

IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA
RETE 36 kV DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE
"ZECCA" AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A
10,475 MW
UBICATO IN COMUNE DI BRINDISI
PROCEDURA AUTORIZZATIVA

STUDIO DI FATTIBILITA' AMPLIAMENTO BRINDISI
PIGNICELLE CP 202100162
RELAZIONE GEOLOGICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO								
Livello prog.	Codice rintracciabilità	Tipo docum.	N°elaborato	N° foglio	Tot. fogli	NOME FILE	DATA	SCALA
Studio di fattibilità	202100162	Elaborato	-	1	55		Dicembre 2023	
REVISIONI								
REV.	DATA	DESCRIZIONE				ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	DIC 23	STUDIO DI FATTIBILITA' AMPLIAMENTO S.E. BR PIGNICELLE				Dott. Geol. Giovanni Paolo Mega		
01	LUG 25							
02	DIC 25							
03	GEN 26							

PROGETTAZIONE

GESTORE RETE ELETTRICA

RICHIEDENTE

SCS 08 SRL
Via G. Antonelli 3 - Monopoli



INDICE

1	PREMESSA.....	2
1.1	Riferimenti normativi e bibliografici	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO	4
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
3.1	Aspetti stratigrafici e litologici	7
4	IDROGEOLOGIA	10
5	COMPATIBILITÀ IDROLOGICA E IDRAULICA	14
6	COMPATIBILITÀ CON IL P.T.A. - R.D. 3267/1923 - P.G.R.A.....	18
7	INDAGINI GEOFISICHE.....	22
7.1	Indagini sismiche a rifrazione	22
7.1.1	Indagine M.A.S.W.	26
7.1.2	Hardware e Software.....	28
8	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO.....	29
8.1	Area nuovo satellite Brindisi Pignicelle.....	33
8.2	Raccordi arei e futuri sostegni	34
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	37
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	40

ALLEGATO 1 - *Carta Geolitologica*

ALLEGATO 2 - *Indagini sismiche a rifrazione & MASW*

1 PREMESSA

La SCS Innovations S.r.l. con sede in Monopoli (BA) alla via G. G. Antonelli n. 3, ha affidato allo scrivente Geologo dott. Giovanni Paolo Mega, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 818 con studio in Leverano (LE) alla via Fontana, n. 29, l'incarico di effettuare uno studio geologico sui terreni ubicati nel territorio Comunale di Brindisi (BR) interessati dalla realizzazione di un "Satellite" in configurazione di nodo collettore di potenza consistente in una Stazione Elettrica di Trasformazione a tre livelli di tensione 380/150/36 kV, quale "Ampliamento" della S.E. esistente 380/150 kV "Brindisi Pignicelle" e dai relativi raccordi aerei.

Lo scopo della seguente, redatta in ottemperanza al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", DECRETO 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» all'OPCM n.3431 del 3 Maggio 2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'OPCM 3274 del 20/03/2003", e successive modifiche e integrazioni, è quello di definire la caratterizzazione e la modellazione geologica e la definizione di parametri geotecnici. Per definire le caratteristiche del sito interessato, con particolare riguardo all'assetto geologico, ai problemi geotecnici e sismici, si è proceduto a effettuare:

- *Raccolta dei dati di bibliografia;*
- *Rilevamento geologico di dettaglio dell'area e delle zone limitrofe;*
- *Esecuzione di una campagna di indagini geofisiche che ha previsto le seguenti attività:*
 - *n° 2 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.*

Nella presente si formulano alcune considerazioni finali utili alla comprensione del contesto geologico in cui si inserirà il progetto, alla definizione delle caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso e alle tipologie fondazionali più idonee per trasmettere al substrato roccioso i carichi delle strutture. Inoltre si è proceduto alla caratterizzazione sismica del sito in base a quanto prescritto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" – **NTC 2018**.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Regione Puglia – Piano Paesaggistico Territoriale Regionale per il paesaggio (PPTR) - Norme Tecniche di Attuazione;
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia - Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”;
- “Note illustrative della Carta Geologica D’Italia, scala 1:100000, Foglio 203 “Brindisi”;
- Ciaranfi N. et al (1983) - “Carta Neotettonica dell’Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari;
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana;
- Decreto Ministero LL.PP.11/03/88 “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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006)
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b “Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”;
- “Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 8);
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4....”.

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area d'impianto è ubicata in agro di Brindisi su un terreno identificato in NCT del Comune di Brindisi alle particelle 313, 316, 317, 318, 319 (parte), 323 del Foglio n. 107. Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica media di circa 37,00 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze $0,5 + 1,5$ % molto lievi e poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).



Fig.1 - Localizzazione area d'interesse

La morfologia dell'area brindisina è caratterizzata dalle cosiddette “serre”, nonché dorsali, alture ed altipiani, che raramente si alzano più di qualche decina di metri sopra le aree circostanti, le quali coincidono con alti strutturali con affioranti le formazioni più antiche, cretatiche o mioceniche. Le alture sono delimitate da scarpate che hanno generalmente inclinazione non superiore a 20° e spesso inferiore a 10°, con direzione complessiva NO-SE, ma con frequente sinuosità di ampiezza variabile.

In generale si segnala una corrispondenza generale tra morfologia del terreno ed il relativo andamento strutturale: le antiche linee di costa si conservano sotto forma di scarpate, le anticlinali rappresentano le zone sopraelevate, mentre le sinclinali costituiscono le zone più depresse. Lo schema strutturale-stratigrafico descritto trova rappresentazione nella seguente figura, tratta dalle Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Fogli 203, 204, 213 Brindisi – Lecce – Maruggio, rappresentante l'assetto strutturale tipico dell'area.

