana fine o sabbie organogene. Inoltre, livelli sabbioso-argillosi e siltosi, di colore grigio-verdolino, sono presenti nelle porzioni inferiori della formazione mentre in quelle superiori s'intercalano livelli decimetrici argillosi e marnosi. Infine, conglomerati o brecce di modesti spessori caratterizzano la base della formazione. Nell'insieme la stratificazione è evidente, anche se irregolare, ricorrenti sono le bioturbazioni e la stratificazione incrociata. In base al contenuto fossilifero, l'ambiente di sedimentazione non è stato molto profondo ed è ascrivibile alla zona neritica interna. Infine, le Calcareniti di Gravina passano, verso l'alto e lateralmente per alternanza, alle Argille Subappennine (Pleistocene inferiore). Trattasi di argille e argille marnose, a luoghi fittamente stratificate, di colore grigio e giallastro, passanti verso l'alto ad argille limose e/o sabbiose.

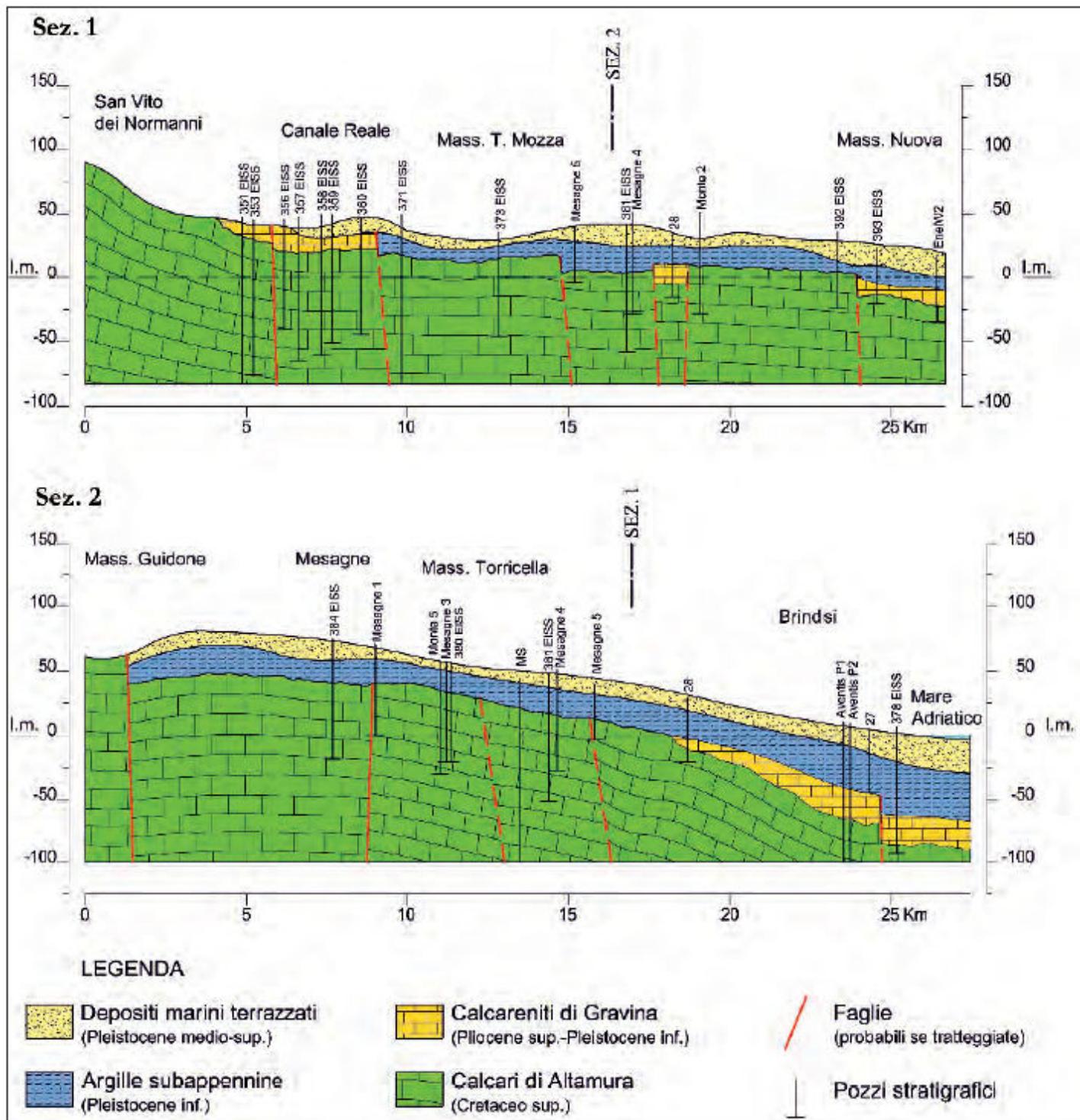
La storia geologica più recente (Pleistocene medio-superiore) è caratterizzata dalla sedimentazione di depositi di spiaggia e piana costiera a granulometria variabile dalle sabbie ai conglomerati fino alle sabbie limose ed a limi, disposti secondo terrazzi marini e corrispondenti alle relative variazioni del livello del mare (glacioeustatismo pleistocenico-olocenico). Tali sedimenti, ascrivibili alla Formazione dei Depositi Marini Terrazzati, affiorano estesamente nella depressione tarantino-brindisina e sotto forma di lembi allungati in direzione appenninica, nella parte centro-occidentale della Penisola salentina.





Carta geologica strutturale della Piana di Brindisi





Sezione geologica della Piana di Brindisi

3.1. CARATTERI TETTONICI E MORFOLOGICI

Una generale concordanza fra morfologia e tettonica caratterizza la Penisola salentina è rappresentata da un pilastro tettonico asimmetrico allungato in direzione NO-SE con il fianco occidentale più sviluppato, e dislocato da faglie dirette, (NO-SE o NNO-SSE), in una serie di blocchi sub-paralleli. Oltre a queste strutture tettoniche predominanti, il territorio è dislocato da altri lineamenti tettonici, trasversali ai precedenti oppure di direzione



meridiana, come ad esempio quelli rilevati tra Porto Badisco ed Otranto, presso S. Cesarea Terme e lungo la costa ad Est di Tiggiano. Ricostruendo alcune sezioni sulla base delle stratigrafie derivanti da perforazioni dei pozzi per la ricerca d'acqua eseguiti dall'Ente Irrigazione di Puglia e Lucania, è stato accertato che il rigetto di alcune faglie, sebbene non calcolabile con esattezza, assume valori variabili da qualche decina di metri ad oltre 100 m.

Oltre agli elementi tettonici di tipo disgiuntivo, il territorio in esame è interessato da deformazioni plicative, orientate in direzione appenninica (NNO-SSE o NO-SE), caratterizzate da deboli pendenze degli strati che solo raramente superano i 10°-15°. Le bande anticlinali presentano generalmente uno sviluppo asimmetrico, con fianchi Sud occidentali più ampi di quelli opposti, e spesso interrotti dalle faglie, prodottesi a seguito dell'intensa attività tettonica che ha coinvolto questo settore dell'Avampese Apulo verso la fine del Cretaceo e che causò l'emersione di alcune dorsali asimmetriche.

Le dorsali, corrispondenti agli alti strutturali con direttrici prevalenti orientate NNO-SSE, costituiscono, come affermato in precedenza, le Serre salentine, descritte nel seguito, mentre le valli fra loro interposte rappresentano aree depresse, alquanto pianeggianti, ove affiorano i terreni plio-quadernari. Di conseguenza la morfologia regionale è caratterizzata dalla presenza di superfici orizzontali dalle quali si elevano alcune dorsali, parallele tra loro e generalmente allungate in direzione NNO-SSE o NO-SE, che raramente superano la quota di 200 m. Come meglio esposto nel seguito, le dorsali del settore occidentale del territorio salentino, con quote gradualmente degradanti verso lo Ionio, sono più ravvicinate tra loro, mentre quelle del settore orientale sono più distanziate tra loro e le aree pianeggianti presentano pertanto uno sviluppo maggiore. Localmente, queste dorsali sono interrotte da rilievi molto dolci, che a Sud del Canale d'Otranto assumono, lungo la costa, un aspetto più accidentato. Oltre alle vicissitudini tettoniche, a tracciare l'attuale morfologia del Salento hanno concorso le oscillazioni quaternarie del livello marino, che hanno lasciato, lungo le fasce costiere, evidenti tracce di terrazzamento e di fenomeni carsici. Questi ultimi fenomeni sono i responsabili dello sviluppo di un'articolata varietà di forme carsiche, a sviluppo superficiale o profondo, descritte nel seguito. Le diverse forme carsiche si rinvengono prevalentemente lungo le direzioni dei principali elementi tettonici presenti nel territorio salentino, caratterizzato da un variabile grado di fratturazione, maggiormente intenso nel substrato cretaceo-paleogenico rispetto alle successioni sedimentarie più recenti.

Sul versante adriatico, la costa fino ad Otranto è generalmente poco frastagliata, bassa e sabbiosa ad eccezione di alcuni brevi tratti in cui si presenta alta e rocciosa. Oltre il Canale d'Otranto, la costa salentina diventa aspra e rocciosa con pareti che scendono a strapiombo sul mare.

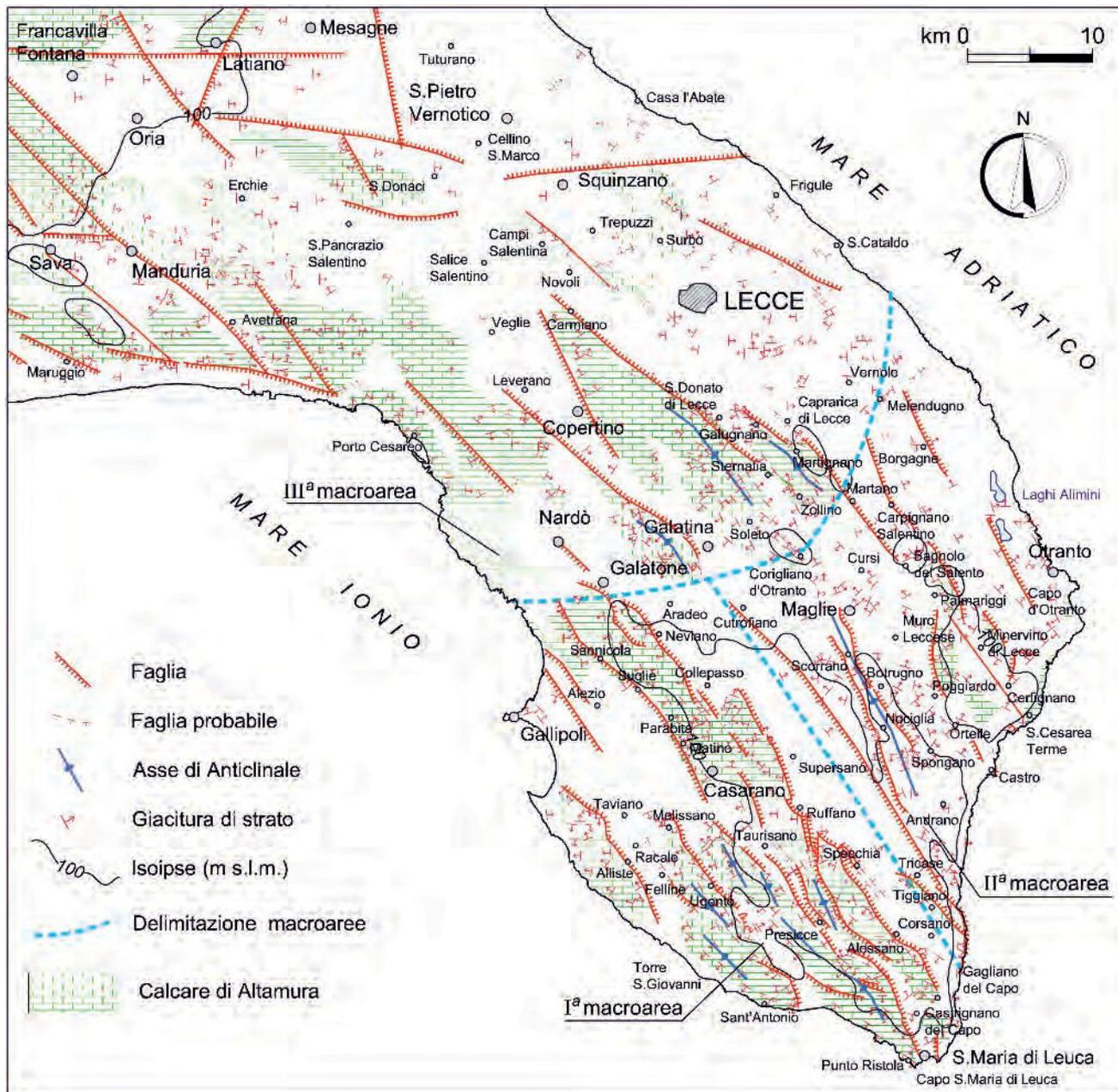
Le Serre Salentine

A differenza delle zone strutturalmente depresse e pianeggianti, le Serre sono colline rocciose corrispondenti agli alti strutturali, descritti in precedenza, che si erigono a Sud di Lecce. Esse sono maggiormente sviluppate nel settore Sud-occidentale della penisola, ove tra l'altro si rinvengono i rilievi più estesi ed elevati dell'intero territorio salentino, tra cui: Serra di S. Eleuterio (195 m s.l.m.) presso Parabita e Serra dei Cianci (201 m s.l.m.) presso Alessano. Le Serre del versante orientale digradano direttamente verso il mare, mentre quelle della zona mediana sono caratterizzate da numerosi terrazzamenti realizzati per le coltivazioni.

Sulla base delle peculiarità strutturali della penisola salentina sono state individuate le tre macroaree indicate. La prima macroarea, che corrisponde al settore sud-occidentale della penisola, presenta strutture ravvicinate e separate da sinclinali o da graben molto stretti. Nella seconda macroarea, che corrisponde al settore Sud-orientale della penisola, le pieghe sono maggiormente distribuite e le aree depresse talora sono molto estese. La

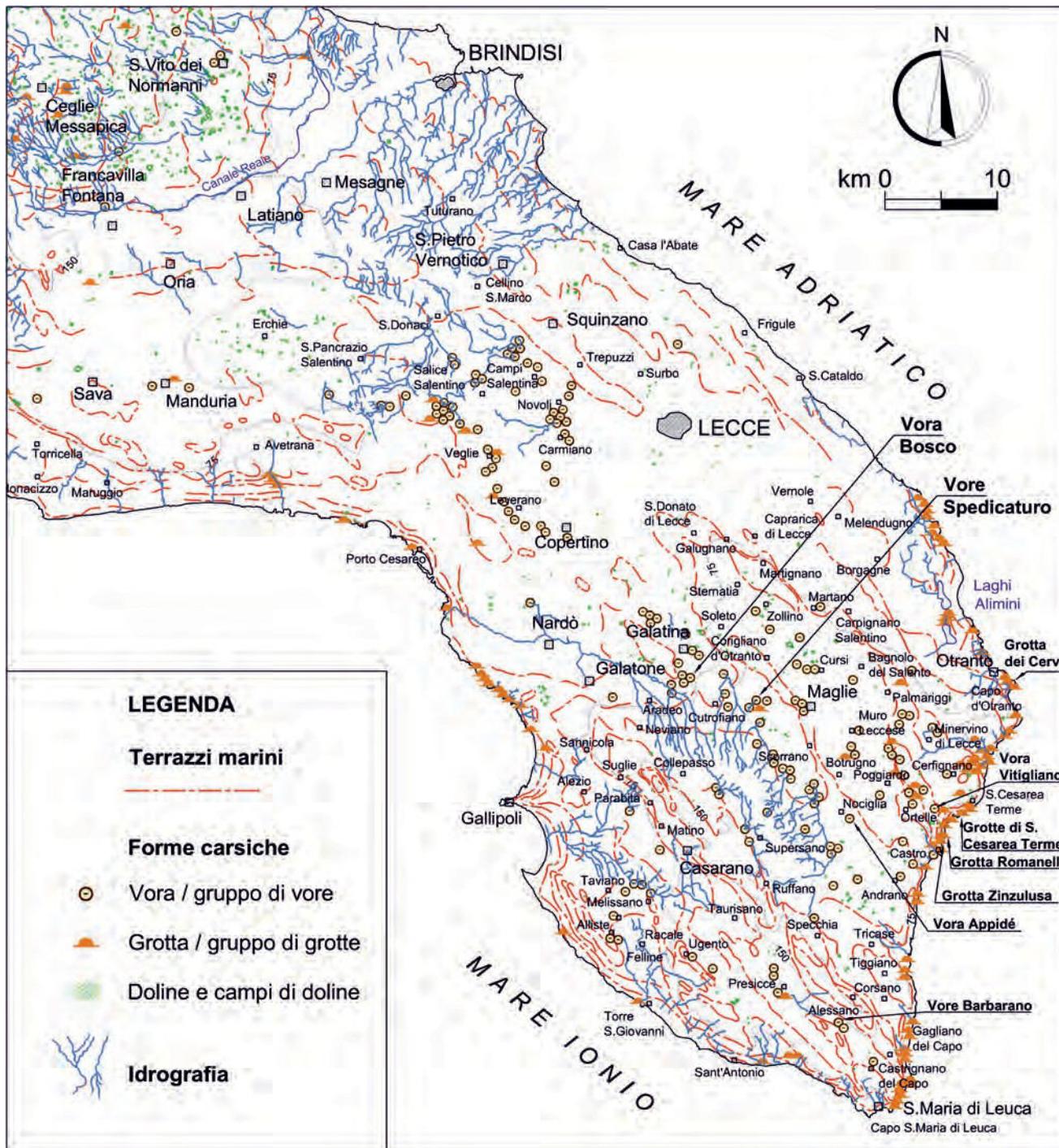


terza macroarea, che corrisponde al settore settentrionale della penisola, è infine caratterizzata da strutture tettoniche con morfologie dolci e di elevazione modesta.



Nella I^a macroarea, tra i comuni di Gallipoli e S. Maria di Leuca, laddove i sedimenti calcarei cretaci sono largamente affioranti, sono presenti tre alti strutturali, paralleli tra loro. Il primo, situato ad Ovest di Alliste, lungo la costa del Mar Ionio, è denominato Serre di Castelforte (90 m s.l.m.) e di Calaturo (86 m s.l.m.); strutturalmente è costituito da una monoclinale, immersa verso Ovest, con pendenze comprese tra 5° e 15°. Il secondo, a Sud di Melissano ed Ugento, è caratterizzato da uno stile strutturale più complesso, poiché, ad una immersione generale dei calcari verso Sud-Ovest, si associano fenomeni plicativi, delimitanti due anticlinali, separate da una piccola e stretta sinclinale, interessata da rotture calcaree e riempita di sedimenti pleistocenici. Il terzo alto strutturale, allungato in direzione NNO-SSE tra Melissano e Punta Ristola, estrema punta meridionale della Penisola, è caratterizzato, accanto a fenomeni disgiuntivi frequenti al bordo orientale del rilievo calcareo, da alcune pieghe con asse ad orientamento NNO-SSE oppure NO-SE.





Si passa poi all'allineamento delle Serre presenti tra Galatone e Gagliano del Capo, costituenti le cosiddette Murge Salentine: Serra Mucorone (139 m s.l.m.), Serra dei Peccatori (159 m s.l.m.), la Serra dei Cianci (201 m s.l.m.), ecc. Esse si sviluppano attraverso quasi l'intera Penisola, con direzione NNO-SSE. Questo lembo calcareo mesozoico rappresenta il complesso strutturale più esteso e disturbato della Penisola che, nel suo insieme, ha le caratteristiche di un horst di lunghezza pari a circa 45 km e larghezza massima di 7 km (nei pressi di Galatone e tra Casarano e Collepasso). Le faglie che lo delimitano sono particolarmente evidenti sul fianco Nord-orientale, dove i calcari sono molto fratturati e si rilevano talora brecce di frizione e di faglia. Lungo questa rottura è presente, in genere, una scarpata, alta sino a 20-30 m, come nei dintorni di Neviano. Numerose altre rotture interessano l'horst, soprattutto con direzione NNO-SSE e NO-SE; esse



interrompono la generale e debole immersione degli strati calcarei verso SO, dividendo l'alto strutturale in blocchi secondari.

Procedendo ulteriormente verso oriente, nell'area compresa tra Gagliano del Capo ed Otranto, si rileva una sostanziale diversità strutturale rispetto alla zona precedentemente descritta. Il lembo più meridionale, affiorante presso Tiggiano, è costituito da sedimenti cretaci, che generalmente immergono verso Ovest e Sud-Ovest, eccetto che nei pressi della costa adriatica, costituita da un'alta e ripida falesia, ove essi pendono verso Est.

Altre strutture si sviluppano lungo il settore centrale della Ila macroarea dando luogo a due dorsali, orientate secondo le prevalenti direttrici tettoniche: la prima coincide con le strutture anti-clinali affioranti da Minervino di Lecce a Car-pignano Salentino, mentre la seconda dorsale, ubicata più ad occidente, individua la fascia di affioramenti miocenici che, da Castiglione d'Otranto si spingono verso NNO, fino all'altezza dell'abitato di Maglie.

Infine, la III a macroarea presenta tre strutture tettoniche a morfologia molto dolce, sopraelevate solo di qualche decina di metri rispetto alla piana circostante. Le quote maggiori (circa 80 m s.l.m.) si raggiungono in corrispondenza della Serra di Specchia Murga, tra Corigliano d'Otranto e Soleto. La prima struttura si estende ad Ovest di Galatina, con direzione NO-SE, per una lunghezza di oltre 8 km ed una larghezza massima di 4,5 km; lungo quasi tutto il suo margine, i depositi cretaci s'immergono regolarmente al di sotto di quelli più recenti, in genere quaternari. Nella seconda struttura, tra S. Donato di Lecce e Corigliano d'Otranto, si individuano due anticlinali: quella di Soleto, lunga 5,6 km con pendenze medie di 4°-5°, con asse ad orientamento NNO-SSE quasi rettilineo e quella di Corigliano con asse ad orientamento NO-SE. Anche nella terza struttura, più orientale, si individuano due anticlinali, denominate di Zollino e di Martignano, entrambe orientate lungo la direzione NNO-SSE, separate da una sinclinale, parzialmente colma di depositi miocenici, e complicate da fenomeni disgiuntivi. Le due pieghe sono asimmetriche, con pendenze variabili tra 5° e 10°.

Il paesaggio carsico del Salento

Nel Salento, caratterizzato, come detto, dalla presenza quasi esclusiva di rocce carbonatiche, il processo carsico ha modellato una gran varietà di forme sia epigee sia ipogee, sviluppandosi con effetti e modalità differenti in relazione alla litologia affiorante e ai caratteri strutturali del territorio, alle condizioni climatiche vigenti e alle vicende paleo-geografiche che hanno distinto i diversi settori costituenti la regione salentina. Tra le forme carsiche più rilevanti si possono annoverare quelle modellate nei calcari cretacei, le grotte costiere dei calcari cretacei e paleogenici oppure i campi di doline presenti in seno alle Calcarenitidi di Gravina. Come per le altre aree carsiche pugliesi, il paesaggio carsico della Penisola Salentina è caratterizzato dalla presenza di complessi di forme non coevi, modellato nel corso di più fasi morfogenetiche, avvenute tra il Cretaceo e l'Attuale. La più antica di queste fasi ha una età paleogenica ed è ben nota in letteratura. Durante questa fase è stato modellato il paesaggio carsico di tipo tropicale, caratterizzato dalla presenza di grandi doline (con diametro superiore a 100 m e profondità di diverse decine di metri) e di bassi rilievi a scudo. un esteso lembo di questo paesaggio si è conservato in corrispondenza della superficie della Serra di Monte Vergine, nell'entroterra di Otranto.

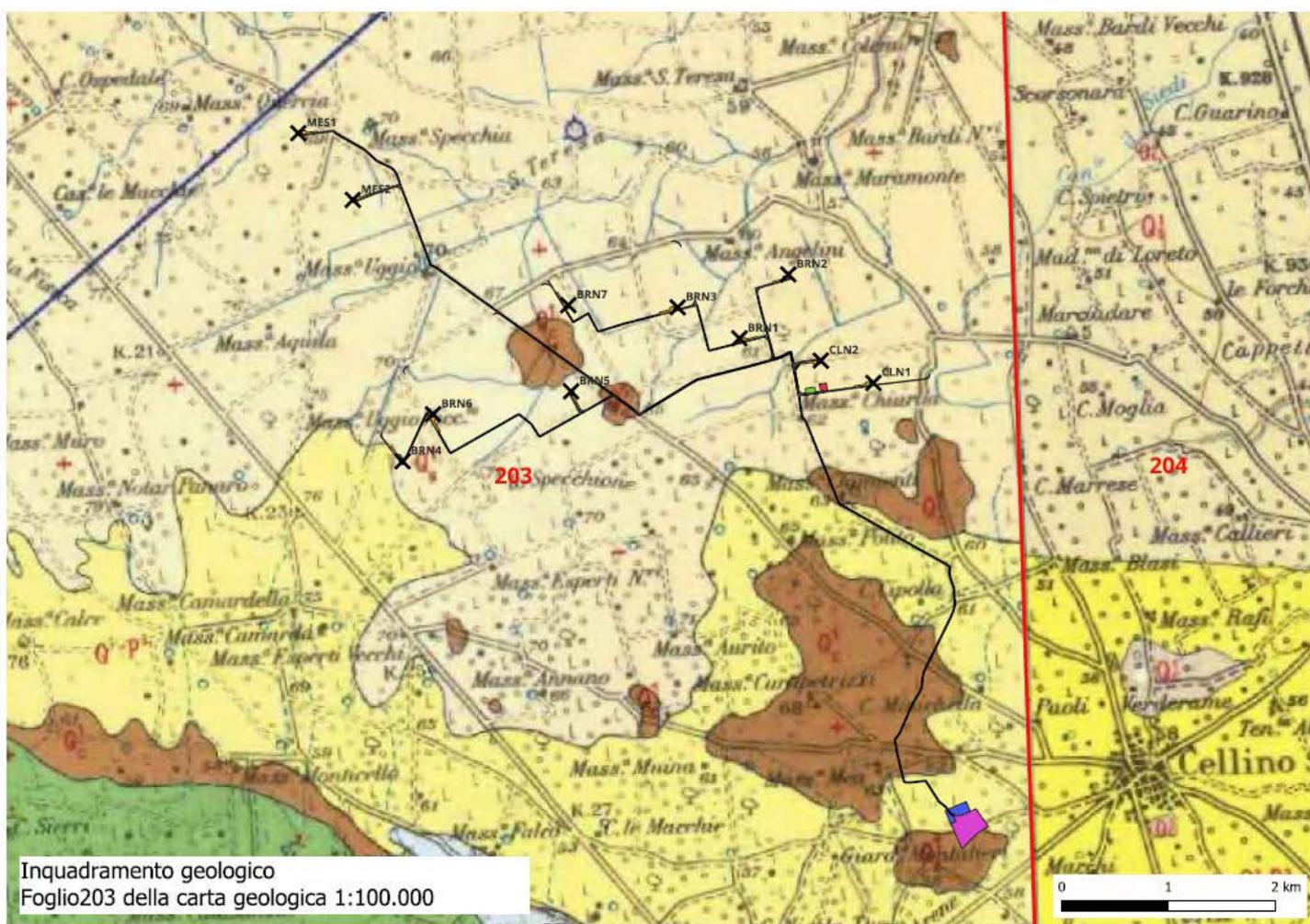


FOGLIO 203

della Carta 1:100.000 dell' I.G.M.

Montepoli 190	191 Ostuni	
Taranto 202	BRINDISI 203	Lecco 204
	Maruggio 213	Gallipoli 214

L'area in studio è interamente compresa nel foglio geologico della carta geologica d'Italia 1:100.000 Foglio 203 "BRINDISI".

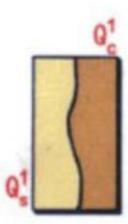


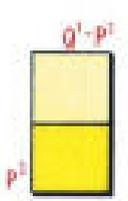
Inquadramento geologico
 Foglio 203 della carta geologica 1:100.000

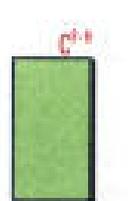
Inquadramento carta geologica 1:100.000 Foglio 203 "BRINDISI" Aerogeneratori MES01 - MES02 - BRN1 - BRN2 - BRN3 - BRN4 - BRN5 - BRN6 - BRN7- CLN1 - CLN2 e SSE

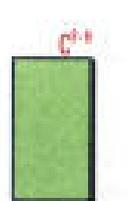


LEGENDA carta geologica Foglio 203 (BRINDISI)

- 

Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurastre (Q_1^a); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (Q_1^c). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEI-STOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.
- 

($Q_1^1-P_1^1$) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.
- 

(P_1^1) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sismondai* MEY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Gibicides ungerianus* (D'ORB.), *G. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIOP?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.
- 

Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chieri. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Præglabotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (RECH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nannoloculina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

SEZIONE



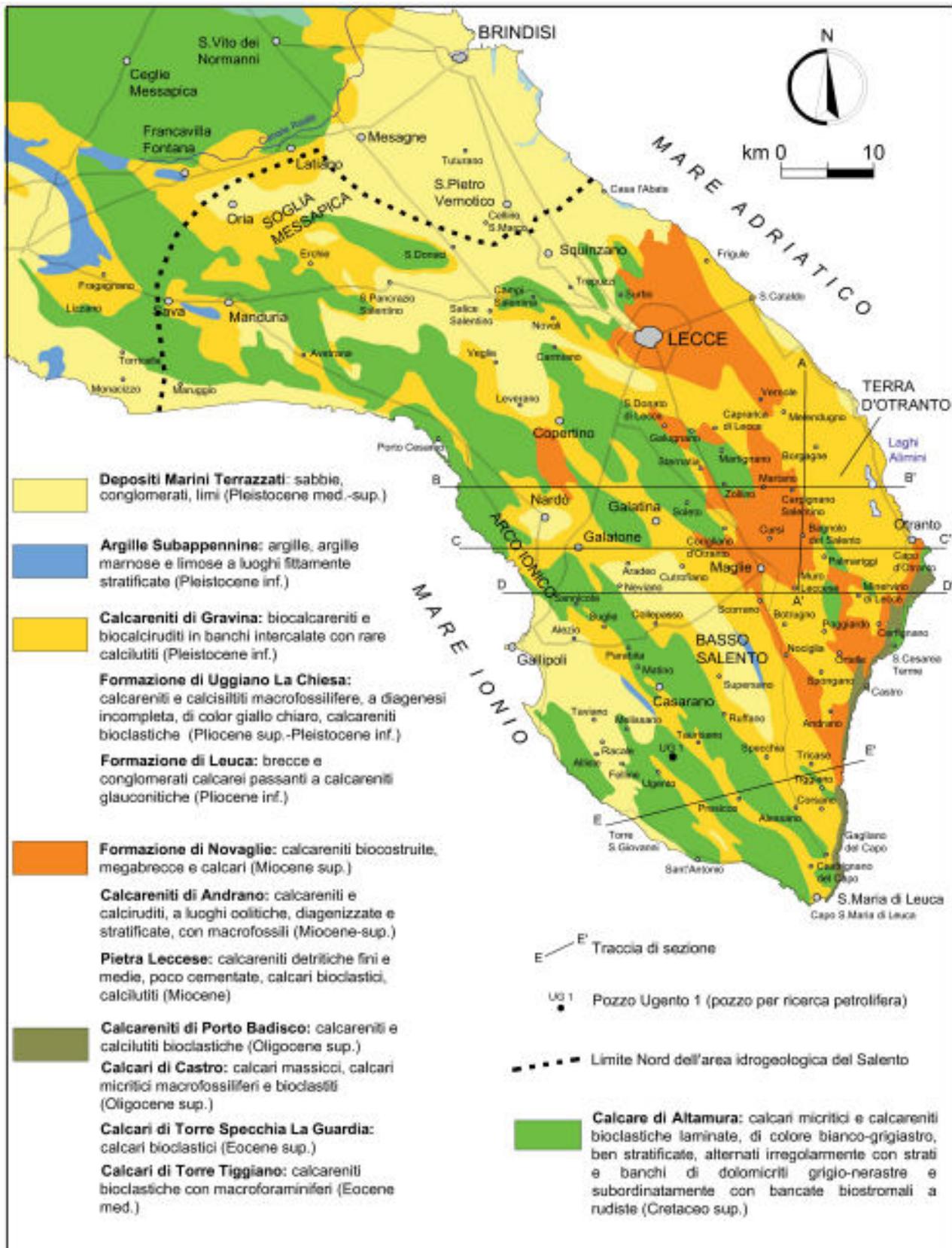
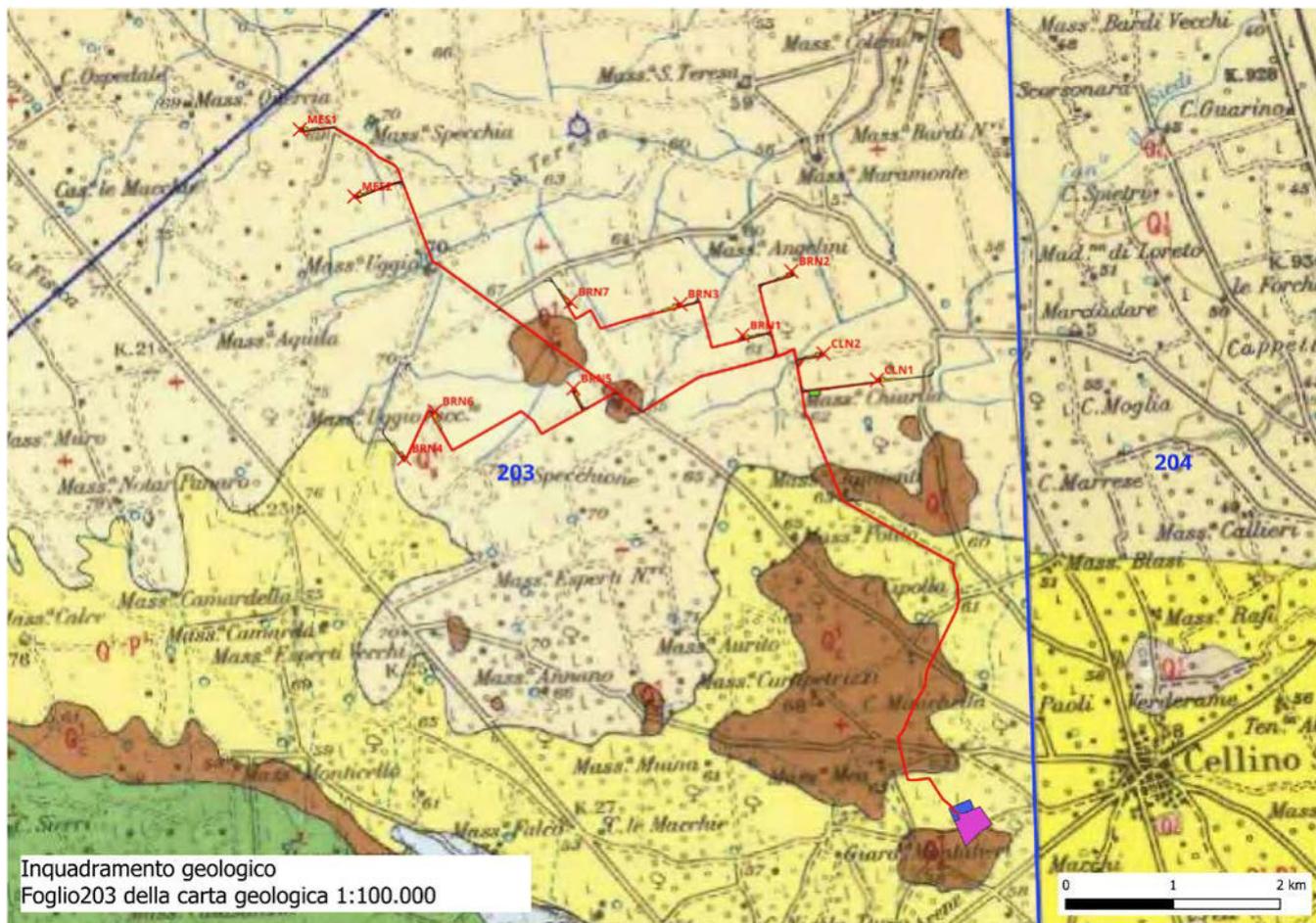


Fig. 18.1 - Carta geologica della Penisola Salentina.
 - Geological map of the Salento Peninsula.

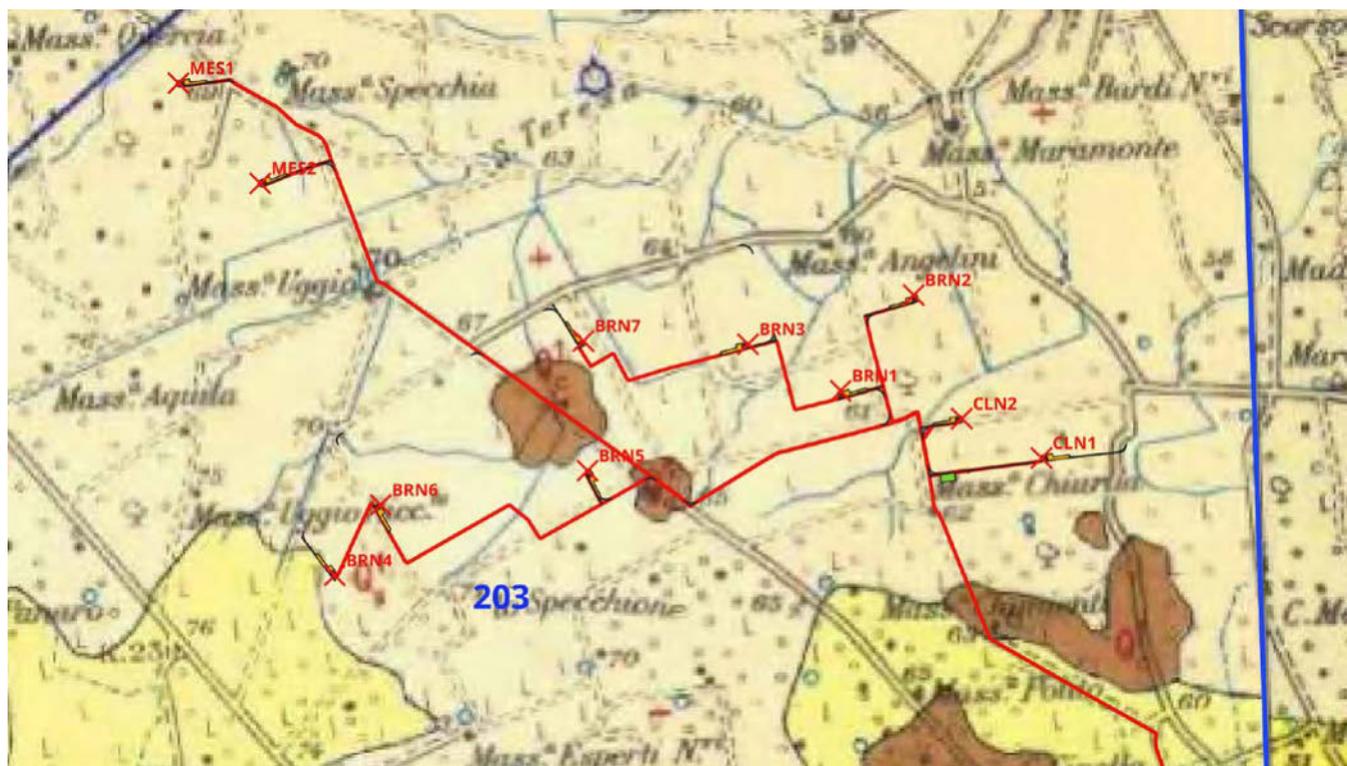


4 GEOLOGIA PARTICOLAREGGIATA DELLA ZONA OGGETTO DI STUDIO



Inquadramento geologico di dettaglio Area oggetto di studio (**Foglio 203 BRINDISI**) Carta Geologica 1:100.000)





Inquadramento geologico di dettaglio Area Aerogeneratori e cavidotto (Foglio 203 BRINDISI) Carta Geologica 1:100.000



Inquadramento geologico di dettaglio Area Sottostazione Elettrica e cavidotto (Foglio 203 BRINDISI) Carta Geologica 1:100.000

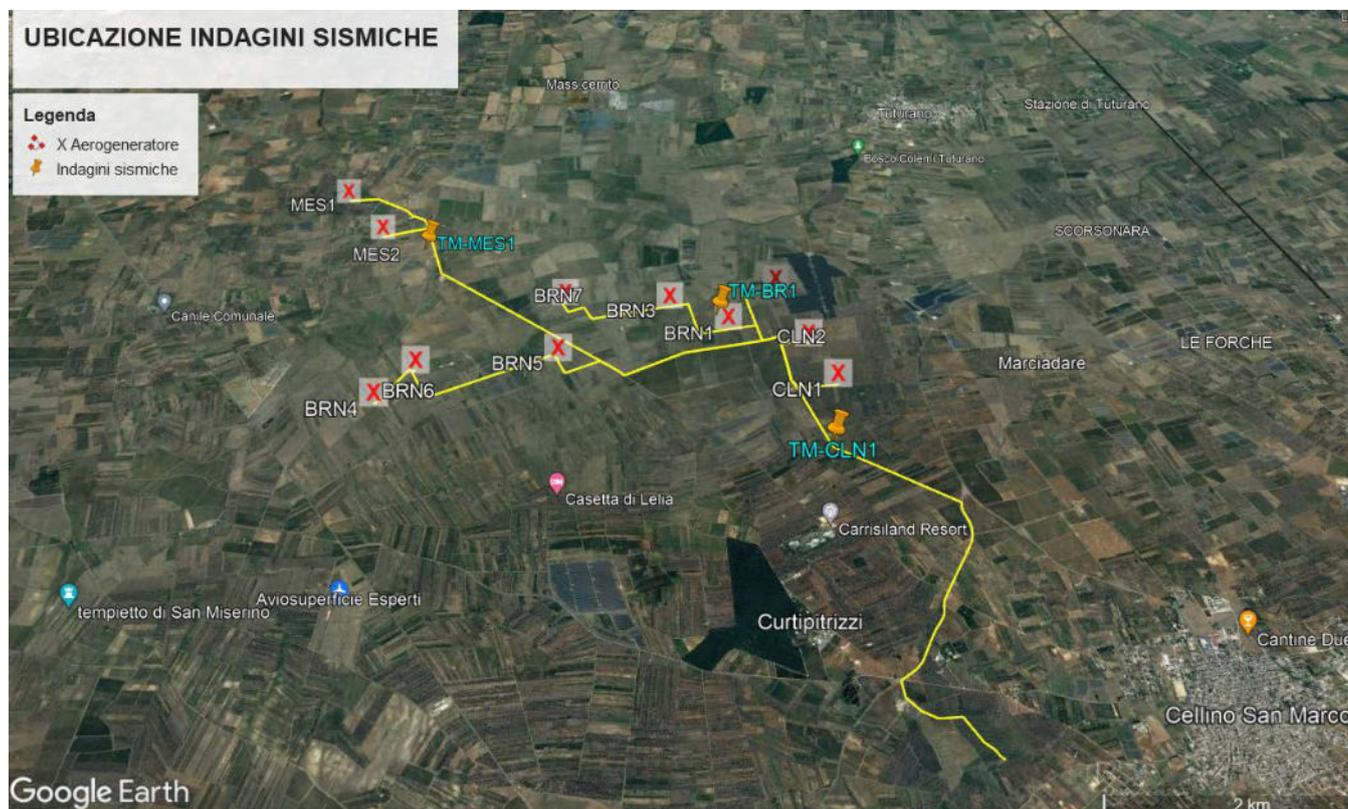
Tutti gli Aerogeneratori **MES01 - MES02 – BRN1 – BRN2 – BRN3 – BRN4 – BRN5 – BRN6 – BRN7- CLN1 CLN2** e **SSE** ricadono sui terreni appartenenti alle Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q^1_s), che poggiano direttamente sul substrato dei calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola (dolomie di Galatina). Il cavidotto oltre che insiste su terreni appartenenti alle Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurre (Q^1_s), in alcuni tratti attraversa le sabbie argillose giallastre con intercalazioni di banchi arenacei e calcareniti ben cementati (Q^1_c), in quest'ultima formazione ricade pure la Sottostazione dei Trasformazione Elettrica (**SSE**).