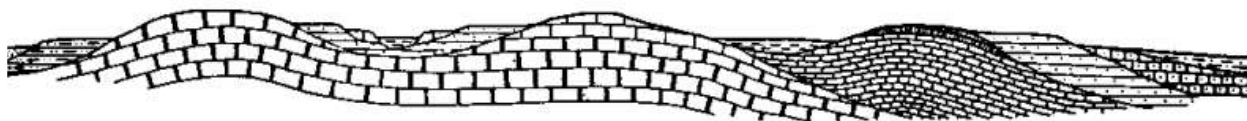


Fig. 2 – Schema indicativo dei rapporti stratigrafici (D. Rossi)

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia (Fig. 3).

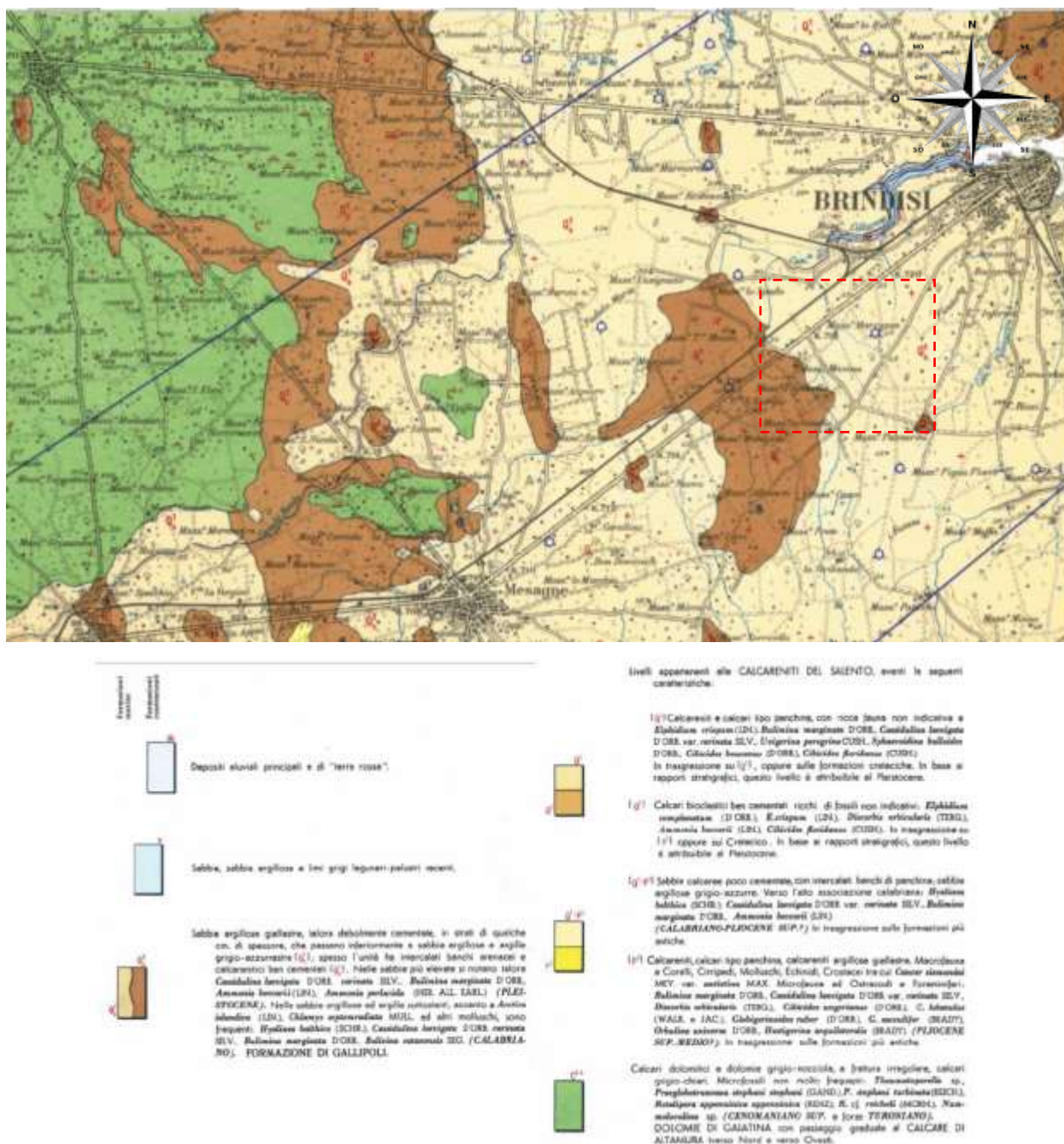


Fig. 3 - Stralcio Carta Geologica d'Italia - Foglio 203 "Brindisi" (Scala 1:100.000)



Fig. 4 - Stralcio Carta geolitologica (Allegato 1)

Legenda

 Area di impianto	● P.5	— Linea 150 in sottopasso
● P. 2A	● P.6	— Raccordo Est
● P. 2B	— 150 VILLA CASTELLI	— Raccordo Ovest
● P. 3A	— 380 BRINDISI SUD 1	Litologia
● P.1	— 380 BRINDISI SUD 2	 Sabbie argillose
● P.2	— 380 TARANTO N	 Sabbie argillose con intercalati banchi arenacei e calcarenitici
● P.3	— BARI OVEST	
● P.4A	— Interrato AT Restinco	

3.1 ASPETTI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La Piana di Brindisi corrisponde ad una vasta depressione strutturale, affacciatesi sulla costa adriatica, costituitasi a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico, che dagli affioramenti di Francavilla Fontana si spinge sino al litorale adriatico ed oltre, laddove, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati.