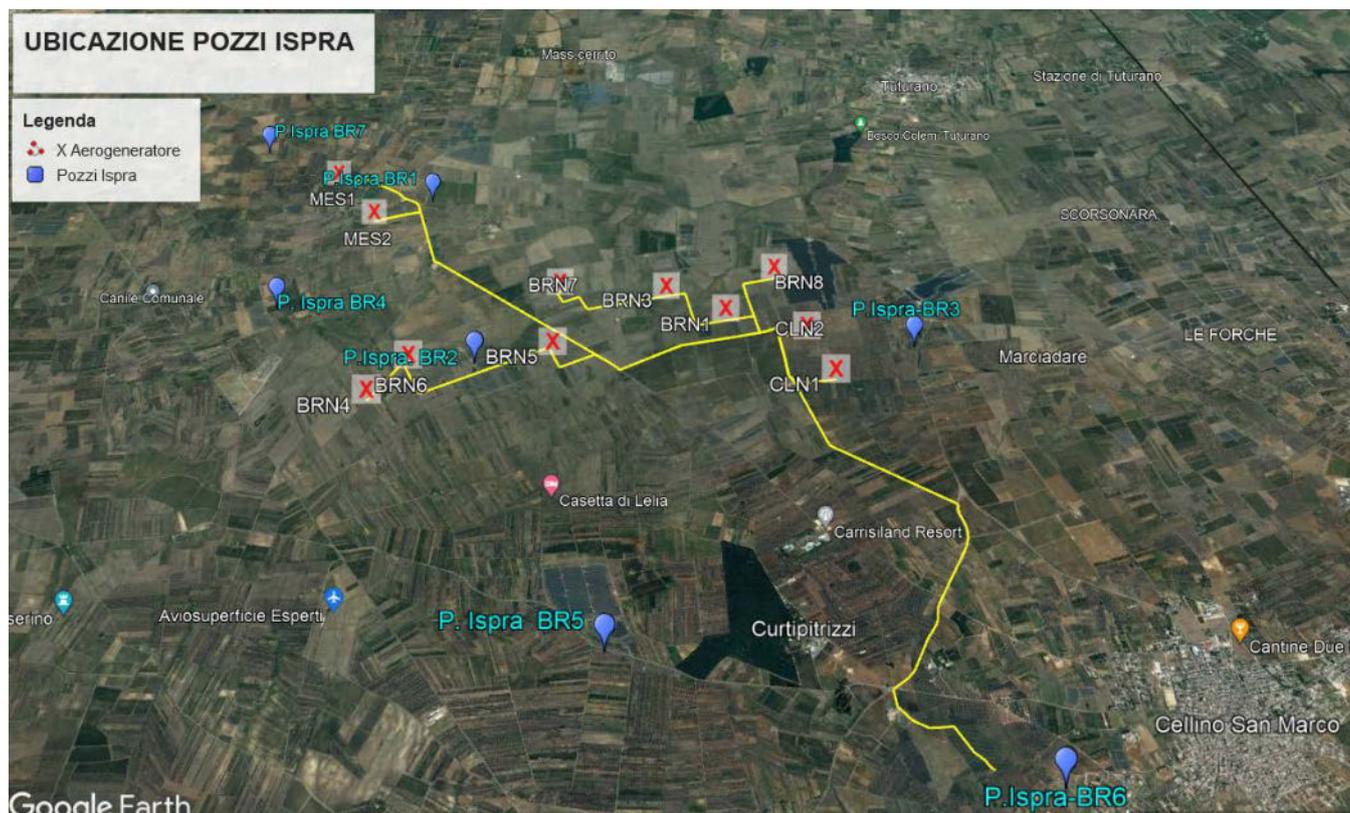
5 UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



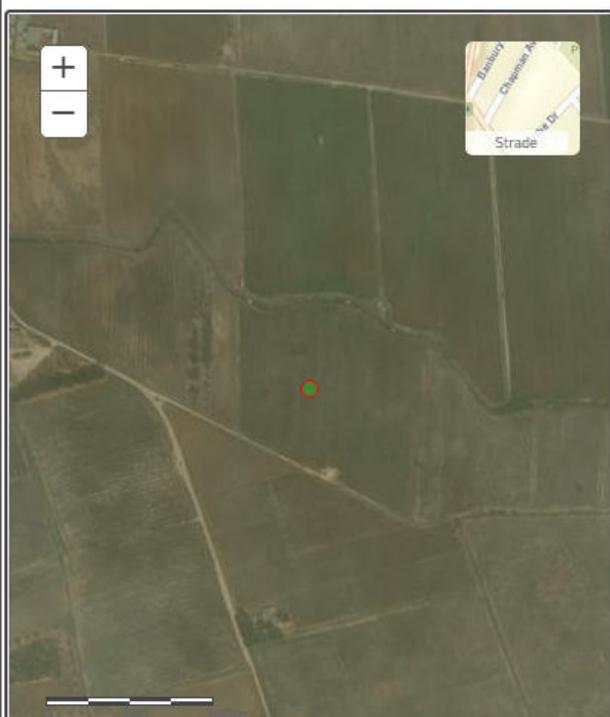
UBICAZIONE Indagini Sismiche



UBICAZIONE POZZI ISPRA



POZZO ISPRA BR1

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 198606 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 102,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: 1991 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 5,000 Portata esercizio (l/s): 3,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,886239 Latitudine WGS84 (dd): 40,525119 Longitudine WGS84 (dms): 17° 53' 10.47" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 31' 30.43" N</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	70,00	70,00	300
2	70,00	102,00	32,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	70,00	78,00	8,00
2	88,00	93,00	5,00
3	97,00	100,00	3,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
giu/1991	68,30	69,10	0,80	5,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,70	0,70		TERRENO VEGETALE
2	0,70	18,00	17,30		TERRENO ARGILLOSO
3	18,00	45,00	27,00		ARGILLA E ROCCIA
4	45,00	70,00	25,00		ROCCIA CALCAREA COMPATTA
5	70,00	102,00	32,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE



POZZO ISPRA BR2

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 198495 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 131,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: ND Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,894569 Latitudine WGS84 (dd): 40,504281 Longitudine WGS84 (dms): 17° 53' 40.45" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 15.41" N</p> <p>(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	131,00	131,00	300

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	69,00	69,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1988	68,75	69,05	0,30	8,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,35	0,35		TERRENO VEGETALE E MATERIALE TUFACEO
2	0,35	20,00	19,65		ALTERNANZA DI MATERIALE CALCAREO E MATERIALE ARGILLIFORME
3	20,00	35,00	15,00		STRATI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	35,00	55,00	20,00		FORMAZIONI CALCAREE FRATTURATE ASCIUTTE
5	55,00	69,00	14,00		FORMAZIONI CALCAREE FESSURATE CON PRESENZA DI FALDE ACQUIFERE
6	69,00	131,00	62,00		ROCCIA CALCAREA FERRUGINOSA CON CHIARI SEGNI DI PRESENZA DI ACQUA



POZZO ISPRA BR3

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 199399 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 80,00 Quota pc slm (m): 58,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 3,000 Portata esercizio (l/s): 2,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,942081 Latitudine WGS84 (dd): 40,506219 Longitudine WGS84 (dms): 17° 56' 31.50" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 22.40" N</p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	80,00	80,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	57,00	60,00	3,00
2	66,00	68,00	2,00
3	74,00	79,00	5,00

MISURE PIEZOMETRICHE

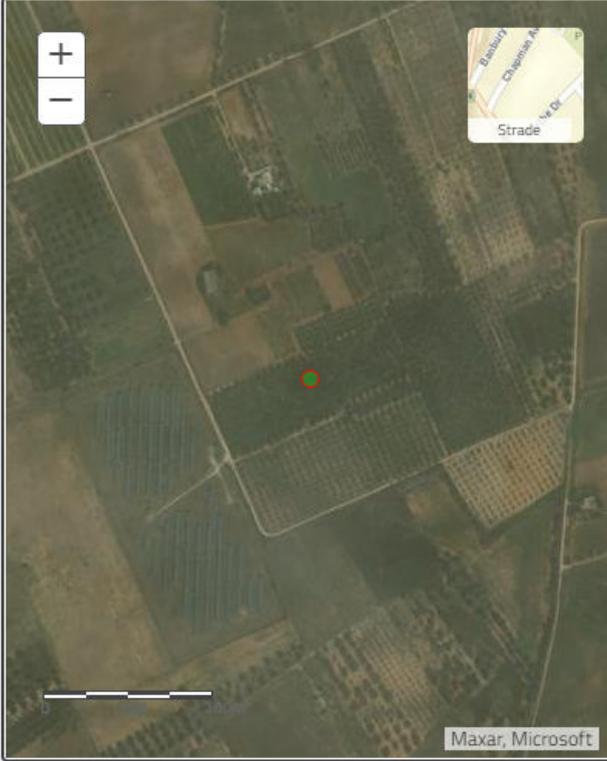
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1995	57,90	58,15	0,25	3,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	9,00	9,00		TERRENO VEGETALE
2	9,00	15,00	6,00		ROCCIA TUFACEA MISTA AD ARGILLA
3	15,00	27,00	12,00		ROCCIA CALCAREA
4	27,00	35,00	8,00		ROCCIA BIANCA STRATIFICATA
5	35,00	80,00	45,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE



POZZO ISPRA BR4

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 202566 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: MESAGNE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 98,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: ND Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,871519 Latitudine WGS84 (dd): 40,510950 Longitudine WGS84 (dms): 17° 52' 17.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 39.43" N</p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	98,00	98,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	73,00	74,00	1,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1989	74,00	74,15	0,15	6,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	26,00	26,00		TERRENO VEGETALE E MATERIALE TUFACEO
2	26,00	48,00	22,00		ALTERNANZA DI MATERIALE CALCAREO E MATERIALE ARGILLIFORME
3	48,00	59,00	11,00		STRATI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	59,00	72,00	13,00		FORMAZIONI CALCAREE FRATTURATE ASCIUTTE
5	72,00	74,00	2,00		FORMAZIONI CALCAREE FESSURATE CON PRESENZA DI FALDE ACQUIFERE
6	74,00	98,00	24,00		ROCCIA CALCAREA FERRUGINOSA MOLTO FESSURATA CON CHIARI SEGNI DI PRESENZA DI ACQUA



POZZO ISPRA BR5

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 199402 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 87,00 Quota pc slm (m): 61,00 Anno realizzazione: 2001 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 4,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,910411 Latitudine WGS84 (dd): 40,477061 Longitudine WGS84 (dms): 17° 54' 37.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 28' 37.43" N</p> <p>(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,00	51,00	350
2	51,00	87,00	36,00	270

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	61,00	87,00	26,00

MISURE PIEZOMETRICHE

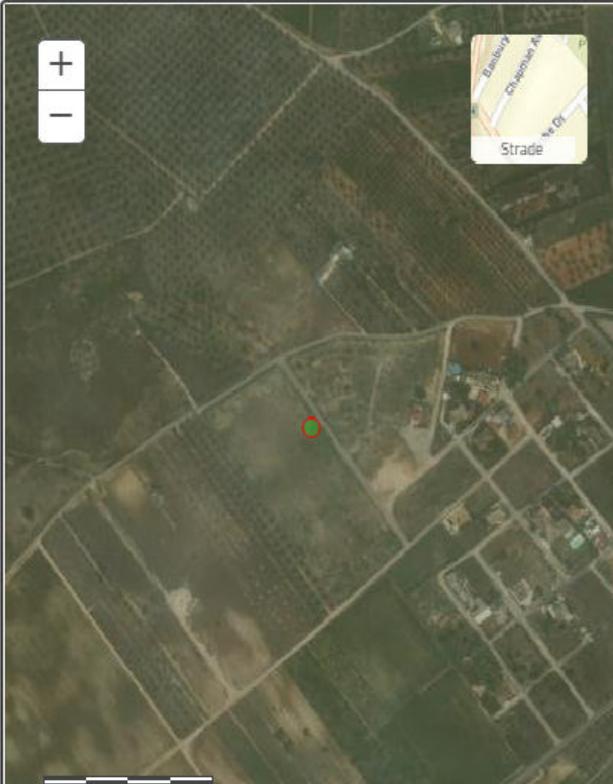
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ago/2001	61,00	61,00	0,00	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,80	0,80		TERRENO VEGETALE
2	0,80	8,00	7,20		SABBIE CALCARI
3	8,00	51,00	43,00		ARGILLE LIMOSE E SABBIE
4	51,00	57,00	6,00		CALCARENITE
5	57,00	70,00	13,00		CALCARE FESSURATO
6	70,00	87,00	17,00		CALCARE DOLOMIO FESSURATO CON PRESENZE D'ACQUA



POZZO ISPRA BR6

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 199397 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 78,00 Quota pc slm (m): 65,00 Anno realizzazione: 2001 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 1,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,949019 Latitudine WGS84 (dd): 40,467331 Longitudine WGS84 (dms): 17° 56' 56.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 28' 02.40" N</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,00	51,00	320
2	51,00	78,00	27,00	270

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	65,00	78,00	13,00

MISURE PIEZOMETRICHE

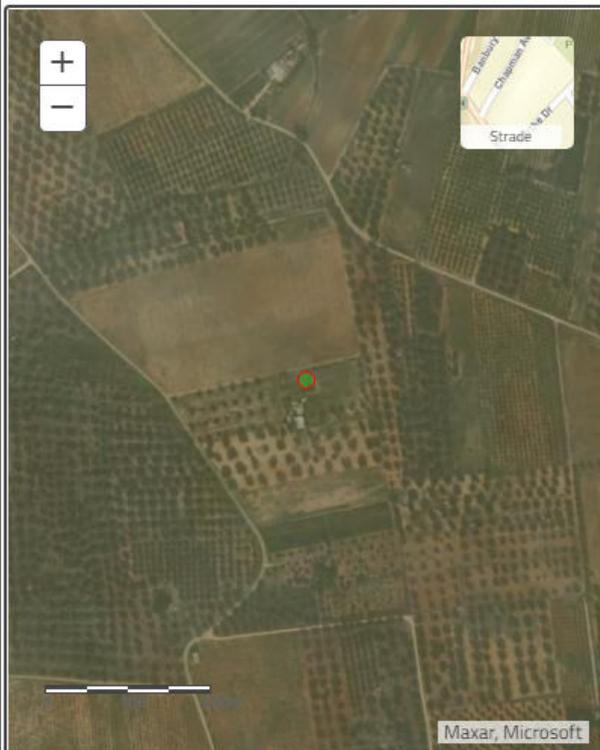
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
dic/2001	62,00	62,00	0,00	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,80	0,80		TERRENO VEGETALE
2	0,80	51,00	50,20		SABBIE
3	51,00	56,00	5,00		DESCRIZIONE LITOLOGICA NON PRESENTE
4	56,00	62,00	6,00		ARGILLE
5	62,00	78,00	16,00		CALCARE FESSURATO DOLOMIO CON PRESENZE D'ACQUA



POZZO ISPRA BR7

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
<p>Codice: 202560 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: MESAGNE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 90,00 Quota pc slm (m): 67,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 3,000 Portata esercizio (l/s): 2,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,863739 Latitudine WGS84 (dd): 40,532889 Longitudine WGS84 (dms): 17° 51' 49.47" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 31' 58.41" N</p> <p>(*):Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	90,00	90,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	67,00	72,00	5,00
2	78,00	84,00	6,00
3	85,00	89,00	4,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
gen/1995	67,20	67,20	0,00	3,000

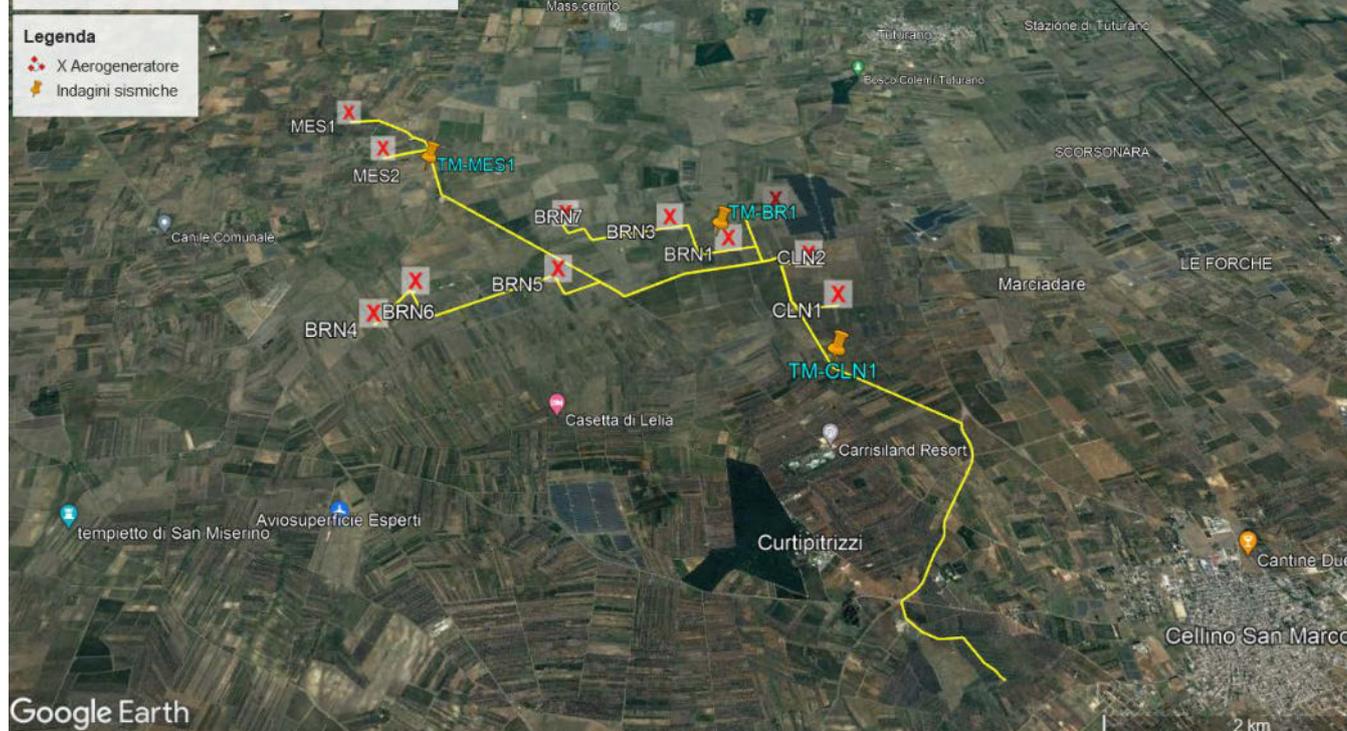
STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	9,00	9,00		TERRENO VEGETALE
2	9,00	16,00	7,00		ROCCIA TUFACEA
3	16,00	30,00	14,00		BANCHI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	30,00	55,00	25,00		ROCCIA BIANCA
5	55,00	90,00	35,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE



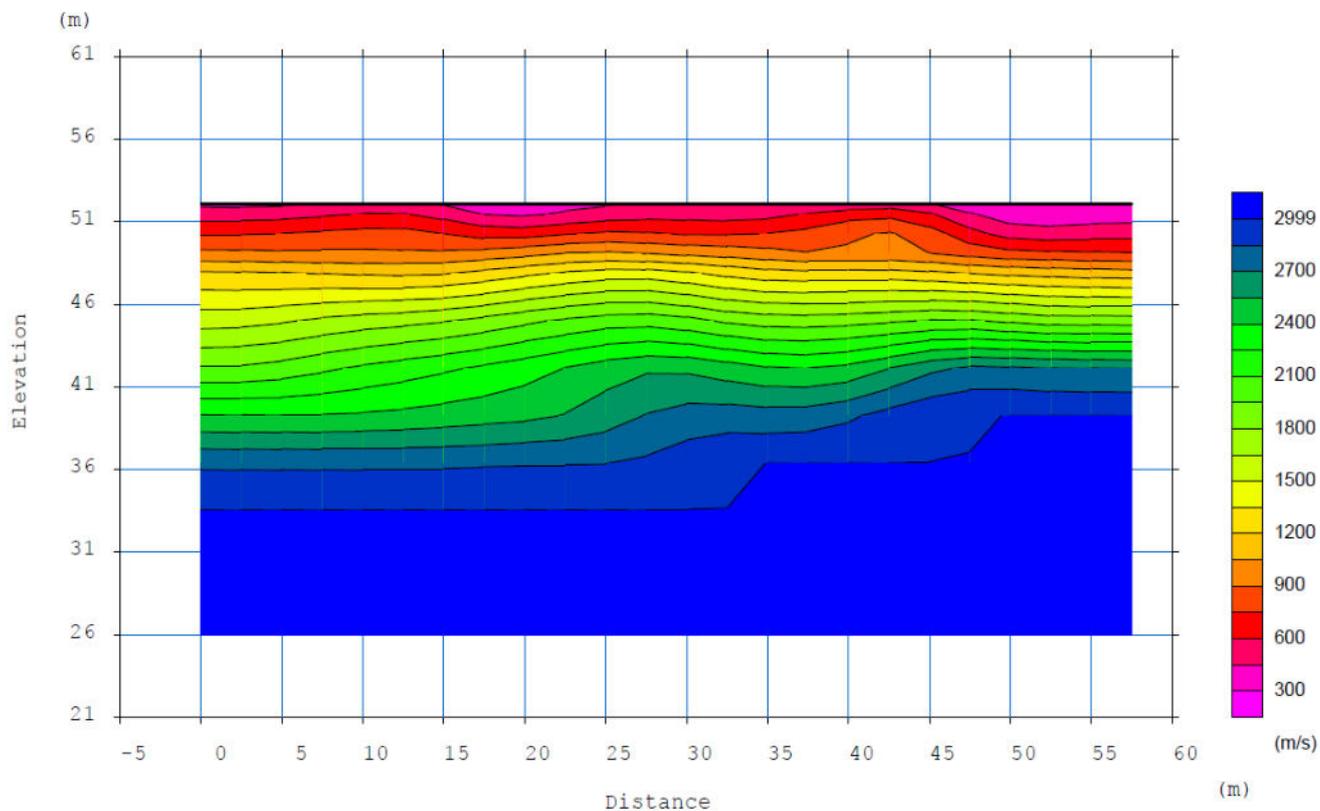
UBICAZIONE TOMOGRAFIE SISMICHE

UBICAZIONE INDAGINI SISMICHE

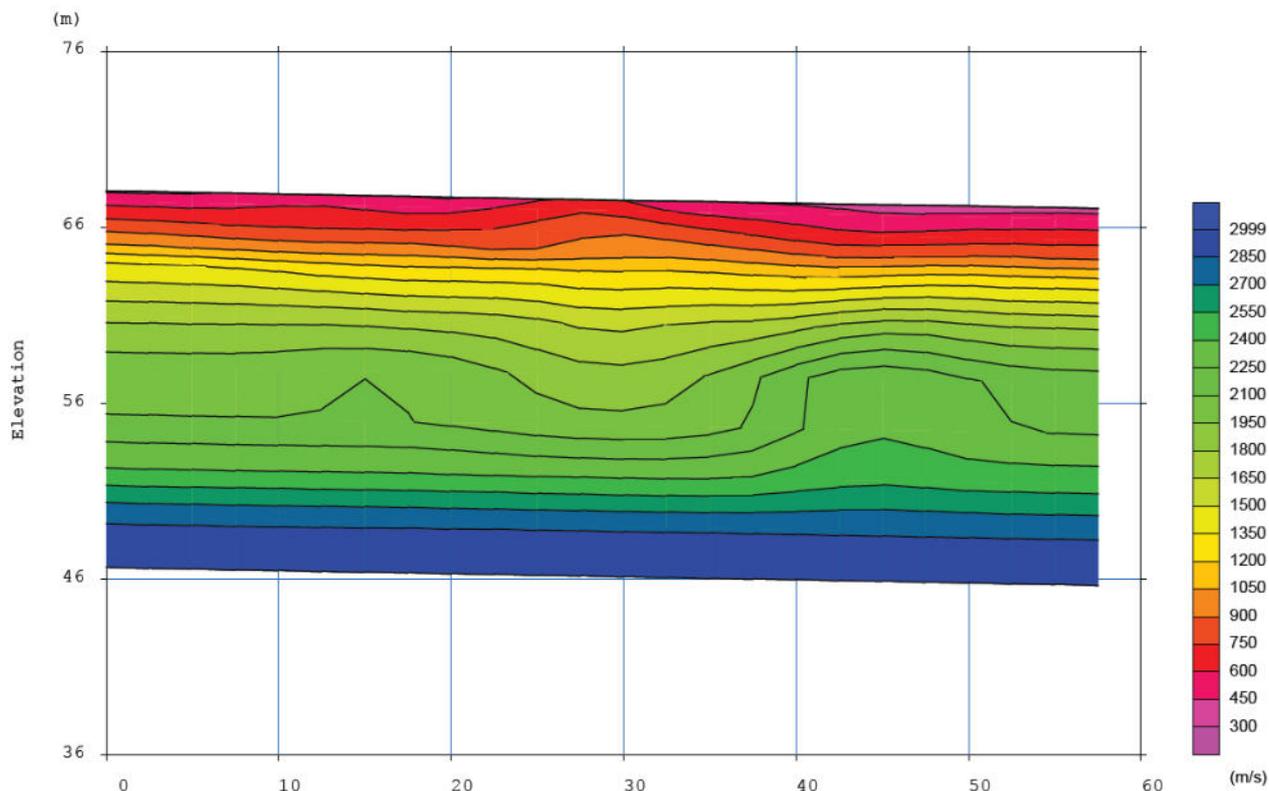


Ubicazione indagini sismiche

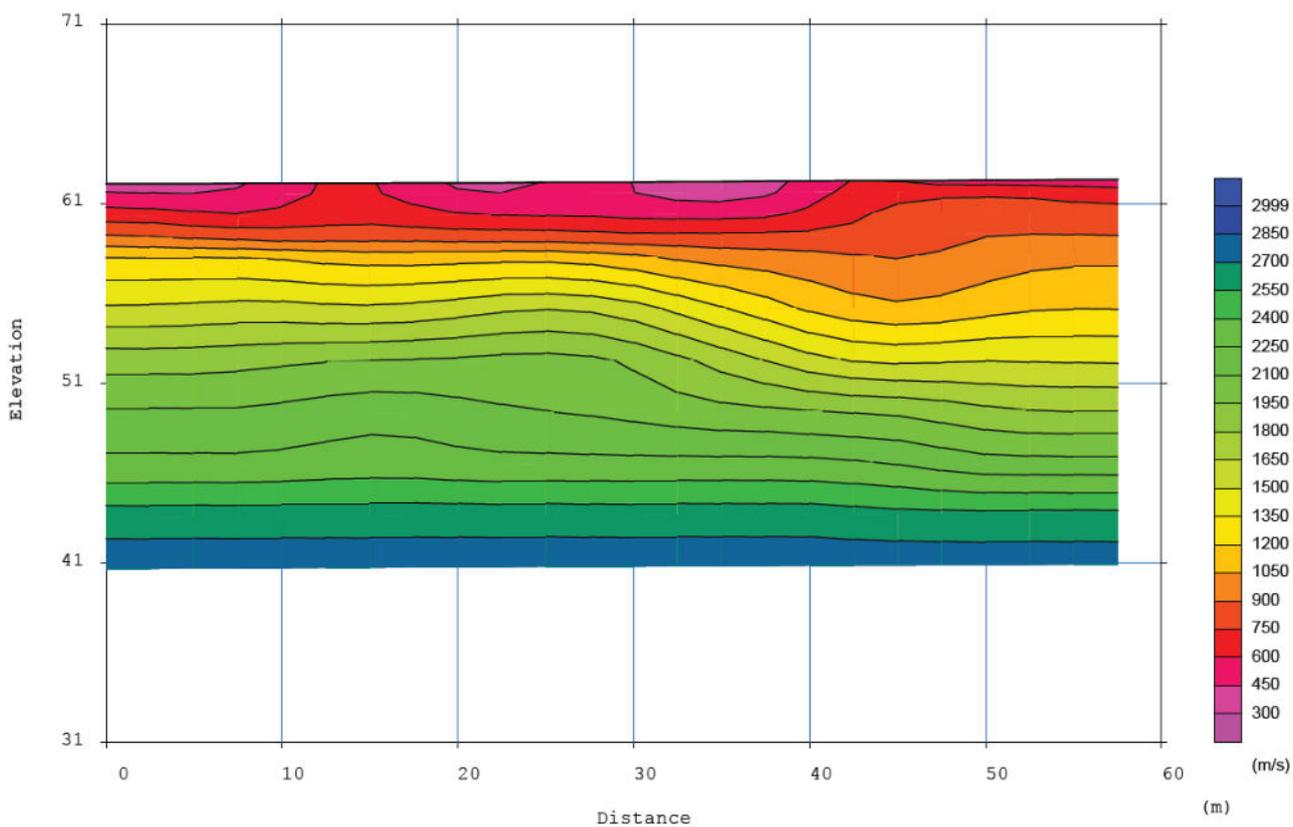
TOMOGRAFIA TM. BR1



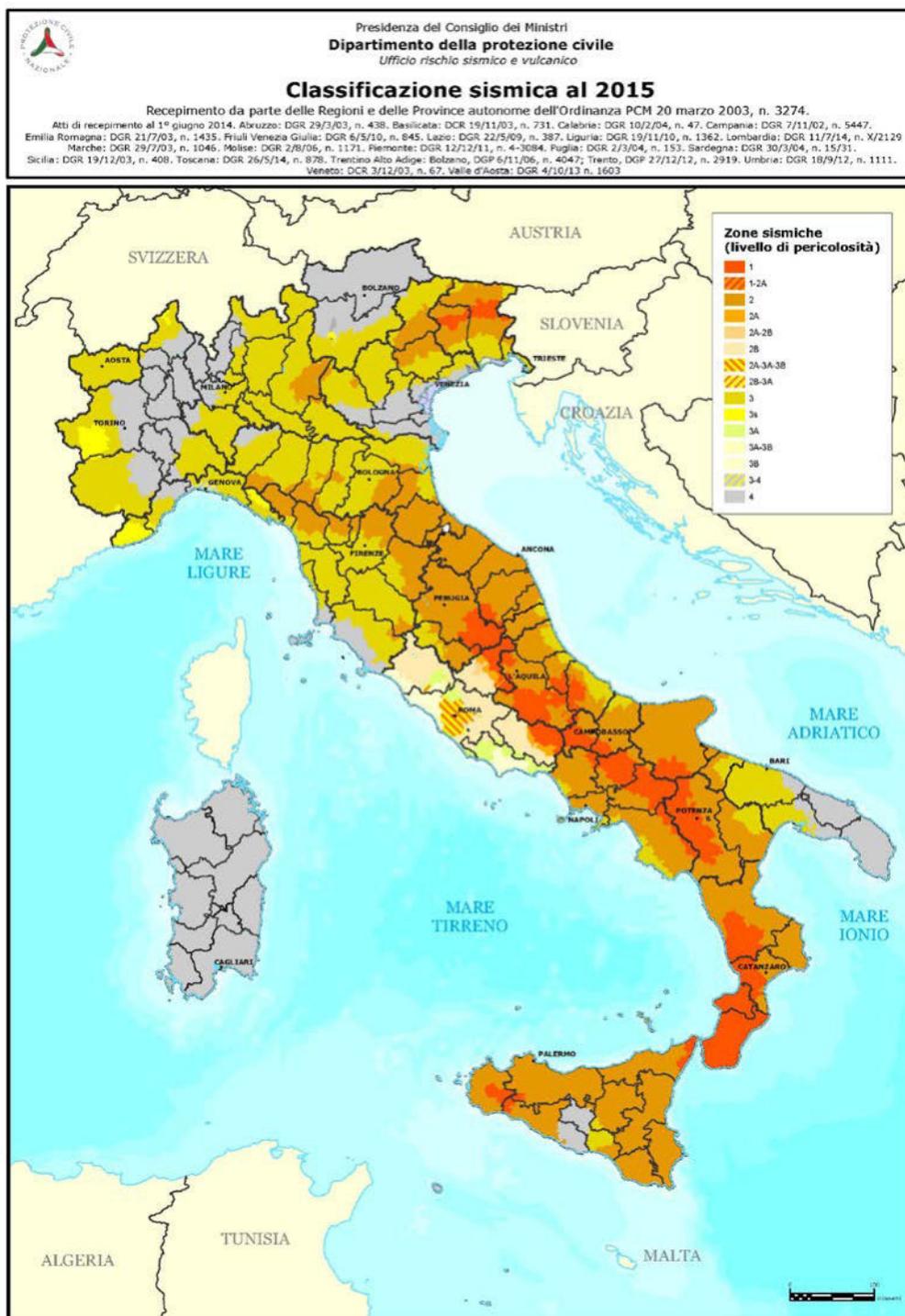
TOMOGRAFIA TM-MES1



TOMOGRAFIA TM-CLN1



6 CARATTERI SISMICI DEL TERRITORIO



I territori comunali di BRINDISI, MESAGNE (BR) e CELLINO SAN MARCO (BR) ricadono in un distretto geografico sismico. Nei territori in oggetto, infatti, si risentono i terremoti con epicentri garganici, molisani, sanniti, irpini e lucani.



6.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Si illustra di seguito la Classificazione sismica dei comuni di BRINDISI,) MESAGNE (BR) e CELLINO SAN MARCO (BR secondo l'O.P.C.M 3274 del 30.03-2003 aggiornata al 2004

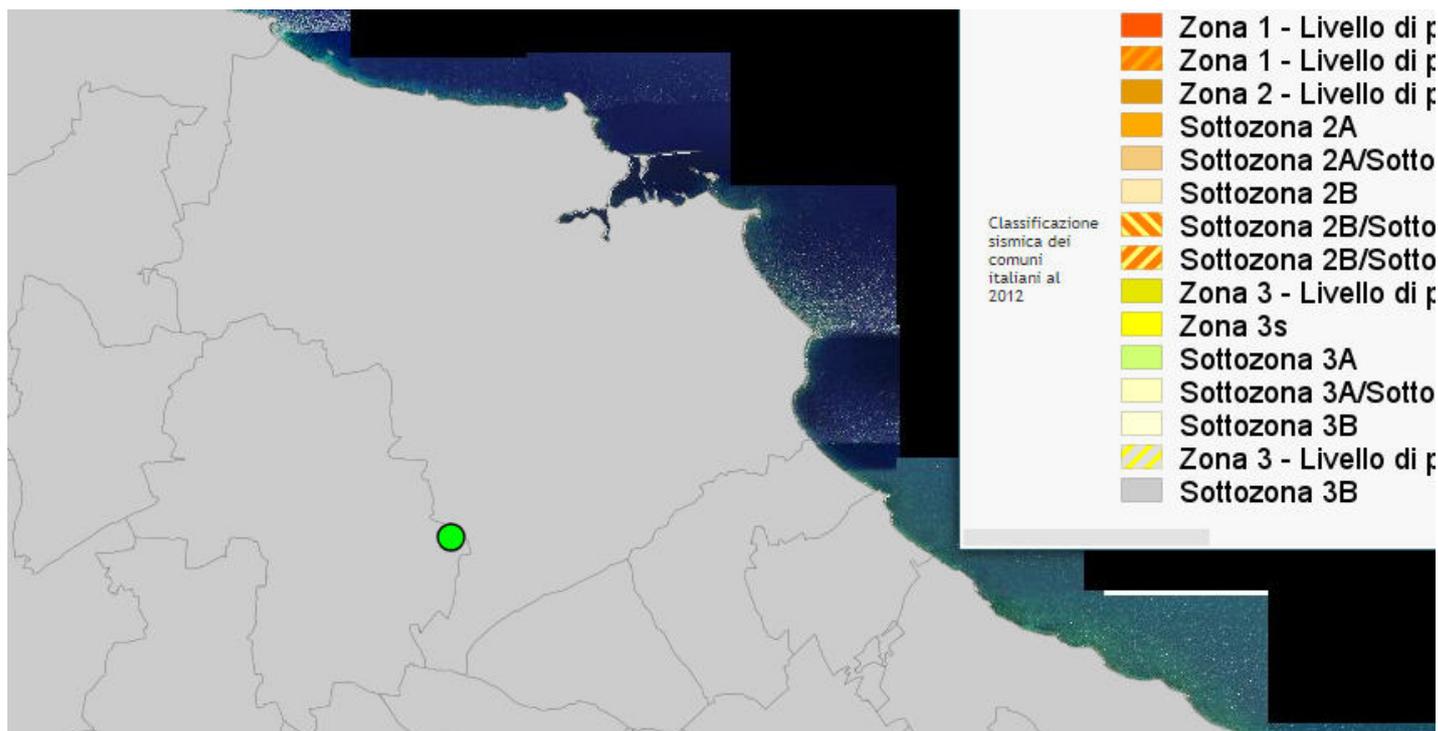


Area Aerogeneratori comune di Brindisi in funzione della classificazione sismica

Comune di BRINDISI	Classificazione 2003 Agg. 2006	PGA (g)
	Zona sismica 4	PGA < 0.05 g

È stato dichiarato sismico con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 rilasciata il 20 marzo 2003 sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, aggiornata con la Delibera Regione Puglia n. 153 del 02.02.2004 con il grado sismico 4



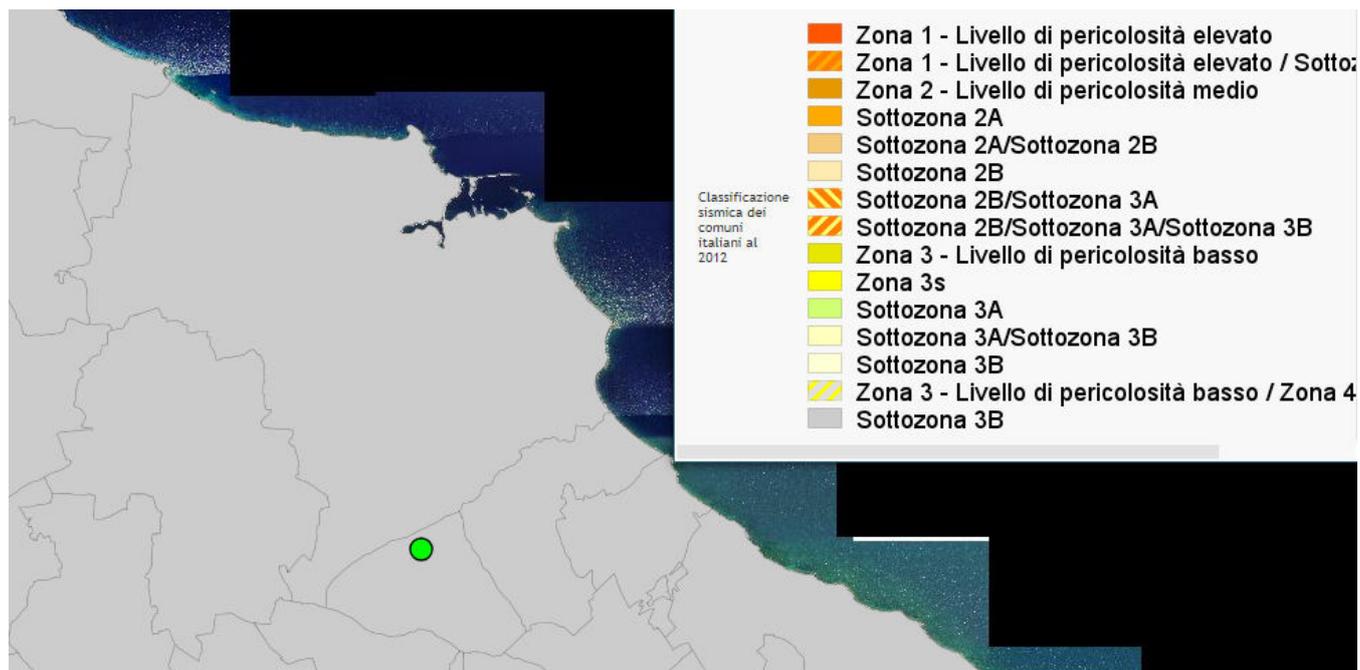


Area Aerogeneratori comune di Mesagne in funzione della classificazione sismica

Comune di MESAGNE (BR)	Classificazione 2003 Agg. 2006	PGA (g)
	Zona sismica 4	PGA < 0.05 g

È stato dichiarato sismico con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 rilasciata il 20 marzo 2003 sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, aggiornata con la Delibera Regione Puglia n. 153 del 02.02.2004 con il grado sismico 4





Area Aerogeneratori + Sottotazione Elettrica nel comune di Cellino San Marco in funzione della classificazione sismica

Comune di	Classificazione	PGA (g)
Cellino San Marco (BR)	2003 Agg. 2006	
	Zona sismica 4	PGA < 0.05 g

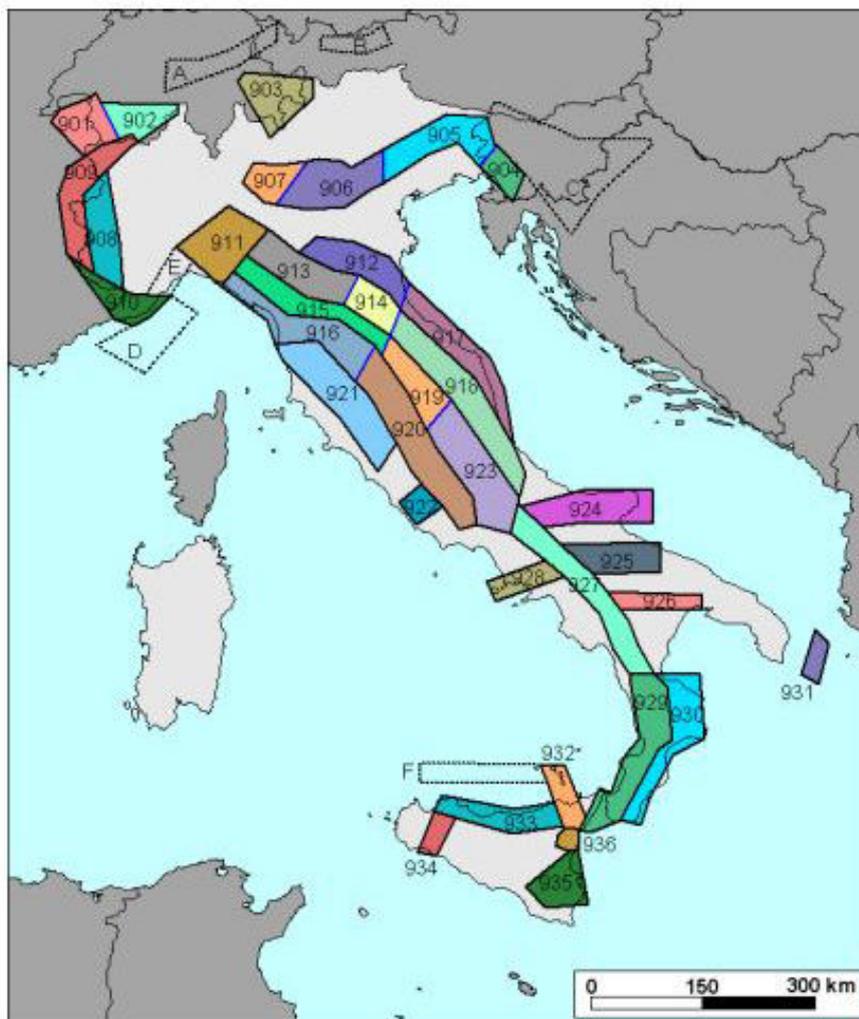
È stato dichiarato sismico con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 rilasciata il 20 marzo 2003 sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003, aggiornata con la Delibera Regione Puglia n. 153 del 02.02.2004 con il grado sismico 4.

6.2. ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA

Negli ultimi anni e fino al 2002, il punto di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica nell'area italiana è stata la zonazione sismogenetica ZS4 (*Scandone et altri 1996*).

Gli sviluppi più recenti in materia di sismogenesi (*Galadini et alii 2000*, DISS Catalogo sorgenti sismogenetiche *Valensise e Pantosti 2001*) hanno però evidenziato alcune incoerenze con il catalogo CTPI. Per tale motivo, al fine di ottenere un modello più coerente con i nuovi dati e con il quadro sismotettonico oggi disponibile, è stata sviluppata una nuova zonazione denominata ZS9.



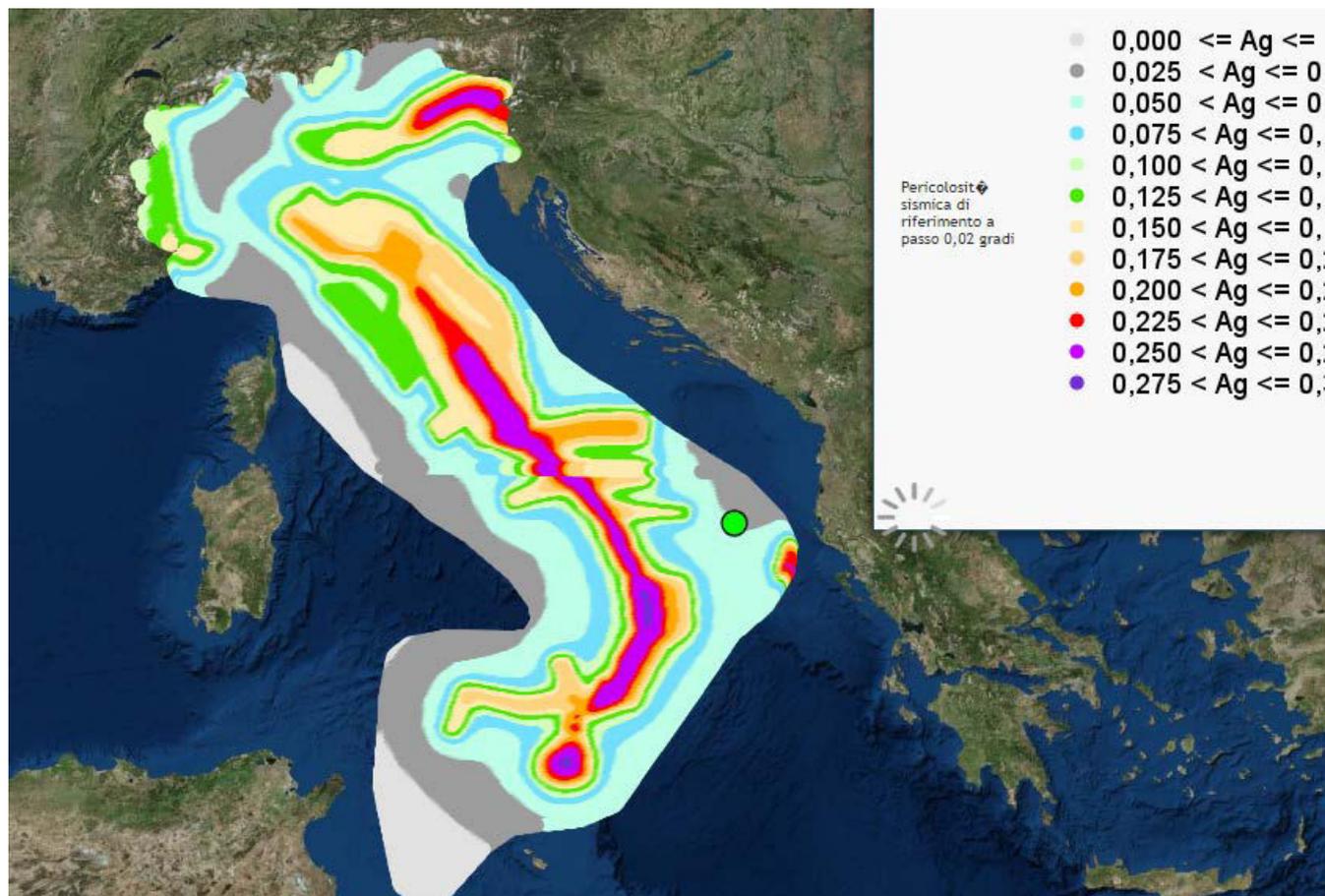


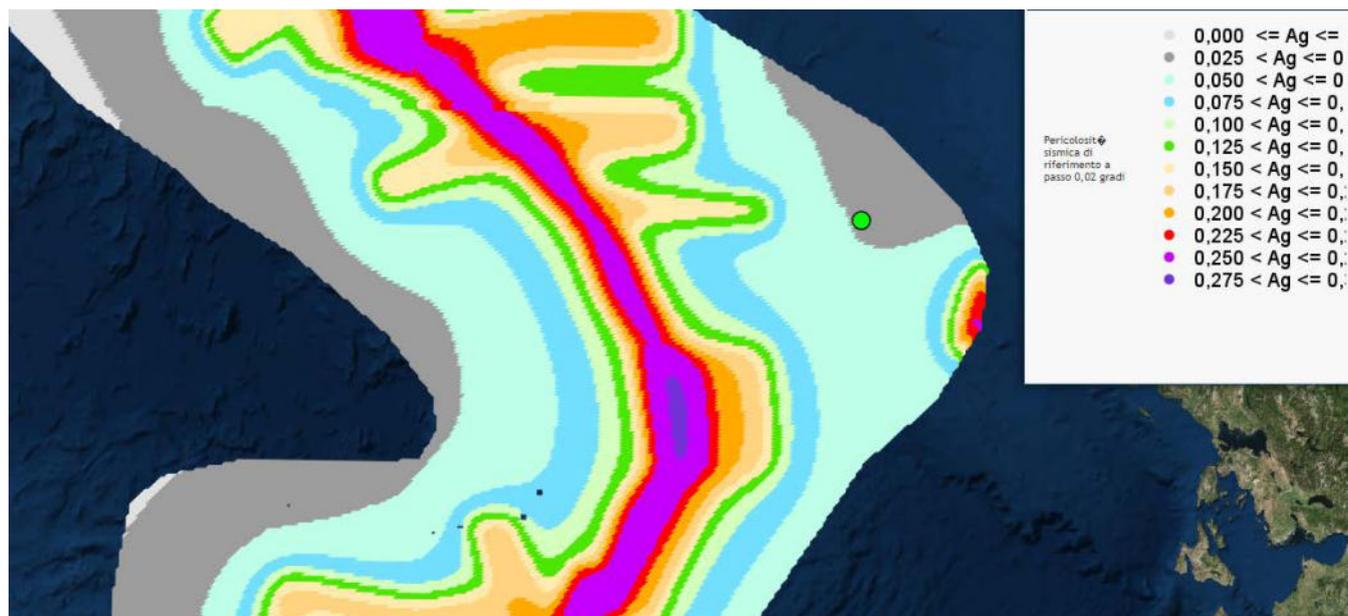
Zonizzazione sismogenetica dell'Italia

La ZS9 propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche. Una base essenziale per la zonazione del territorio è rappresentata dal modello sismotettonico dell'area italiana, e contributi rilevanti per la definizione delle singole zone sono forniti dai cataloghi sismici disponibili. In particolare ZS9 è costruita facendo riferimento al modello sismotettonico di *Meletti et al. (2000)*, rivisto ed integrato negli anni successivi alla sua formulazione. Inoltre ZS9 è definita sulla scorta delle informazioni disponibili dai cataloghi CPTI2 (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e DISS (database delle sorgenti sismogenetiche). La ZS9 non introduce drastici elementi di novità rispetto alle precedenti zonazioni, in modo particolare rispetto a ZS4 che rappresenta una sorta di caposaldo nell'evoluzione del processo di zonazione. L'elemento di novità è rappresentato dall'impiego di un catalogo sismico più aggiornato (CPTI2) e dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (database DISS). Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene al loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il

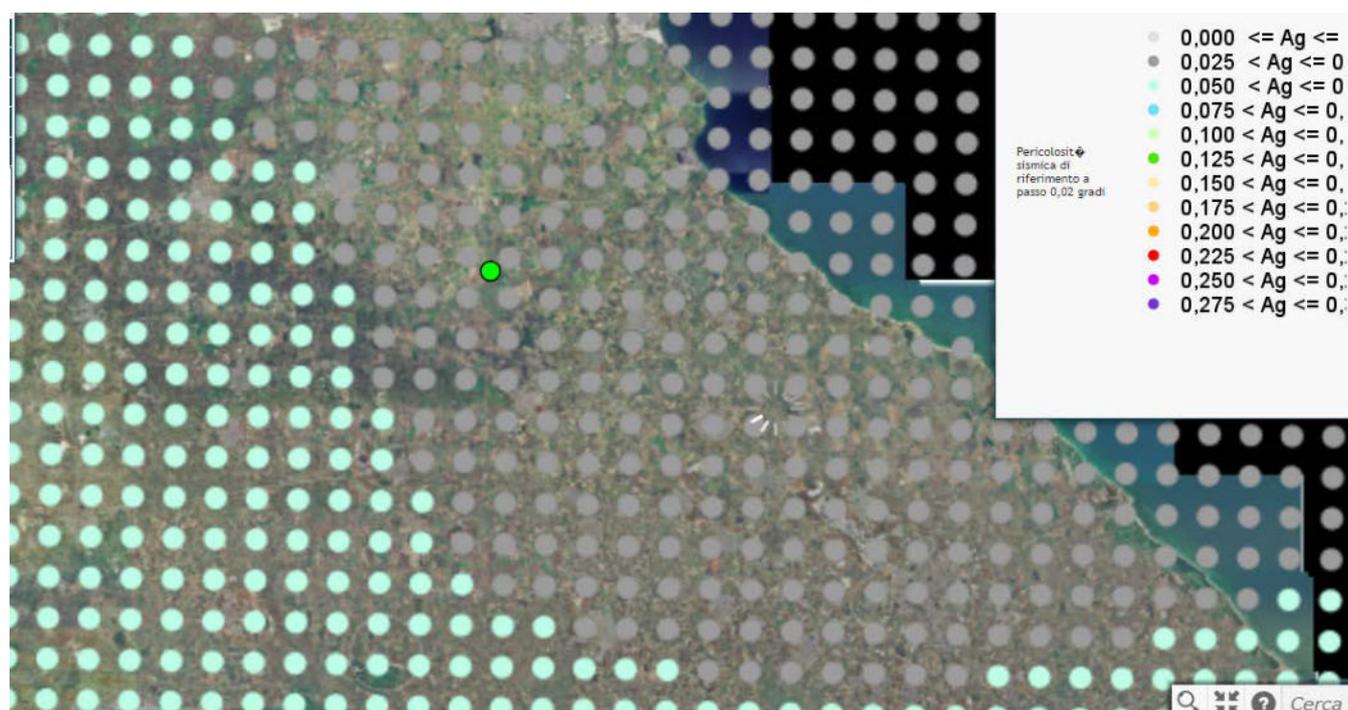


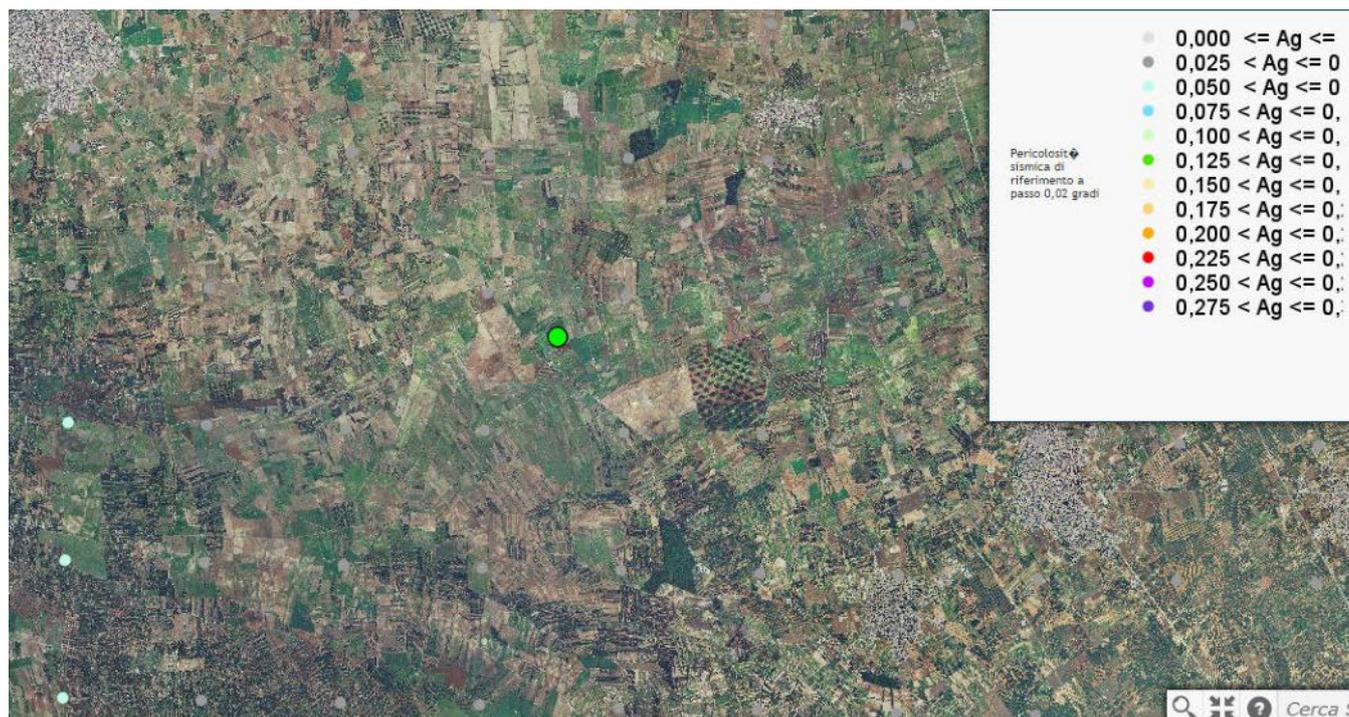
tracciamento delle nuove zone. Un altro elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo del database delle soluzioni dei meccanismi focali dei terremoti italiani (EMMA; *Vannucci e Gasperini*, 2003). Tale database contiene meccanismi tratti da cataloghi on-line (come il catalogo CMT dell'Università di Harvard, il catalogo dell'ETH di Zurigo e il catalogo RCMT dell'INGV) o dalla letteratura cartacea pubblicata. Tra tutti i meccanismi contenuti nel database sono stati selezionati quelli che ricadono all'interno delle zone sorgente di ZS9: si tratta di 1051 records relativi a terremoti avvenuti tra il 1905 ed il 2003, con magnitudo M_w compresa tra 1.9 e 6.6. Utilizzando tutti i dati disponibili e avendo cura di scegliere il meccanismo più affidabile nel caso di soluzioni multiple per lo stesso evento.





Dettaglio pericolosità sismica area Aerogeneratori





Gli Aerogeneratori e la sottostazione SSE ricadono in un'area avente tutti la massima accelerazione orizzontale del suolo compresa tra $0.0250 < g < 0.050$

6.3. RISPOSTA SISMICA LOCALE

L'ultimo episodio importante in ordine cronologico è stato il sisma di S. Giuliano di Puglia (CB), del 30.10.2002 e con replica intensa il giorno successivo, la magnitudo di questo evento è stata stimata pari a 5.4 della scala Richter, un valore che comporta effetti fino al grado VIII della scala Mercalli. L'INGV ha assegnato a Foggia, per questo sisma un'intensità macrosismica pari a V°-VI° della scala Mercalli

Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani dal 1000 al 1980", edito nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica del Centro Nazionale per le Ricerche o il "Catalogo dei forti terremoti italiani dal 461 a.c. al 1980, edito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma, per rendersi conto dei terremoti che hanno avuto come epicentro le zone nord-occidentali della Puglia, in particolare quello di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, di Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°-IX° della scala Mercalli-Cancani-Sieber (MCS).

Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VII-VIII Mercalli circa.

Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali

L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture simili possano subire danni notevolmente diversi. È ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario



smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità. Osservazioni ormai innumerevoli provano che la variabilità spaziale dei danni e degli effetti prodotti da un terremoto è sempre molto elevata, e che in molti casi una causa importante è l'esistenza di condizioni locali sfavorevoli dei siti e dei terreni che possono mettere in crisi anche strutture molto resistenti e progettate per resistere a forti terremoti. È il caso dei pendii franosi, dei depositi argillosi soffici, dei terreni liquefacibili, dove possono aversi **effetti locali** di instabilità, consistenti in veri e propri collassi e talora in movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture. Alcuni scenari tipici: movimenti franosi nei pendii, scorrimenti e cedimenti differenziali in corrispondenza di contatti geologici o di faglie, scivolamenti e rotture nel terreno, fenomeni di liquefazione nei terreni granulari fini, fenomeni di subsidenza in corrispondenza di cavità, ecc.

Ma vi sono anche altre condizioni, meno spettacolari e meno facilmente riconoscibili, che possono essere molto gravose per le sovrastanti strutture e infrastrutture. Sono quelle in cui, a causa di particolari **condizioni locali**, le caratteristiche vibratorie dei movimenti sismici possono subire modificazioni ed esaltazioni locali. Tali effetti vengono indicati nella terminologia sismica come **effetti di sito**; con il termine 'condizioni locali' si intende, invece, l'insieme dei fattori geomorfologici e geotecnici che interagendo con le onde sismiche possono modificare, rispetto allo scuotimento che si avrebbe sulla roccia sottostante (bedrock), le caratteristiche vibratorie del moto sismico in superficie. Tali fattori comprendono principalmente: la morfologia superficiale e sepolta, le caratteristiche stratigrafiche, le proprietà geotecniche dei terreni in campo statico e dinamico. Gli effetti di sito sono spesso all'origine di molti fenomeni di instabilità delle strutture, sia per l'esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, sia perché possono aversi anche fenomeni di 'doppia risonanza' fra modi di vibrare del terreno e della struttura.

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Le strutture sismogenetiche dell'Appennino Dauno e più in generale dell'Appennino Campano hanno infatti fatto registrare eventi sismici i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici.

Barletta dell'11 maggio 1560 e della Capitanata del luglio 1627, di Foggia del 20 marzo 1731, di Mattinata del 10 agosto 1893, giusto per citare i più disastrosi con intensità superiore all'VIII°IX della scala Mercalli Cancani Sieber (MCS). Anche il sisma del 1930, con epicentro nell'area di Scampitella (AV), al confine tra la Puglia e l'avellinese, fu risentito a Foggia con intensità sismica del VIIIVIII° Mercalli circa. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è la prevenzione, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. E' ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità.



La differenza nel danno è imputabile, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (circa i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato la considerazione che territori anche molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi.

La "pericolosità sismica di base" deve essere verificata in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido, in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) per diverse probabilità di superamento in diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 475 anni.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri, a_g accelerazione orizzontale massima del terreno, F_0 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. L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Per quanto riguarda il passato è sufficiente sfogliare il "Catalogo dei terremoti italiani.

Per quanto riguarda l'aspetto sismotettonico, anche se l'area non è direttamente interessata da lineamenti strutturali visibili sulla superficie del suolo, ha subito influenze distruttive durante eventi sismici passati, i cui epicentri si sono localizzati in aree limitrofe. Le strutture sismogenetiche appenniniche garganiche hanno infatti fatto registrare eventi sismici i cui effetti hanno avuto ripercussioni sulla stabilità del territorio sin da tempi storici. Di seguito si ricordano i più importanti.

- 10 settembre 1087 (Magnitudo 4.86 scala Richter)
Epicentro nei Bari
- Anno 1223 (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Vico del Gargano. Danni ingenti in tutto il Gargano e la Capitanata. Distrutta Siponto che, ricostruita per volere di re Manfredi, diverrà l'attuale Manfredonia, Colpite duramente anche Vieste, la Foresta Umbra e per l'appunto Vico.
- Anno 1361 (Magnitudo 6 scala Richter)
Epicentro tra Bovino ed Ascoli Satriano, colpita anche la città di Canosa e Sant'Agata di Puglia
- Anno 1414 (Magnitudo 5.8 scala Richter)
Epicentro tra Bovino ed Ascoli Satriano, colpita anche la città di Canosa e Sant'Agata di Puglia
- maggio 1560 (Magnitudo 5.6 scala Richter)
Epicentro prossimo alla costa, a nord-ovest di Bisceglie dove si verificano numerosi crolli come a Barletta. Circa 300 vittime segnalate
- 26 ottobre 1626 (Magnitudo 5.22 scala Richter)
Epicentro Salento



- 31 maggio 1627 (Magnitudo 7.1 scala Richter)
Forte terremoto (XI scala Mercalli) tra Puglia e Campania. Rase al suolo le cittadine di San Severo, Torremaggiore e diversi centri limitrofi del Foggiano. La scossa provocò un maremoto sulle coste del Gargano, soprattutto presso il Lago di Lesina. Persero la vita oltre 4500 persone.
- 30 Luglio 1646 (Magnitudo 6.6 scala Richter)
Epicentro a sud di Vico. La più colpita è Vieste dove si registrano 132 vittime. Danni anche a Peschici, Ischitella, Rodi, Vico, Carpino, San Giovanni Rotondo, Monte S. Angelo. Lesioni anche a Foggia. Tsumani nel lago di Varano.
- 29 gennaio 1657 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Sisma tra i più dimenticati della storia, recentemente rivalutato grazie a ricerche annalistiche. Scossa principale notturna. Distrutta Lesina, gravi danni per tutto il Gargano in particolare a Vico, S. Severo, Torremaggiore, Apricena e Monte S. Angelo. Ignoto il numero delle vittime
- 21 settembre 1689 (Magnitudo 4.8 scala Richter)
Epicentro costa pugliese centrale
- 20 marzo 1731 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro a sud-ovest di Canosa. Gravi danni a Cerignola, dove crolla parzialmente il castello, a Foggia e nella sua intera provincia. Crolli anche a Barletta, Molfetta, Ascoli Satriano e Canosa. Circa 2500 vittime. Leggero Tsumani a Manfredonia e Barletta.
- 20 febbraio 1743 (Magnitudo 7.0 scala Richter)
Epicentro nel canale d'Otranto. Scossa serale, poco prima della mezzanotte. Semidistrutti Nardò (dove muoiono 100 persone) e Francavilla Fontana. Danni rilevanti a Lecce ed in tutto il Salento. A Brindisi crollano diversi edifici e la cattedrale rimane seriamente lesionata. Effetti anche sull'altra sponda dello Jonio, crolli pure a Corfù, circa 250 vittime.
- 4 agosto 1851 (Magnitudo 6.3 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Barile. Colpita l'area circostante il massiccio del Vulture e la val d'Agri. Distrutta Melfi dove ci sono stati almeno 400 morti. Altri paesi semidistrutti: Rapolla, Barile, Atella, Lavello, Venosa, Rionero. Avvertito nelle regioni confinanti Campania e Puglia. Numero di vittime certamente superiore a 700, forse un migliaio. Il sisma ebbe vasta risonanza, anche per la visita del Re Ferdinando II a Melfi e nei luoghi colpiti.
- 6 dicembre 1875 (Magnitudo 6.0 scala Richter)
Sisma notturno. Epicentro tra S. Marco in Lamis e S. Giovanni Rotondo che risulta il paese più colpito con crollo di 300 case ed abitanti costretti a rifugiarsi in tende e baracche. Avvertito in tutto il Gargano e il Tavoliere.
- agosto 1893 (Magnitudo 5.4 scala Richter)
Il terremoto del Gargano del 1893 è stato un evento sismico che colpì la costa meridionale del Gargano con epicentro localizzato all'altezza del porto di Mattinata, all'epoca semplice frazione rurale di Monte Sant'Angelo. La scossa principale si verificò nella serata del 10 agosto, dopo una giornata caratterizzata da un continuo susseguirsi di altre scosse relativamente meno intense, all'interno di una sequenza sismica che perdurava fin dal 27 giugno ed esauritasi solo nel gennaio dell'anno successivo, dopo che a novembre si era registrata una tregua poi rivelatasi momentanea. Durante l'intera sequenza vennero registrate non meno di 400 scosse.



- 23 Novembre 1980 (Magnitudo 6.9 scala Richter)
Il più terribile terremoto in Italia, dopo la Seconda Guerra Mondiale, con epicentro in Irpinia, furono devastate diverse zone tra la Campania e la Basilicata e Puglia, con danni ingentissimi, soprattutto nell'area del Vulture. Vennero distrutti numerosi paesi. A Napoli, nel quartiere di Poggioreale, crollò un palazzo di diversi piani, provocando 52 morti. Danni ingenti nelle province di Avellino, Salerno, Benevento, Matera e Potenza e Foggia. In totale vi furono circa 8000 feriti, 2914 morti, oltre 250 mila senzatetto.
- 23 settembre 2001 (Magnitudo 4.96 scala Richter)
Epicentro Golfo di Taranto
- 31 ottobre 2002 (Magnitudo 5.7 scala Richter)
Epicentro nei pressi di Bonefro (CB). Danni principali a S. Giuliano di Puglia dove nel crollo di una scuola morirono 27 bambini ed una maestra. Lesione anche in provincia di Foggia. 30 le vittime totali, 5000 senzatetto.

Dopo questa lunga carrellata di date di terremoti, solo per citare i più nefasti, possiamo asserire con certezza che nessuna zona dell'Italia viene risparmiata. Tutto ciò al solo scopo per non dimenticare che viviamo in un territorio altamente sismico, e, dal punto di vista geologico, molto fragile. Allo stato delle conoscenze, la sola arma nei confronti degli eventi sismici è **la prevenzione**, basata sia su previsioni di tipo statistico che su studi geologici e geofisici regionali e locali. L'esperienza ci ha ampiamente dimostrato che in ogni evento sismico e nell'ambito dello stesso comune si osservano livelli di danno differenziati tra loro, anche due o tre gradi della scala MCS. Anche il sisma di S. Giuliano di Puglia ha confermato tale dato, territori molto vicini tra loro e con strutture similari possano subire danni notevolmente diversi. È ormai chiaro che la differenza nel danno è imputabile, sia ai diversi sistemi costruttivi con cui sono realizzati i manufatti, sia alla diversa risposta sismica locale dell'immediato sottosuolo (i primi 30 metri) su cui insistono gli stessi. Il substrato geologico superficiale, infatti, può esaltare o al contrario smorzare in modo molto significativo l'intensità dei diversi moti vibranti indotti sui manufatti dalle onde sismiche generate, quasi sempre, a diversi chilometri di profondità. La risposta sismica locale del substrato geologico durante il sisma si può ormai modellare con sufficiente scientificità.



7 COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

L'ordinanza sismica n. 3274 del 20.03.2003 ha introdotto, tra l'altro, la necessità di considerare, per le costruzioni sui pendii o in loro prossimità, un coefficiente di amplificazione topografica St .

Tale coefficiente è direttamente proporzionale alla pendenza del versante,

$St = 1$ (assenza di amplificazione) per acclività minori di 15° (pendenze inferiori al 26.8%).

$St = 1,2$ per acclività comprese tra 15° e 30° (pendenze superiori al 26.8% ed inferiori al 57%)

$St = 1,4$ per acclività maggiori di 30° .

7.1. CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Sono state contraddistinte quattro categorie Topografiche così come segue:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

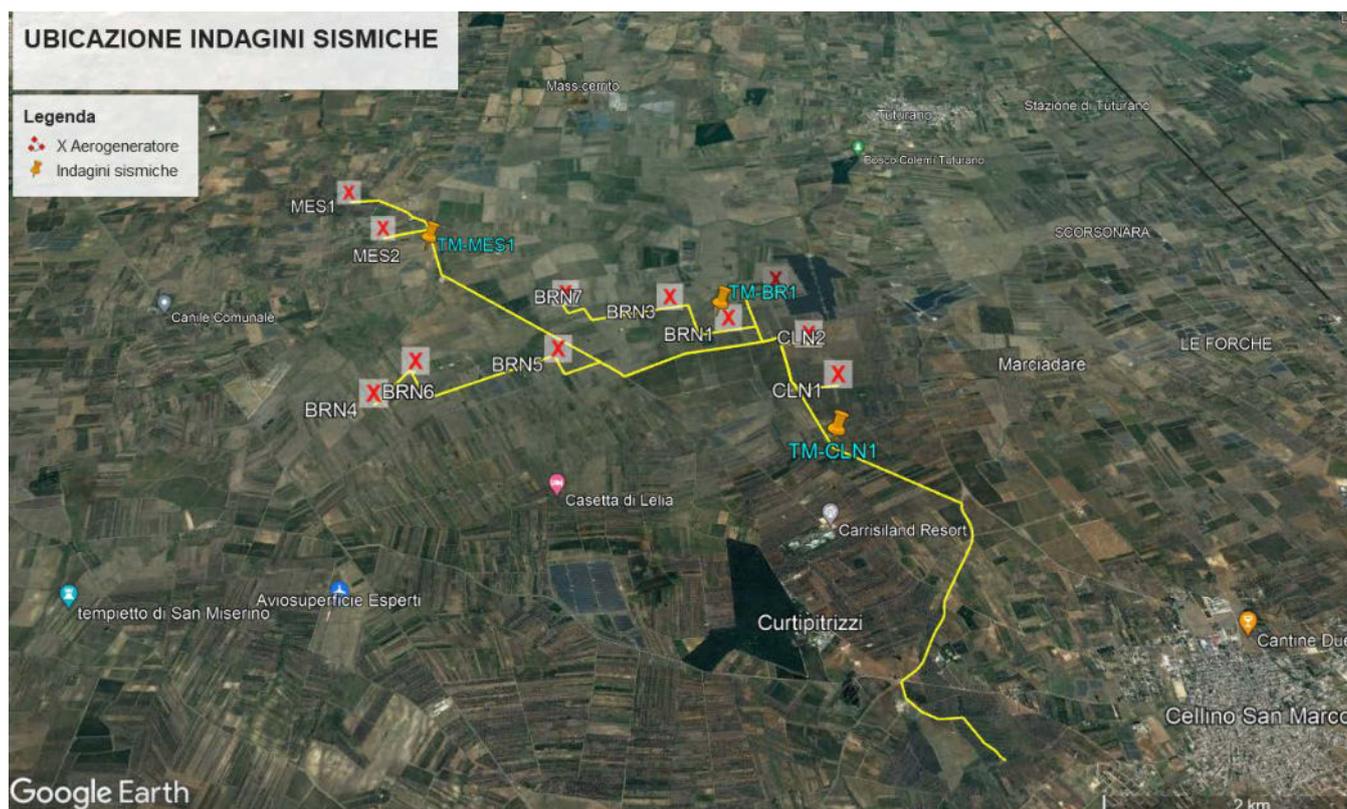
Nel nostro caso specifico, essendo l'acclività $< 15^\circ$, il coefficiente di amplificazione sismica topografica St risulta pari a 1.0 e categoria topografica T1 per tutti gli Aerogeneratori e la Sottostazione di Trasformazione Elettrica (SSE)



8 CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi con $Vs_{30} > 800$ m/s
B	Ghiaie e sabbie molto addensate o argille molto consistenti con $360 < Vs_{30} < 800$ m/s
C	Ghiaie e sabbie mediamente addensate o argille mediamente consistenti con $180 < Vs_{30} < 360$ m/s
D	Terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con $Vs_{30} < 180$ m/s
E	Terreni con sottosuoli di tipo C o D per spessori non superiori a 20 metri, posti su substrato con $Vs > 800$ m/s
S1	Terreni caratterizzati da valori di $Vs_{30} < 100$ /ms
S2	Terreni suscettibili di liquefazione o di argille sensitive

Per caratterizzare la **Categoria dei suoli di Fondazione** sono state eseguite N. 3 MASW.



Ubicazione MASW

Nel seguito verranno esplicitate i risultati ottenuti.



MASW TMBR1

	Depth	Spessore	S-velocity	P-velocity	Density	ν	Vp/Vs	G	Ed
	[m]	[m]	[m/s]	(m/s)	[KN/m ³]	(-)	(-)	[Mpa]	[Mpa]
1	0.0	1.1	304.76	609.93	14.51	0.33	2.00	137	367
2	1.1	1.2	315.00	628.02	14.51	0.33	1.99	147	391
3	2.3	1.4	274.36	551.79	14.53	0.34	2.01	112	298
4	3.7	1.6	292.55	586.99	14.69	0.33	2.01	128	342
5	5.3	1.7	357.73	712.33	14.85	0.33	1.99	194	516
6	7.0	1.9	399.33	795.32	14.99	0.33	1.99	244	649
7	8.9	2.1	404.33	807.13	15.02	0.33	2.00	250	667
8	11.0	2.2	403.24	806.38	15.02	0.33	2.00	249	664
9	13.2	2.4	404.99	809.36	15.02	0.33	2.00	251	670
10	15.6	2.6	407.81	813.96	15.02	0.33	2.00	255	679
11	18.1	2.7	409.23	816.03	15.02	0.33	1.99	256	683
12	20.9	2.9	407.61	812.59	15.02	0.33	1.99	254	678
13	23.7	3.0	403.97	805.34	15.02	0.33	1.99	250	666
14	26.8	3.2	447.62	889.34	15.02	0.33	1.99	307	816
15	30.0 -		447.62	889.34	18.17	0.33	1.99	371	988

Vs30 : 381.1 (m/s)

Categoria suolo : **B**

Depositi di sabbie e ghiaia molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT >50, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).



MASW TM-MES1

PRSE 867 - MASW

PRSE 867 - MES1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	212.62	1526.01	17.96	0.49	7.18	83	247
2	3.8	6.3	433.68	1771.39	18.73	0.47	4.08	359	1055
3	10.0	8.8	353.55	1682.45	18.46	0.48	4.76	235	695
4	18.8	11.2	554.72	1905.74	19.14	0.45	3.44	601	1746
5	30.0 -		938.23	2331.43	20.37	0.40	2.48	1828	5132
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 30 m

Vs,eq : 389.2 (m/s)

Categoria suolo : 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 e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



MASW TM-CLN1

PRSE 867 - MASW

PRSE 867 - CLN1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity [m/s]	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	320.34	1645.57	18.34	0.48	5.14	192	568
2	3.8	6.3	388.07	1720.75	18.57	0.47	4.43	285	840
3	10.0	8.8	364.31	1694.38	18.49	0.48	4.65	250	739
4	18.8	11.2	686.78	2052.33	19.57	0.44	2.99	941	2706
5	30.0 -		686.78	2052.33	19.57	0.44	2.99	941	2706
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 30 m
Vs,eq : 439.8 (m/s)
Categoria suolo : **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 e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Per tutti gli aerogeneratori ivi compresa la Sottostazione di Trasformazione Elettrica (**SSE**) l'area in studio è classificata come **Categoria "B" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s con .**

8.1. CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE DEL SUBSTRATO FONDAZIONALE

Sono ben note le ottime caratteristiche fisico-meccaniche delle rocce carbonatiche, siano esse costituite da calcare o da calcare dolomitico. La roccia integra è, infatti, un materiale lapideo con elevata compattezza e resistenza media (secondo la classifica di Deere e Miller). Prove geotecniche di laboratorio effettuate su campioni di roccia integra su affioramento calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola (dolomie di Galatina), hanno fornito i seguenti valori dei principali parametri geotecnici, relativi rispettivamente a campioni di roccia compatta e di roccia porosa:



	Calccare compatto	Calccare poroso	Calcarenite
peso-volume totale	2,6-2,7 t/m ³	2,4-2,6 t/m ³	1,7-1,9 t/m ³
Porosità	= 26-27 kN/m ³ 2-4 %	= 24-26 kN/m ³ 6-8 %	= 17-19 kN/m ³ 20-30%
resistenza a compressione	500-600 Kg/cm ² + = 50-60 MPa	300-400 Kg/cm ² = 50-60 MPa	30-100 Kg/cm ² = 3-10 MPa

Non altrettanto può dirsi della “qualità” dell’ammasso roccioso calcareo che risulta notoriamente affetto da una serie di imperfezioni, singenetiche e non, e di alterazioni che riducono, talora grandemente, le caratteristiche geomeccaniche dell’ammasso stesso: le più importanti da questo punto di vista sono i giunti di stratificazione, il grado di apertura e di alterazione delle pareti dei giunti stessi, il grado di fessurazione e/o di carsificazione, la presenza o meno di materiale coerente (terra rossa, argilla) o incoerente (sabbia, ecc.) all’interno dei giunti e delle fessure. Con riferimento alla nota espressione di Manev che correla la resistenza dell’ammasso alla resistenza della roccia intatta e al grado di fatturazione dell’ammasso, ipotizzando un numero di giunti per metro pari a 10, la resistenza dell’ammasso è pari a circa un decimo di quella della roccia intatta:

$$C_m = 0,10 C_o = 40-50 \text{ Kg/cm}^2 = 4-5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ 4-5 MPa.}$$

Valori non dissimili sono riscontrabili per le calcareniti, che pur presentando una minore resistenza meccanica del Calccare, sono però dei materiali massicci, quasi privi di discontinuità.

Per quanto riguarda le caratteristiche elastiche dell’ammasso calcareo è possibile dedurle dai risultati delle prospezioni sismiche, in relazione ai valori misurati della velocità delle onde sismiche.

Come è noto il modulo di taglio dinamico di un terreno o roccia si può assumere pari a:

$$G' \approx \rho V_s^2$$

essendo ρ la densità del terreno/roccia e V_s la velocità delle onde sismiche.

Il modulo elastico dinamico è poi correlato al modulo di taglio e al modulo di Poisson

ν (nel caso in esame assunto pari a 0,25):

$$E' \approx 2 (1 + \nu) G'.$$

Infine il modulo elastico statico è generalmente assunto pari a 1/10 del modulo dinamico:

$$E \approx 0,10 E'.$$

Con riferimento ai valori misurati in altre zone di affioramento del Calccare di Bari nei primi metri a partire dal piano campagna, assunto:

$$V_s = 1000-1200 \text{ m/s}$$

$$\rho = \gamma / g = 2200 / 9,81 = 220 \text{ kg s}^2 / \text{m}^4$$

segue:

$$G' \approx 220.000.000-316.800.000 \text{ kg/m}^2 = 22.000-31.680 \text{ kg/cm}^2 = 2.200-3.168 \text{ MPa. } E' \approx 2,50 G' = 55.000-79.200 \text{ kg/cm}^2 = 5.500-7.920 \text{ MPa.}$$

$$E \approx 0,10 E' = 5.500-7.920 \text{ kg/cm}^2 = 550-792 \text{ MPa.}$$

Per quanto riguarda, infine, il modulo di reazione del terreno, con Vesic si può utilizzare la relazione:



$$k \approx E / B (1 - v^2).$$

A riguardo dei valori su esposti, è importante osservare che, trattandosi di valori calcolati e non misurati, essi risentono delle approssimazioni insite nelle formule teoriche, comprese nel caso in esame fra il 10% e il 20%.

Si illustrano di seguito i modelli geologico-geotecnici



Modello geologico-geotecnico Aerogeneratori CLN01,CLN02, siti nel comune di Cellino San Marco (BR),MES01, MES02 siti nel comune di Mesagne (BR) e BR01, BR03, BR04, BR05, BR06, BR07 siti nel comune di Brindisi

Comuni di Cellino San Marco, Mesagne e Brindisi			
PARCO EOLICO della Società Santa CHIARA S.r.l.			
MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO CLN01, CLN02, MES01, MES02, BR02, BR03, BR04, BR05, BR06 e BR07			
CONDIZIONE DI STABILITA':	Area con pendenza media del 1% verso Sud, non vi sono segni manifesti di impaludamenti		
CARATTERI STRUTTURALI:	Unità tettonica della Fossa Bradanica - Sabbie argillose e argille siltose e silt sabbiosi di colore azzurroastro si appoggiano sui sottostanti Calcari dolomitici (Dolomie di Galatina) ZONA 4 (Sismicità <PGA< 0.05 g) PERICOLOSITA' DEL SITO = 0.025 <g < 0.05		
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA "B" Depositi di sabbie e ghiaia addensate o di argille molto consistenti Vs30 uguale compreso tra 381.1 m/s e 439,8 m/s		
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1		
p. 1/1			
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE GEOTECNICHE AL DI SOTTO DELLA COPERTURA SUPERFICIALE			
1° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL PRIMO LIVELLO			
LITOLOGIA da 0.80 a 20.00 metri	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y = 19.50 KN/m ³
Argille siltose grigiastre con venature azzurrastre		Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat} = 20.20 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' = 24.00 °
		Coesione drenata	c' = 15.00 KPa
		Coesione non drenata	C _u = 150.00 KPa
		Modulo Edometrico	E _{ed} = 8.00 MPa
		Velocità onde S	V = 250 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν = 0.49 -
		Coefficiente di Winkler	K = 30'124 KN/m ³
		Coefficiente tangenziale	K _τ = 28'452 KN/m ³
		Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d = 26'326 KN/m ³
2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO			
LITOLOGIA da 20 a 35.00 metri	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y = 19.0-20.0 KN/m ³
Calcari dolomitici		Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat} = 19.4-20.5 KN/m ³
		Angolo di attrito	φ' = 30.00 °
		Coesione drenata	R _c = 5.00 KPa
		Resistenza alla compressione	R _c = 2.50 MPa
		E dinamico	E _{din} = 11'063.00 MPa
		Velocità onde S	V = 686 m/s
		Coefficiente di Poisson	ν = 44.00 -
		Coefficiente di Winkler	K = 61'300 KN/m ³
		Coefficiente tangenziale	K _τ = 37'200 KN/m ³
		Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d = 43'024 KN/m ³
TIPO di fondazioni consigliate	Pali diametro 1200 mm, lunghezza 22 metri - numero di pali e loro disposizione e per ogni altre ulteriori valutazioni e considerazioni si rimanda al tecnico progettista		



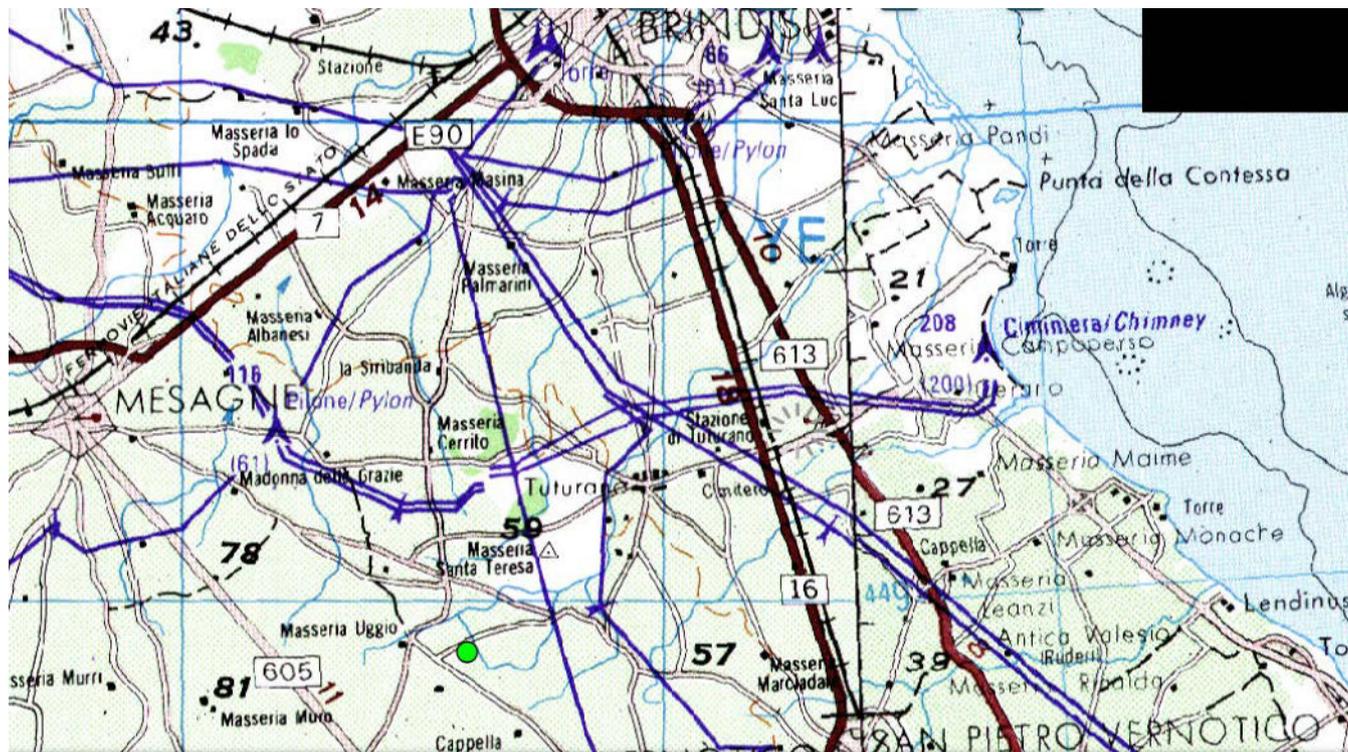
Modello geologico-geotecnico SSE

Comune di Cellino San Marco PARCO EOLICO della Società Santa CHIARA S.r.l. MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO SOTTOSTAZIONE di Trasformazione Elettrica																																																									
CONDIZIONE DI STABILITA':	Area con pendenza media del 1% verso Sud, non vi sono segni manifesti di impaludamenti																																																								
CARATTERI STRUTTURALI:	Unità tettonica della Fossa Bradanica - Sabbie argillose e argille siltose e silt sabbiosi di colore azzurroastro si appoggiano sui sottostanti Calcari dolomitici (Dolomie di Galatina) ZONA 4 (Sismicità <math>PGA < 0.05 g</math>) PERICOLOSITA' DEL SITO = $0.025 < g < 0.05$																																																								
CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE	CATEGORIA "B" Depositi di sabbie e ghiaia addensate o di argille molto consistenti Vs30 uguale compreso tra 381.1 m/s e 439,8 m/s																																																								
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1																																																								
p. 1/1																																																									
CARATTERISTICHE LITOLOGICHE GEOTECNICHE AL DI SOTTO DELLA COPERTURA SUPERFICIALE																																																									
1° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL PRIMO LIVELLO																																																									
LITOLOGIA da 0.80 a 20.00 metri Argille siltose grigiastre con venature azzurrastre	<table border="1"> <tr><td rowspan="10" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>19.50</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>20.20</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>φ'</td><td>=</td><td>24.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coesione drenata</td><td>c'</td><td>=</td><td>15.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Coesione non drenata</td><td>C_u</td><td>=</td><td>150.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Modulo Edometrico</td><td>E_{ed}</td><td>=</td><td>8.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>250</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>0.49</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>30'124</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_τ</td><td>=</td><td>28'452</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>26'326</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y	=	19.50	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}	=	20.20	KN/m ³	Angolo di attrito	φ'	=	24.00	°	Coesione drenata	c'	=	15.00	KPa	Coesione non drenata	C _u	=	150.00	KPa	Modulo Edometrico	E _{ed}	=	8.00	MPa	Velocità onde S	V	=	250	m/s	Coefficiente di Poisson	ν	=	0.49	-	Coefficiente di Winkler	K	=	30'124	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	28'452	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	26'326	KN/m ³
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		Y	=	19.50	KN/m ³																																																			
	Peso dell'unità di volume Saturo		Y _{sat}	=	20.20	KN/m ³																																																			
	Angolo di attrito		φ'	=	24.00	°																																																			
	Coesione drenata		c'	=	15.00	KPa																																																			
	Coesione non drenata		C _u	=	150.00	KPa																																																			
	Modulo Edometrico		E _{ed}	=	8.00	MPa																																																			
	Velocità onde S		V	=	250	m/s																																																			
	Coefficiente di Poisson		ν	=	0.49	-																																																			
	Coefficiente di Winkler		K	=	30'124	KN/m ³																																																			
	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	28'452	KN/m ³																																																				
Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	26'326	KN/m ³																																																					
2° LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE RELATIVE AL TERZO LIVELLO																																																									
LITOLOGIA da 20 a 35.00 metri Calcari dolomitici	<table border="1"> <tr><td rowspan="10" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</td><td>Peso dell'unità di volume</td><td>Y</td><td>=</td><td>19.0-20.0</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Peso dell'unità di volume Saturo</td><td>Y_{sat}</td><td>=</td><td>19.4-20.5</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Angolo di attrito</td><td>φ'</td><td>=</td><td>30.00</td><td>°</td></tr> <tr><td>Coesione drenata</td><td>R_c</td><td>=</td><td>5.00</td><td>KPa</td></tr> <tr><td>Resistenza alla compressione</td><td>R_c</td><td>=</td><td>2.50</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>E dinamico</td><td>E_{din}</td><td>=</td><td>11'063.00</td><td>MPa</td></tr> <tr><td>Velocità onde S</td><td>V</td><td>=</td><td>686</td><td>m/s</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Poisson</td><td>ν</td><td>=</td><td>44.00</td><td>-</td></tr> <tr><td>Coefficiente di Winkler</td><td>K</td><td>=</td><td>61'300</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente tangenziale</td><td>K_τ</td><td>=</td><td>37'200</td><td>KN/m³</td></tr> <tr><td>Coefficiente di rigidità verticale dinamico</td><td>K_d</td><td>=</td><td>43'024</td><td>KN/m³</td></tr> </table>	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume	Y	=	19.0-20.0	KN/m ³	Peso dell'unità di volume Saturo	Y _{sat}	=	19.4-20.5	KN/m ³	Angolo di attrito	φ'	=	30.00	°	Coesione drenata	R _c	=	5.00	KPa	Resistenza alla compressione	R _c	=	2.50	MPa	E dinamico	E _{din}	=	11'063.00	MPa	Velocità onde S	V	=	686	m/s	Coefficiente di Poisson	ν	=	44.00	-	Coefficiente di Winkler	K	=	61'300	KN/m ³	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	37'200	KN/m ³	Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	43'024	KN/m ³
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Peso dell'unità di volume		Y	=	19.0-20.0	KN/m ³																																																			
	Peso dell'unità di volume Saturo		Y _{sat}	=	19.4-20.5	KN/m ³																																																			
	Angolo di attrito		φ'	=	30.00	°																																																			
	Coesione drenata		R _c	=	5.00	KPa																																																			
	Resistenza alla compressione		R _c	=	2.50	MPa																																																			
	E dinamico		E _{din}	=	11'063.00	MPa																																																			
	Velocità onde S		V	=	686	m/s																																																			
	Coefficiente di Poisson		ν	=	44.00	-																																																			
	Coefficiente di Winkler		K	=	61'300	KN/m ³																																																			
	Coefficiente tangenziale	K _τ	=	37'200	KN/m ³																																																				
Coefficiente di rigidità verticale dinamico	K _d	=	43'024	KN/m ³																																																					
TIPO di fondazioni consigliate	fondazione diretta a - 1.50 metri p.c. per ogni altre ulteriori valutazioni e considerazioni si rimanda al tecnico progettista																																																								

9



9 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROLOGICO GENERALE



Il reticolo idrografico superficiale dell'area in studio è caratterizzato da una scarsità di corsi d'acqua, La rete idrografica comprende un reticolo di incisioni ben gerarchizzato, nel quale sono disposti, con direzione prevalente SO-NE il Canale Reale, il Foggia Rau e il canale Cillarese, sfocianti nell'Adriatico. Le incisioni maggiori sono separate fra loro da spartiacque poco marcati, mentre le numerose canalizzazioni minori formano piccole aree depresse, che favoriscono frequenti alluvionamenti. L'assetto stratigrafico dei depositi marini terrazzati favorisce la presenza di una falda acquifera superficiale, la cui geometria e proprietà idrogeologiche sono condizionate dalla variabilità verticale ed orizzontale della permeabilità degli strati costituenti i suddetti sedimenti. La base di suddetto acquifero è costituito da argille pleistoceniche, poggianti sui calcari fratturati e carsici del Cretaceo, in questi ultimi ha sede l'acquifero profondo.



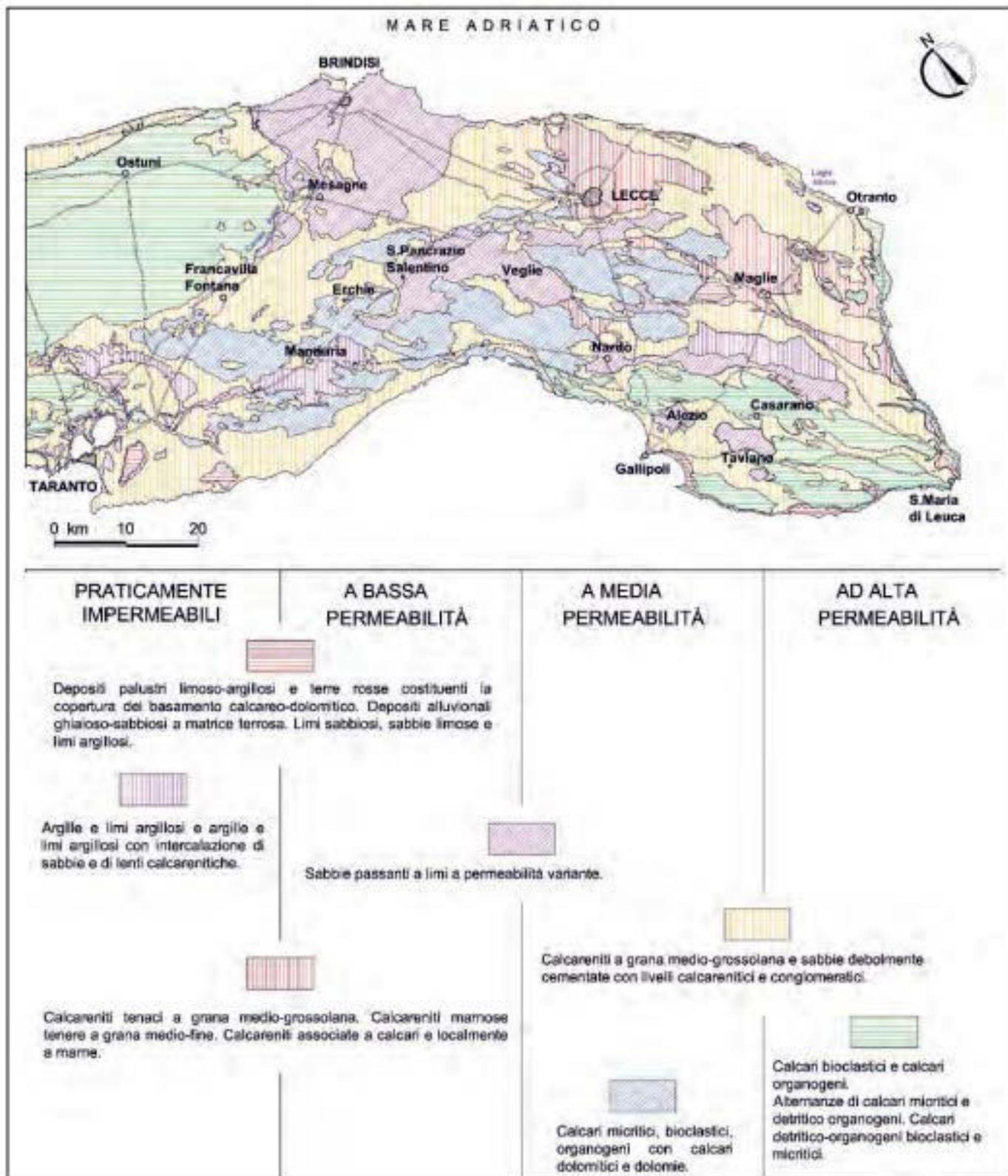


Fig. 18.20 - Permeabilità dei litotipi affioranti nell'area idrogeologica del Salento (da COTTECCIA, 1992).
 - Permeability of outcropping lithotypes in the Salento hydrogeological area (after COTTECCIA, 1992).