Nella piana di Brindisi sono presenti in affioramento ed in sequenza stratigrafica sul basamento mesozoico, localmente ascrivibile alla Formazione del Calcare di Altamura (Cretacico sup.) e al Calcare di Caranna (Cretacico sup.), la Calcarenite di Gravina (Pliocene

sup.-Pleistocene inf.), le Argille subappennine (Pleistocene inf.), i Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio-superiore) e i Depositi recenti ed attuali (alluvionali e costieri).

Il substrato carbonatico è rappresentato quasi esclusivamente dalla Formazione del Calcarea di Altamura, mentre il Calcarea di Caranna affiora in un'area limitata di pochi km². Il Calcarea di Altamura è costituito prevalentemente da calcari micritici bianchi a grana fine e media, ben litificati e stratificati, con ricorrenti strutture biogeniche (stromatoliti e bancate biostromali a rudiste). Si alternano dolomie grigio-nerastre, organizzate in strati e banchi. L'assetto è generalmente tabulare, con strati debolmente immergenti verso SSE e SE. Il Calcarea di Caranna è invece costituito da calcareniti e calciruditi bioclastiche in facies di scarpata.

In trasgressione sulle rocce carbonatiche mesozoiche affiorano i depositi calcarenitici e calciruditici bioclastici di ambiente litorale, ascrivibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina, (Pleistocene inf.), che raggiungerebbe spessori massimi intorno ai 30 m (MARGIOTTA *et alii*, 2010). In continuità di sedimentazione su quest'ultima formazione poggiano le Argille subappennine, essenzialmente riscontrate in profondità, rappresentate da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose. Nella Piana di Brindisi le Argille subappennine presentano spessori alquanto variabili (fig. 16.2), che aumentano procedendo sia da Ovest verso Est che da Sud verso Nord. Lungo la costa, ad esempio, lo spessore passa da circa 20 m a 45 m, muovendosi dall'area di Cerano fino al Porto di Brindisi. Secondo quanto riportato in MARGIOTTA *et alii*, (2008, 2010), sulla formazione argillosa pleistocenica, mediante un contatto erosivo, sarebbero deposte le Sabbie di Brindisi; esse costituiscono un'unità informale istituita dai suddetti autori, affiorante lungo la falesia di Cerano, di età Pleistocene inferiore-medio, in base alla sua posizione stratigrafica. Questa unità, in media spessa 13-14 m, è costituita da sabbie fini, di colore variabile dal giallo al grigio muovendosi verso l'alto stratigrafico, con abbondanti concrezioni diagenetiche nella porzione superiore dell'unità.

I Depositi marini terrazzati, di età Pleistocene medio-superiore, affiorano estesamente nella Piana di Brindisi con spessori variabili da qualche decimetro fino a circa 20 m (CIARANFI *et alii*, 1988; MARGIOTTA *et alii*, 2010) e riferibili a diversi e brevi cicli sedimentari trasgressivoregressivi (Supersintemi marini; cap. 1). Infatti, secondo quanto esaminato da Mastronuzzi *et alii* (2011), nel corso del Pleistocene medio, nella Piana di Brindisi, si accumulavano, intercalati a fasi di emersione, depositi marini sabbioso argillosi più spessi di quelli affioranti nelle zone murgiane limitrofe. A partire dal Pleistocene superiore, l'area in esame fu caratterizzata da stabilità o, localmente, da relativa blanda subsidenza. Nella Piana di Brindisi i Depositi marini terrazzati sono costituiti da biocalcareni grossolane giallastre con

intervalli sabbiosi o di calcari organogeni. I depositi terrazzati più antichi contengono vulcanoclasti provenienti dalle prime fasi eruttive del M. Vulture, mentre quelli più recenti sono caratterizzati dalla presenza di un'associazione faunistica *senegalensis* che, insieme alle datazioni u/Th eseguite su esemplari di *Cladocora caespitosa*, hanno permesso, anche grazie a datazioni assolute, di attribuirli allo stadio isotopico 5 (SHACKLETON & OPDYKE, 1973; MASTRONUZZI & SANSÒ, 2002; MASTRONUZZI *et alii*, 2011).

In sintesi, le formazioni affioranti all'interno della provincia di Brindisi, facendo riferimento alle "Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento" di Ciaranfi *et alii* (1992), procedendo dal basso verso l'alto, sono distinti in due macro gruppi: Depositi Marini, più antichi e Depositi Continentali, più recenti, così suddivisi:

➤ **DEPOSITI MARINI**

- **Calcari d'Altamura (Cretaceo sup.)**
- **Calcareniti di Gravina (Pliocene sup. – Pleistocene inf.)**
- **Argille subappenniniche (Pleistocene inf.)**
- **Depositi marini terrazzati (Pleistocene medio – sup.)**

➤ **DEPOSITI CONTINENTALI**

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

In particolare, nell'area in esame, gli affioramenti sono costituiti esclusivamente da Depositi Marini Terrazzati (Q_{1s} e Q_{1c}) (formazione di Gallipoli), come indicato nella Carta Geologica d'Italia F° 203 – Brindisi (Fig.3).

4 IDROGEOLOGIA

L'assetto geologico-strutturale della Piana di Brindisi determina la geometria e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, influenzando sia sulle modalità di circolazione e di efflusso a mare, sia sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee.

La fitta rete di fessure e cavità che interessa l'ammasso carbonatico cretaceo, fa sì che al suo interno possa aversi circolazione idrica. Tale falda viene alimentata tramite le infiltrazioni dalla superficie di acque piovane e trova il suo naturale equilibrio attraverso gli sversamenti che avvengono in corrispondenza della linea di costa, dove le acque arrivano in virtù di un gradiente idraulico diretto dalle zone interne verso la costa.

Il livello di base su cui tale circolazione si esplica, è rappresentato dalla superficie delle acque marine di invasione continentale sulle quali l'acqua dolce di falda galleggia grazie alla sua minore densità. I rapporti tra i due tipi di acque sono regolati dalla legge di Ghyben-Herzberg; essa lega lo spessore della parte dolce di acquifero al carico piezometrico; in forma semplificata ma più che sufficientemente approssimata si ha:

$$h = 40 * t$$

dove **h** è lo spessore e **t** il carico piezometrico.

La separazione tra le acque dolci e quelle marine, non è netta, ma avviene attraverso una zona di transizione in cui la salinità dell'acqua dolce aumenta gradualmente sino a raggiungere valori tipici dell'acqua marina. Normalmente si ritiene che la parte dolce di un acquifero abbia uno spessore espresso dalla seguente relazione:

$$h = 30 * t$$

Nell'area direttamente interessata il carico piezometrico è circa 1,5 metri s.l.m.m. (Fig. 6 dal PTA). La falda profonda è presente alla profondità di circa 36,00 metri dal piano campagna e si esclude, pertanto, qualsiasi interferenza con le opere in progetto.

È quindi possibile distinguere un acquifero profondo avente sede, come già detto in precedenza, nell'ammasso carbonatico fessurato e carsificato e sostenuto alla base dall'acqua marina di invasione continentale; segue quindi al tetto un acquifero superficiale, avente sede nella formazione sabbiosocalcarenitica del Pleistocene medio-superiore (Depositi marini terrazzati) e sostenuto alla base dalla Formazione delle Argille subappennine. Va evidenziato che in alcune aree, come ad esempio in prossimità di Cerano (COTECCHIA, 1985), la formazione plio-pleistocenica (Calcareniti di Gravina) a diretto contatto con i calcari del cretaceo, concorre a formare l'acquifero della falda profonda. Detta circostanza si verifica allorché la formazione sabbioso-calcarenitica presenta una permeabilità per porosità, fratturazione e carsismo, non trascurabile. L'unica risorsa idrica disponibile di rilievo della Piana di Brindisi e quindi presente

nell'acquifero profondo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono state indagate già a partire dagli anni '50 del secolo scorso (COTECCHIA *et alii*, 1957; ZORZI & REINA, 1957; ZORZI, 1961).

Falda superficiale e falda profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dal banco di Argille subappennine, considerabile ai fini idrogeologici praticamente impermeabile. L'acquifero superficiale presenta in genere modeste potenzialità idriche, sicché le portate da esso emungibili con i pozzi sono modeste.

Anche se di modesta potenza, la falda superficiale è da ritenersi continua e con caratteri idrogeologici costanti nelle linee generali.

L'alimentazione avviene esclusivamente a mezzo delle precipitazioni meteoriche ed è perciò soggetta a rilevanti oscillazioni stagionali, rinvenendosi a profondità anche inferiori al metro durante e subito dopo i periodi più piovosi e di 2-3 m nei periodi più secchi.

Tale falda costituiva in passato una importante fonte di approvvigionamento idrico, ma attualmente risulta praticamente inutilizzabile per l'alto grado di inquinamento conseguente alla sua elevata vulnerabilità. Essa comunque è in grado di fornire portate molto modeste dati lo scarso spessore e la bassa permeabilità delle sabbie.

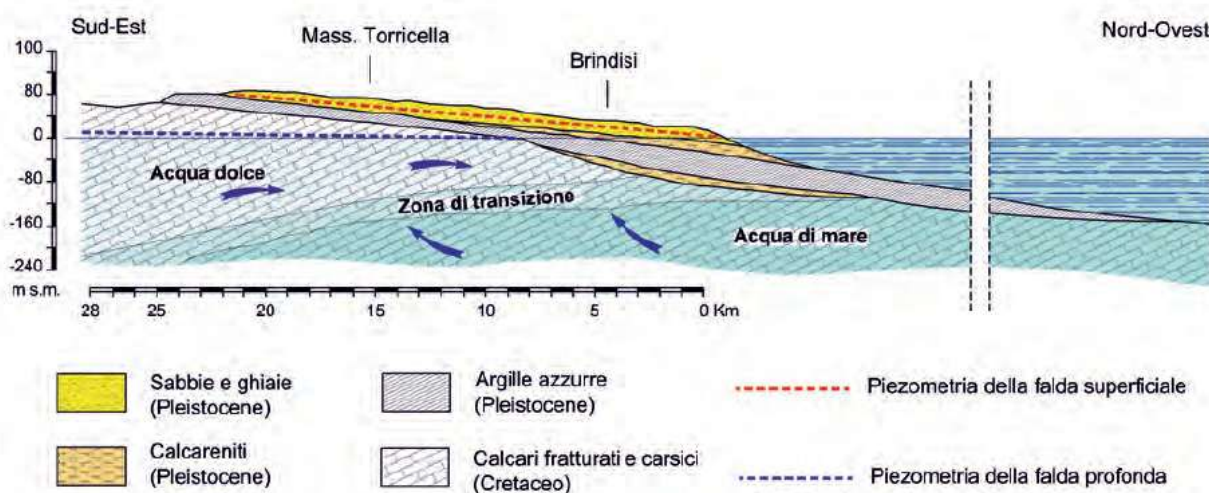


Fig. 5 – Sez. idrogeologica schematica della Piana di Brindisi perpendicolare al litorale adriatico