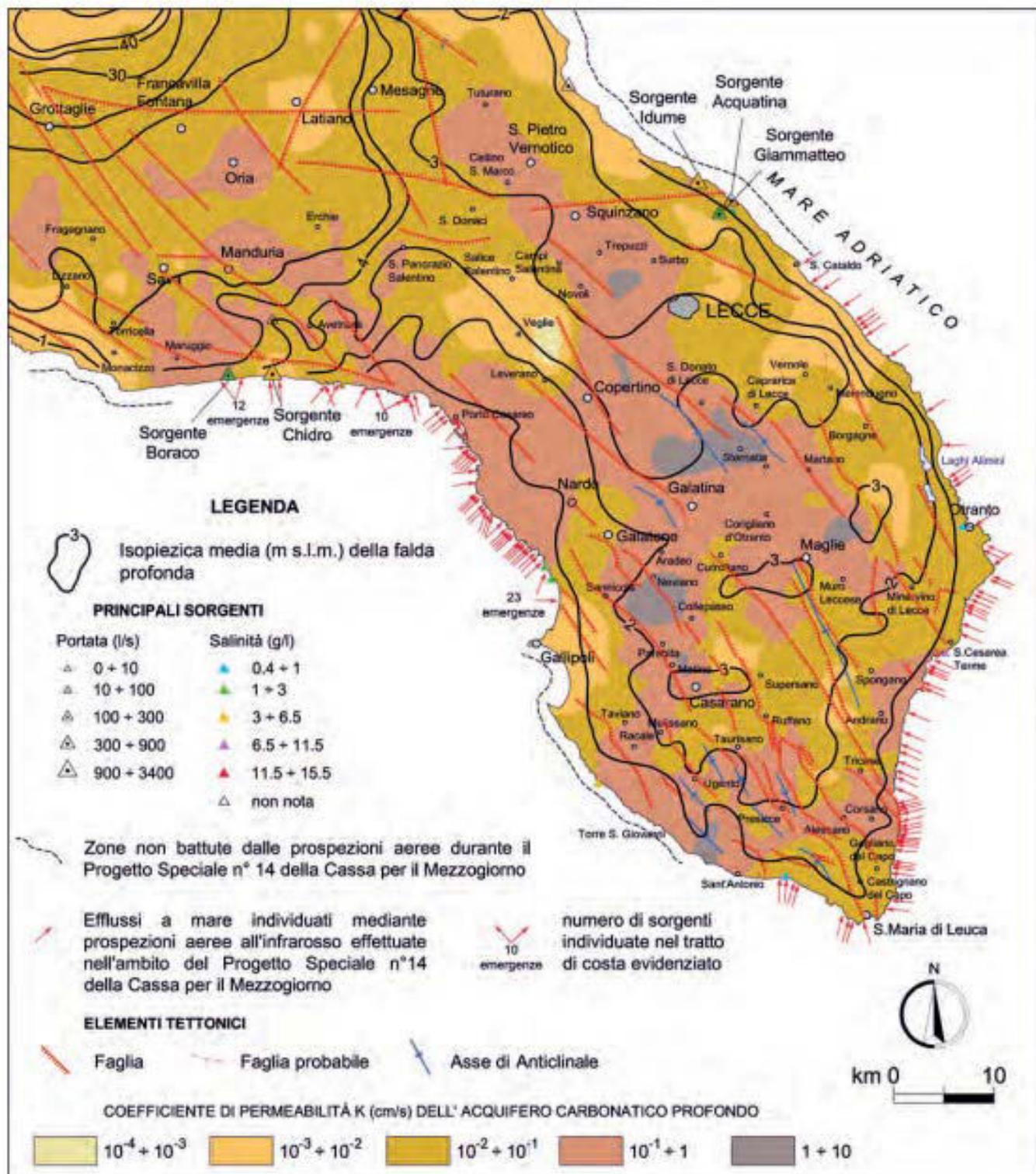
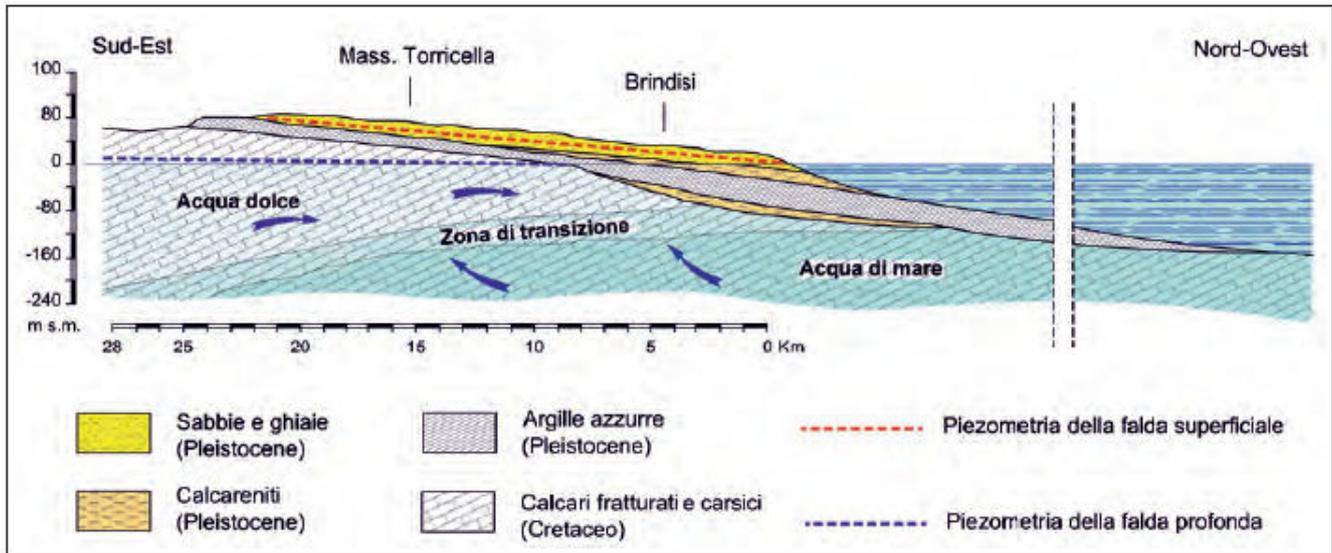


Fig. 18.21 - Isopieziche, principali sorgenti derivanti dalla falda idrica profonda e distribuzione del coefficiente di permeabilità dell'acquifero carbonatico cretaceo profondo appartenente all'area idrogeologica del Salento.





I calcari, costituiti da strati quasi orizzontali o poco inclinati, risultano sconnessi e fratturati ed interessati da processi carsici piuttosto intensi, a causa dei quali si lasciano attraversare dalle acque di pioggia, inviandole in profondità. Sono piuttosto frequenti sistemi di cavità che attraversano le masse calcaree dall'alto verso il basso, come le vore, i quali aumentano la capacità di assorbimento verticale della roccia.

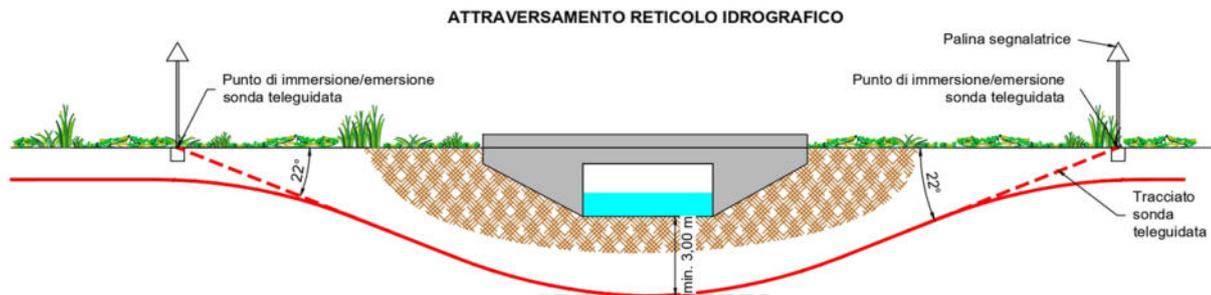
L'alimentazione dell'acquifero profondo di questa area avviene in gran parte sull'altopiano murgiano, dove i calcari cretacei affiorano. Qui le precipitazioni atmosferiche, soprattutto quelle del semestre ottobre-marzo, alimentano direttamente, al netto delle perdite per evapotraspirazione, la falda carsica profonda e sono assenti corsi d'acqua superficiali. Nelle restanti zone, specie in pianura, i terreni post-cretacici costituiscono un orizzonte pressoché impermeabile che impedisce l'apporto diretto delle acque meteoriche nei confronti della falda profonda.

L'alimentazione dell'acquifero carbonatico profondo si esplica ora in forma diffusa, ora in forma concentrata. La prima è normalmente presente nelle aree dotate di un carsismo e di una fessurazione ripartiti grossomodo uniformemente, mentre la seconda avviene quando il carsismo e la fessurazione della roccia e le condizioni morfologico-strutturali consentono un temporaneo ruscellamento superficiale, facente capo a ben determinati punti o aree idrovore ad assorbimento rapido. I caratteri di permeabilità dell'acquifero profondo presente nell'Arco Ionico Ambiente idrico superficiale

9.1. MODALITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL RETICOLO IDROGRAFICO

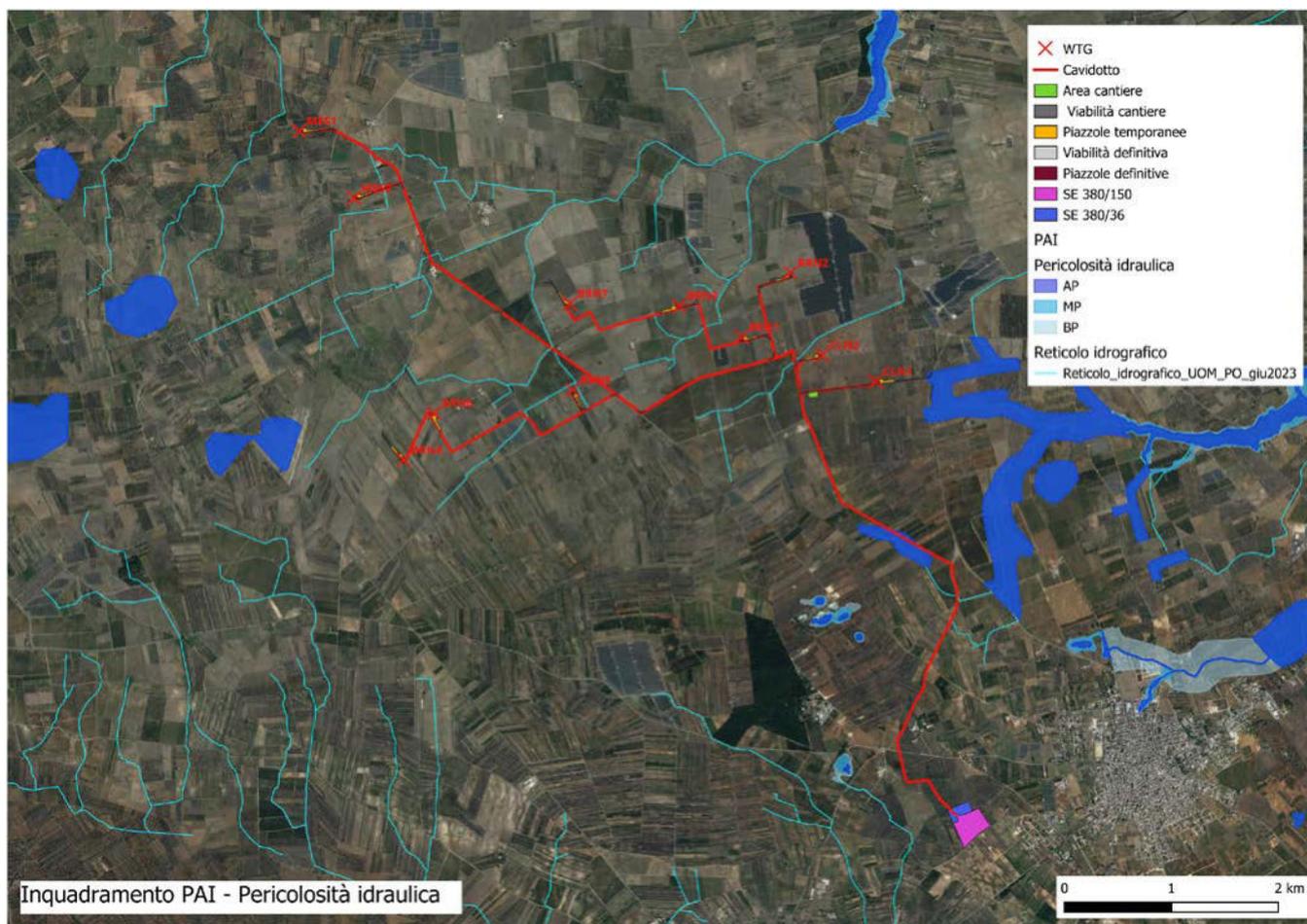
Per quanto riguarda le interferenze dei cavidotti di progetto con il reticolo idrografico, queste saranno risolte mediante la posa in opera dei cavidotti utilizzando la tecnologia no-dig (senza scavo) ovvero mediante TOC – Trivellazione orizzontale controllata.





Le interferenze riscontrate riguardano il percorso del cavidotto interrato di collegamento alla sottostazione.
 Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idraulica.

9.2. Vincoli Piano DI Assetto Idrogeomorfologico (PAI) – Pericolosità Idraulica



Inquadramento impianto con classificazione PAI pericolosità idraulica

Come si evince dall'allegato stralcio planimetrico le fondazioni degli Aerogeneratori sono tutte fuori dalle aree a pericolosità idraulica, ad ogni buon fine sarà trattata con maggiori dettagli nella **verifica idraulica**.

La realizzazione dei 11 Aerogeneratori ivi compresi strade di accesso, piazzole e cavidotto, con i dovuti accorgimenti tecnici che consentiranno di mantenere intatto il sistema drenante della zona e renderanno le opere in progetto perfettamente compatibili con il sistema idrogeologico della zona.



Si attesta la **PIENA COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA** delle opere in progetto con il reticolo idrografico e con il sistema idrogeologico locale e con l'intero bacino idrogeologico.

9.3. Vincoli Piano DI Assetto Idrogeomorfologico (PAI) – Pericolosità Geomorfologica



Inquadramento PAI – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Nessuno degli Aerogeneratori ivi compresa la SSE con il relativo cavidotto e strade di accesso risultano vincolati dal punto di vista della pericolosità Geomorfologica, si attesta la **piena compatibilità geomorfologica**.



10 CONCLUSIONI

Nel seguito vengono illustrate nel dettaglio le opere progettuali

FONDAZIONI AEROGENERATORI

Fondazioni del tipo Plinto su pali della lunghezza di metri 25 e diametro 1200 mm come dai modelli geologico-geotecnici allegati.

CAVIDOTTO

Il tracciato in progetto impegna terreni che presentano problematiche diverse dal punto di vista geologico. Esso si sviluppa in terreni dove è possibile la presenza di una falda superficiale anche al disopra dei 2 metri dal piano campagna. Durante le operazioni di scavo per la posa in opera dei cavi elettrici, gli addetti ai lavori dovranno procedere sempre con cautela in quanto trattasi di terreni incoerenti che potrebbero dar luogo a smottamenti e rifluimenti e mettere in pericolo l'incolumità degli stessi.

La posa in opera dei cavi sarà effettuata sul fondo dello scavo, ad una profondità di -1.50 metri p.c., spianato e livellato, eliminando ogni asperità che possa danneggiare cavi e rivestimenti.

Per il letto di posa del primo rinterro si dovrà utilizzare materiale diverso da quello proveniente dallo scavo. Il piano di posa dovrà garantire una assoluta continuità di appoggio e, nei tratti in cui si temono assestamenti, si dovranno adottare particolari provvedimenti quali impiego di giunti adeguati, trattamenti speciali del fondo della trincea o, se occorre, appoggi discontinui stabili, quali selle o mensole.

Il rinterro parziale verrà effettuato con materiale proveniente dagli scavi previa accurata selezione o diversamente da cave di prestito con opportuna pezzatura al fine di non danneggiare sia i cavi che gli eventuali rivestimenti.

Il materiale di riempimento dovrà essere disposto nella trincea in modo uniforme, in strati di spessore opportuno, accuratamente costipato sotto e lateralmente al tubo, per ottenere un buon appoggio esente da vuoti e per impedire i cedimenti e gli spostamenti laterali.

Il rinterro definitivo avverrà impiegando materiali idonei disposti per strati successivi, spianati e accuratamente compattati dopo aver eliminato le pietre di maggiori dimensioni.

A rinterro ultimato si avrà cura di effettuare gli opportuni ricarichi laddove si dovessero manifestare assestamenti.

La **conducibilità elettrica** di questi terreni nei loro primi metri di spessore è dell'ordine di circa 150-220 Ωm A

FONDAZIONI SOTTOSTAZIONE MT/AT

Le fondazioni saranno del tipo platea armata, ubicate ad una profondità di m 1,50 p. c.

Da quanto innanzi esposto si possono trarre le seguenti considerazioni e le verifiche ai singoli aspetti esaminati.

LITOLOGIA

Sotto il profilo litologico, la zona non appare interessata da anomalie che possano interrompere il quadro statico globale.

Per quanto riguarda le prescrizioni relativi ai terreni di fondazione si fa esplicito riferimento alle "Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno" e dalle disposizioni vigenti, in particolare dal D.M. 11.3.1988 ed eventuali sue successive modifiche e integrazioni. e **D.M. 17/01/2018**.

MORFOLOGIA e RISCHIO IDROGEOLOGICO

Non si rilevano fenomeni suscettibili di modificare in tempi brevi la situazione attuale, l'area in studio, ricade in zona stabile; non esistono movimenti franosi in atto e/o potenziali, né pericoli di alluvioni e/o impaludamenti



In relazione agli aspetti geomorfologici relativi a possibili dissesti superficiali e profondi, non si evidenziano situazioni che possano modificare l'attuale stato di equilibrio dei luoghi ed è possibile affermare che l'area si presenta **globalmente stabile**;

- che le opere di che trattasi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo
- Dal punto di vista idrogeologico non sussistono fenomeni e processi morfoevolutivi di tipo erosivo in atto né potenziali.
- Le opere previste in progetto non interferiscono in modo sostanziale con il regime delle acque superficiali, di infiltrazione o di falda, e quindi non determinano turbativa all'assetto idrogeologico del suolo;
 - Tutti i lavori di cui sopra, dovranno svolgersi nel rispetto delle indicazioni della presente relazione, ed in tale ottica si esprime parere favorevole alla fattibilità degli interventi progettati, attestando la coerenza e compatibilità geologica, idrogeomorfologica, geotecnica e sismica.

Nella fase di **Studio Geologico esecutivo** si eseguiranno dettagliate indagini geognostiche con la esecuzione di indagini sismiche (tomografie e Masw) una per ogni aerogeneratore e di n. 11 sondaggi meccanici a rotazione con carotaggio continuo spinti fino a 35 metri, con prelievo di un adeguato numero di campioni indisturbati (almeno 5 per ogni sondaggio) e prove geotecniche di laboratorio per tutti gli aerogeneratori, mentre per la SSE saranno sufficienti n. 2 sondaggi meccanici a rotazione spinti fino alla profondità di metri 15 con prelievo di campioni indisturbati e prove geotecniche di laboratorio, una tomografia sismica ed una MASW.

Si può pertanto concludere che non esistono **preclusioni di ordine geologico-tecnico-idrogeologico e sismico** alla realizzazione del Parco Eolico costituito da n. 11 aerogeneratori ed opere connesse.

Tanto dovevasi per l'espletamento dell'incarico ricevuto

Lucera novembre 2023

Il geologo

dott. Matteo Di Carlo



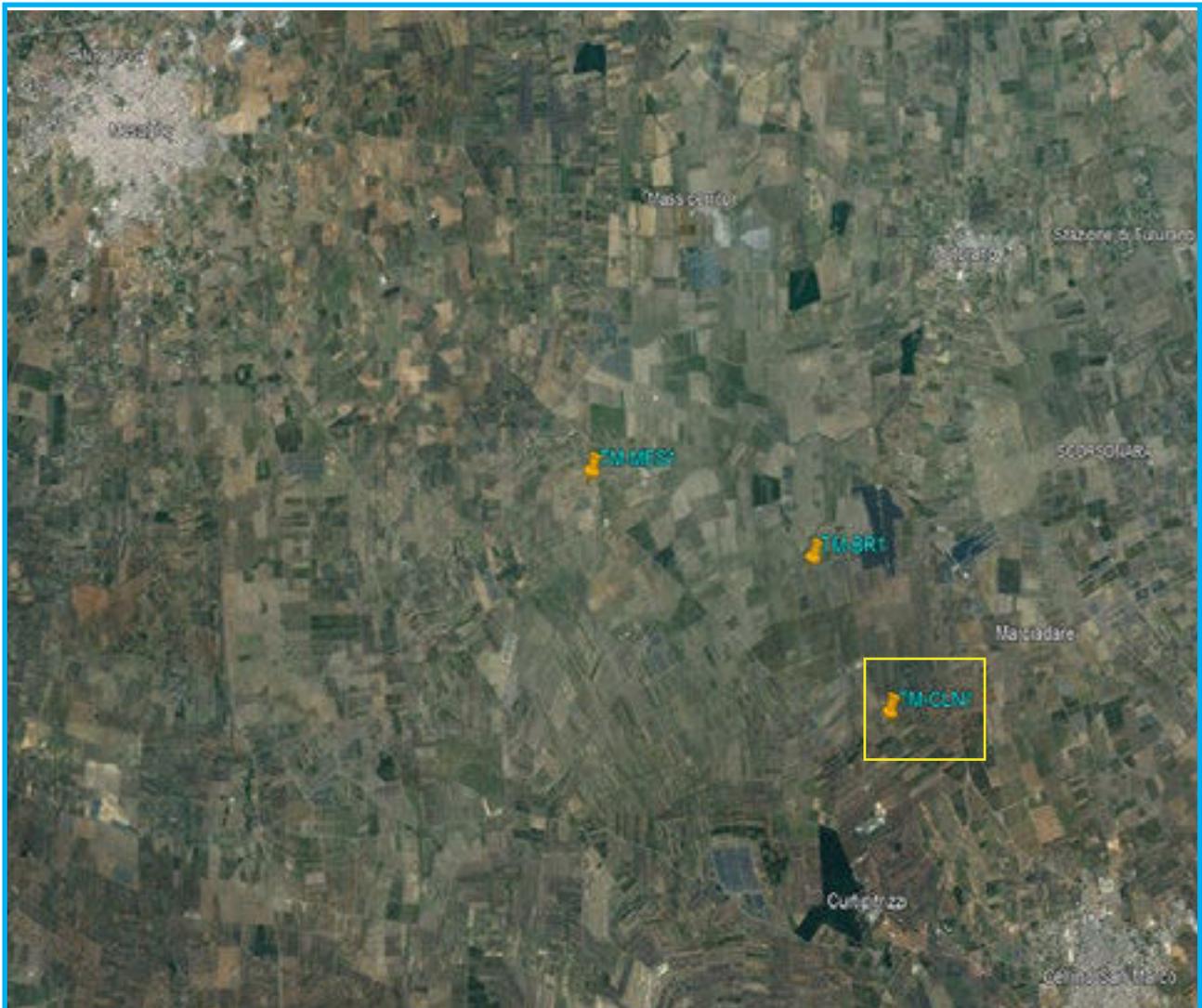
11 ELENCO ALLEGATI

- MODELLAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA
- INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO E DI LABORATORIO
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO
- INQUARAMENTO PAI – PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA
- INQUARAMENTO PAI – PERICOLOSITÀ IDRAULICA
- INQUARAMENTO PAI – RETICOLO IDROGRAFICO



TOMOGRAFIA PRSE 867

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



TOMOGRAFIA PRSE 867

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e, quindi, delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile, utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda: in questo caso in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può, quindi, essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che, interferendo fra loro, danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

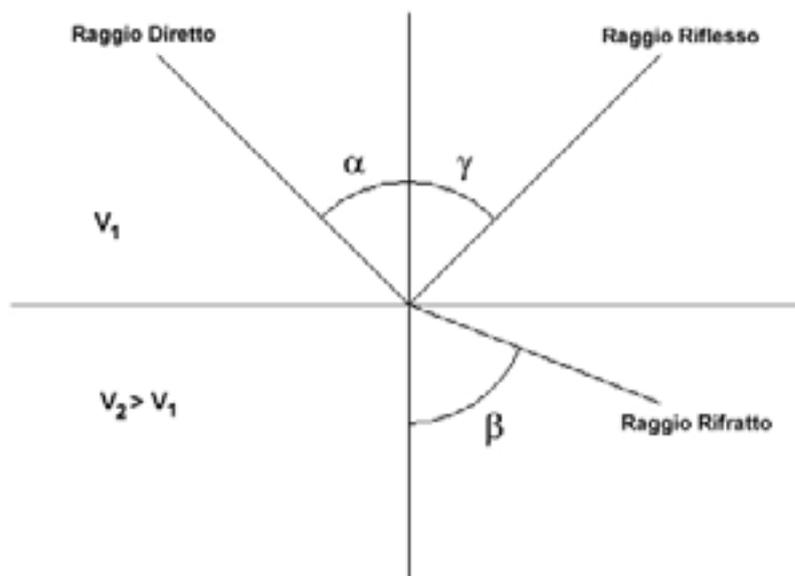
TOMOGRAFIA PRSE 867

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE 867

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records) e la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA PRSE 867

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{down-dip})}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{up-dip})}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Dove:

V2 = velocità approssimata dello strato sottostante

V2(up-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

V2(down-dip) = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta ti2 del secondo segmento di linea o la distanza critica Xc2 determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h2.

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA PRSE 867

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

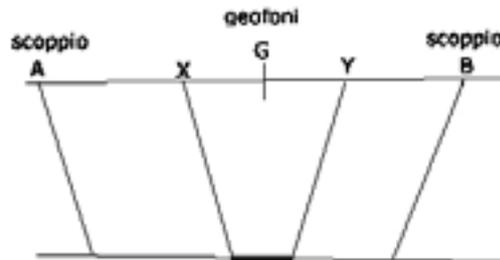
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE 867



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

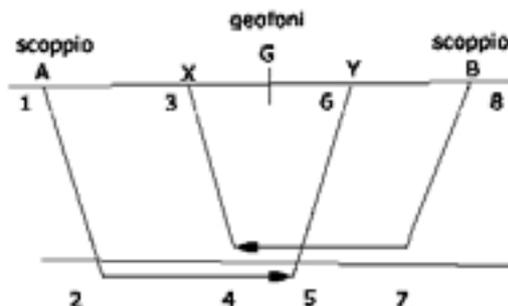
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE 867

Id indagine PRSE 867 - CLN1
LOCALITA' CELLINO SAN MARCO (BR)
DATA E ORA 17/11/2023

Coordinate WGS 84 :

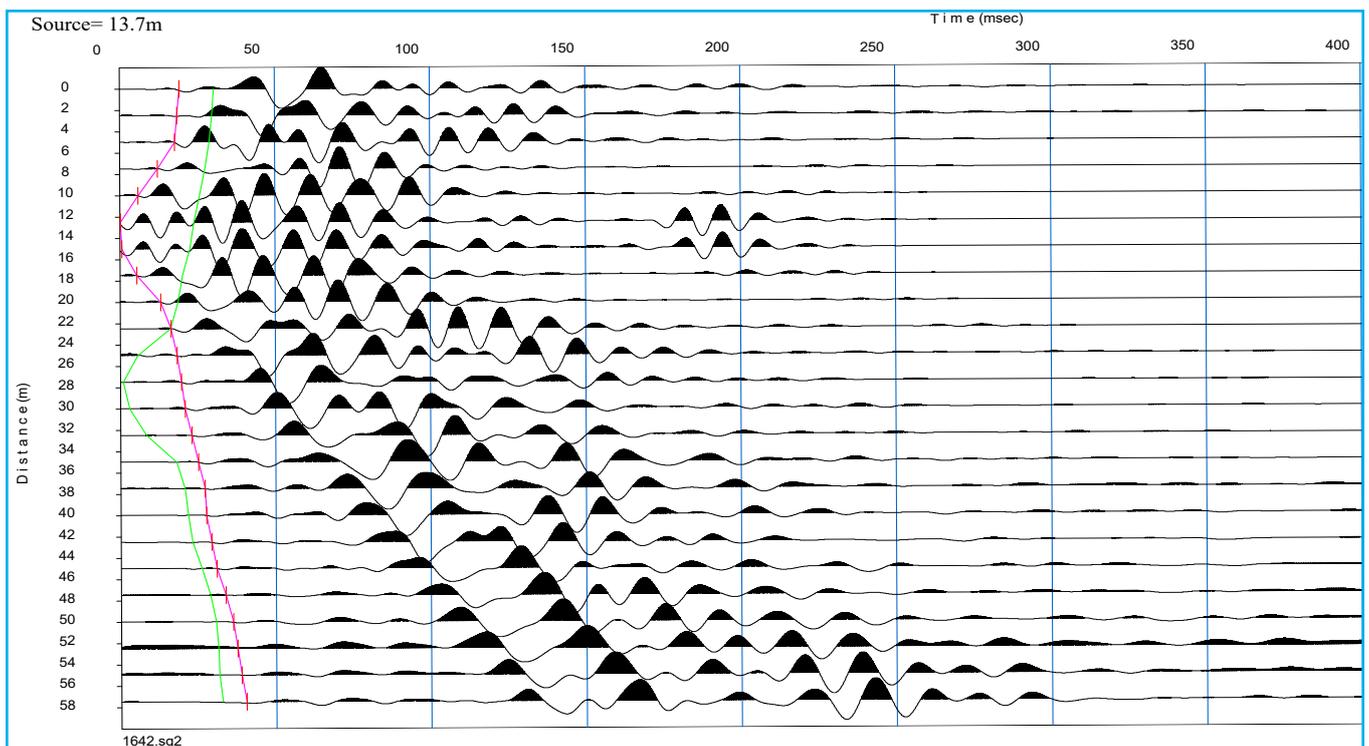
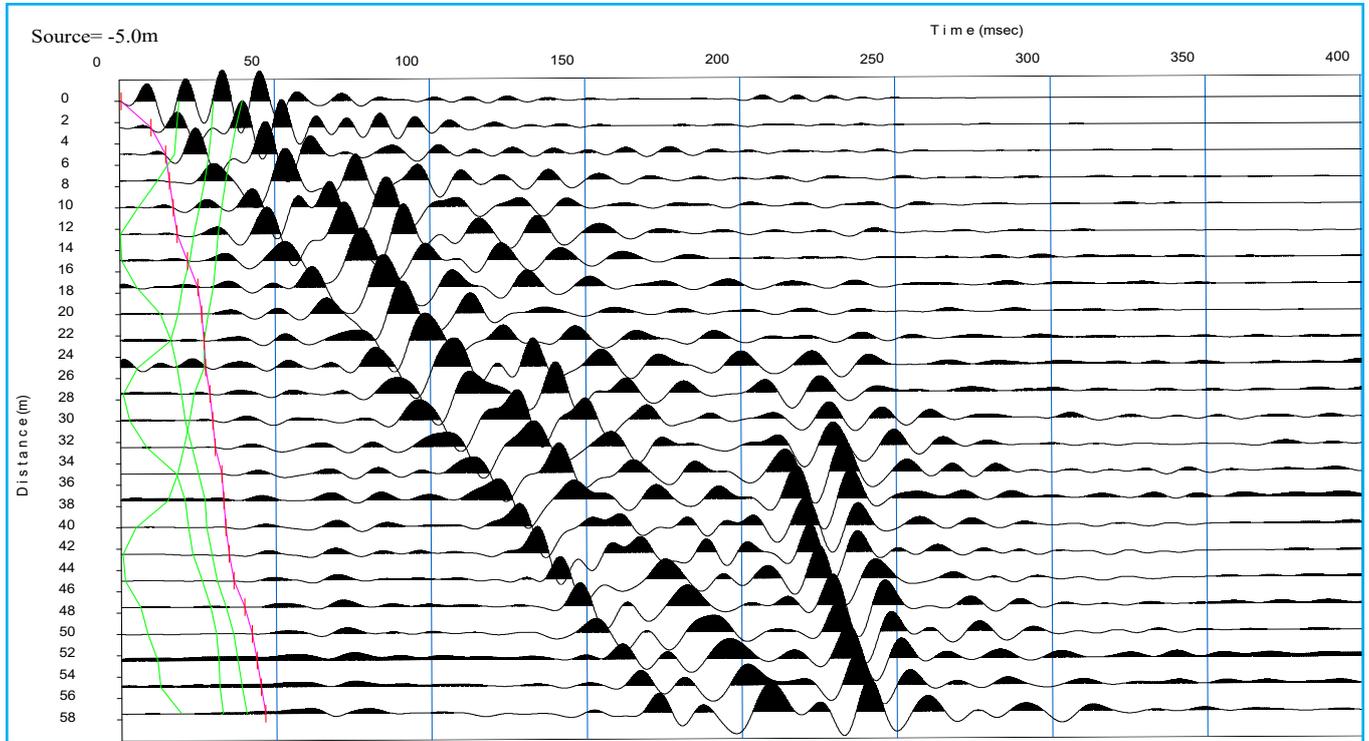
Geofono 1: 40°29.728 N- 17°55.925 E
Geofono 12-13: 40°29.743 N- 17°55.925 E
Geofono 24: 40°29.759 N- 17°55.925 E

Onde P-Acquisizione dei dati

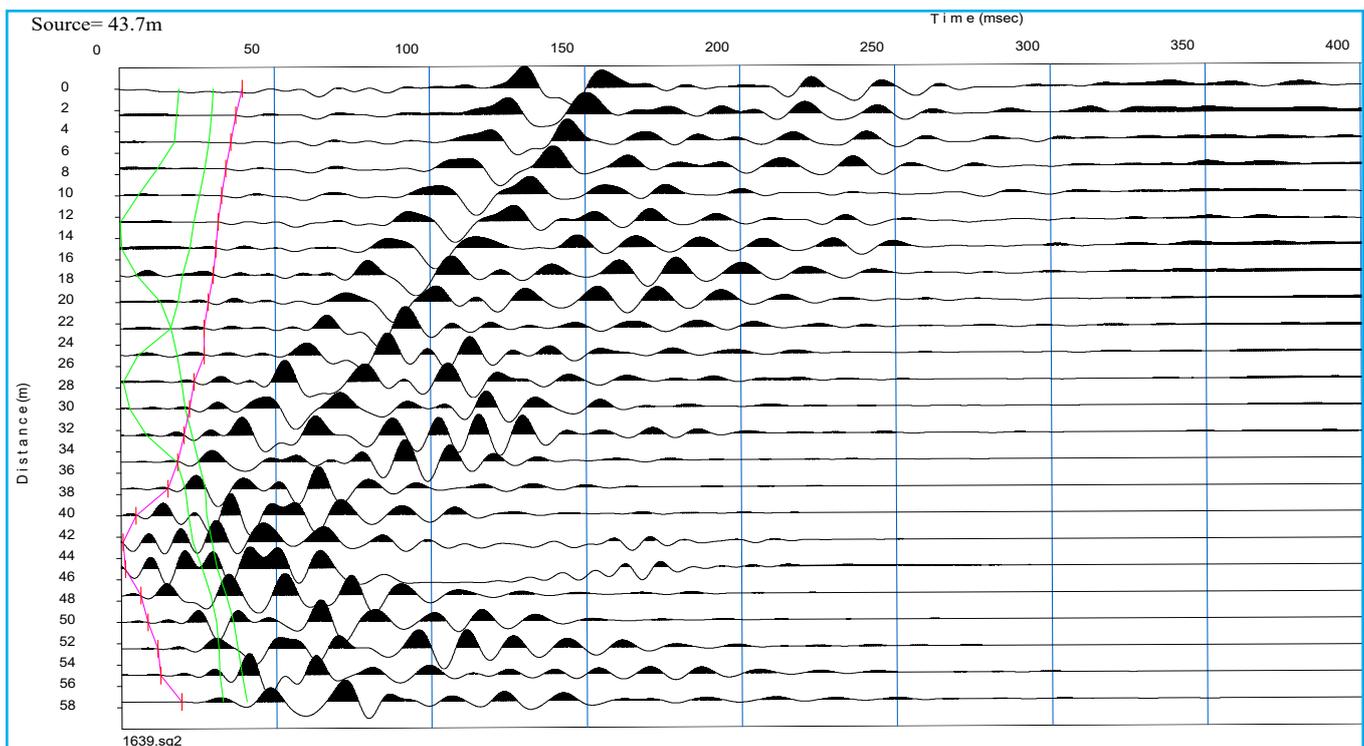
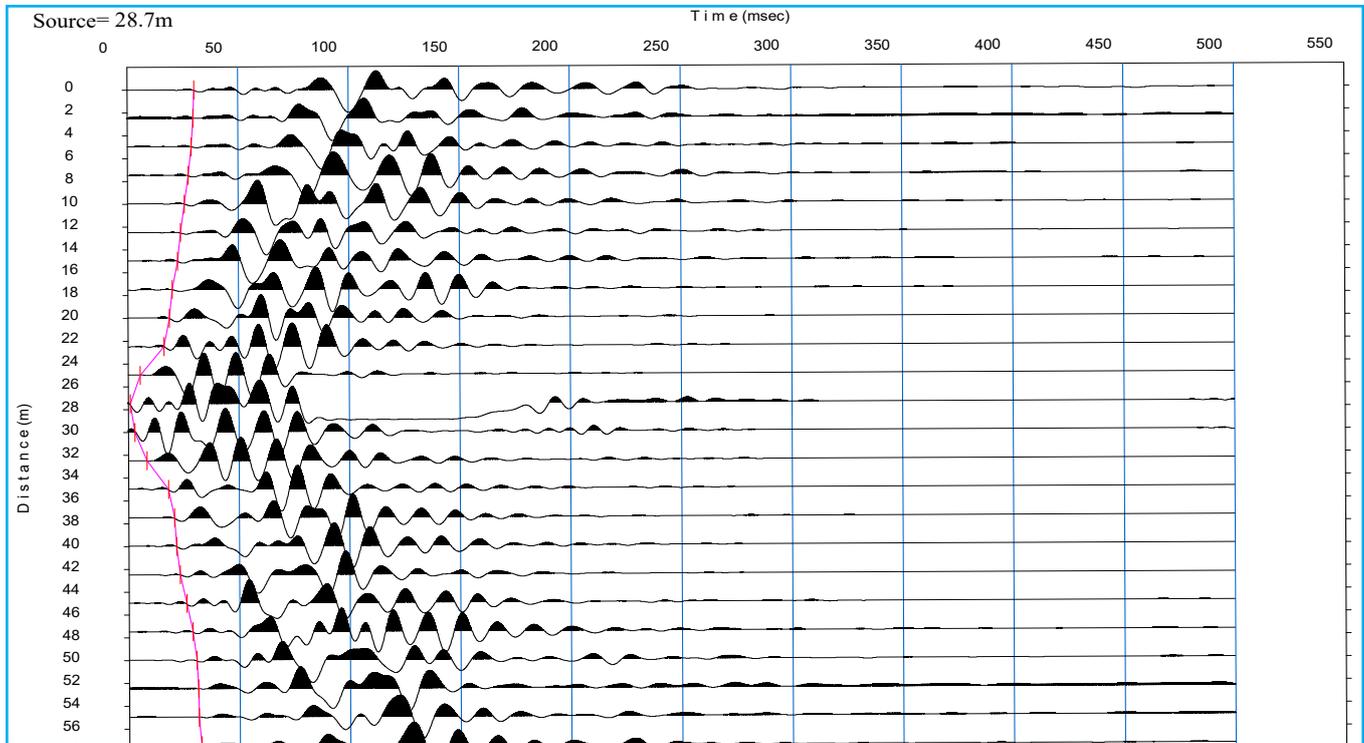
Distanza tra i geofoni : 2.5 m
Estensione della prova: 60 m
Posizione dello scoppio:
Scoppio 1: -3 m;
Scoppio 2: 13.75 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 43.75m;
Scoppio 5: 60.5 m;



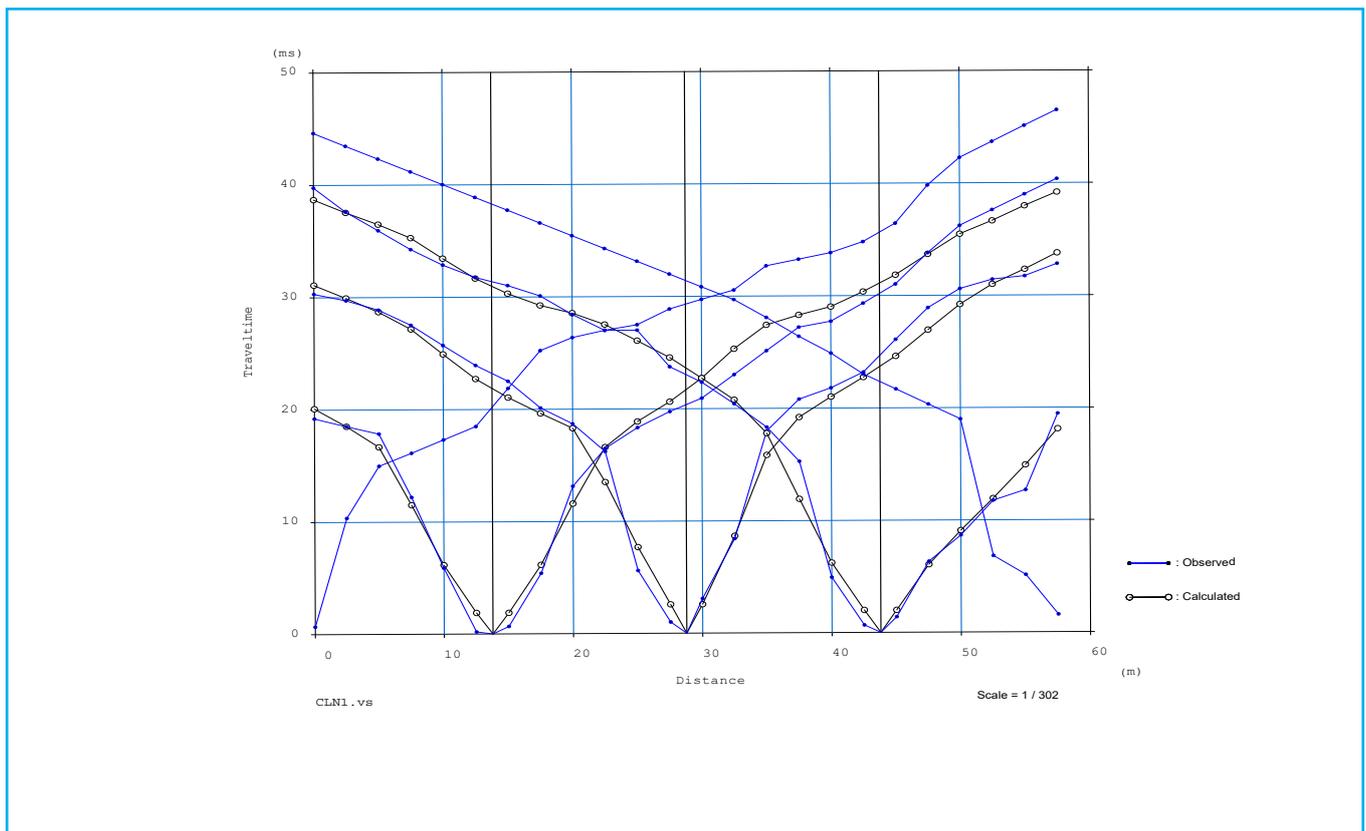
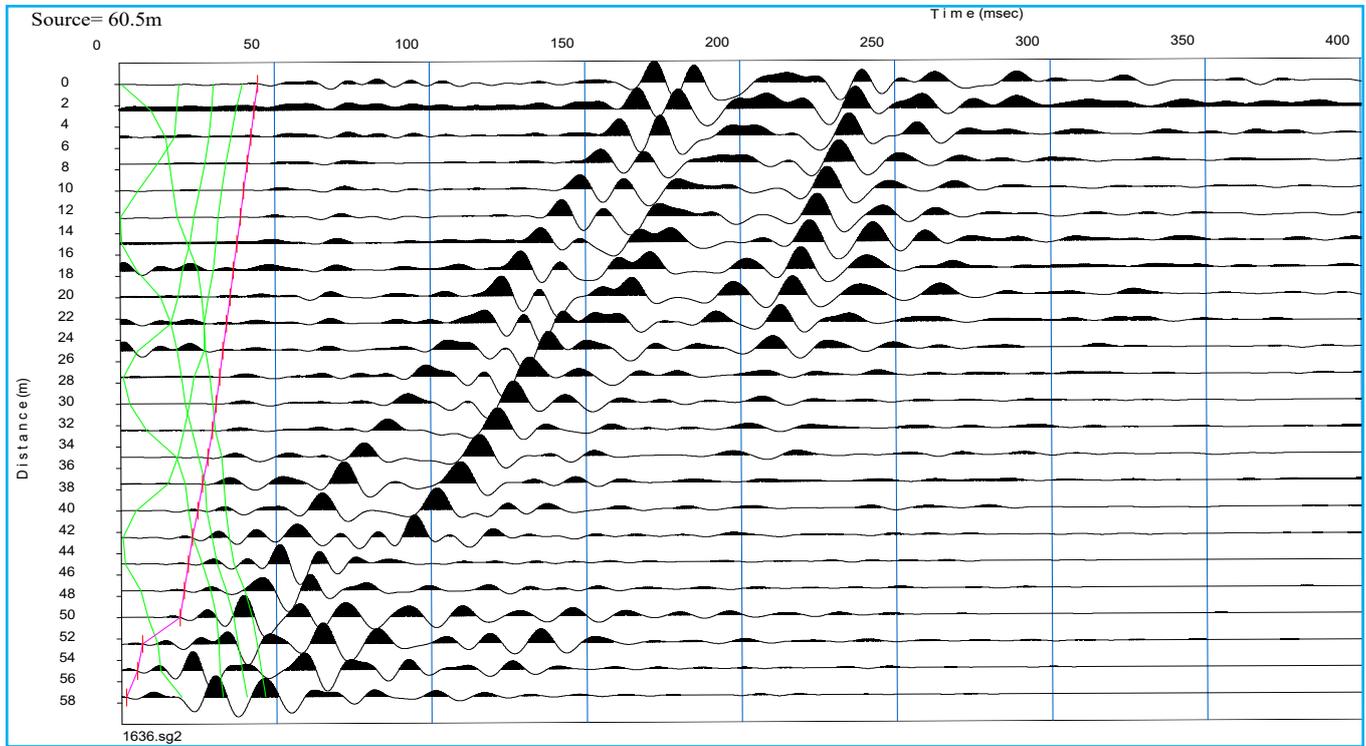
TOMOGRAFIA PRSE 867