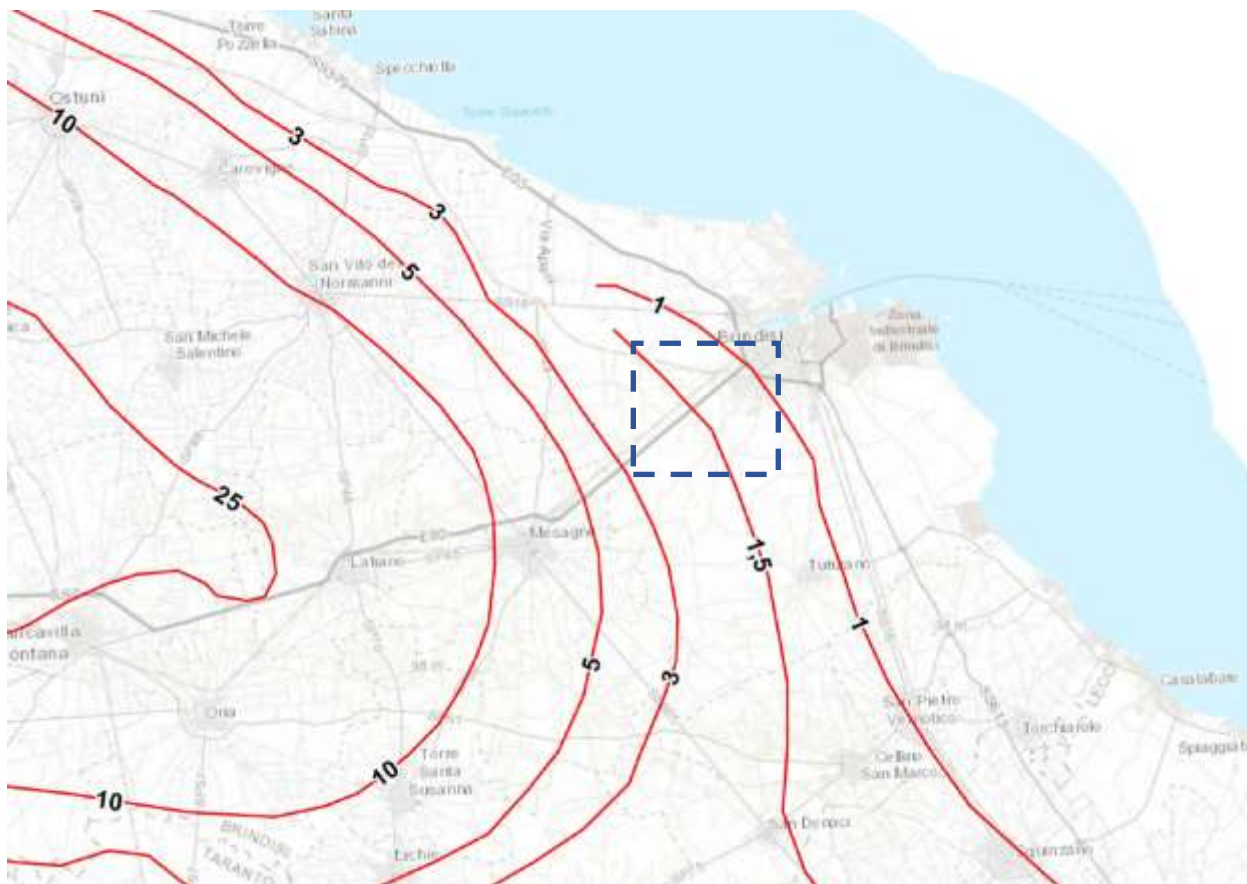


Fig. 6 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi (Elaborato C05 del P.T.A.)

Legenda

Isopieziche medie (m s.l.m.)

(presunte se tratteggiate)

- Isopiezica media (m s.l.m.) - Gargano
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Tavoliere
- Isopiezica media (m s.l.m.) - Murgia e Salento

IMPIANTO DI RETE PER LA CONNESSIONE ALLA RETE 36 kV DELL'IMPIANTO DI PRODUZIONE "ZECCA" AVENTE POTENZA IN IMMISSIONE PARI A 10,475 MW UBICATO IN COMUNE DI BRINDISI
STUDIO DI FATTIBILITA' AMPLIAMENTO BRINDISI PIGNICELLE CP 202100162

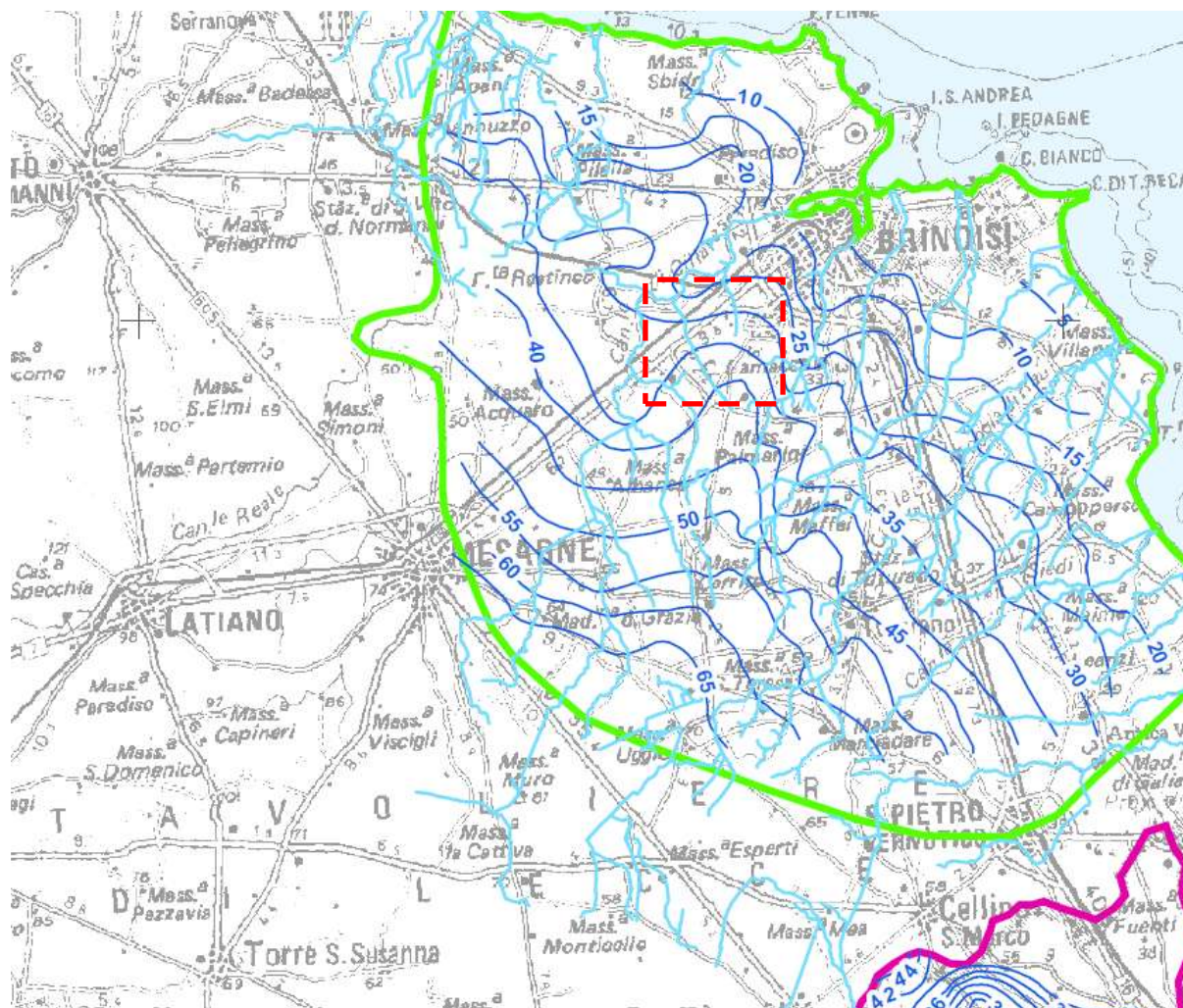


Fig. 7 - Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi porosi del Brindisino, Tarantino e Salento (Tav. 6.3.2 del P.T.A.)

5 COMPATIBILITÀ IDROLOGICA E IDRAULICA

L'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, individua nel territorio regionale le seguenti aree (Fig. 8):

Aree a pericolosità da frana:

- PG3 aree a pericolosità da frana molto elevata
- PG2 aree a pericolosità da frana elevata
- PG1 aree a pericolosità da frana media e moderata

Aree a pericolosità idraulica:

- AP aree ad alta probabilità di inondazione
- MP aree a moderata probabilità di inondazione
- BP aree a bassa probabilità di inondazione

Aree a rischio:

- R4 aree a rischio molto elevato
- R3 aree a rischio elevato
- R2 aree a rischio medio
- R1 aree a rischio moderato



Fig. 8 – Stralcio P.A.I.

Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG3)

- elevata (PG2)

Peric. Idraulica AP

Peric. Idraulica MP

Peric. Idraulica BP

La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1:25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione del rilievo terrestre, con particolare riferimento a quelli relativi agli assetti morfologici ed idrografici dello stesso territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali o indotti dall'uomo (Fig. 9a).