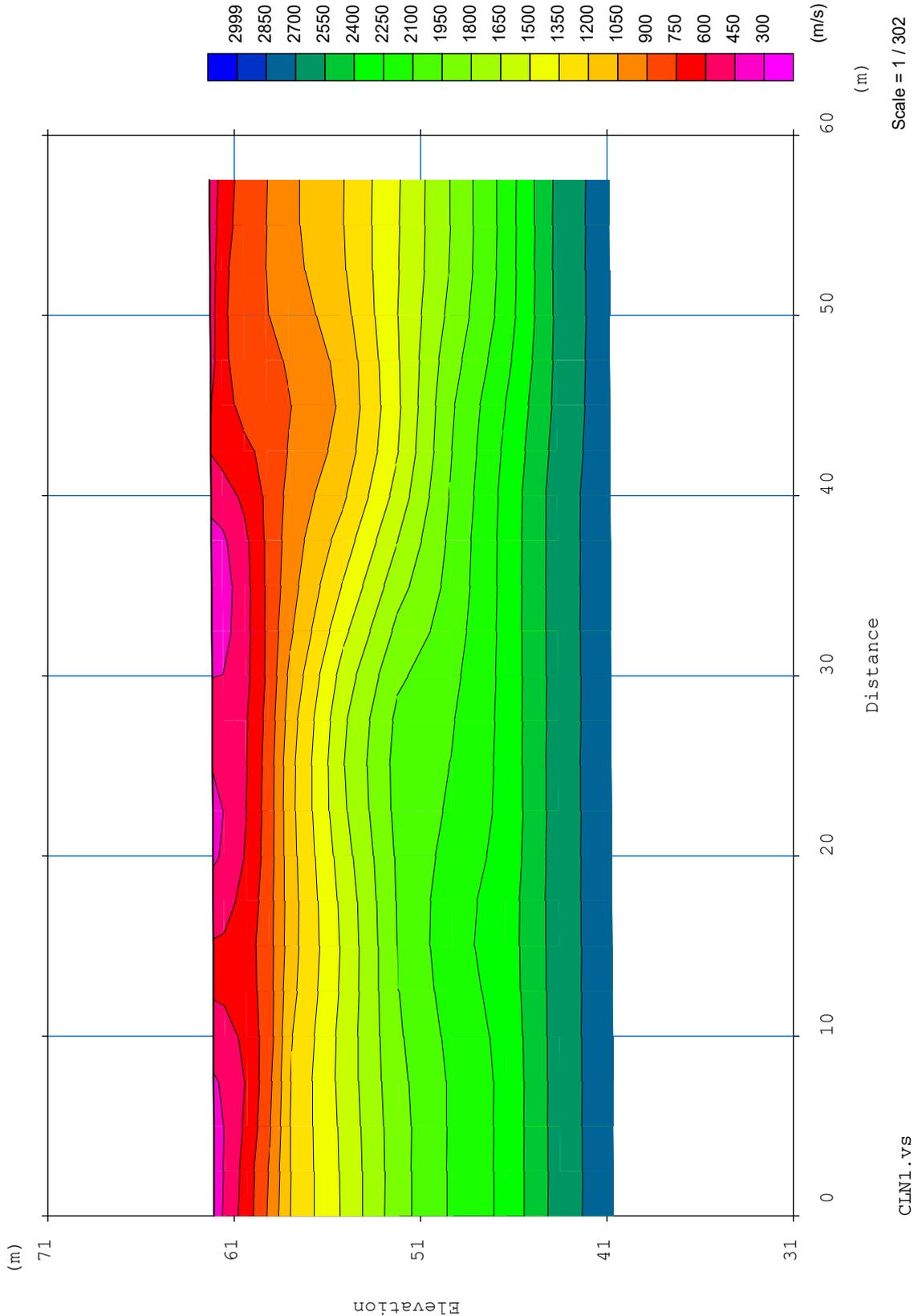
TOMOGRAFIA PRSE 867



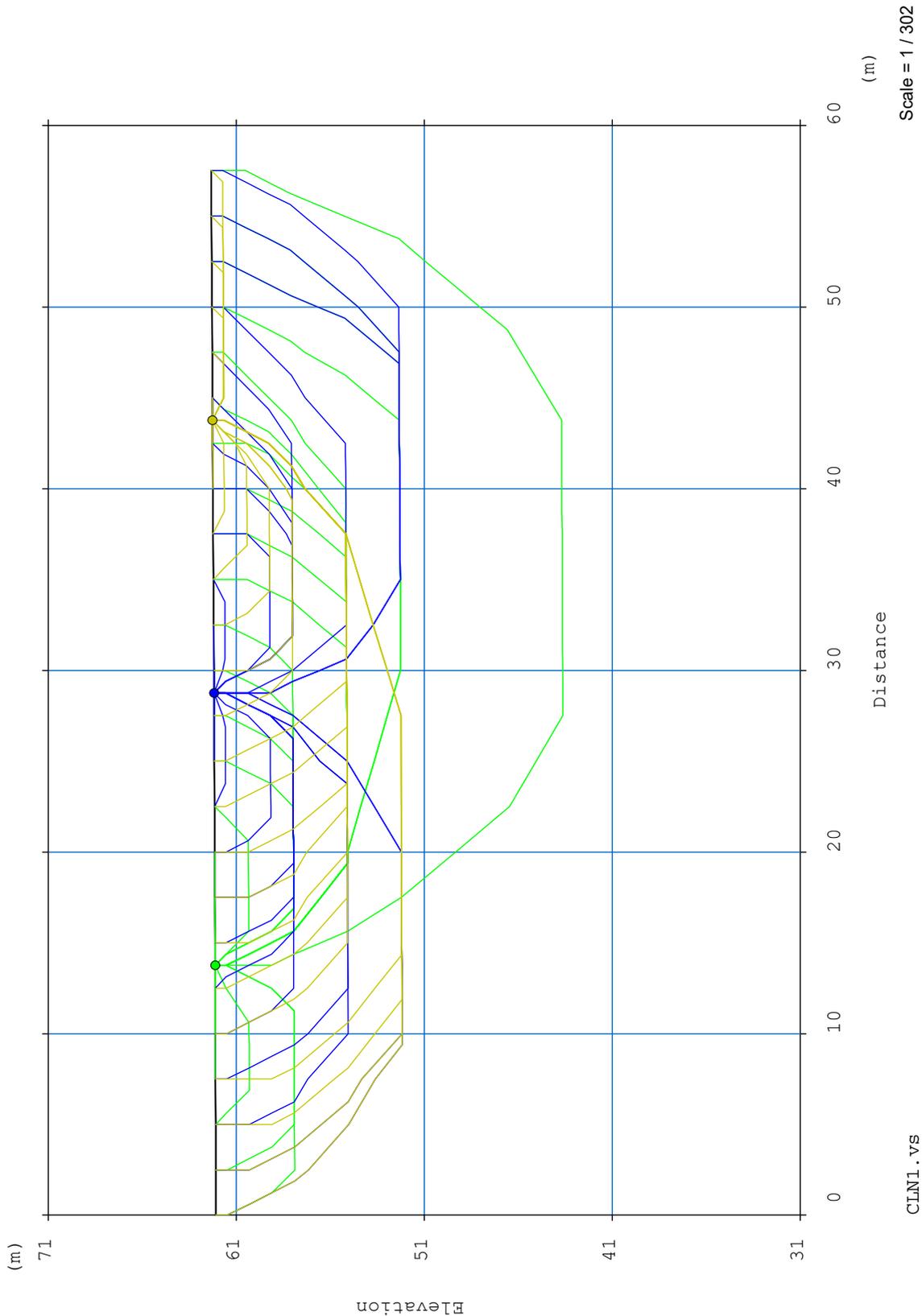
TOMOGRAFIA PRSE 867



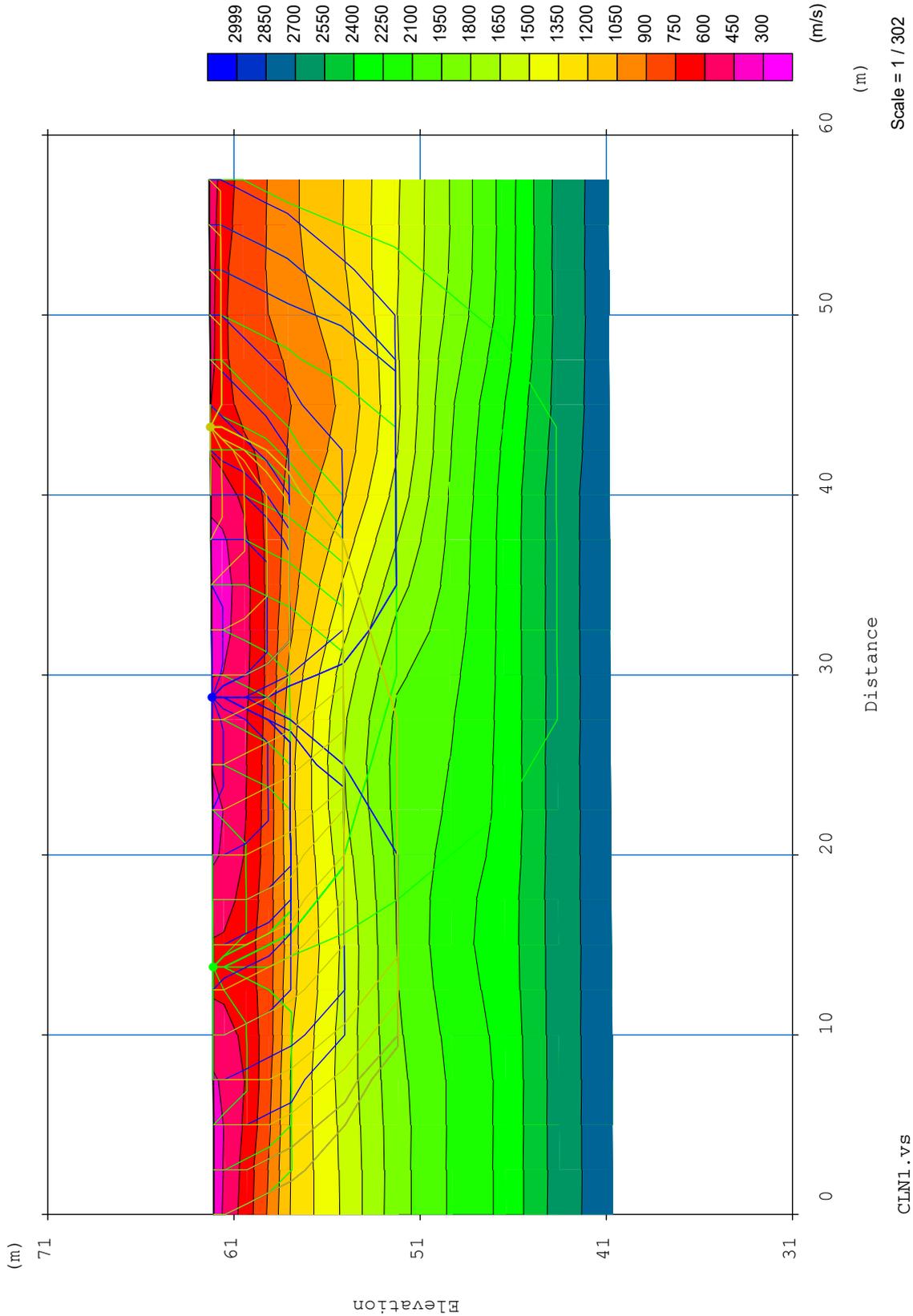
TOMOGRAFIA PRSE 867



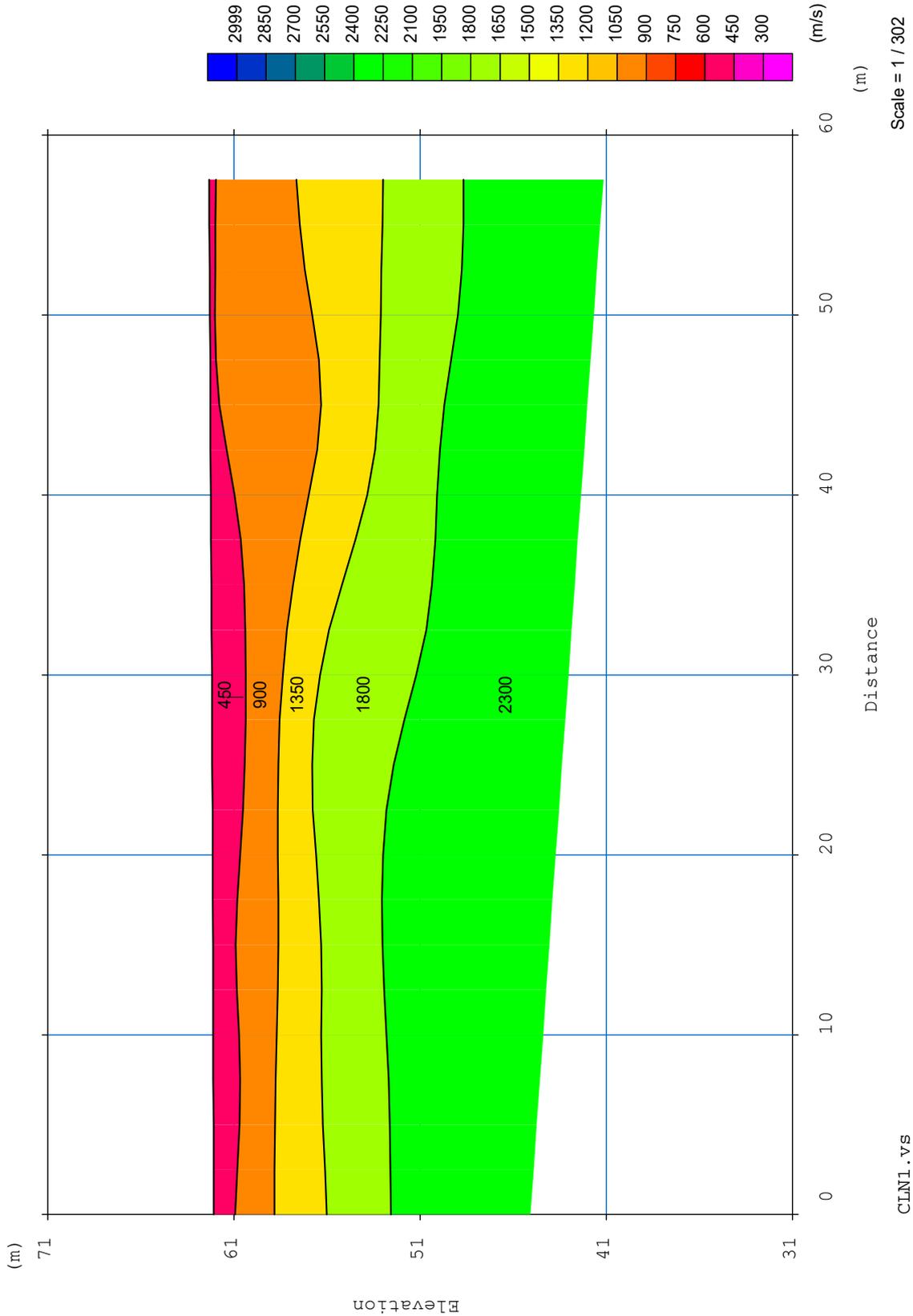
TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867

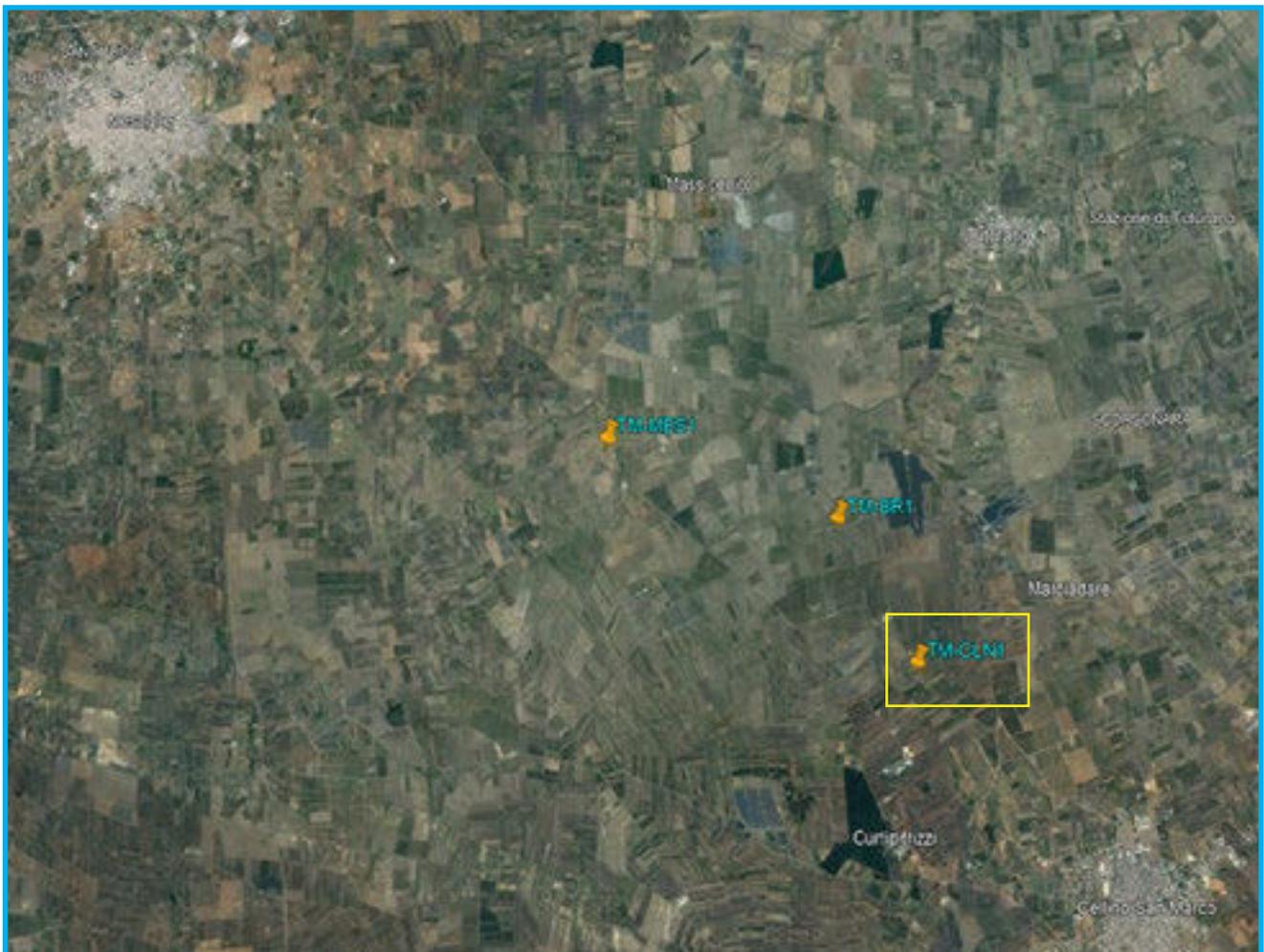


TOMOGRAFIA PRSE 867



PRSE 867 - MASW

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



PRSE 867 – MASW

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P e S), considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali; si osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = f \times l$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

PRSE 867 – MASW

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	MASW-CLN1
LOCALITA'	CELLINO SAN MARCO (BR)
DATA E ORA	17/11/23

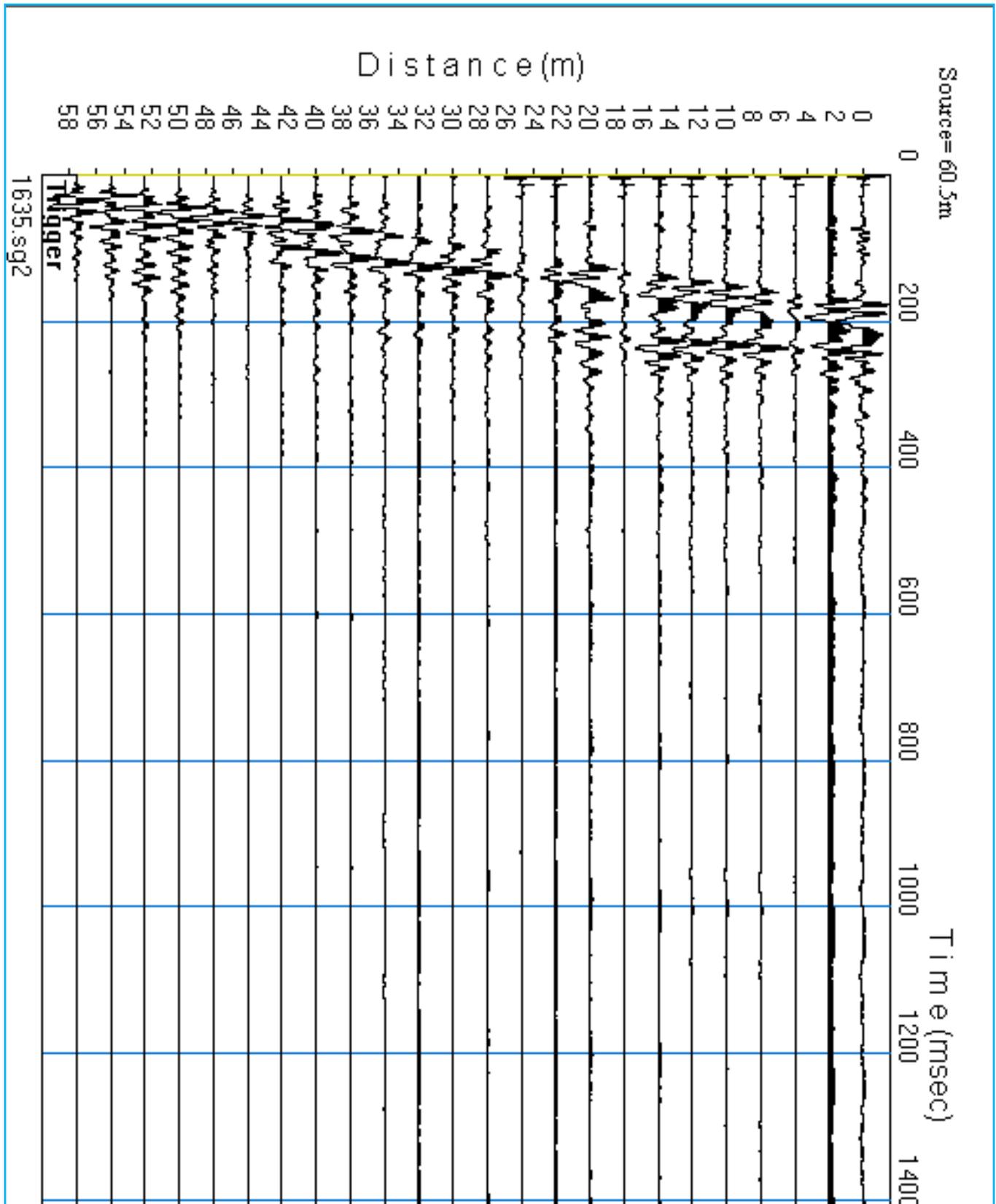
Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta +5m.

Coordinate WGS 84 :

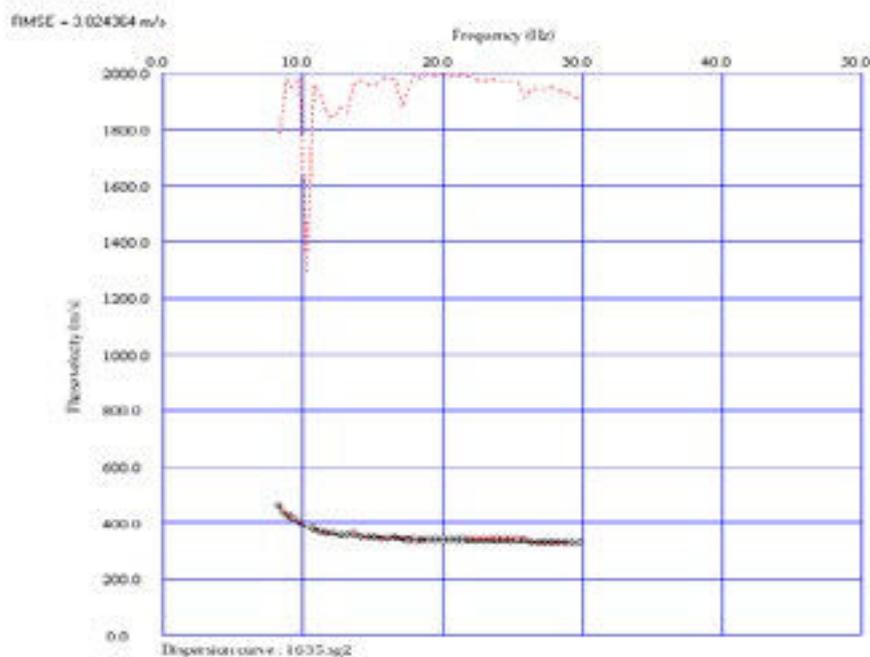
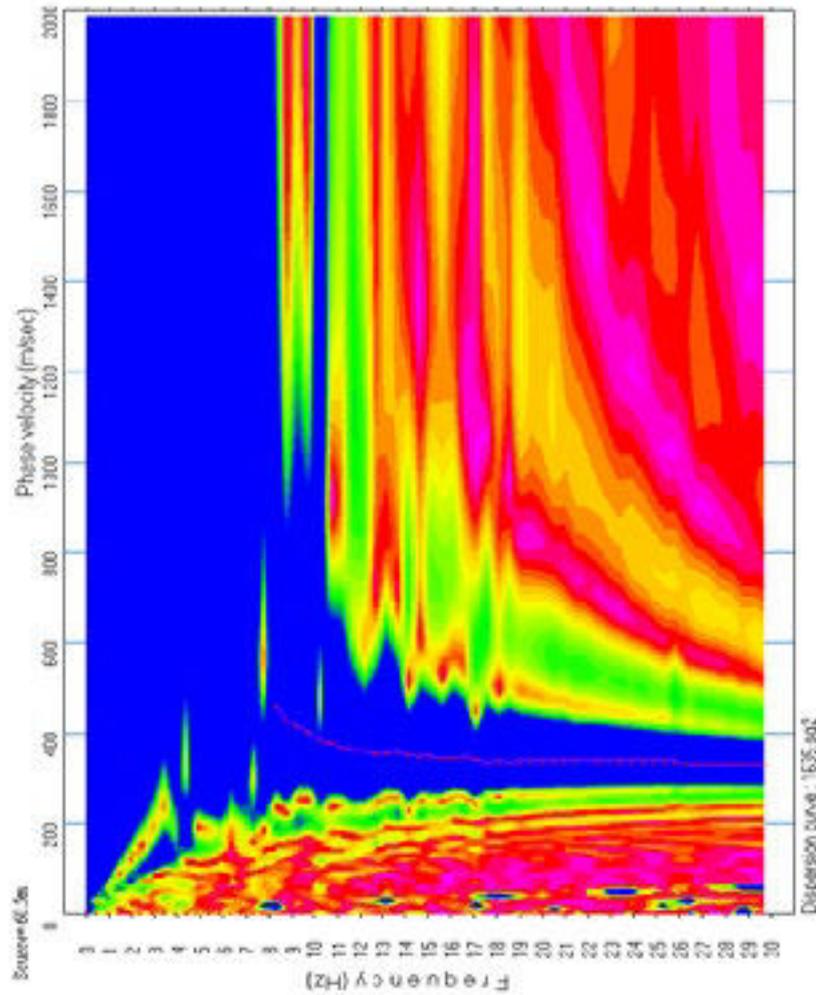
Geofono 1:	40°29.728 N- 17°55.925 E
Geofono 12-13:	40°29.743 N- 17°55.925 E
Geofono 24:	40°29.759 N- 17°55.925 E



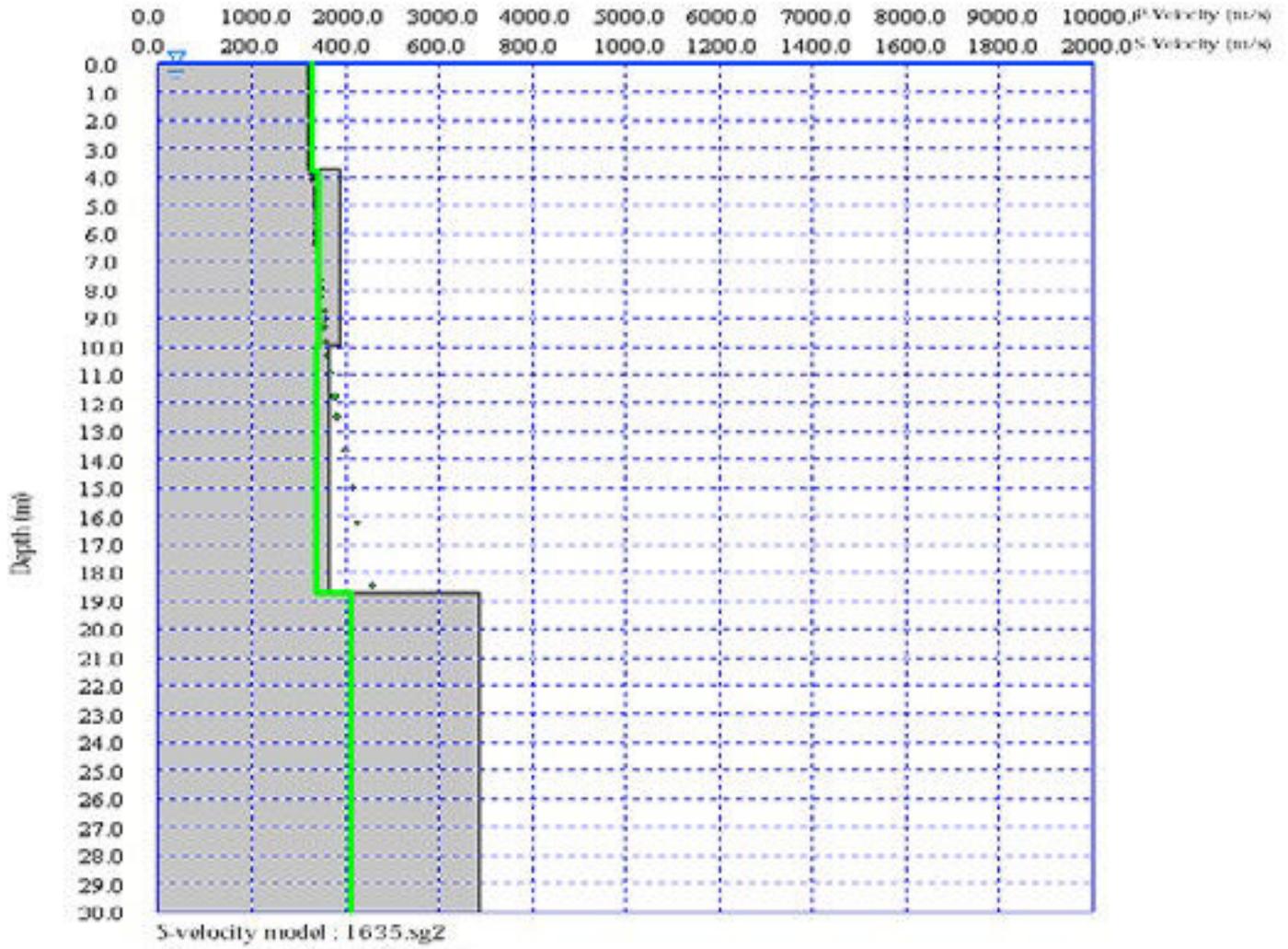
PRSE 867 - MASW



PRSE 867 - MASW



PRSE 867 - MASW



PRSE 867 – MASW

PRSE 867 - CLN1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	320.34	1645.57	18.34	0.48	5.14	192	568
2	3.8	6.3	388.07	1720.75	18.57	0.47	4.43	285	840
3	10.0	8.8	364.31	1694.38	18.49	0.48	4.65	250	739
4	18.8	11.2	686.78	2052.33	19.57	0.44	2.99	941	2706
5	30.0 -		686.78	2052.33	19.57	0.44	2.99	941	2706
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 30 m

Vs,eq : 439.8 (m/s)

Categoria suolo : **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 e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Legenda:

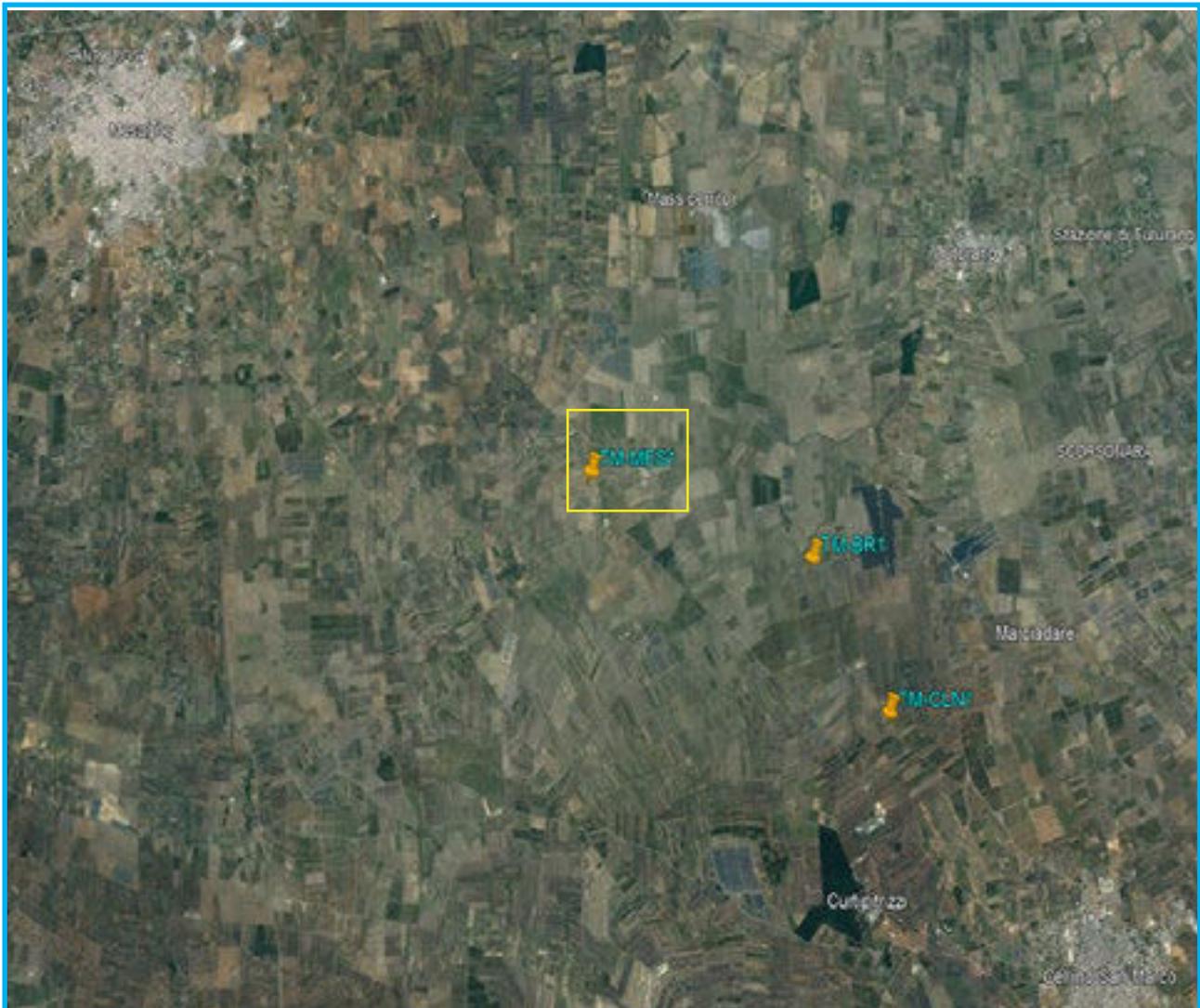
- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

PRSE 867 - MASW



TOMOGRAFIA PRSE 867

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



TOMOGRAFIA PRSE 867

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e, quindi, delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile, utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda: in questo caso in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può, quindi, essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che, interferendo fra loro, danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

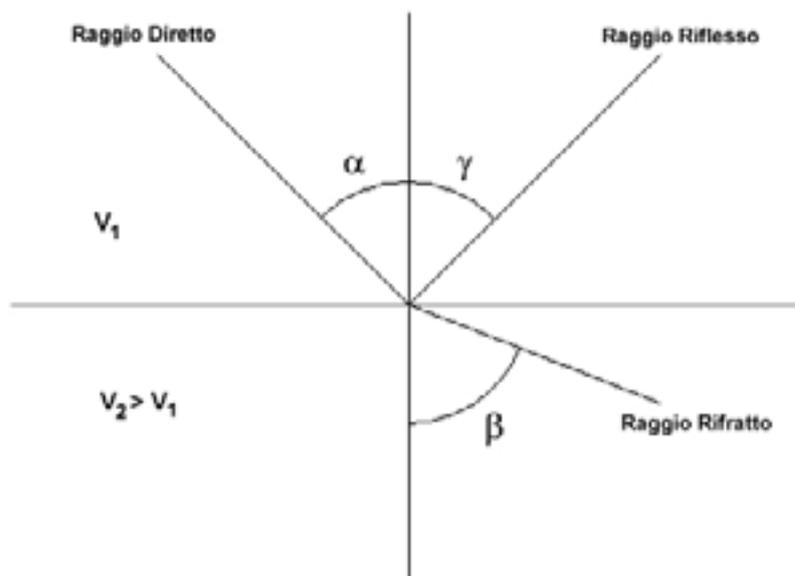
TOMOGRAFIA PRSE 867

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE 867

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records) e la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA PRSE 867

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{down-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_{i(\text{up-dip})}}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Dove:

V_2 = velocità approssimata dello strato sottostante

$V_2(\text{up-dip})$ = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

$V_2(\text{down-dip})$ = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h_1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta t_{i2} del secondo segmento di linea o la distanza critica X_{c2} determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h_2 .

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA PRSE 867

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

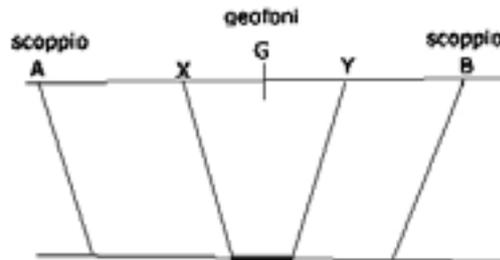
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE 867



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

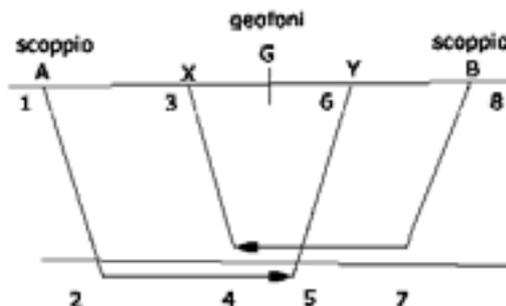
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE 867

Id indagine PRSE 867 - MES1
LOCALITA' MESAGNE (BR)
DATA E ORA 17/11/2023

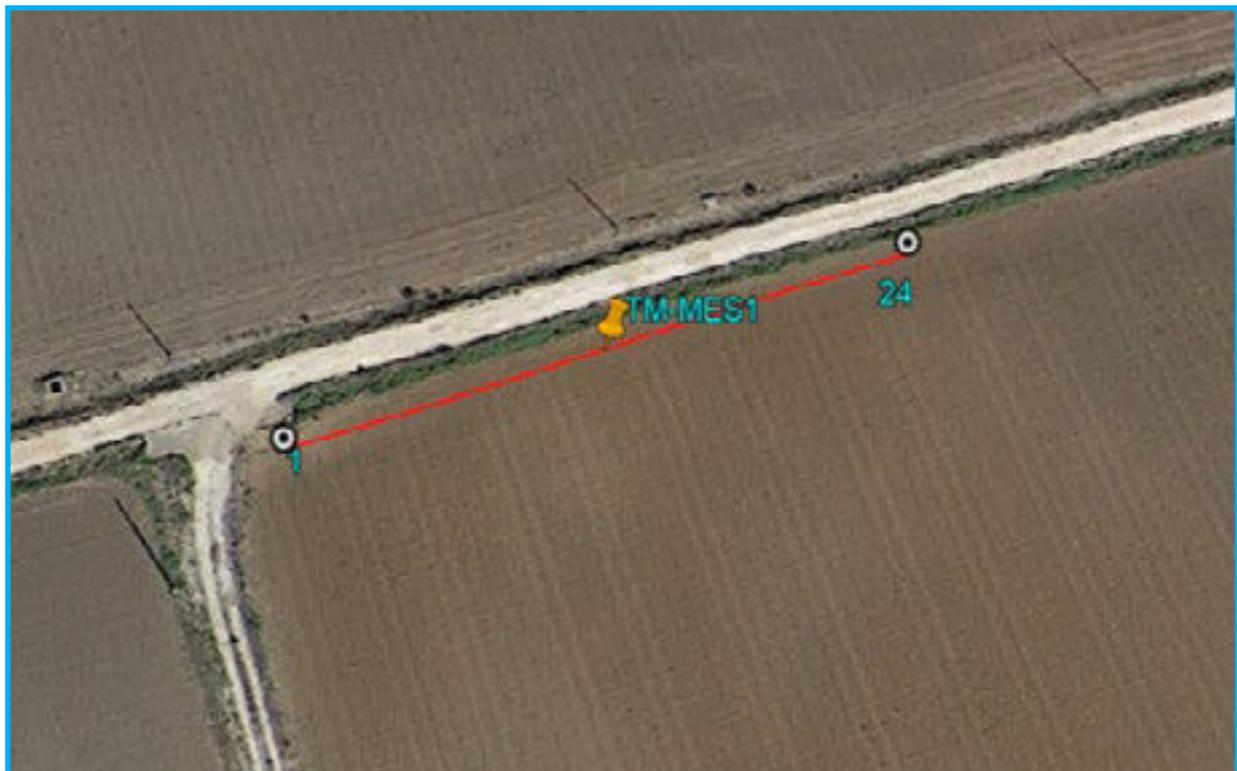
Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 40°31.196 N- 17°53.074 E
Geofono 12-13: 40°31.201 N- 17°53.094 E
Geofono 24: 40°31.206 N- 17°53.144 E

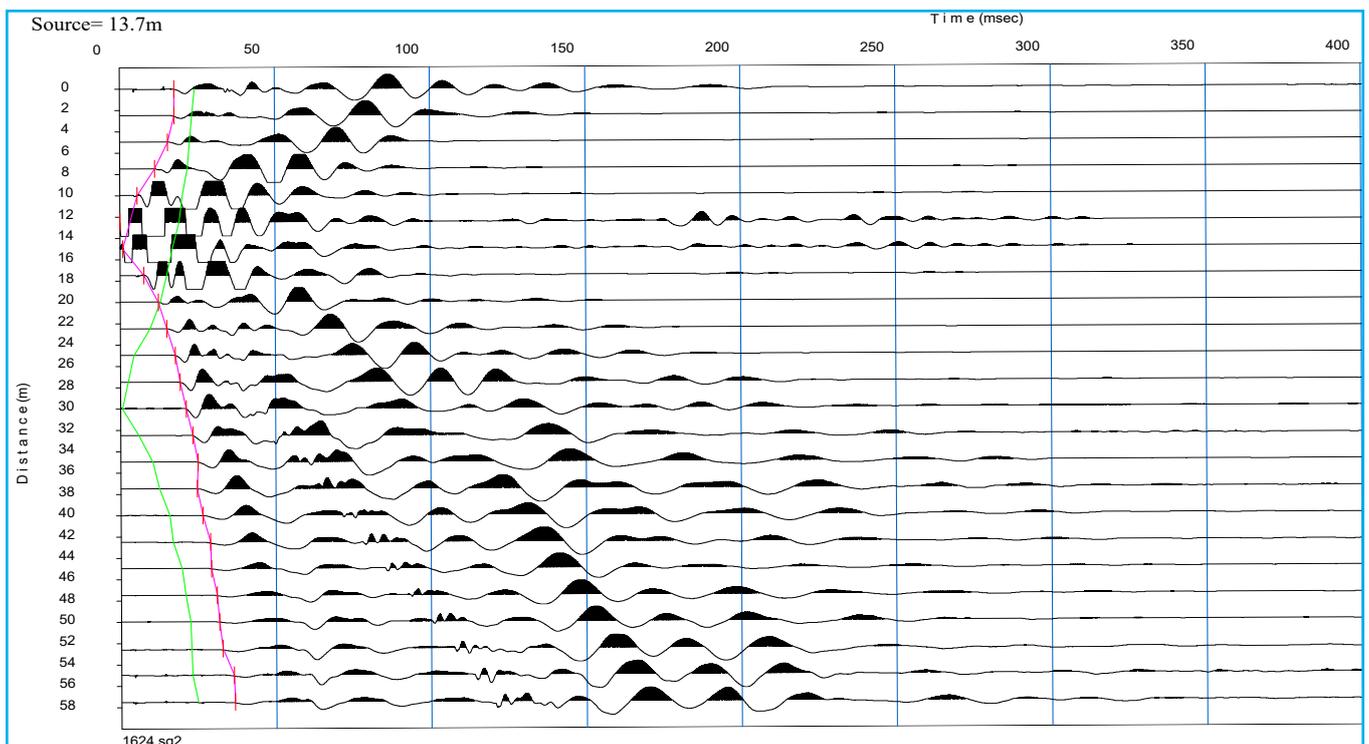
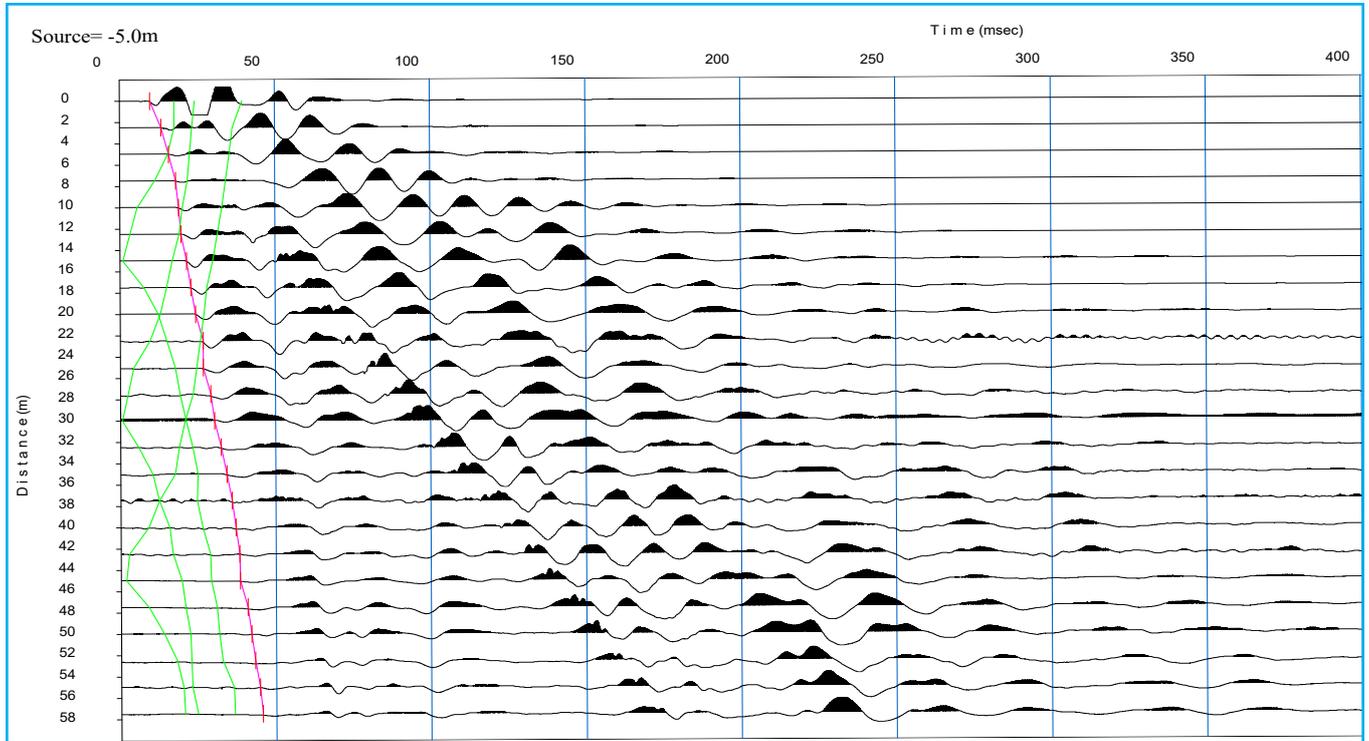
Onde P-Acquisizione dei dati

Distanza tra i geofoni : 2.5 m
Estensione della prova: 60 m
Posizione dello scoppio:

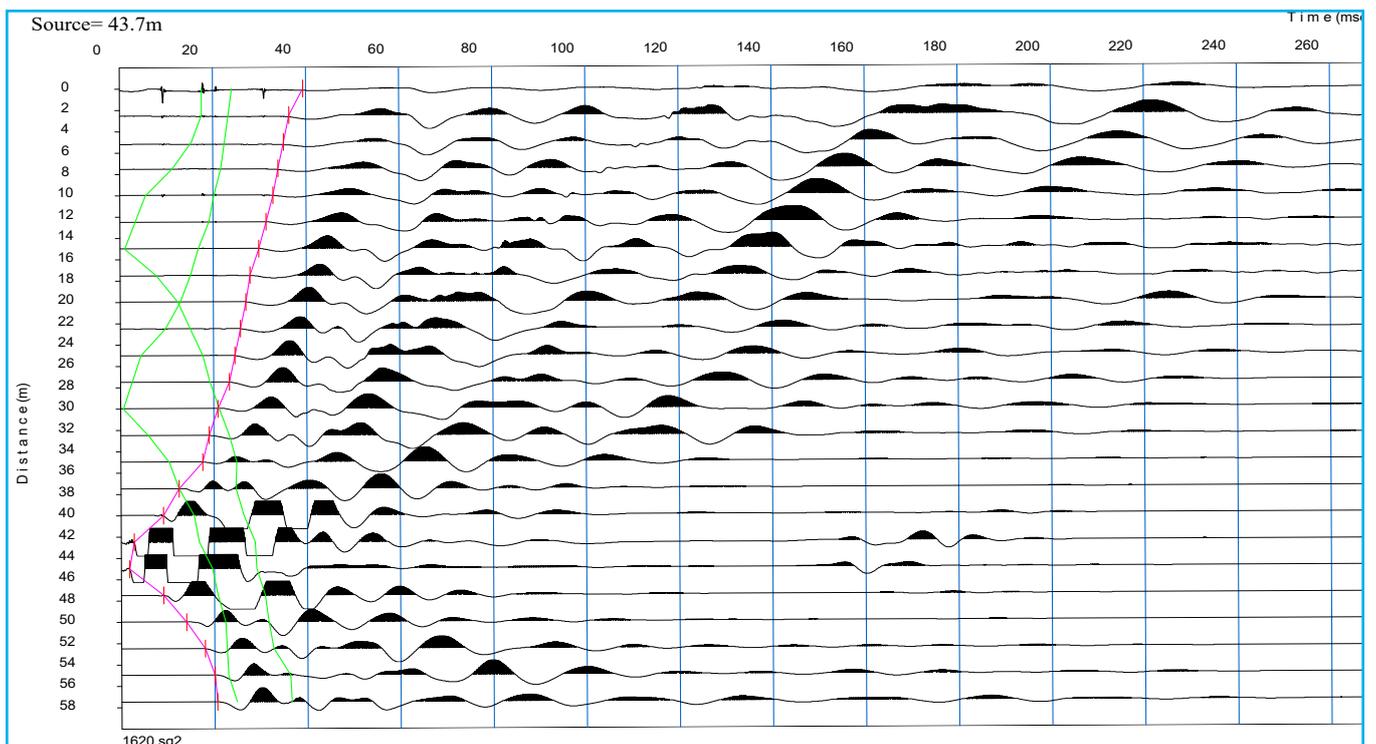
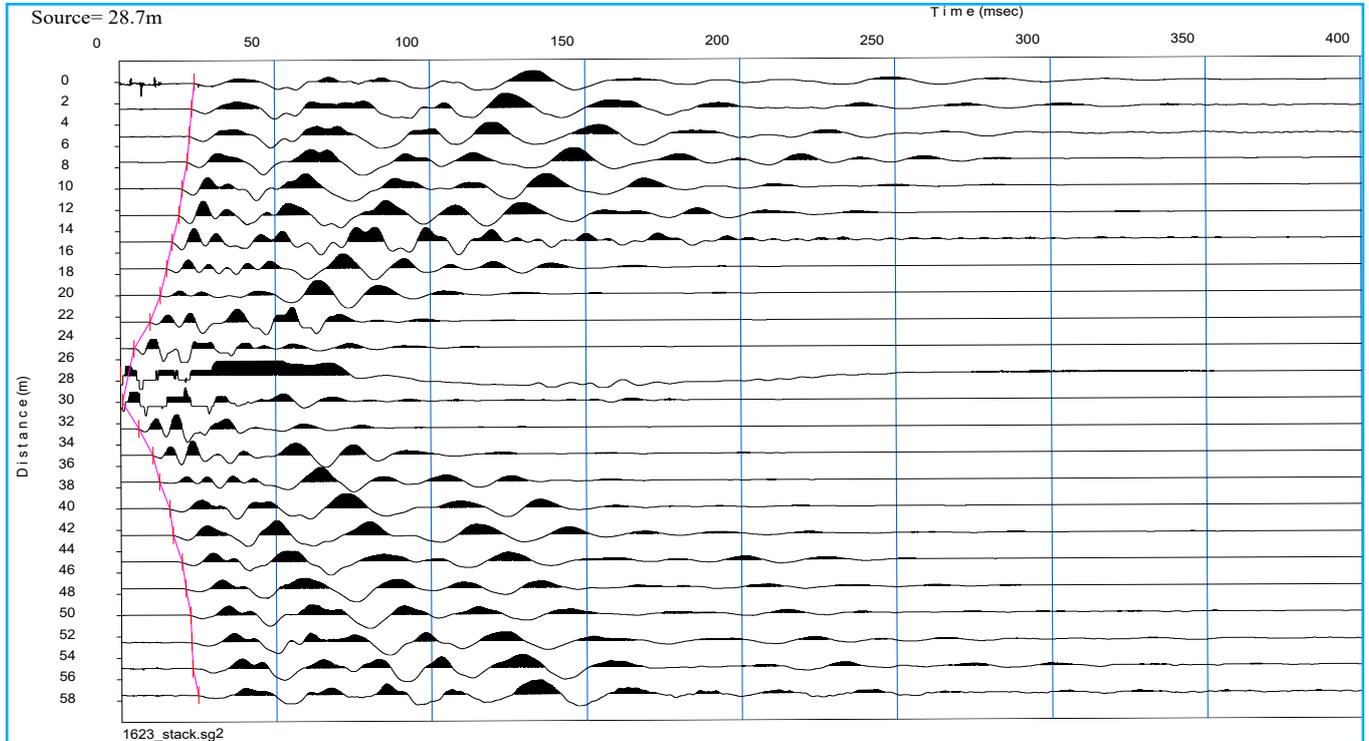
Scoppio 1: -3 m;
Scoppio 2: 13.75 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 43.75m;
Scoppio 5: 60.5 m;



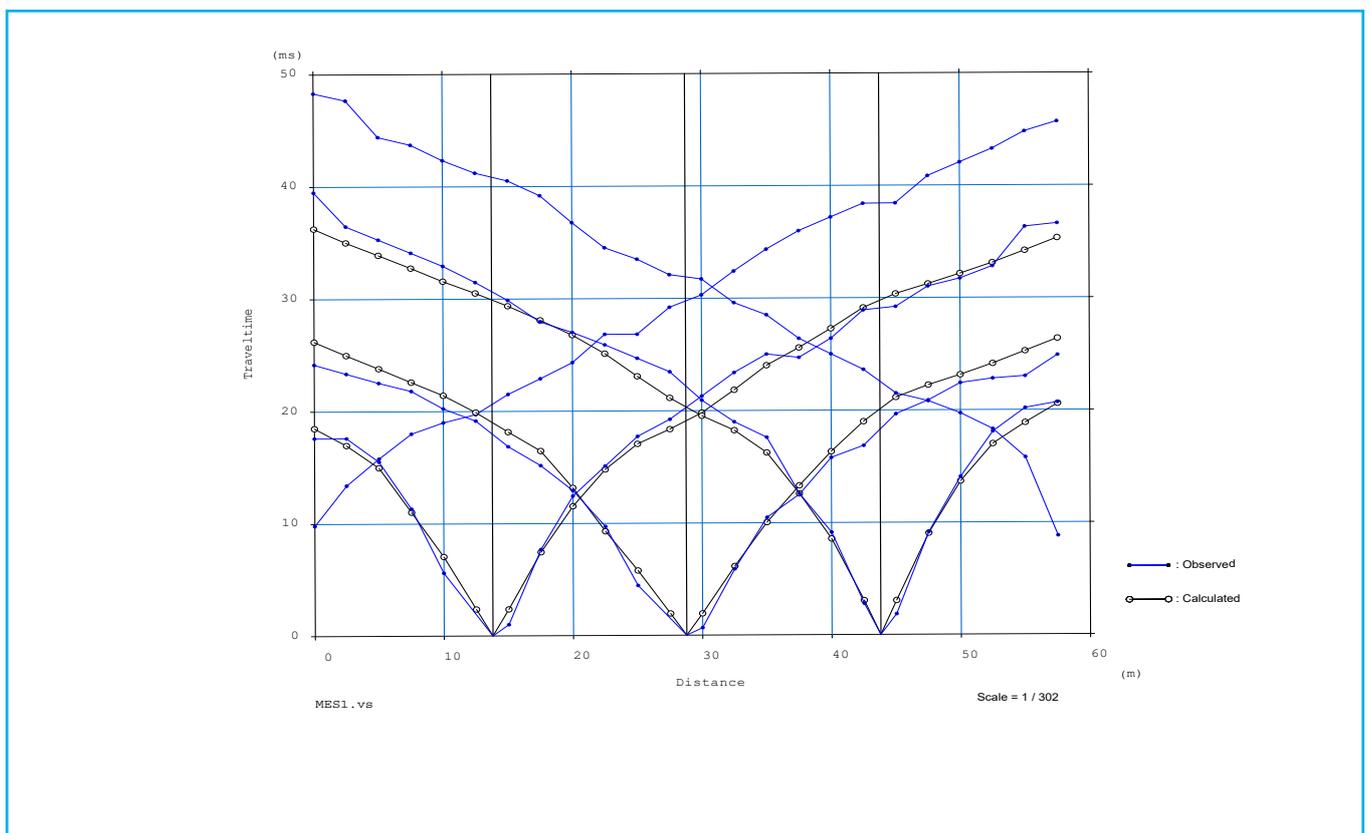
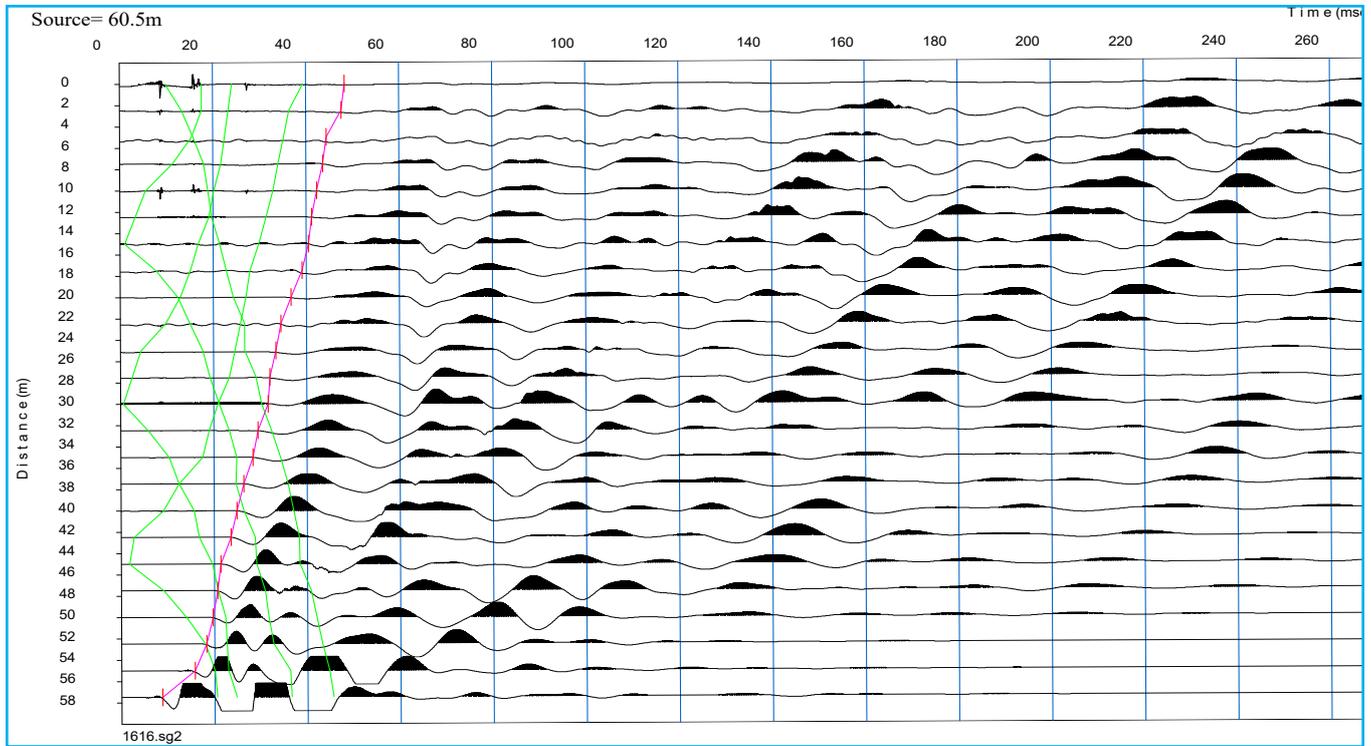
TOMOGRAFIA PRSE 867



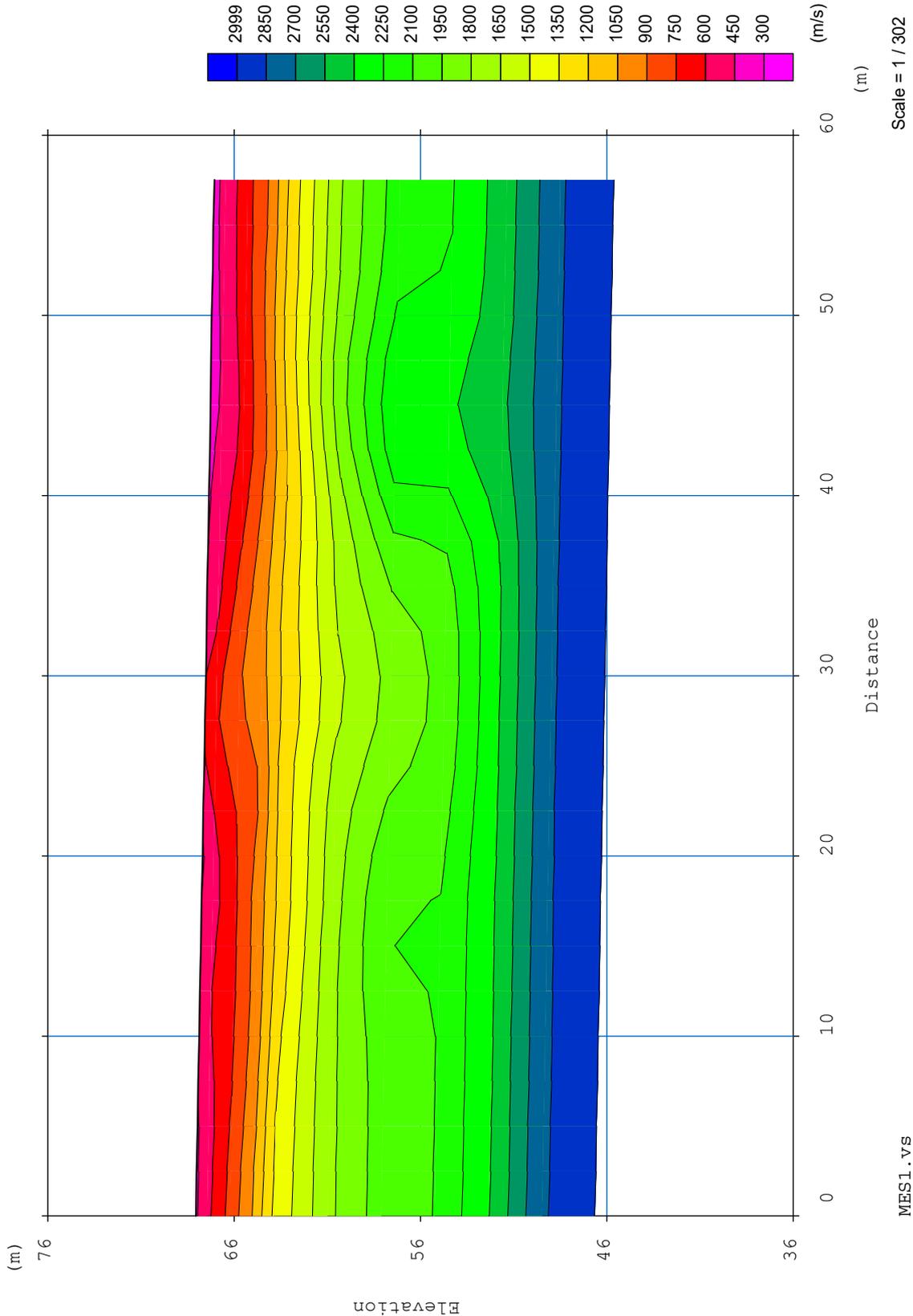
TOMOGRAFIA PRSE 867



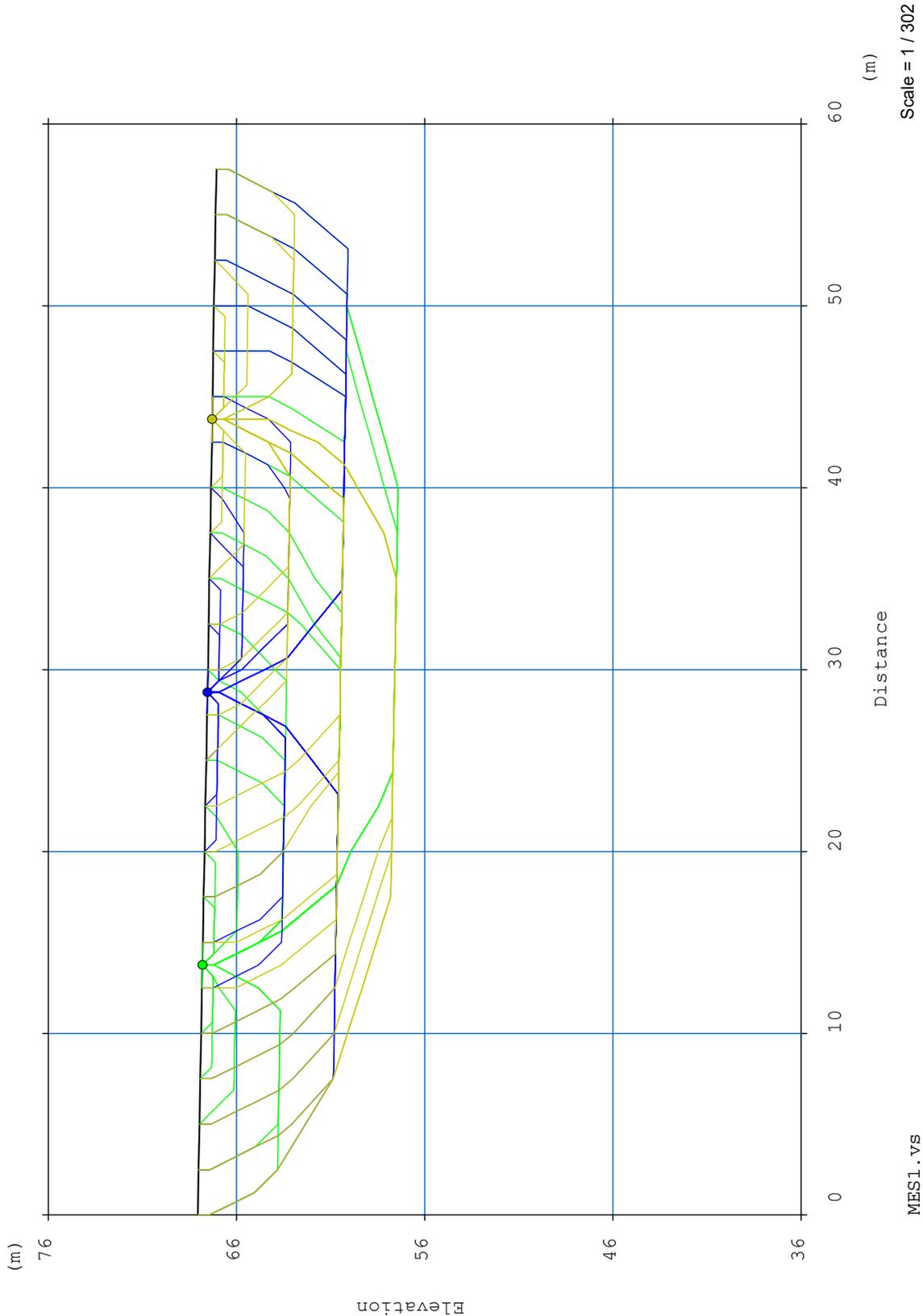
TOMOGRAFIA PRSE 867



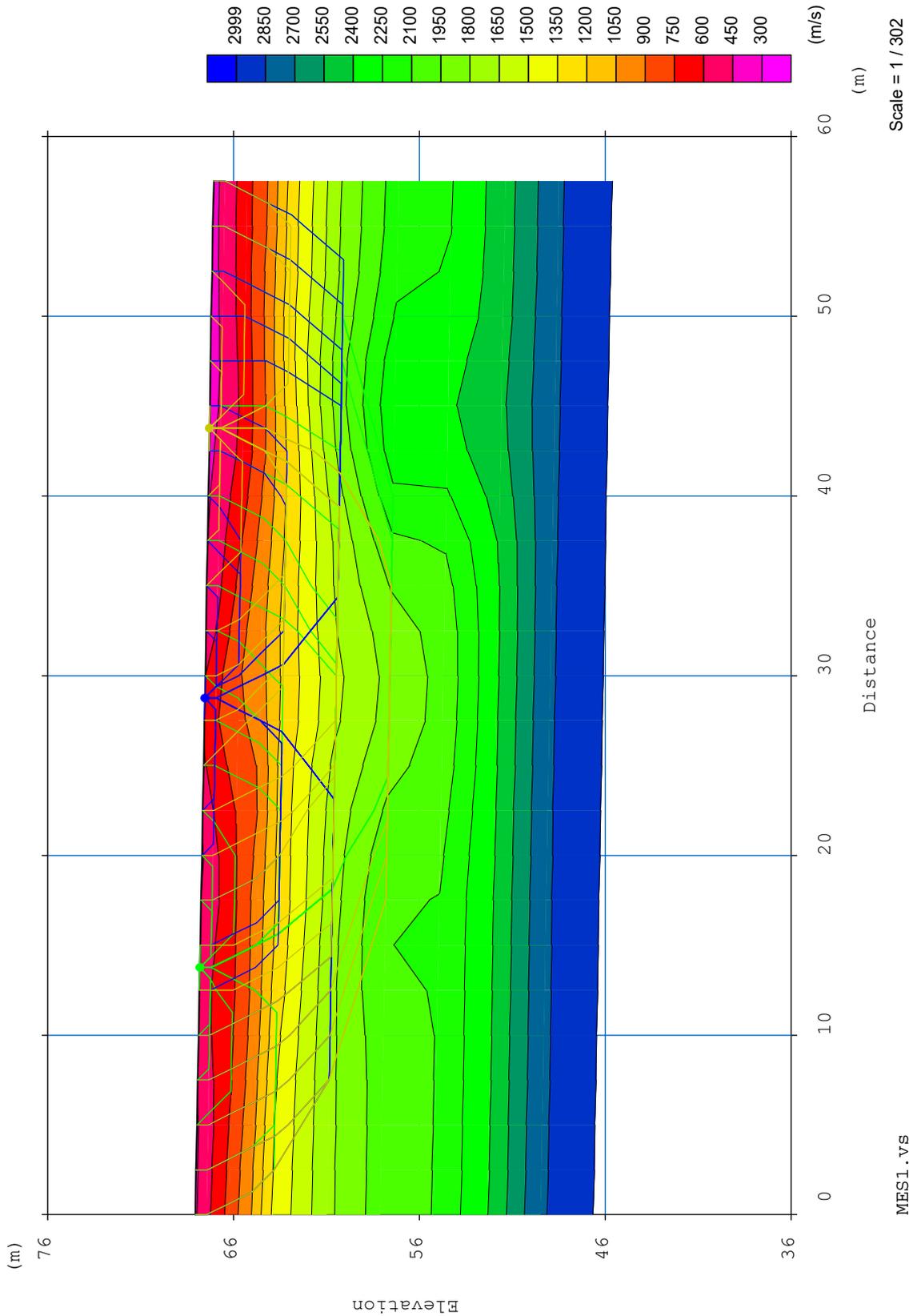
TOMOGRAFIA PRSE 867



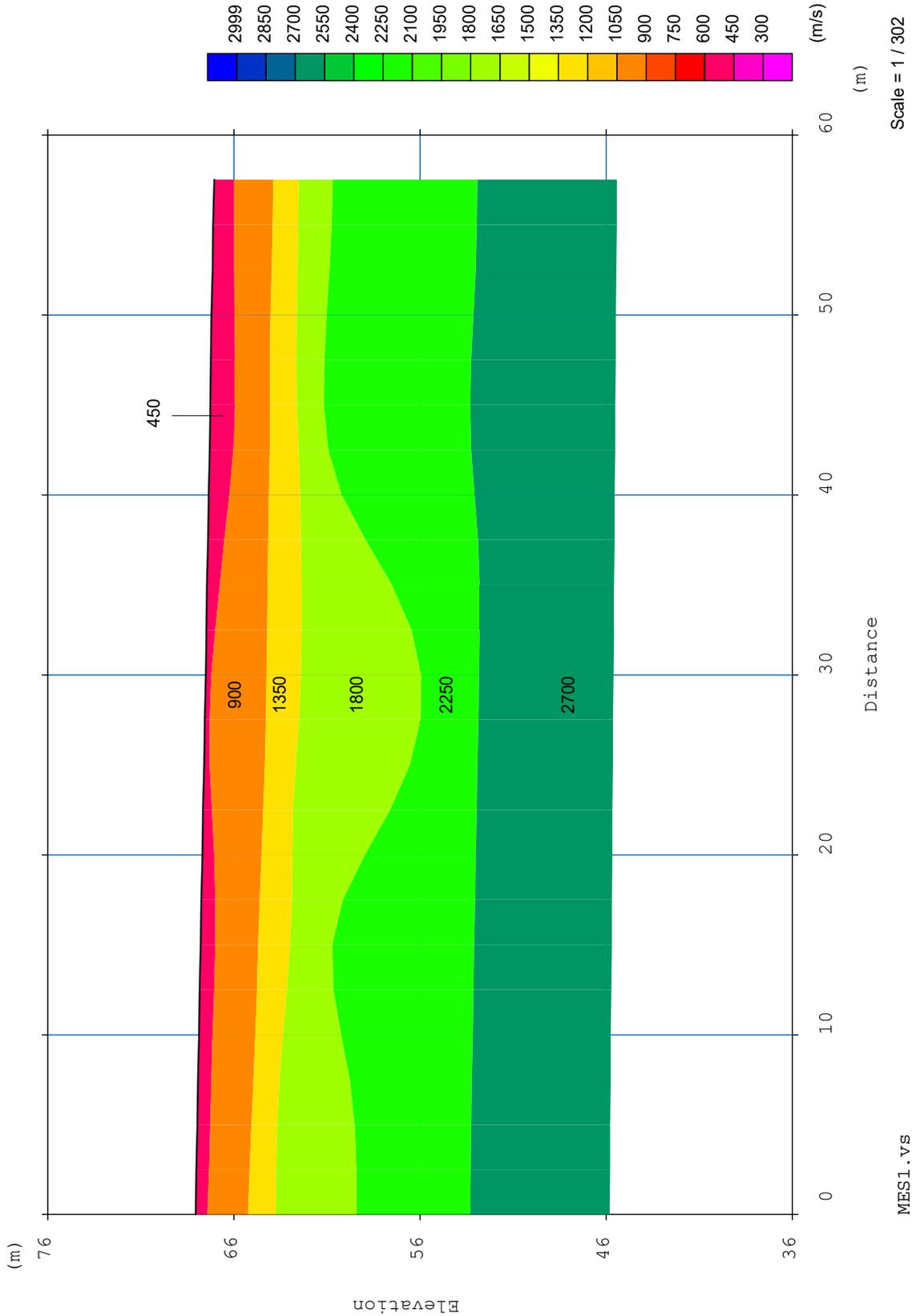
TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867

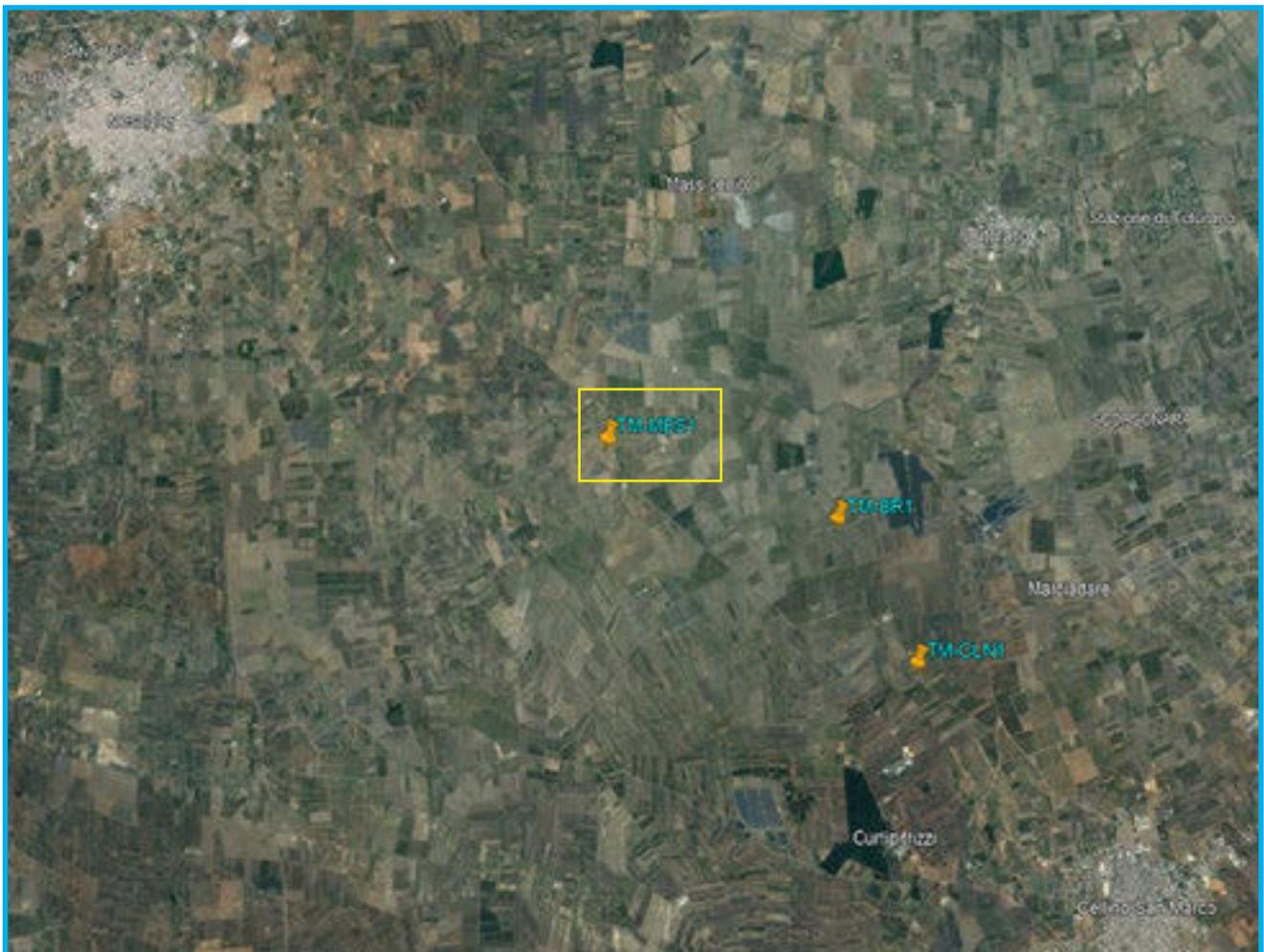


TOMOGRAFIA PRSE 867



PRSE 867 – MASW

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



PRSE 867 – MASW

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P e S), considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali; si osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = f \times l$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

PRSE 867 – MASW

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

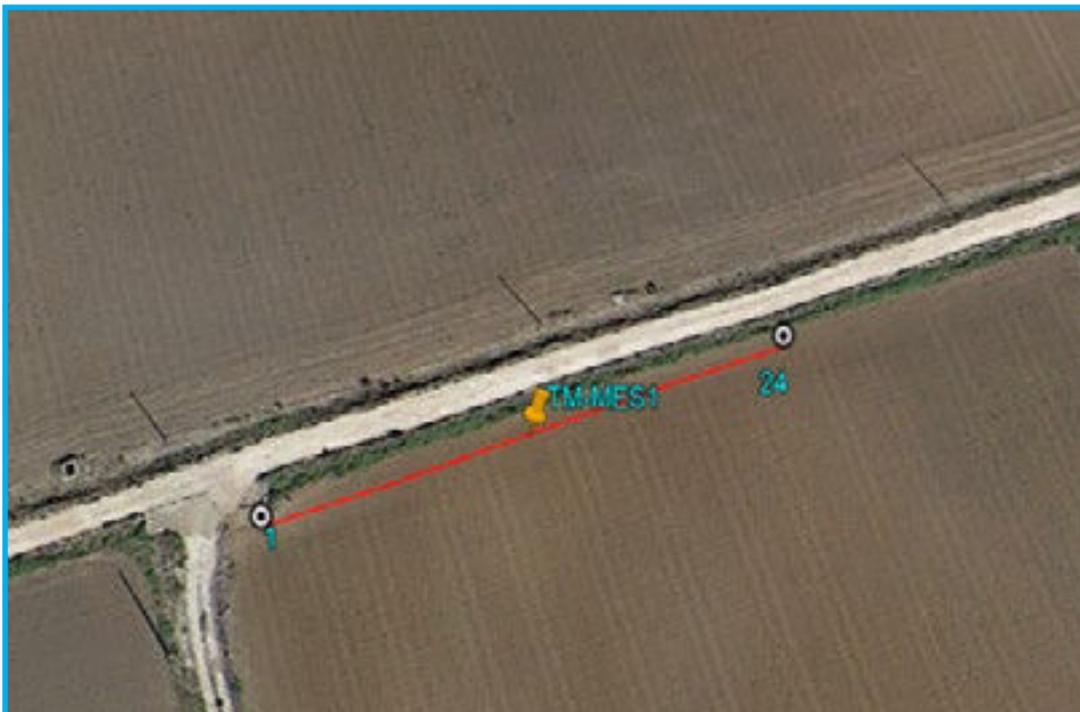
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	MASW-MES1
LOCALITA'	MESAGNE (BR)
DATA E ORA	17/11/23

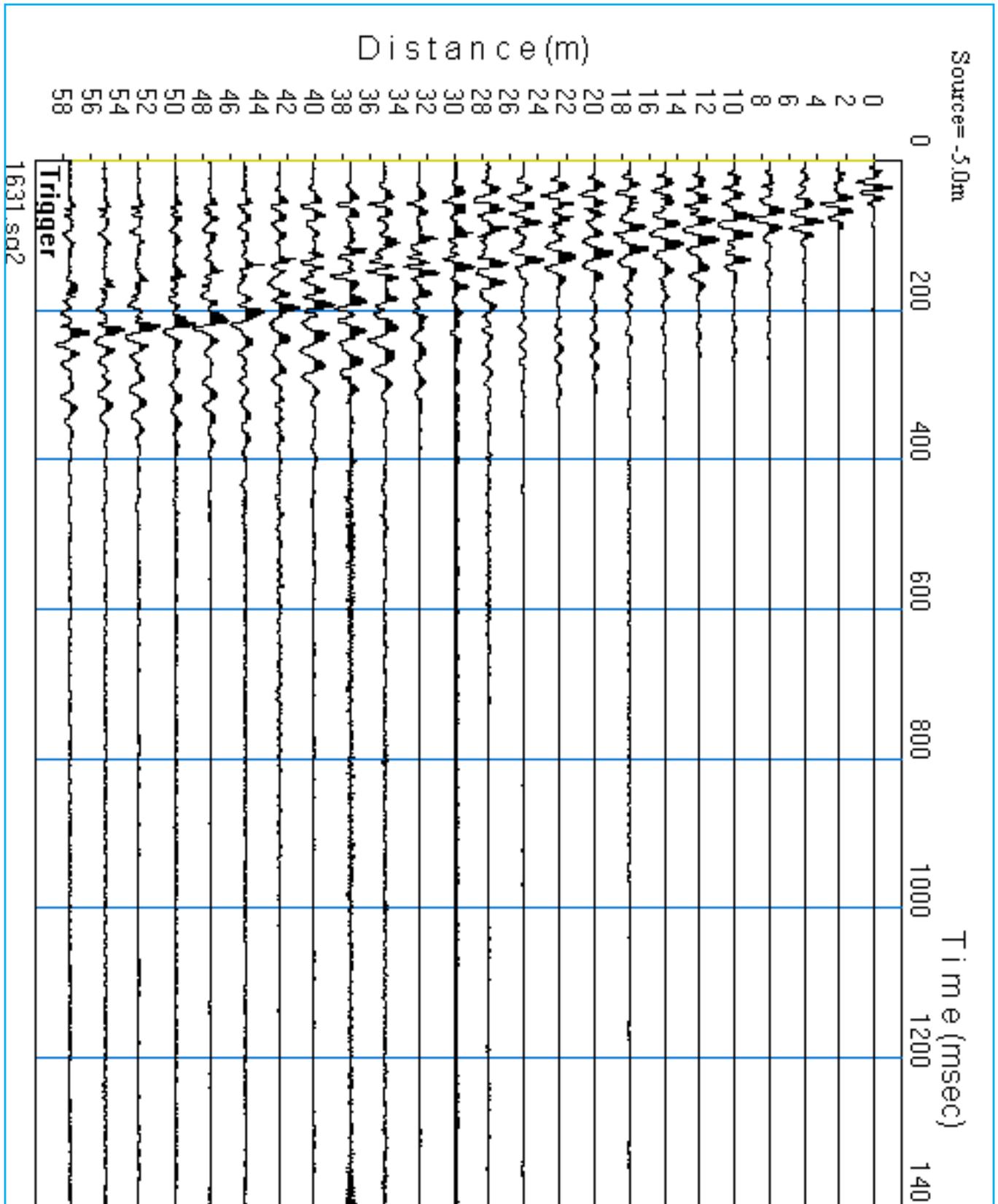
Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta -5m.

Coordinate WGS 84 :

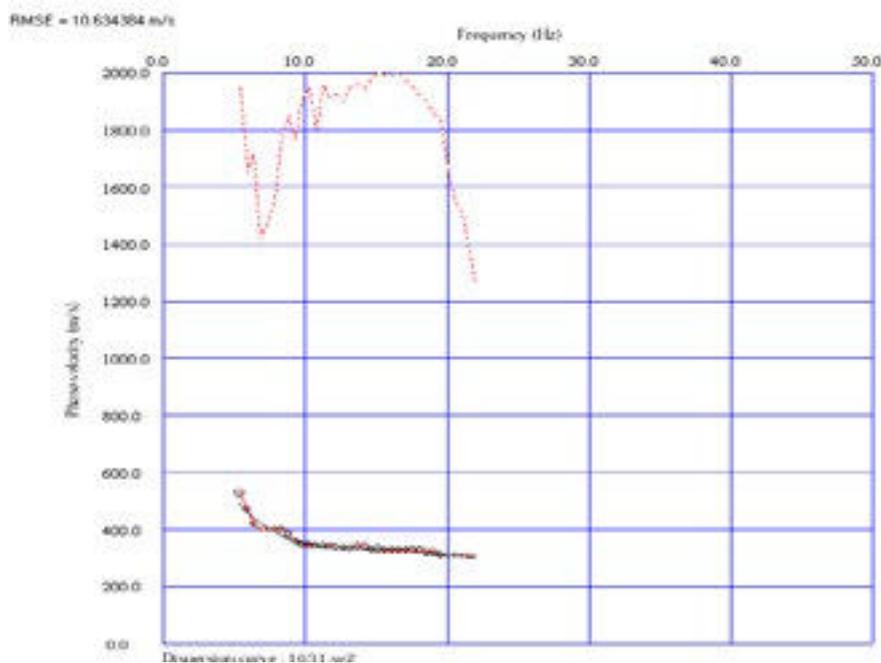
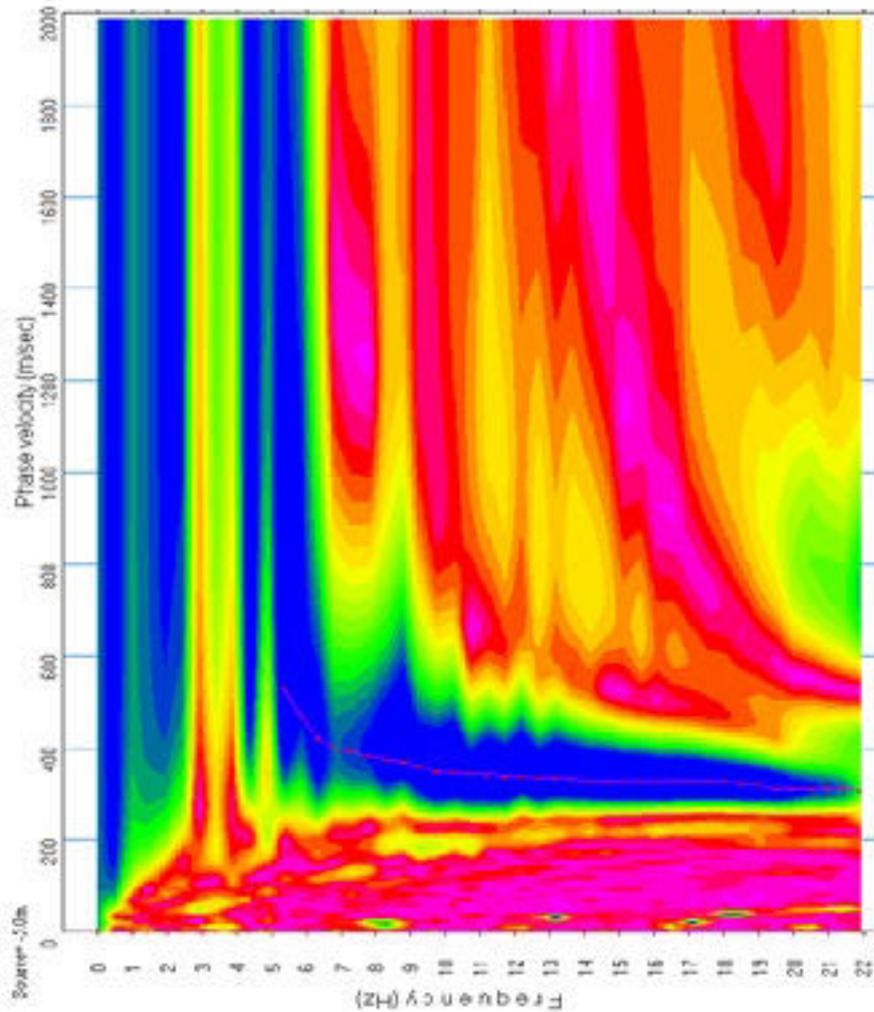
Geofono 1:	40°31.196 N- 17°53.074 E
Geofono 12-13:	40°31.201 N- 17°53.094 E
Geofono 24:	40°31.206 N- 17°53.144 E



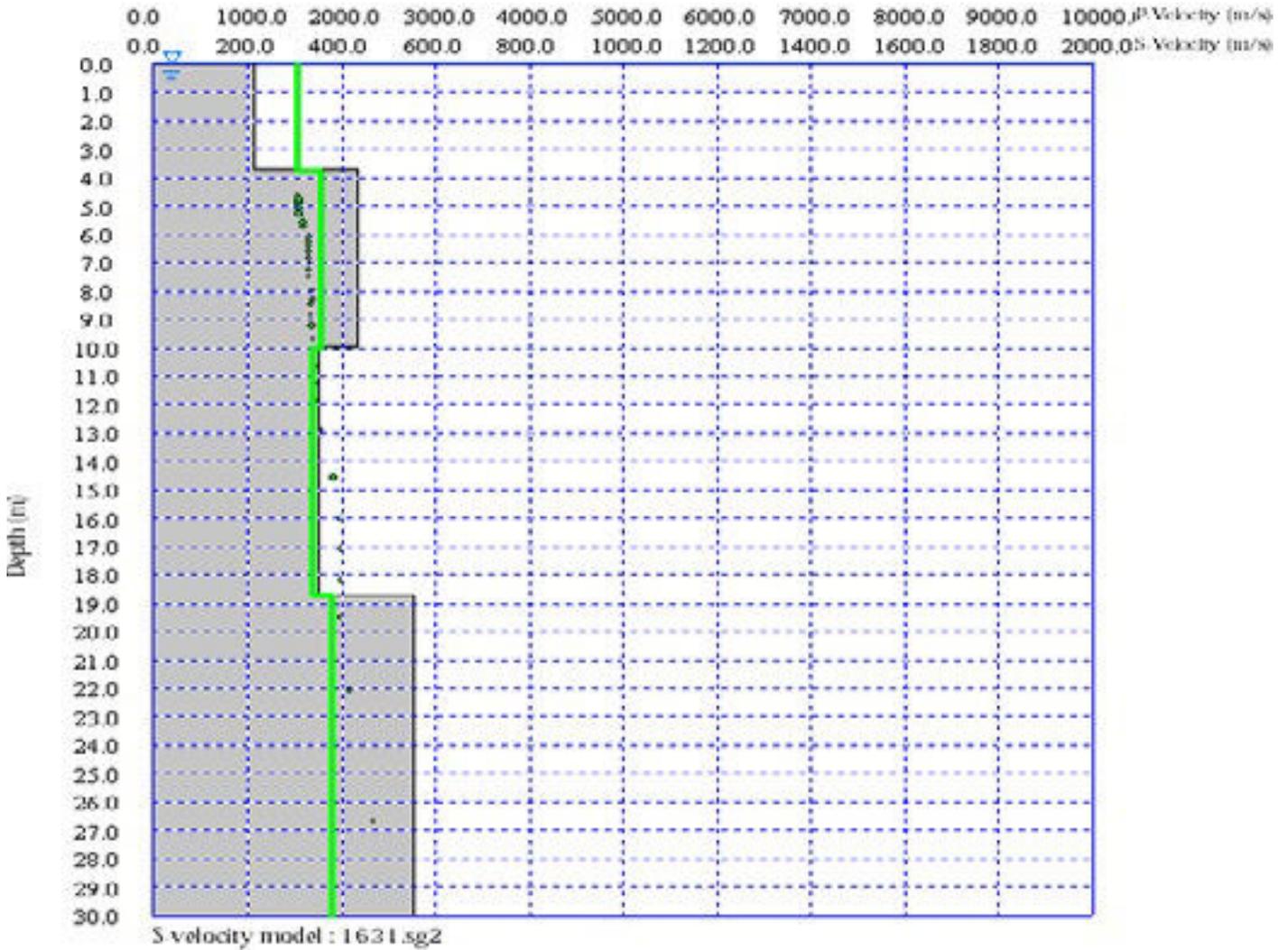
PRSE 867 - MASW



PRSE 867 - MASW



PRSE 867 - MASW



PRSE 867 – MASW

PRSE 867 - MES1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	3.8	212.62	1526.01	17.96	0.49	7.18	83	247
2	3.8	6.3	433.68	1771.39	18.73	0.47	4.08	359	1055
3	10.0	8.8	353.55	1682.45	18.46	0.48	4.76	235	695
4	18.8	11.2	554.72	1905.74	19.14	0.45	3.44	601	1746
5	30.0 -		938.23	2331.43	20.37	0.40	2.48	1828	5132
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									

H = 30 m

Vs,eq : 389.2 (m/s)

Categoria suolo : 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 e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Legenda:

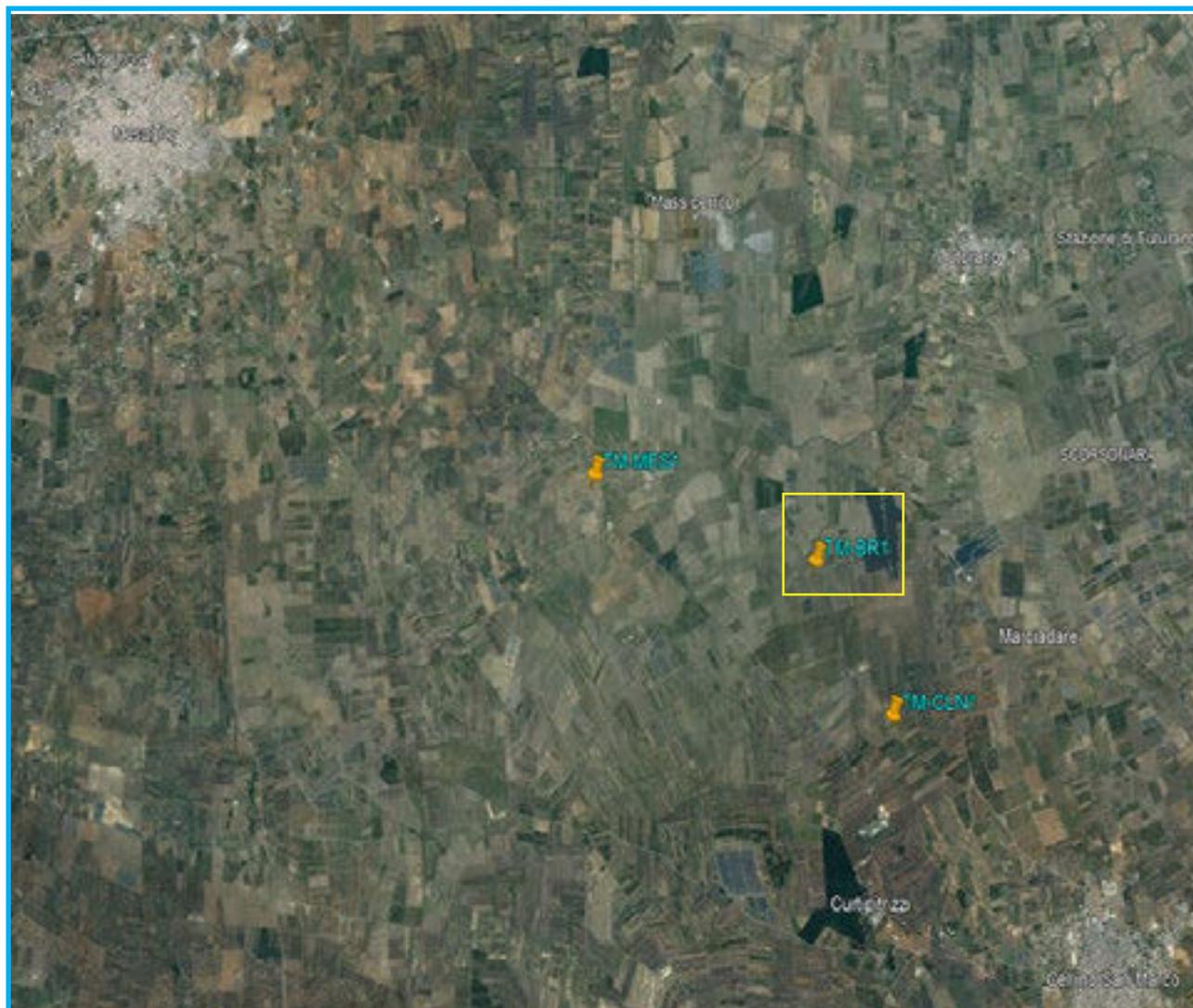
- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

PRSE 867 - MASW



TOMOGRAFIA PRSE 867

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



TOMOGRAFIA PRSE 867

LA SISMICA A RIFRAZIONE

Come noto, la sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi, ricorrendo per l'energizzazione ad un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva.

Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e, quindi, delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine. È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile, utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde "Primarie" in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda: in questo caso in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda.

Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria e la velocità con la quale si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma".

I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. Il principio di Huygens, basilare nello studio di qualsiasi perturbazione ondosa, stabilisce però che "in ogni istante, qualsiasi punto di un fronte d'onda di forma qualsiasi può essere considerato come sorgente puntiforme d'onde circolari (oppure sferiche se la perturbazione è in tre dimensioni)".

La propagazione di onde può, quindi, essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che, interferendo fra loro, danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase. Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

Le leggi di Snell affermano che il raggio incidente, riflesso e rifratto giacciono sullo stesso piano; inoltre valgono le seguenti relazioni tra gli angoli:

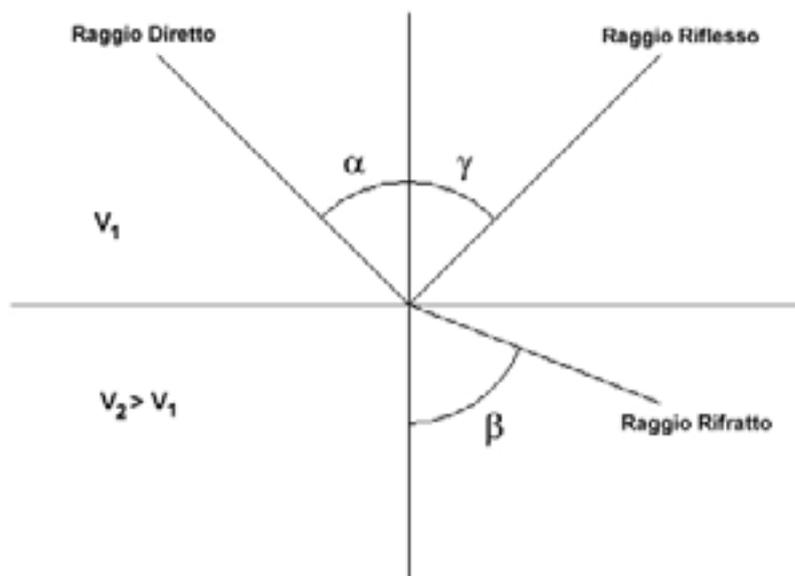
TOMOGRAFIA PRSE 867

per la riflessione: $\alpha = \gamma$

per la rifrazione: $V_1 \cdot \sin \alpha = V_2 \cdot \sin \beta$

Esiste un particolare valore dell'angolo di incidenza, chiamato "angolo critico" o "angolo limite" (i_c) particolarmente significativo per la sismologia di rifrazione. Si definisce infatti angolo critico l'angolo d'incidenza che rende $\beta=90^\circ$.

Se l'angolo di incidenza è uguale a 90° l'onda rifratta, secondo la teoria di Huygen, si propaga lungo il contorno dello strato e funge da fonte per un nuovo fronte d'onda secondario e per nuovi raggi. I percorsi dei raggi sismici escono con un angolo pari all'angolo critico. E' possibile determinare l'angolo critico calcolando l'inverso del seno del valore della velocità del primo strato/velocità del secondo strato. Se l'angolo di incidenza è maggiore dell'angolo limite, il fenomeno della rifrazione scompare e si ha riflessione totale senza propagazione dell'onda nel secondo strato.



APPLICAZIONI

Le indagini di sismica a rifrazione vengono normalmente impiegate per le seguenti problematiche:

- Mappatura delle zone formate da materiale disgregato
- Ricerca della profondità della falda freatica
- Determinazione della resistenza allo scavo
- Mappatura della permeabilità di strati ghiaiosi
- Mappatura degli strati composti da materiale sciolto
- Localizzazione delle zone di frattura
- Mappatura del substrato roccioso

TOMOGRAFIA PRSE 867

PROBLEMI E LIMITAZIONI DELLA SISMICA A RIFRAZIONE

- Le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine devono crescere con la profondità
- Gli strati debbono possedere uno spessore sufficiente per essere rilevati
- Rilievi eseguiti su terreni di riporto o in aree adibite a discariche e in presenza di forte rumore antropico conducono spesso a risultati non affidabili
- Fratture singole e strette spesso non possono essere identificate.

INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

Gli strumenti capaci di registrare movimenti nel terreno sono detti sismometri o geofoni. Essi saranno necessariamente posti sulla superficie del terreno.

Solitamente, si hanno sismogrammi di diversi geofoni, posti a diversa distanza dalla sorgente: questi possono essere stampati in funzione del tempo e della distanza, in quelle che vengono definite "registrazioni di scoppio" (shot records) e la variazione Tempo/Distanza è detta "scostamento" (moveout). Arrivi con ampio scostamento sono fortemente inclinati nella registrazione di scoppio e viceversa; dalle registrazioni di scoppio è quindi possibile distinguere l'arrivo delle diverse onde sismiche (dirette, riflesse, rifratte).

A piccole distanze (offset) il primo arrivo è delle onde dirette: questo arrivo ha grande ampiezza e lo scostamento è costante a tutte le distanze. A maggiori distanze il primo arrivo comincia ad essere quello dell'onda rifratta. Questo arrivo è caratterizzato da piccola ampiezza d'onda e da scostamento costante ma minore di quello dell'onda diretta. L'ultimo arrivo ad ogni geofono è quello dell'onda riflessa: il suo scostamento tende ad aumentare con la distanza secondo una funzione iperbolica.

Il diagramma che rappresenta i tempi di propagazione delle onde sismiche in funzione della distanza del punto di emissione si definisce "curva di propagazione" o "dromocrona" ("travel time curve"). Definirne l'andamento è compito primario nell'interpretazione della sismica a rifrazione.

Ciò che essenzialmente conta, per il metodo a rifrazione, è identificare il tempo di arrivo della prima onda in ogni geofono ("first break picking"). Questa distinzione non è sempre agevole.

I due segmenti relativi all'arrivo delle onde dirette, prima, e delle rifratte frontali poi, non sono sempre facilmente distinguibili. Il punto di ginocchio, il punto cioè a partire dal quale si verifica la variazione di inclinazione, è detto distanza critica ("cross-over distance"). È quindi importante osservare che la scelta dei primi arrivi deve essere considerata già come parte dell'interpretazione dei dati più che della raccolta; l'operatore dovrà perciò aver cura di verificare direttamente sul sito che il rapporto segnale/rumore sia accettabile, ed eventualmente ripetere l'acquisizione.

METODI DI INTERPRETAZIONE

I metodi di interpretazione per la sismica a rifrazione possono essere raggruppati in tre classi principali:

- (1) Metodi dei Tempi di intercetta (ITM - Intercept-Time Methods)
- (2) Metodi dei Tempi di ritardo o Reciproci (DTM - Delay Time Method)
- (3) Metodi di Ray tracing

Il livello di calcoli richiesto è progressivamente maggiore da metodo a metodo. I metodi ITM richiedono essenzialmente una calcolatrice. I metodi DTM variano dalla versione più semplice a quella generalizzata, e richiedono l'uso di un personal computer. I metodi basati sul Ray Tracing richiedono risorse di calcolo decisamente più elevate e non saranno presi in esame in questo contesto.

I metodi ITM - Time-Intercept Methods.

La dromocrona, o curva distanza-tempo, nel caso di un rilevamento sismico per rifrazione è espressa su un grafico dall'equazione di una retta.

In presenza di stratificazioni piane ed orizzontali l'inclinazione delle rette dei primi arrivi è uguale al reciproco della velocità di propagazione nel mezzo 1 (V_1) o nella discontinuità o secondo mezzo (V_2). Dai diagrammi di queste rette possiamo determinare lo spessore dello strato superiore.

TOMOGRAFIA PRSE 867

In base alla potenza dello strato superiore, infatti, si avrà una retta con uguale inclinazione (essendo questa legata solo alle velocità) ma con un punto di ginocchio diversamente posizionato: più è potente lo strato superiore, maggiore sarà il tempo impiegato dall'onda frontale rifratta per generarsi e tornare in superficie, dunque varierà la distanza di ricezione delle onde dirette e delle rifratte frontali. Lo spessore può essere calcolato considerando l'ascissa del punto di ginocchio (x_c) oppure considerando il tempo di intercetta t_0 cioè il valore del tempo di arrivo dell'onda rifratta a distanza 0, ottenuto proiettando sull'asse dei tempi la retta relativa alla velocità di propagazione nel secondo mezzo.

$$h = \frac{x_c}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

$$h = \frac{t_0}{2} \frac{V_2 V_1}{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

Caso di un singolo strato non orizzontale

Prendendo in considerazione la pendenza dello strato i calcoli si complicano:

- le velocità osservate per il secondo strato risultano essere velocità apparenti, che variano significativamente con la pendenza (maggiore alla velocità reale in direzione up-dip e minore in direzione down-dip);
- le profondità determinate mediante i tempi di intercetta sono le profondità inclinate e non le profondità reali sotto il punto di scoppio;
- sono richiesti stendimenti coniugati, in quanto i sismogrammi ottenuti in un'unica direzione forniscono unicamente una velocità apparente per il secondo strato.

Le equazioni per il calcolo delle profondità inclinate sono le seguenti:

$$\text{Profondità}_{(\text{down-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{down-dip})}{2 \cos \alpha}$$

$$\text{Profondità}_{(\text{up-dip})} = \frac{V_1 \cdot t_i(\text{up-dip})}{2 \cos \alpha}$$

Dove:

Profondità (down-dip) = il rifrattore immerge dal punto di sparo verso i geofoni

Profondità (up-dip) = il rifrattore risale verso il punto di sparo

V_1 = velocità del terreno

t_i (up-dip) = tempo di intercetta up-dip

t_i (down-dip) = tempo di intercetta down-dip

$$\cos \alpha = \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2}$$

Un' approssimazione utile per V_2 (che non può essere misurato direttamente dalla curva dei tempi di percorso) è data dalla seguente equazione:

$$V_2 = \frac{2 \cdot V_{2(\text{up-dip})} \cdot V_{2(\text{down-dip})}}{V_{2(\text{up-dip})} + V_{2(\text{down-dip})}} \cos \delta$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Dove:

V_2 = velocità approssimata dello strato sottostante

$V_2(\text{up-dip})$ = velocità apparente dello strato sottostante misurata up-dip

$V_2(\text{down-dip})$ = velocità apparente dello strato sottostante misurata down-dip

J = valore stimato della pendenza

Il valore dell'angolo d è calcolabile utilizzando la seguente formula:

$$\delta = \frac{\sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{down-dip})}}\right) - \sin^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2(\text{up-dip})}}\right)}{2}$$

Poiché il coseno dell'angolo d è approssimativamente 1.0, è necessario che le pendenze siano basse.

E' necessario sottolineare che il presupposto primario nell' uso dei metodi ITM è che la geometria della superficie di contatto sia piana. Questo presupposto permette di usare le informazioni derivate dalle osservazioni (arrivi) oltre la distanza del punto di ginocchio per derivare una profondità che è determinata nell'intorno del punto di energizzazione.

Tuttavia, questi metodi sono utili per una valutazione di massima delle profondità e per eseguire un semplice controllo dei risultati ottenuti con tecniche di interpretazione più sofisticate.

Caso di terreno multistrato

Il caso di terreni multistrato non comporta particolari variazioni. I principi di calcolo rimangono gli stessi, con la sovrapposizione (arrivi da entrambe le direzioni) per tutti gli strati necessari. Per gli strati orizzontali possono essere utilizzate le seguenti equazioni:

$$h_2 = \frac{t_{i3} V_2 V_3}{2 \sqrt{V_3^2 - V_2^2}} - h_1 \left(\frac{V_2}{V_1} \right) \sqrt{\frac{V_3^2 - V_1^2}{V_3^2 - V_2^2}}$$

Lo spessore h_1 del primo strato è determinata usando il caso di un terreno con due strati ed il tempo di intercetta t_{i2} del secondo segmento di linea o la distanza critica X_{c2} determinata dai primi due segmenti di linea. Questo spessore è usato nel calcolo dello spessore dello strato seguente h_2 .

In termini di distanza critica l'equazione può essere così riscritta:

$$h_2 = \frac{X_{c3}}{2} \sqrt{\frac{V_3 - V_2}{V_3 + V_2}} + \frac{h_1}{V_1} \left(\frac{V_3 \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - V_2 \sqrt{V_3^2 - V_1^2}}{\sqrt{V_3^2 - V_2^2}} \right)$$

Il calcolo può essere esteso agli strati più profondi usando estensioni di queste equazioni generali. Poiché le equazioni in questa forma contengono gli spessori degli strati meno profondi, il calcolo comincia con il primo strato e progredisce verso il basso. Si noti che queste equazioni non comprendono la pendenza.

Le equazioni per gli strati piani inclinati sono utilizzate nel metodo GRM (Palmer - 1980).

Metodi del Reciproco (Reciprocal methods)

I metodi reciproci includono più di 20 metodi di interpretazione, compresi i metodi basati sui tempi di ritardo, i quali possono o non possono richiedere la misura di un tempo reciproco.

Il tempo reciproco è il tempo di corsa lungo il rifrattore da una sorgente di energizzazione ad un'altra.

Esistono diverse versioni di questi metodi che si differenziano per alcuni fattori di correzione. In generale si ipotizza una superficie di contatto non eccessivamente inclinata ed una velocità del rifrattore costante.

Conoscendo il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G ed il tempo di percorso

TOMOGRAFIA PRSE 867

coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G ed il tempo di percorso dalla sorgente di energizzazione S ad un certo geofono G1 (possibilmente distante dal primo) ed il tempo di percorso coniugato dalla sorgente S' al medesimo geofono G1 è possibile calcolare la velocità V2 del rifrattore utilizzando la seguente formulazione:

$$V_2 = \frac{2|\Delta x|}{|\Delta t| + |\Delta t'|}$$

Dove:

Δx = distanza in superficie compresa tra il geofono G ed il geofono G1

Δt = differenza dei tempi di percorso diretti

$\Delta t'$ = differenza dei tempi di percorso coniugato

Il tempo t di percorso diretto per il geofono G può essere espresso dalla seguente formulazione:

$$t = \frac{h_g + h_s}{V_1} \cos i_c + \frac{x_g}{V_2}$$

Dove:

h_g = minima profondità in corrispondenza del geofono

h_s = minima profondità in corrispondenza della sorgente

x_g = distanza fra il geofono e lo sparo

Analogamente potrà essere scritta una equazione equivalente per il tempo impiegato dall'onda sismica a raggiungere il geofono G partendo dalla sorgente coniugata.

I tempi calcolati saranno ovviamente differenti; ciò che invece deve essere uguale è il tempo del percorso totale, fra le sorgenti dirette e coniugate. Questo tempo è chiamato tempo di estremità:

$$t = \frac{h_s + h_{s'}}{V_1} \cos i_c + \frac{x_0}{V_2}$$

dove x_0 è uguale alla somma della distanza del geofono dal punto di sparo del percorso diretto e della distanza del geofono dal punto di sparo nel percorso coniugato.

Sottraendo al tempo di estremità la somma dei tempi precedentemente calcolati, è possibile risolvere l'equazione rispetto ad h ed ottenere la profondità minima. Tale procedimento dovrà essere eseguito per ogni geofono.

La profondità h rappresenta il raggio di un arco di circonferenza con centro nella posizione del relativo geofono: il contorno del rifrattore toccherà almeno in un punto ciascuno di questi archi e quindi potrà essere determinato graficamente come involucro degli archi.

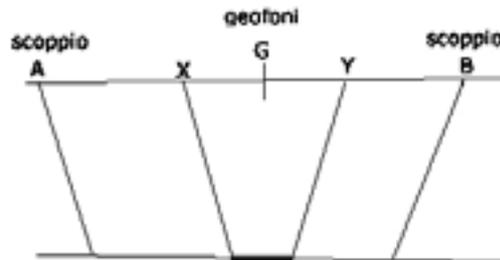
Metodo del Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method - GRM)

Il metodo reciproco generalizzato è stato sviluppato per sormontare alcune imperfezioni dei metodi più semplici, i quali sono messi in difficoltà dalla presenza di superfici, topografiche o del sottosuolo, particolarmente accidentate. Il metodo di Palmer utilizza due funzioni: la funzione di analisi-velocità e la funzione tempo-profondità.

La funzione Analisi Velocità

La particolarità del metodo è l'uso degli arrivi diretti ed inversi a due geofoni, posti ad una distanza XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto di emersione dal rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

TOMOGRAFIA PRSE 867



La funzione analisi-velocità, riferendosi alla figura sottostante, è definita dall'equazione:

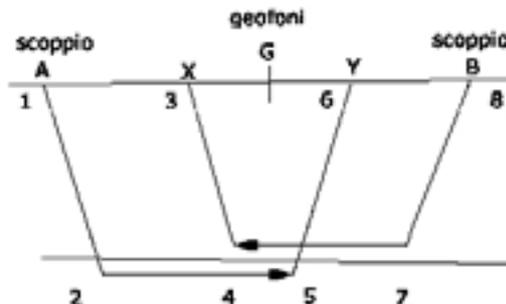
$$t = \frac{t_{AY} - t_{BX} + t_{AB}}{2}$$

$$t_{AY} = (12) + (34) + (45) + (56)$$

$$t_{BX} = (78) + (57) + (45) + (34)$$

$$t_{AB} = (12) + (24) + (45) + (57) + (78)$$

$$t = \frac{2(12) + 2(24) + (45)}{2}$$



Il valore di questa funzione è riferito al punto mediano G fra X ed Y.

Producendo i grafici dei tempi di percorso in relazione alla posizione dei geofoni è possibile derivare la velocità V_2 del rifrattore, indipendentemente dall'inclinazione e dalla topografia. Ciò che influenza il calcolo è dunque la scelta dei geofoni XY. Se la posizione di XY è scelta in modo che il punto d'uscita sul rifrattore sia comune, il tempo di percorso, e quindi il calcolo della velocità, dipenderà soltanto dalle caratteristiche del materiale.

La funzione Tempo-Profondità

Il metodo GRM prevede ora la creazione di funzioni tempo-profondità per ciascun geofono.

Facendo riferimento alla figura precedente la funzione generalizzata tempo-profondità è definita. Calcolo del valore di XY ottimale dall'equazione:

$$t = \frac{t_{AY} + t_{BX} - (t_{AB} + XY/V_2)}{2}$$

TOMOGRAFIA PRSE 867

Calcolo del valore di XY ottimale

La valutazione della distanza XY ottimale può essere ottenuta utilizzando le velocità e gli spessori di strato precedentemente determinati: se sono noti gli spessori e le velocità di ciascuno strato, il valore XY per ogni strato può essere calcolato direttamente, quindi applicando un procedimento iterativo è possibile determinare tali valori automaticamente e con notevole precisione.

Metodo del Ray Tracing

I programmi basati su questa metodologia partono solitamente da una prima interpretazione effettuata con uno dei metodi precedentemente descritti, quindi viene calcolato il tempo di arrivo previsto ad un geofono in base ad un modello iniziale.

La complessità del calcolo aumenta in funzione del modello utilizzato. Il calcolo è eseguito in forma iterativa fino a convergenza, che nei modelli più complessi deve a volte essere forzata.

Dopo aver determinato i tempi di arrivo ai geofoni occorre correggere il modello così da far coincidere, per quanto possibile, i tempi calcolati ed i tempi osservati, quindi si procede nuovamente con il calcolo dei tempi di percorso basati sul modello corretto.

Onde P-Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità. I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismo stratigrafiche.

Onde P-Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- Applicazione dei filtri "lowpass" e "highpass" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- Picking dei primi arrivi;
- Export delle dromocrone;
- Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- Definizione del modello sismostratigrafico.

Onde P-Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti come di seguito riportato:

- sismogrammi relativi agli scoppi;
- dromocrone relative rispettivamente alle onde P;
- sezioni tomografiche
- modelli sismo stratigrafici.

In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismo strati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismo stratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismo strati.

Onde P-Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- a) i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- b) la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore h ubicato a profondità z dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui $h < 0.25 * z$.
- c) i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

TOMOGRAFIA PRSE 867

Id indagine PRSE 867 - BR1
LOCALITA' BRINDISI (BR)
DATA E ORA 17/11/2023

Coordinate WGS 84 :

Geofono 1: 40°30.666 N- 17°55.198 E
Geofono 12-13: 40°30.671 N- 17°55.218 E
Geofono 24: 40°30.676 N- 17°55.239 E

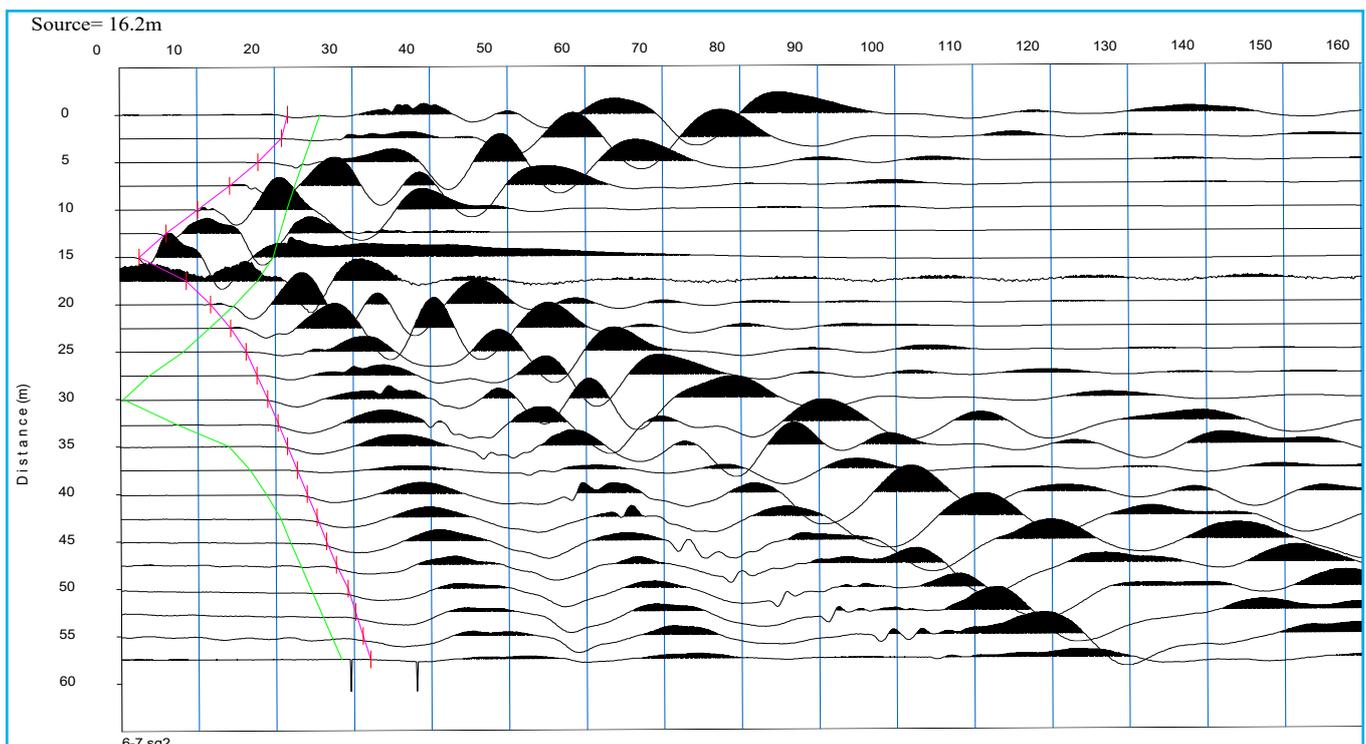
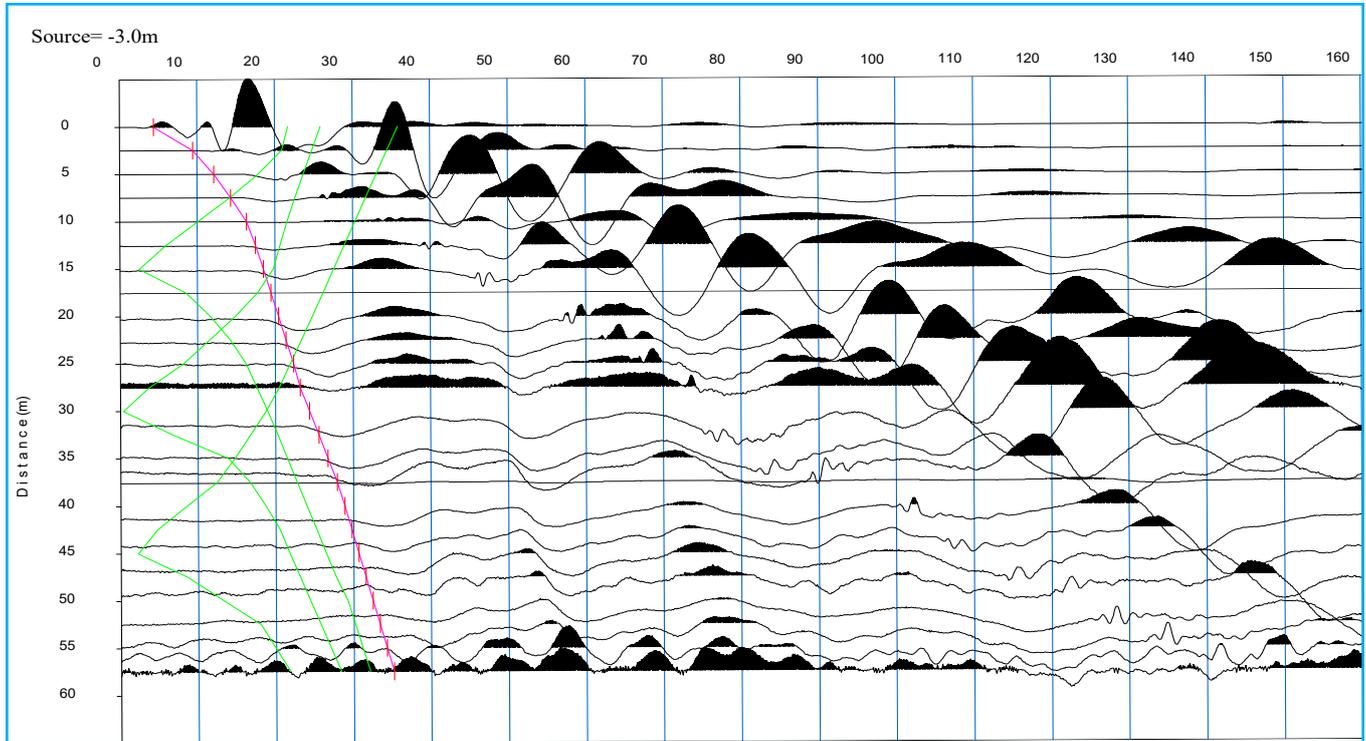
Onde P-Acquisizione dei dati

Distanza tra i geofoni : 2.5 m
Estensione della prova: 60 m
Posizione dello scoppio:

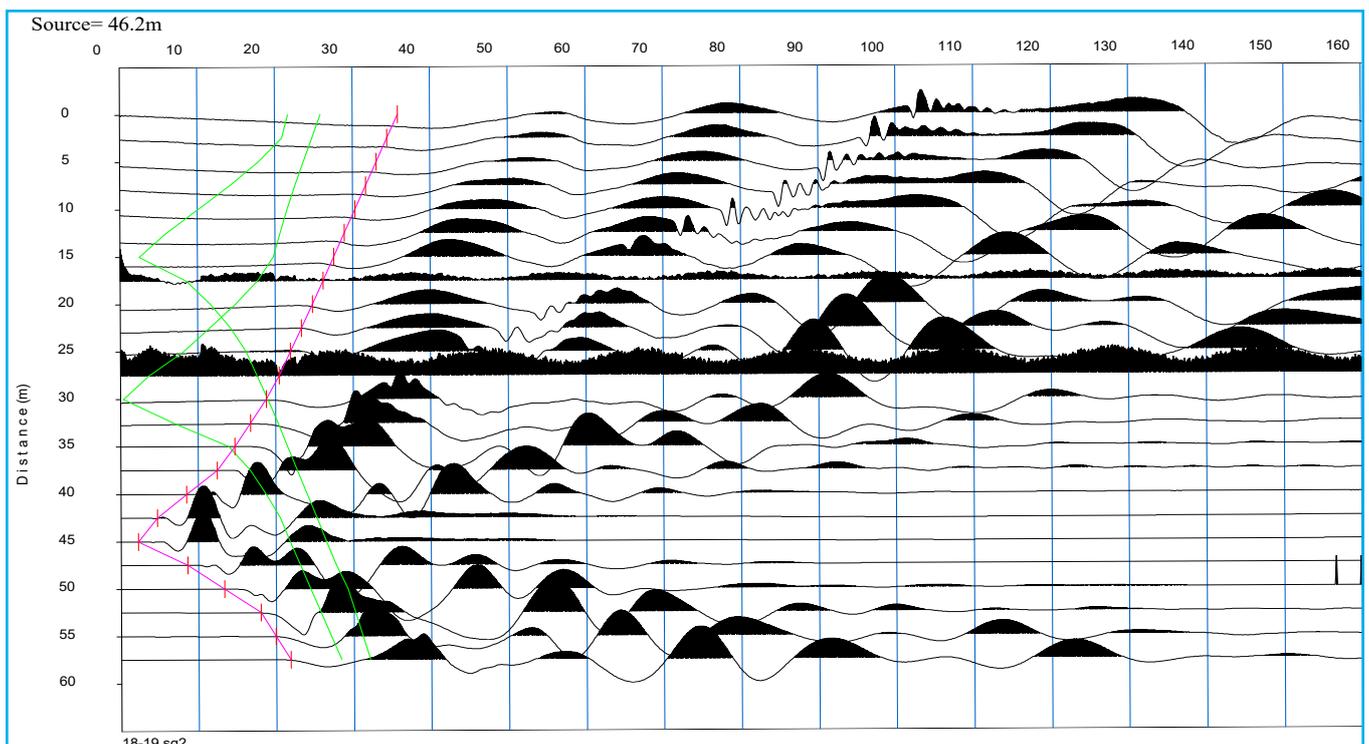
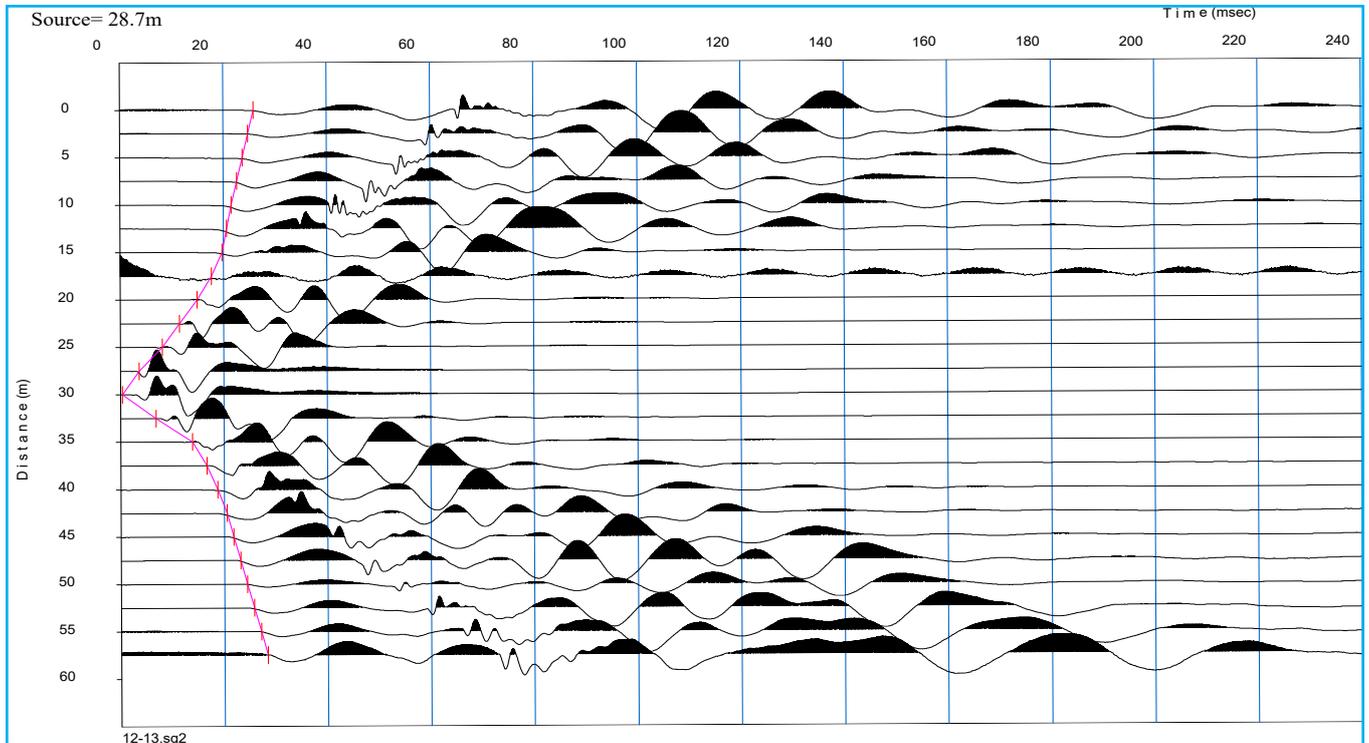
Scoppio 1: -3 m;
Scoppio 2: 13.75 m;
Scoppio 3: 28.75 m;
Scoppio 4: 43.75m;
Scoppio 5: 60.5 m;



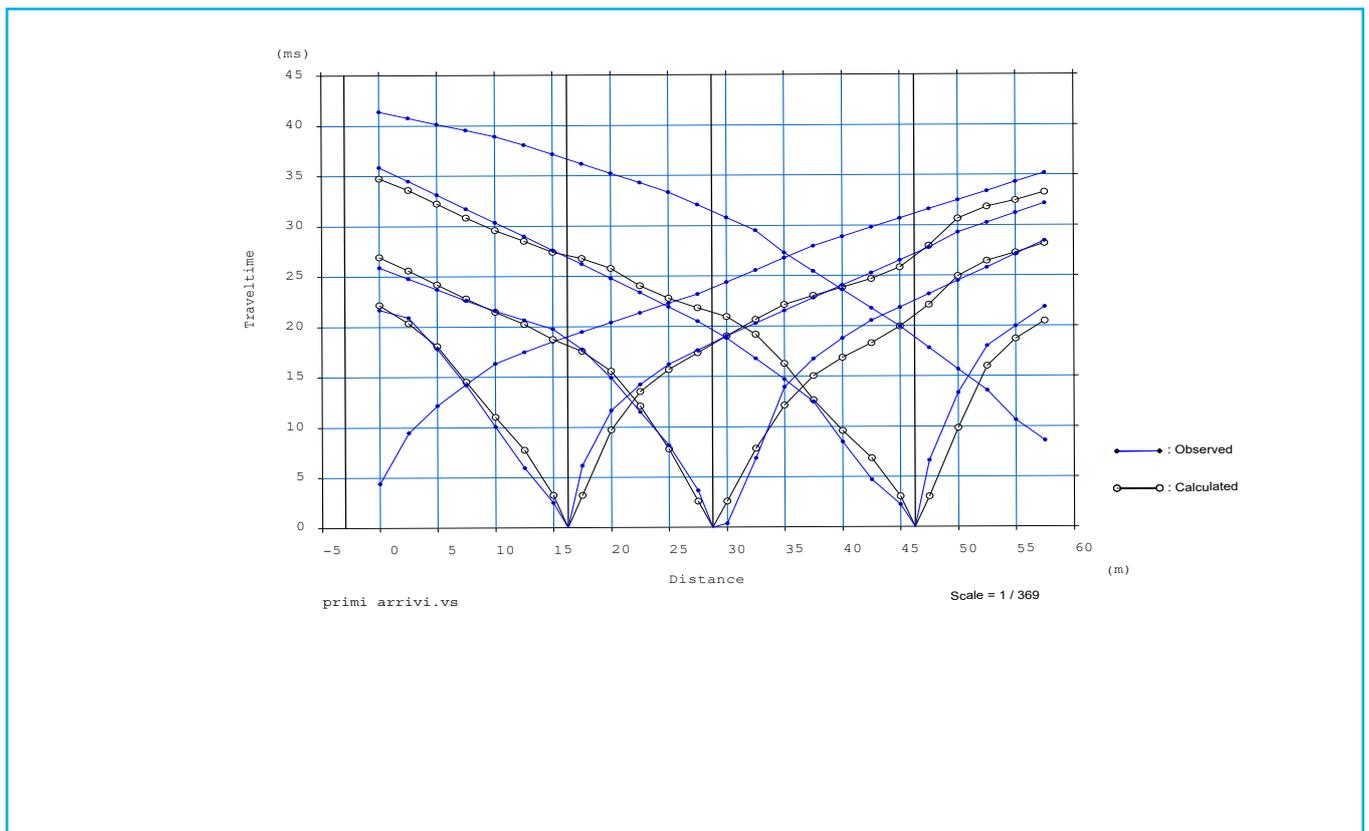
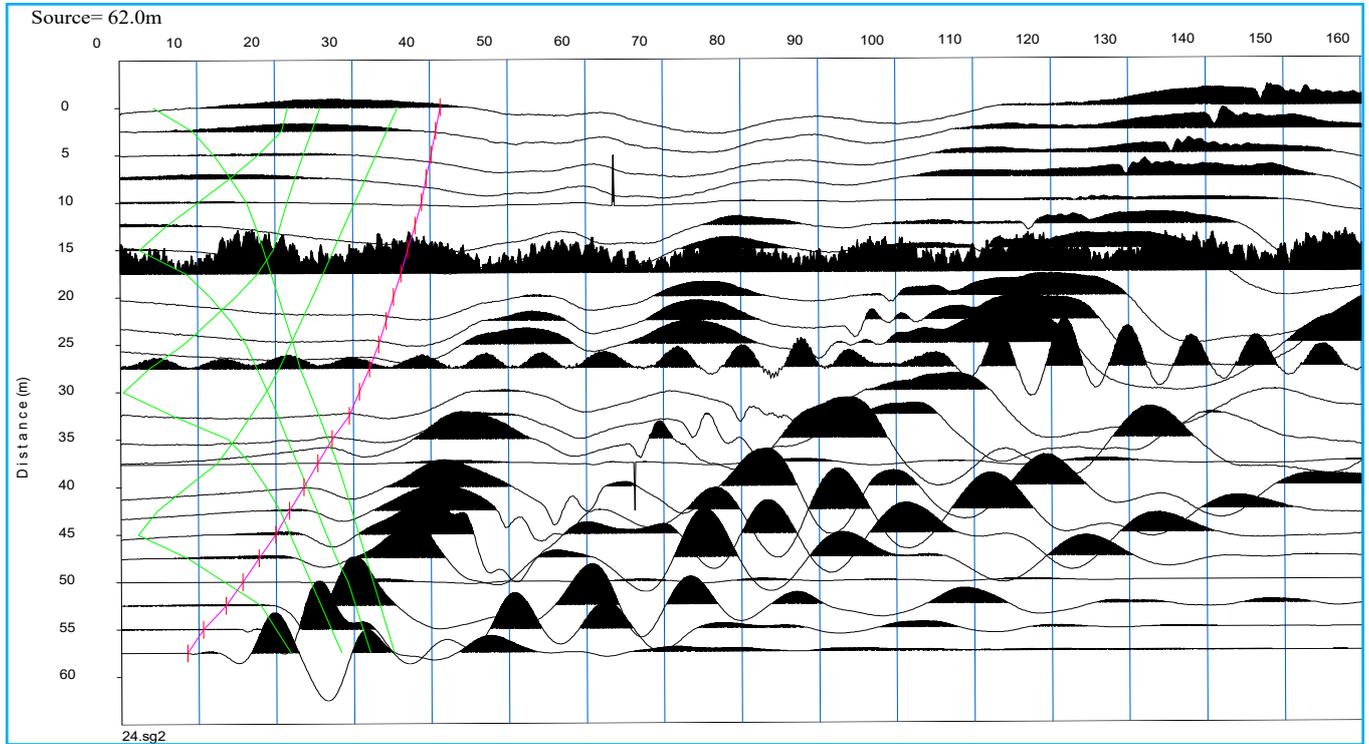
TOMOGRAFIA PRSE 867