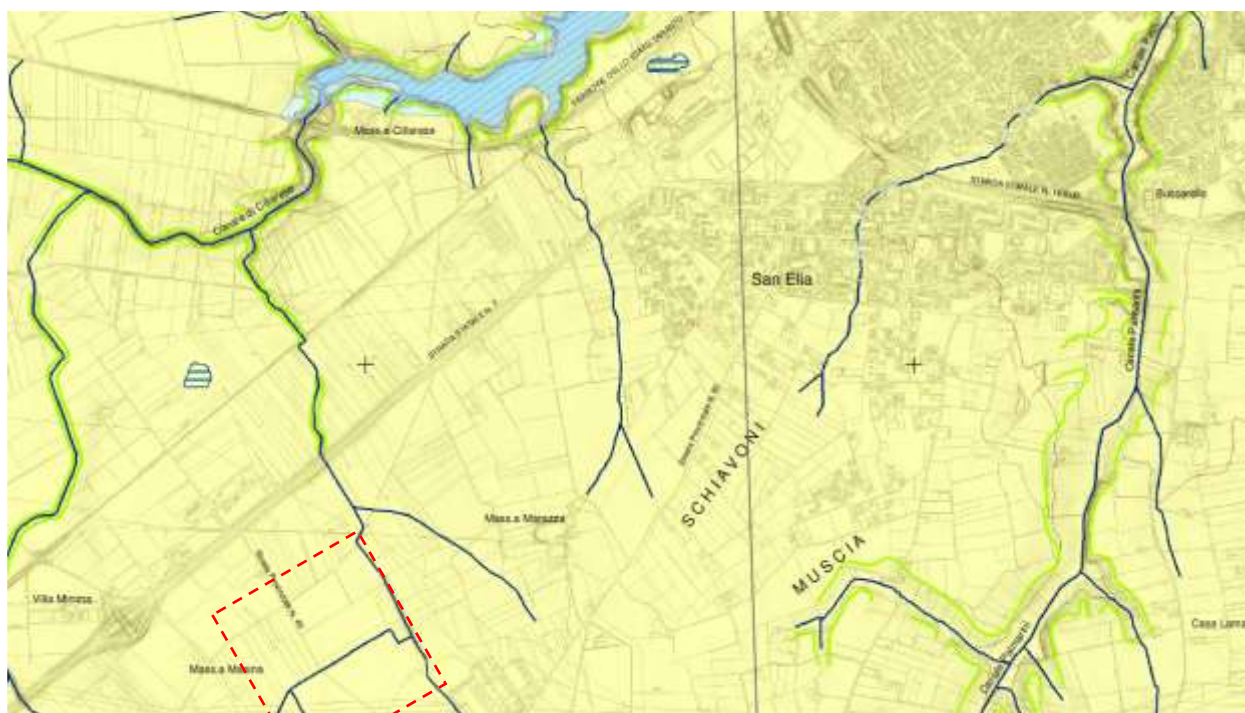


Fig. 9a - Stralcio Carta Idrogeomorfologica (scala 1:25.000)

LEGENDA

ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
- Unità a prevalente componente arenitica

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua obliterato
- Corso d'acqua tombato
- Recapito finale di bacino endoreico
- Sorgente
- Canale lagunare



Fig. 9b – In quadramento con reticolo idrografico

— **Reticolo Idrografico**

Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia come l'area interessata dalle opere in progetto non ricade neanche parzialmente in aree identificate e perimetrare a pericolosità idraulica, geomorfologica o a rischio idraulico o geomorfologico e non interferisce con eventuali corsi d'acqua.

I raccordi elettrici di progetto risultano, in sede cartografica, intersecare il reticolo idrografico esistente. Tuttavia, trattandosi di infrastrutture aeree, tali attraversamenti non comportano interferenze fisiche con l'alveo né con le sponde dei corsi d'acqua.

6 COMPATIBILITÀ CON IL P.T.A. - R.D. 3267/1923 - P.G.R.A.

La Regione Puglia ai sensi dell'art. 121 del D.Lgs 152/06 ha approvato il Piano di Tutela delle Acque, che risulta distinto in:

1. Misure di tutela quali-quantitativa dei corpi idrici sotterranei;
2. Misure di salvaguardia per le zone di protezione speciale idrogeologica;
3. Misure integrative.

L'area indagata fa parte dell'Acquifero carsico salentino; esso risulta caratterizzato da fenomeni di contaminazione salina.

In virtù di tali constatazioni lo stesso Piano mira alla salvaguardia dell'acquifero profondo.

Dalla cartografia allegata è emerso che sull'area indagata non è presente il vincolo di protezione speciale idrogeologica.