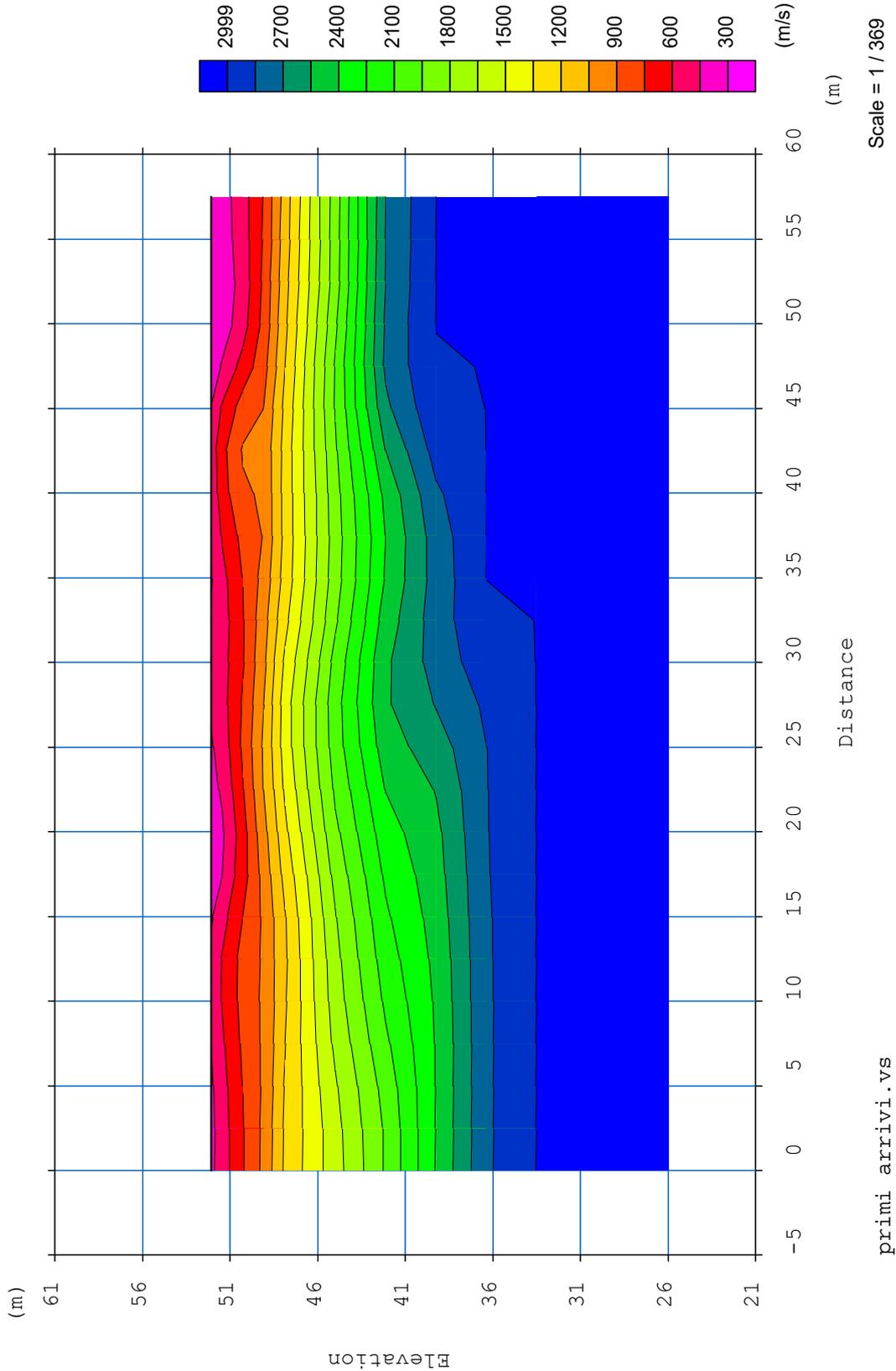
TOMOGRAFIA PRSE 867



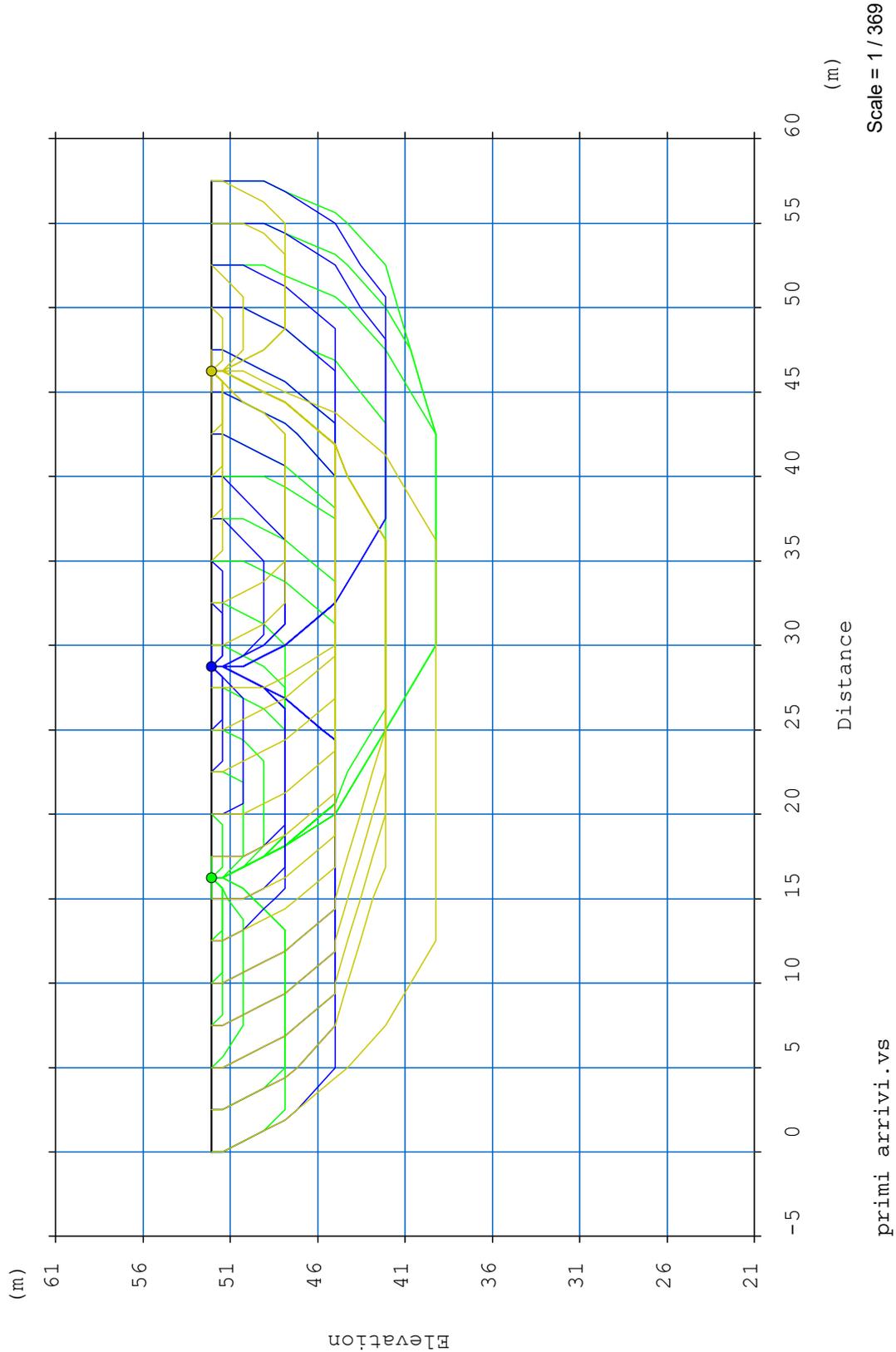
TOMOGRAFIA PRSE 867



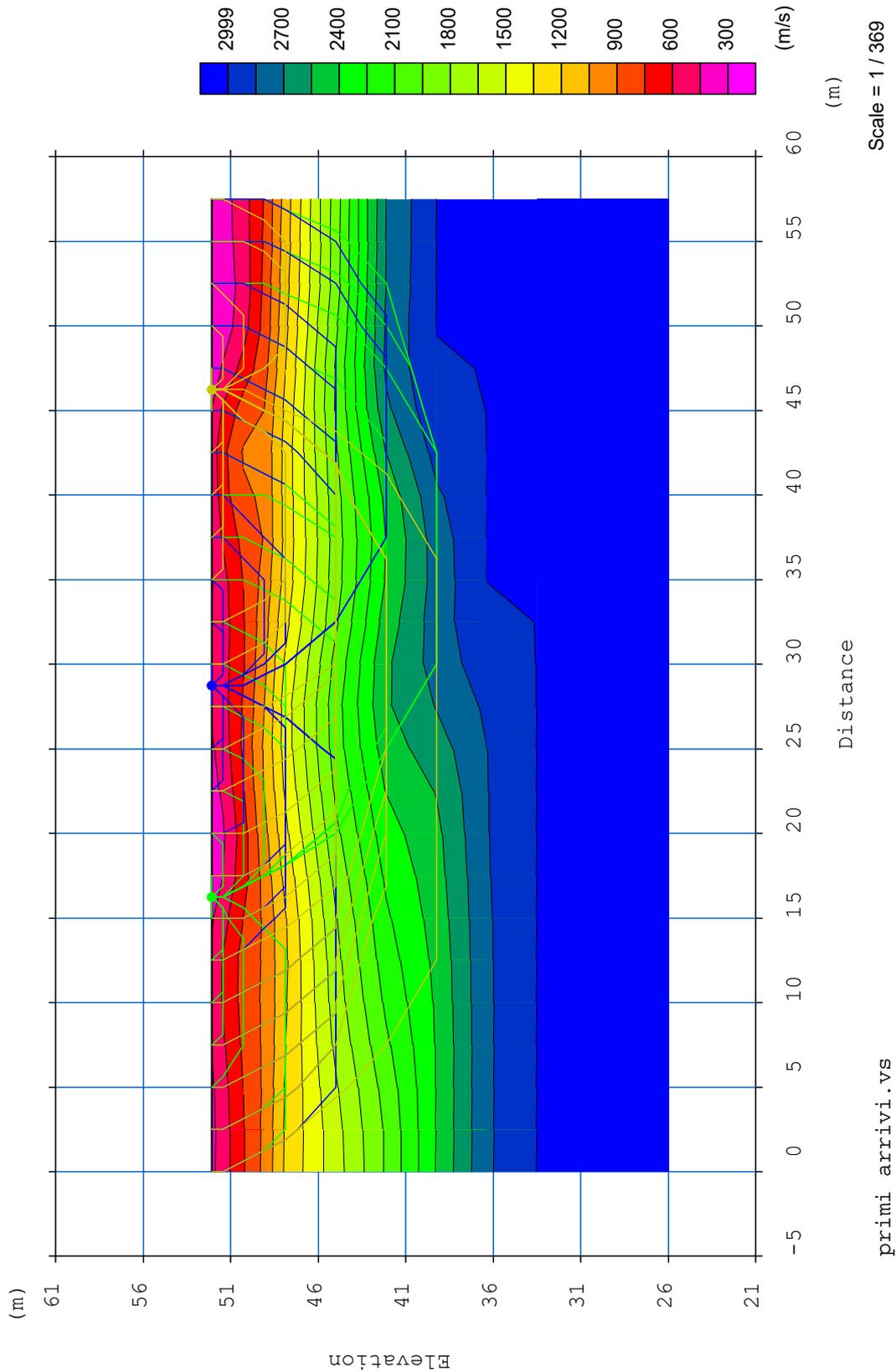
TOMOGRAFIA PRSE 867



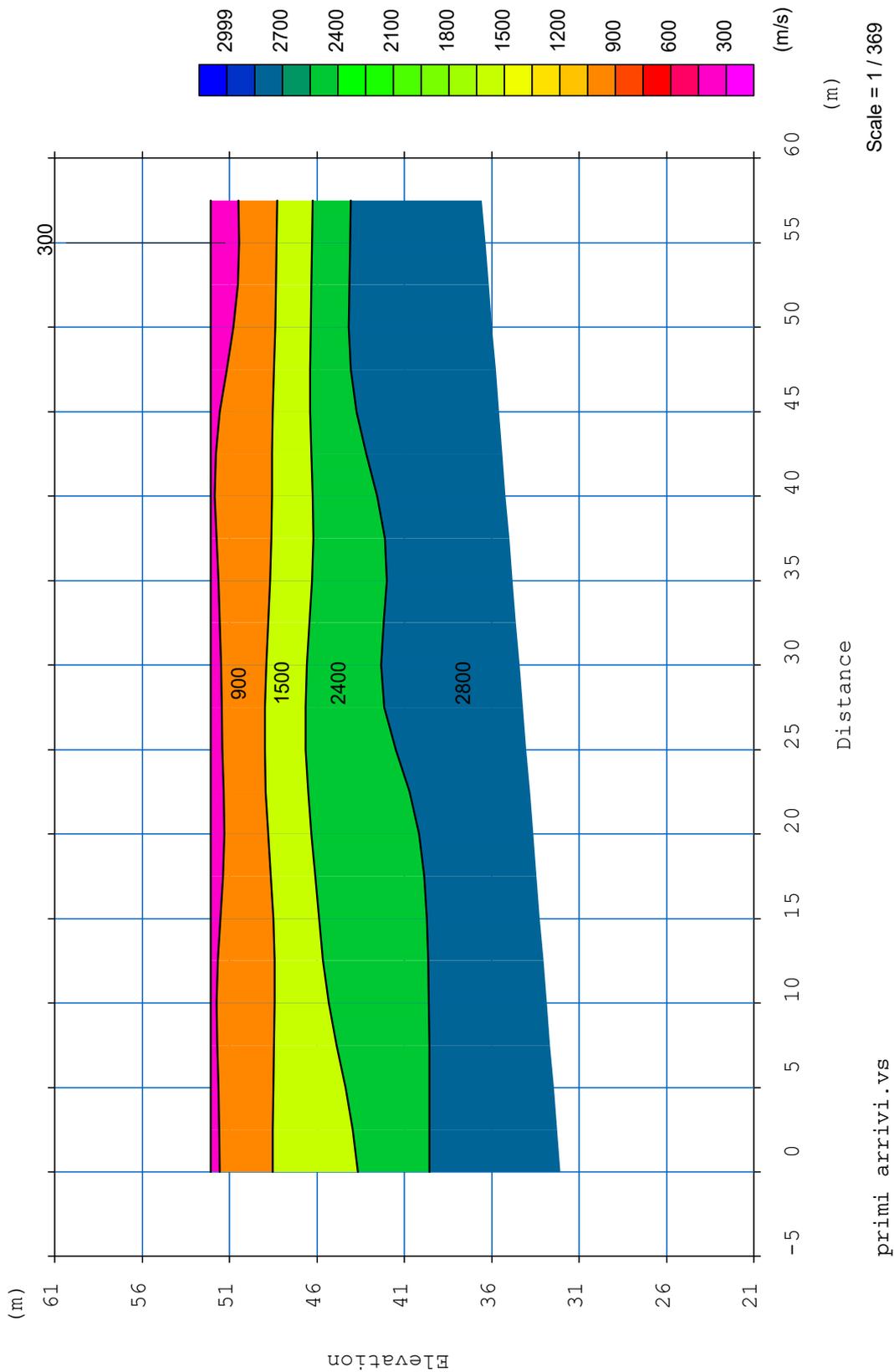
TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867



TOMOGRAFIA PRSE 867

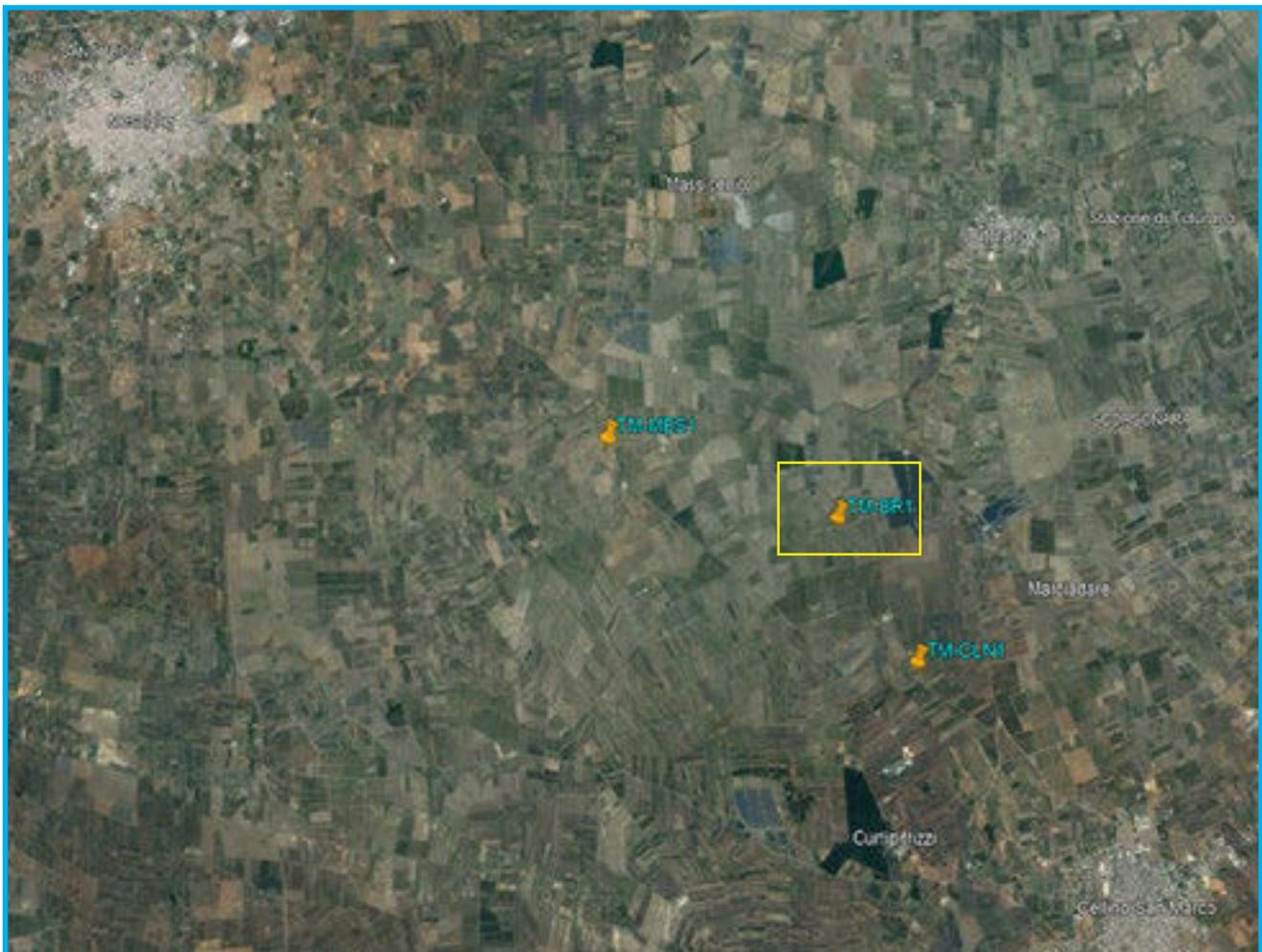


TOMOGRAFIA PRSE 867



PRSE 867 – MASW

**OGGETTO: PARCO EOLICO BRINDISI-CELLINO SAN
MARCO-MESAGNE**
COMMITTENZA: HOPE S.R.L.



PRSE 867 – MASW

MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi, ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- P-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- S-Trasversale: onda profonda di taglio;
- L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P e S), considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno e si comportano in modo indipendente, non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato, dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali; si osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità-frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = f \times l$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

PRSE 867 – MASW

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria,, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

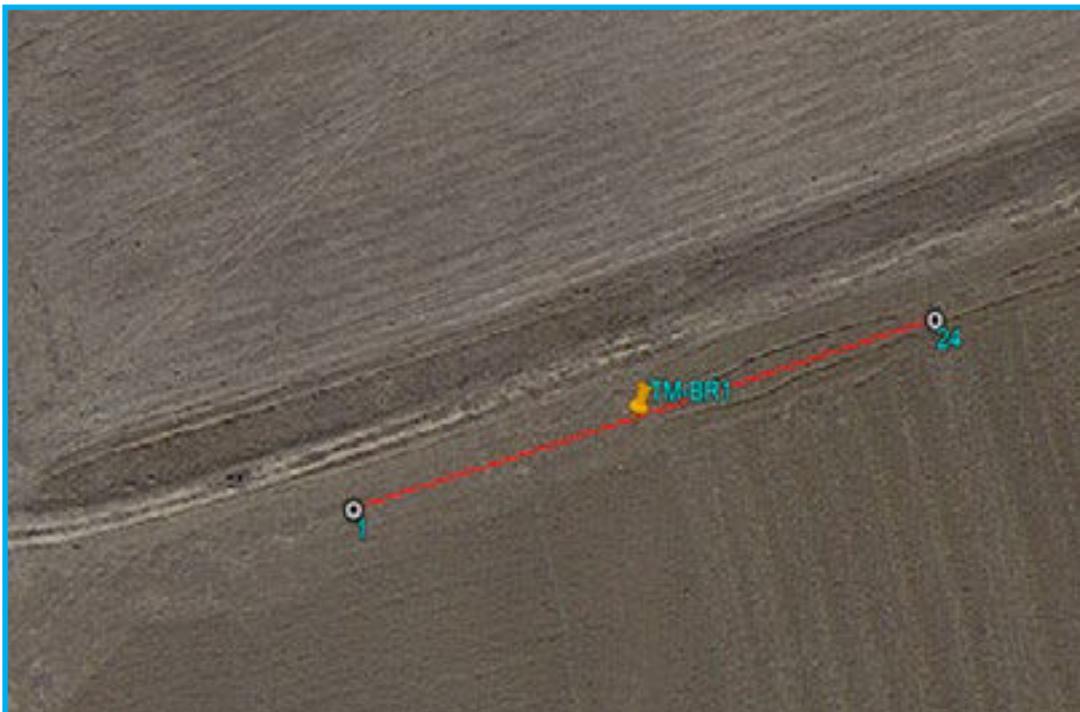
Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Id indagine	MASW-BR1
LOCALITA'	BRINDISI (BR)
DATA E ORA	17/11/23

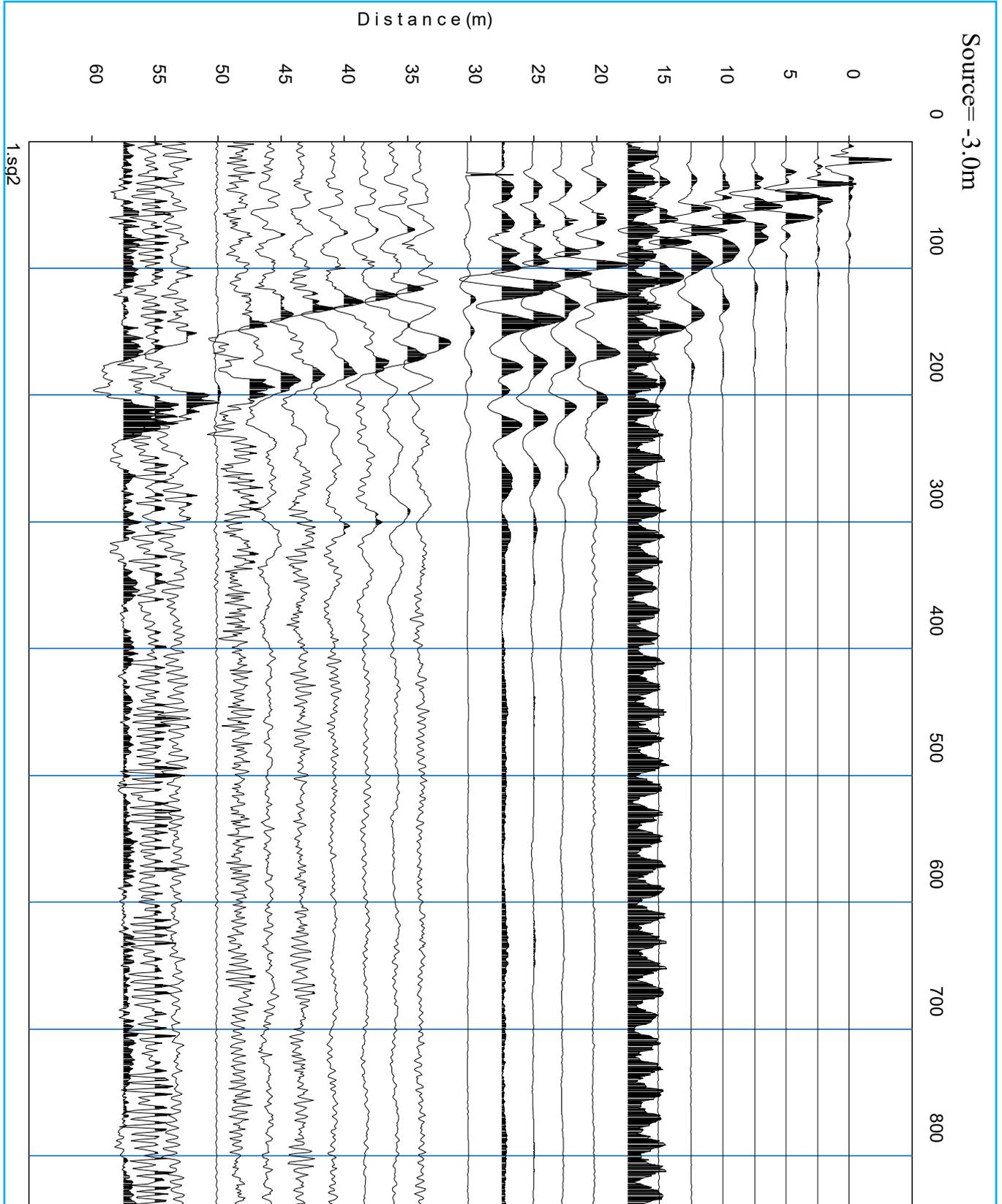
Distanza tra i geofoni 2.5 metri battuta -3m.

Coordinate WGS 84 :

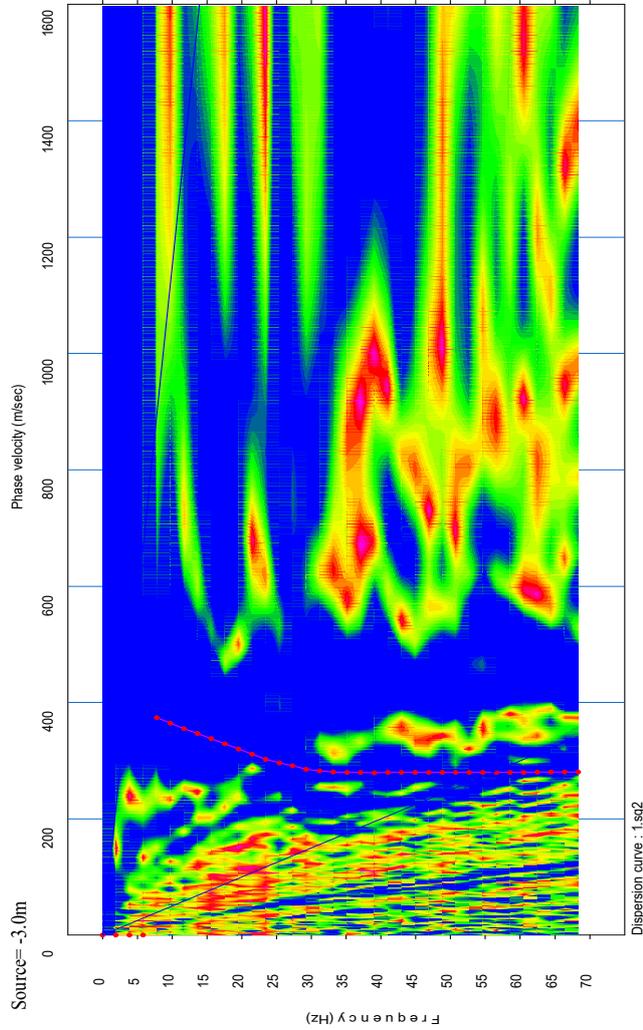
Geofono 1:	40°30.666 N- 17°55.198 E
Geofono 12-13:	40°30.671 N- 17°55.218 E
Geofono 24:	40°30.676 N- 17°55.239 E



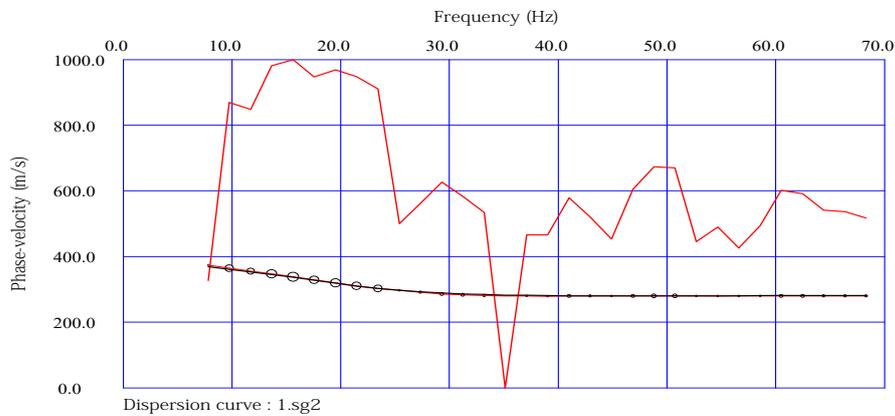
PRSE 867 - MASW



DRSE 867 - MASW

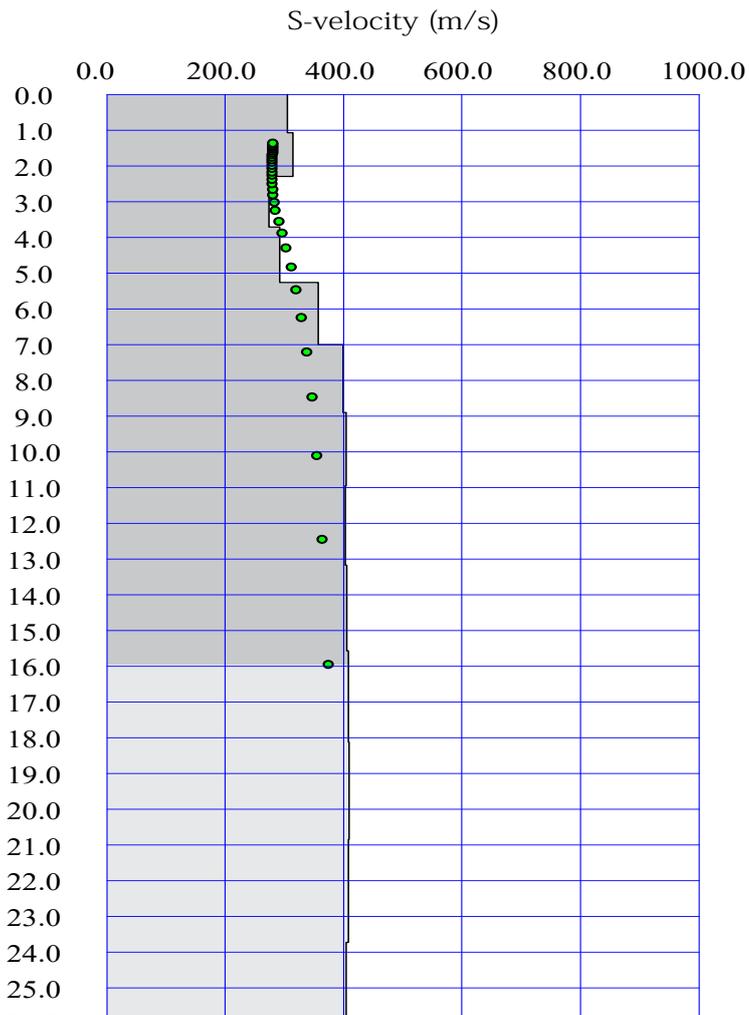


1D MASW analysis



PRSE 867 - MASW

1D MASW analysis



PRSE 867 - MASW

PRSE 867 - BR1

Depth [m]	Spessore [m]	S-velocity [m/s]	P-velocity (m/s)	Density [KN/m ³]	ν (-)	Vp/Vs (-)	G [Mpa]	Edin [Mpa]	
1	0.0	1.1	304.76	609.93	14.80	0.33	2.00	140	374
2	1.1	1.2	315.00	628.02	14.80	0.33	1.99	150	399
3	2.3	1.4	274.36	551.79	14.82	0.34	2.01	114	304
4	3.7	1.6	292.55	586.99	14.98	0.33	2.01	131	349
5	5.3	1.7	357.73	712.33	15.15	0.33	1.99	198	526
6	7.0	1.9	399.33	795.32	15.29	0.33	1.99	249	662
7	8.9	2.1	404.33	807.13	15.32	0.33	2.00	255	680
8	11.0	2.2	403.24	806.38	15.32	0.33	2.00	254	677
9	13.2	2.4	404.99	809.36	15.32	0.33	2.00	256	683
10	15.6	2.6	407.81	813.96	15.32	0.33	2.00	260	692
11	18.1	2.7	409.23	816.03	15.32	0.33	1.99	262	697
12	20.9	2.9	407.61	812.59	15.32	0.33	1.99	259	691
13	23.7	3.0	403.97	805.34	15.32	0.33	1.99	255	679
14	26.8	73.2	447.62	889.34	15.32	0.33	1.99	313	833
15	100.0	-100.0	447.62	889.34	18.53	0.33	1.99	379	1007

H = 7 m

Vs,eq : 598.4 (m/s)

Categoria suolo : **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 e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Legenda:

- v: Coefficiente di Poisson (-)
- Vp: Velocità delle onde longitudinali (m/s)
- Vs: Velocità delle onde di taglio (m/s)
- G: Modulo di rigidezza al taglio (Mpa)
- Ed: Modulo dinamico (Mpa)

PRSE 867 - MASW



UBICAZIONE POZZI ISPRA



POZZO ISPRA BR1

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 198606 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 102,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: 1991 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 5,000 Portata esercizio (l/s): 3,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,886239 Latitudine WGS84 (dd): 40,525119 Longitudine WGS84 (dms): 17° 53' 10.47" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 31' 30.43" N	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	70,00	70,00	300
2	70,00	102,00	32,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	70,00	78,00	8,00
2	88,00	93,00	5,00
3	97,00	100,00	3,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
giu/1991	68,30	69,10	0,80	5,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,70	0,70		TERRENO VEGETALE
2	0,70	18,00	17,30		TERRENO ARGILLOSO
3	18,00	45,00	27,00		ARGILLA E ROCCIA
4	45,00	70,00	25,00		ROCCIA CALCAREA COMPATTA
5	70,00	102,00	32,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE

POZZO ISPRA BR2

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 198495 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: BRINDISI Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 131,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: ND Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,894569 Latitudine WGS84 (dd): 40,504281 Longitudine WGS84 (dms): 17° 53' 40.45" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 15.41" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	131,00	131,00	300

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	69,00	69,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1988	68,75	69,05	0,30	8,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,35	0,35		TERRENO VEGETALE E MATERIALE TUFACEO
2	0,35	20,00	19,65		ALTERNANZA DI MATERIALE CALCAREO E MATERIALE ARGILLIFORME
3	20,00	35,00	15,00		STRATI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	35,00	55,00	20,00		FORMAZIONI CALCAREE FRATTURATE ASCIUTTE
5	55,00	69,00	14,00		FORMAZIONI CALCAREE FESSURATE CON PRESENZA DI FALDE ACQUIFERE
6	69,00	131,00	62,00		ROCCIA CALCAREA FERRUGINOSA CON CHIARI SEGNI DI PRESENZA DI ACQUA

POZZO ISPRA BR3

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 199399 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 80,00 Quota pc slm (m): 58,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 3,000 Portata esercizio (l/s): 2,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,942081 Latitudine WGS84 (dd): 40,506219 Longitudine WGS84 (dms): 17° 56' 31.50" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 22.40" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	80,00	80,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	57,00	60,00	3,00
2	66,00	68,00	2,00
3	74,00	79,00	5,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
nov/1995	57,90	58,15	0,25	3,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	9,00	9,00		TERRENO VEGETALE
2	9,00	15,00	6,00		ROCCIA TUFACEA MISTA AD ARGILLA
3	15,00	27,00	12,00		ROCCIA CALCAREA
4	27,00	35,00	8,00		ROCCIA BIANCA STRATIFICATA
5	35,00	80,00	45,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE

POZZO ISPRA BR4

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 202566 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: MESAGNE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 98,00 Quota pc slm (m): ND Anno realizzazione: ND Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): ND Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,871519 Latitudine WGS84 (dd): 40,510950 Longitudine WGS84 (dms): 17° 52' 17,48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 30' 39,43" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	98,00	98,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	73,00	74,00	1,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1989	74,00	74,15	0,15	6,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	26,00	26,00		TERRENO VEGETALE E MATERIALE TUFACEO
2	26,00	48,00	22,00		ALTERNANZA DI MATERIALE CALCAREO E MATERIALE ARGILLIFORME
3	48,00	59,00	11,00		STRATI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	59,00	72,00	13,00		FORMAZIONI CALCAREE FRATTURATE ASCIUTTE
5	72,00	74,00	2,00		FORMAZIONI CALCAREE FESSURATE CON PRESENZA DI FALDE ACQUIFERE
6	74,00	98,00	24,00		ROCCIA CALCAREA FERRUGINOSA MOLTO FESSURATA CON CHIARI SEGNI DI PRESENZA DI ACQUA

POZZO ISPRA BR5

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 199402 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 87,00 Quota pc slm (m): 61,00 Anno realizzazione: 2001 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 4,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 17,910411 Latitudine WGS84 (dd): 40,477061 Longitudine WGS84 (dms): 17° 54' 37.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 28' 37.43" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,00	51,00	350
2	51,00	87,00	36,00	270

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	61,00	87,00	26,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
ago/2001	61,00	61,00	0,00	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,80	0,80		TERRENO VEGETALE
2	0,80	8,00	7,20		SABBIE CALCARI
3	8,00	51,00	43,00		ARGILLE LIMOSE E SABBIE
4	51,00	57,00	6,00		CALCARENITE
5	57,00	70,00	13,00		CALCARE FESSURATO
6	70,00	87,00	17,00		CALCARE DOLOMIO FESSURATO CON PRESENZE D'ACQUA

POZZO ISPRA BR6

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 199397 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: CELLINO SAN MARCO Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 78,00 Quota pc slm (m): 65,00 Anno realizzazione: 2001 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 1,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,949019 Latitudine WGS84 (dd): 40,467331 Longitudine WGS84 (dms): 17° 56' 56.48" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 28' 02.40" N	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	51,00	51,00	320
2	51,00	78,00	27,00	270

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	65,00	78,00	13,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
dic/2001	62,00	62,00	0,00	4,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	0,80	0,80		TERRENO VEGETALE
2	0,80	51,00	50,20		SABBIE
3	51,00	56,00	5,00		DESCRIZIONE LITOLOGICA NON PRESENTE
4	56,00	62,00	6,00		ARGILLE
5	62,00	78,00	16,00		CALCARE FESSURATO DOLOMIO CON PRESENZE D'ACQUA

POZZO ISPRA BR7

Dati generali	Ubicazione indicativa dell'area d'indagine
Codice: 202560 Regione: PUGLIA Provincia: BRINDISI Comune: MESAGNE Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 90,00 Quota pc slm (m): 67,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 3,000 Portata esercizio (l/s): 2,000 Numero falde: 3 Numero filtri: 0 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): NO Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 17,863739 Latitudine WGS84 (dd): 40,532889 Longitudine WGS84 (dms): 17° 51' 49,47" E Latitudine WGS84 (dms): 40° 31' 58,41" N (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia	

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	90,00	90,00	220

FALDE ACQUIFERE

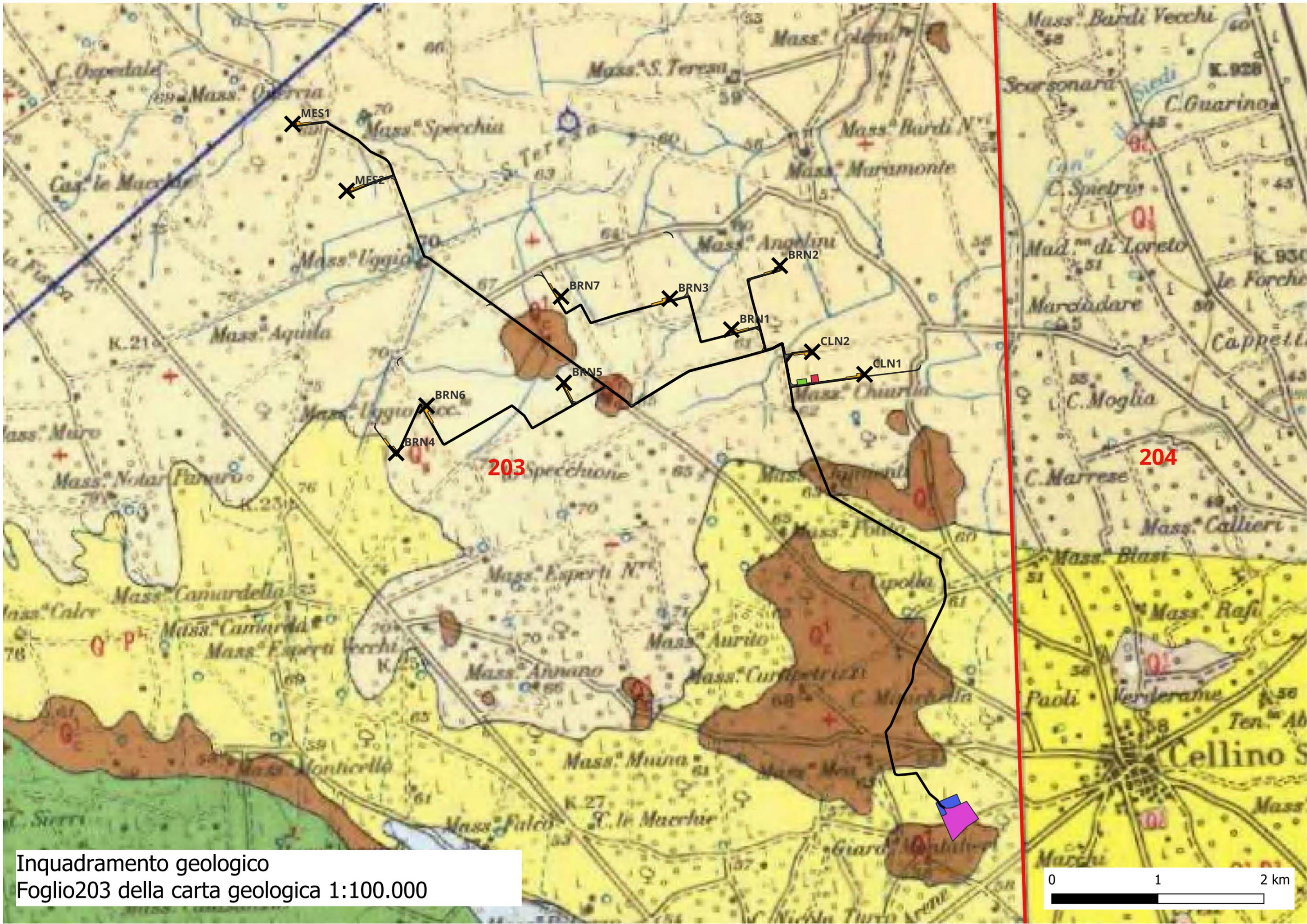
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	67,00	72,00	5,00
2	78,00	84,00	6,00
3	85,00	89,00	4,00

MISURE PIEZOMETRICHE

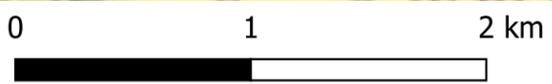
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
gen/1995	67,20	67,20	0,00	3,000

STRATIGRAFIA

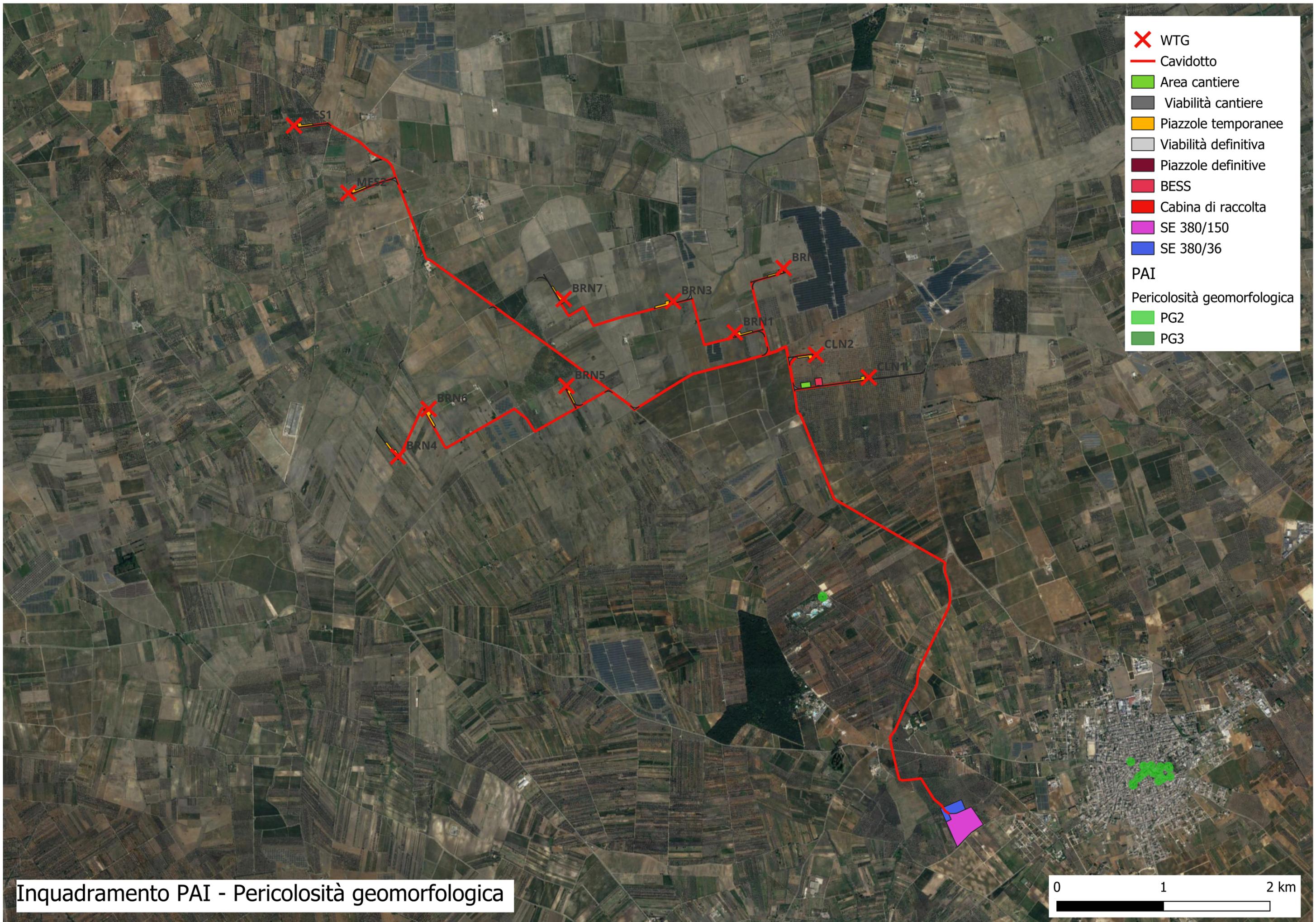
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	9,00	9,00		TERRENO VEGETALE
2	9,00	16,00	7,00		ROCCIA TUFACEA
3	16,00	30,00	14,00		BANCHI DI ROCCIA CALCAREA COMPATTA
4	30,00	55,00	25,00		ROCCIA BIANCA
5	55,00	90,00	35,00		ROCCIA FESSURATA CON FALDE ACQUIFERE



Inquadramento geologico
Foglio 203 della carta geologica 1:100.000

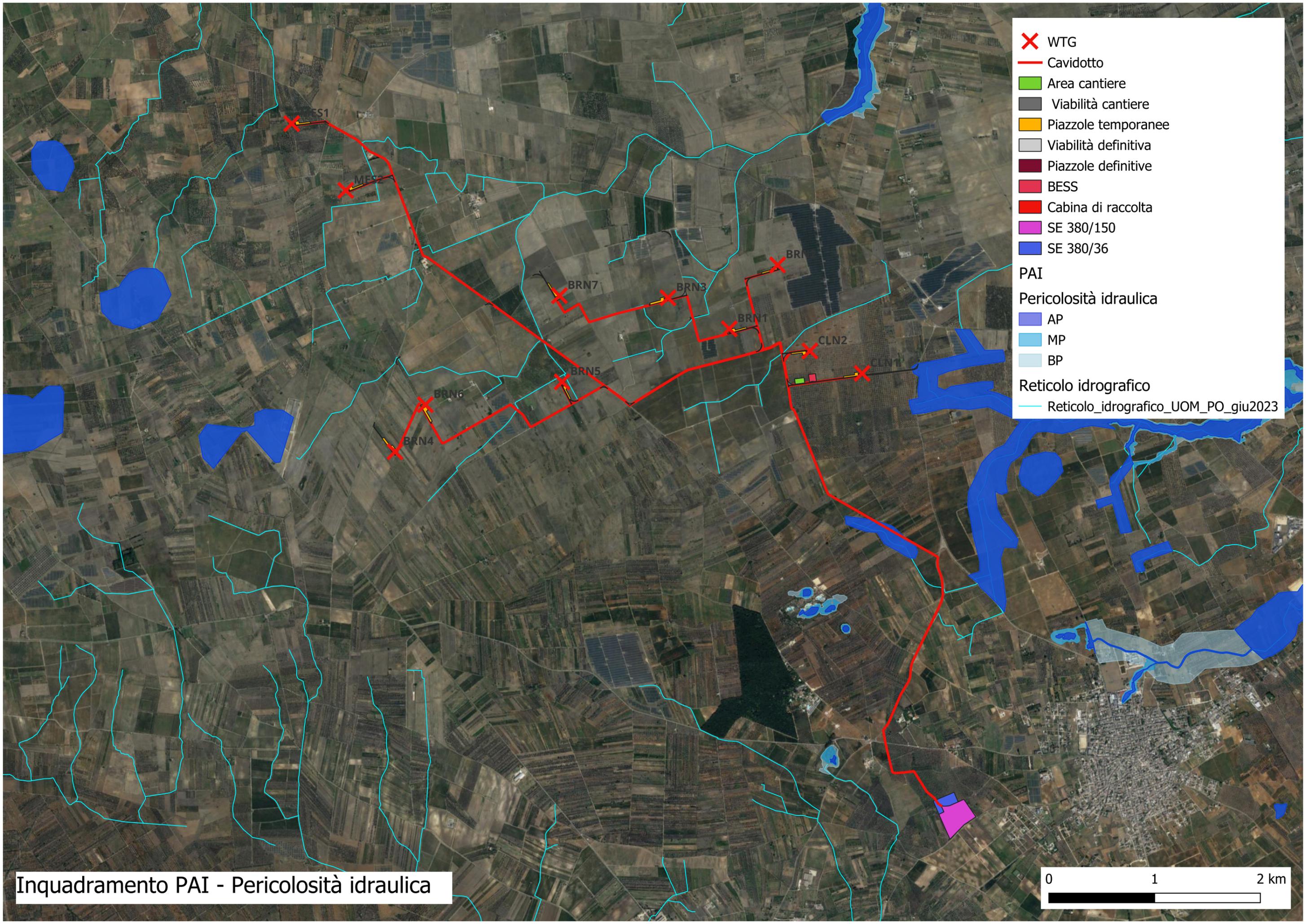


-  WTG
-  Cavidotto
-  Area cantiere
-  Viabilità cantiere
-  Piazzole temporanee
-  Viabilità definitiva
-  Piazzole definitive
-  BESS
-  Cabina di raccolta
-  SE 380/150
-  SE 380/36
- PAI
- Pericolosità geomorfologica
-  PG2
-  PG3



Inquadramento PAI - Pericolosità geomorfologica





- ✕ WTG
- Cavidotto
- Area cantiere
- Viabilità cantiere
- Piazzole temporanee
- Viabilità definitiva
- Piazzole definitive
- BESS
- Cabina di raccolta
- SE 380/150
- SE 380/36

PAI

Pericolosità idraulica

- AP
- MP
- BP

Reticolo idrografico

- Reticolo_idrografico_UOM_PO_giu2023

Inquadramento PAI - Pericolosità idraulica