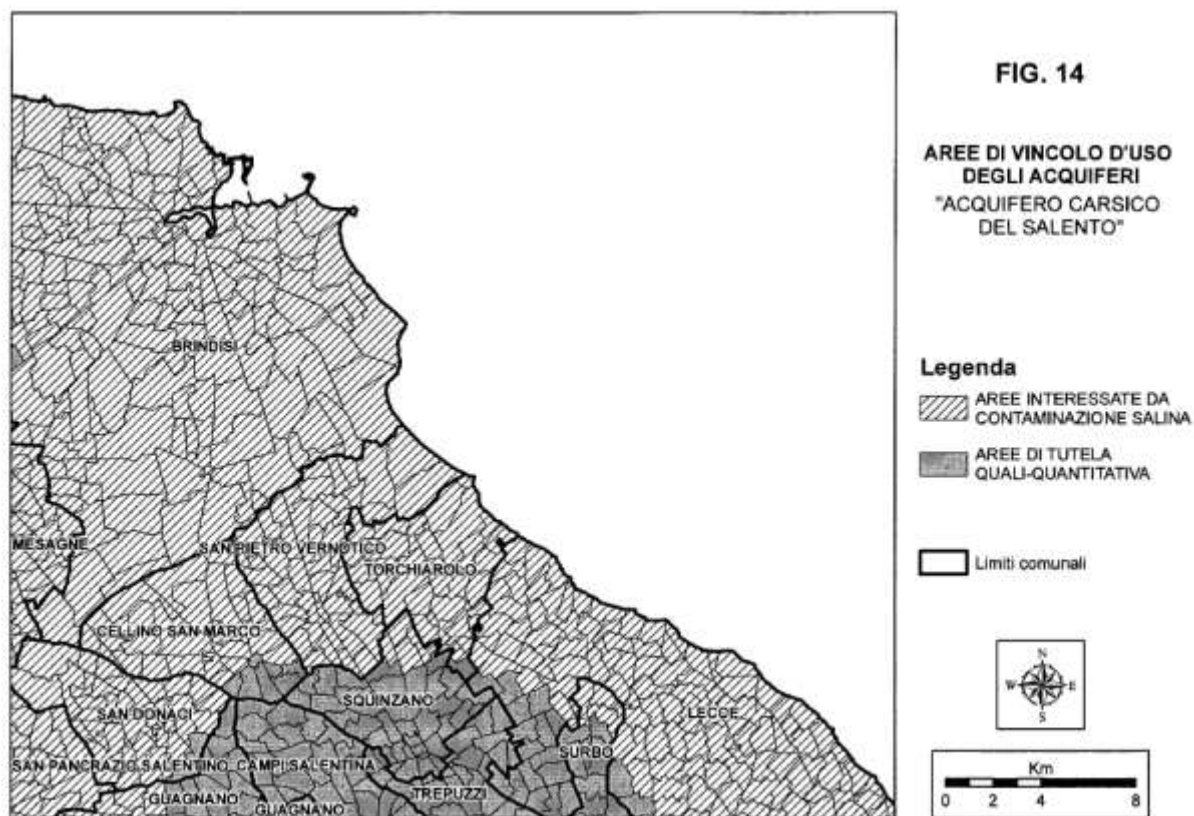


Fig. 10a - Aree di vincolo d'uso degli acquiferi (dal PTA)

Il territorio del Comune di Brindisi ricade in parte nell'ambito del vincolo idrogeologico imposto ai sensi del Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923, finalizzato alla conservazione e tutela del suolo e alla difesa del patrimonio boschivo e forestale, con particolare attenzione alla prevenzione del dissesto idrogeologico. Tale vincolo, recepito e aggiornato dalle autorità competenti regionali e provinciali, individua aree soggette a particolari limitazioni d'uso del suolo, con obbligo di autorizzazione per qualsiasi intervento che possa alterare l'equilibrio idrogeologico, come sbancamenti, movimenti terra, disboscamenti o nuove edificazioni.

L'area di progetto è al di fuori di tale perimetrazione.



Fig. 10b – Inquadramento vincolo idrogeologico

In ottemperanza alla **Direttiva Europea 2007/60/CE**, recepita in Italia dal **D. Lgs. 49/2010**, il Piano di Gestione del Rischio delle Alluvioni rappresenta lo strumento con cui valutare e gestire il rischio alluvioni per ridurre gli impatti negativi per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche. Il PGRA individua strumenti operativi e di governance finalizzati alla gestione del fenomeno alluvionale in senso ampio, ovvero nelle diverse fasi della prevenzione, della protezione e della preparazione, al fine di ridurre quanto più possibile le conseguenze negative derivanti dal verificarsi dell'evento. *In tale processo di pianificazione, il Piano permette il coordinamento dell'Autorità di Bacino e della Protezione Civile per la gestione in tempo reale delle piene, con la direzione del Dipartimento Nazionale.*

Sono considerate dal PGRA misure non strutturali ed opere strutturali di mitigazione del rischio, ed individuate le sinergie con le politiche di pianificazione del territorio e di conservazione della natura. In particolare, il Piano è orientato al coordinamento delle politiche relative agli usi idrici e territoriali, in quanto tali politiche possono avere importanti conseguenze sui rischi di alluvioni e sulla gestione dei medesimi. In questo senso il PGRA costituisce uno strumento trasversale di raccordo tra diversi strumenti, di carattere pratico ed operativo ma anche informativo, conoscitivo e divulgativo, per la gestione dei diversi aspetti organizzativi e pianificatori correlati con al gestione degli eventi alluvionali in senso alto.

Gli obiettivi generali con i relativi obiettivi specifici del Piano sono i seguenti:

1. Riduzione delle conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana ed il rischio sociale:

- mitigazione del rischio per la vita e la salute, sia come impatto immediato che come conseguenza secondaria, come ad esempio ciò che potrebbe scaturire dall'inquinamento o dall'interruzione di servizi correlati alla fornitura ed al trattamento di acqua, e che comporterebbe incidenti;
- mitigazione dei danni ai sistemi che assicurano la sussistenza come reti elettriche e idriche ed i sistemi strategici come ospedali, scuole, università, case di cura, di accoglienza, municipi, prefetture, caserme, carceri etc.

2. Riduzione delle conseguenze negative delle alluvioni per l'ambiente:

- salvaguardia delle aree protette ai sensi della WDF dagli effetti negativi dovuti a possibili inquinamenti;
- mitigazione degli effetti negativi permanenti o a lungo termine per lo stato ecologico dei corpi idrici ai sensi della WDF, con riguardo al raggiungimento degli obiettivi ambientali di cui alla direttiva 2000/60/CE.

3. Riduzione delle conseguenze negative delle alluvioni per il patrimonio culturale:

- mitigazione dei possibili danni dovuti ad eventi alluvionali sul sistema paesaggio,
- salvaguardia del patrimonio dei beni culturali, storici ed architettonici esistenti, compresi siti archeologici, monumenti, musei, edifici.

4. Riduzione delle conseguenze negative delle alluvioni per le attività economiche:

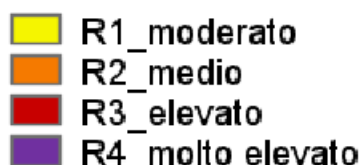
- mitigazione dei danni alla rete infrastrutturale di trasporto (strade, autostrade, ferrovie, aeroporti etc.);
- mitigazione dei danni alle infrastrutture di servizio e che consentono il mantenimento delle attività economiche (centrali e reti elettriche, idropotabili, impianti di trattamento delle acque, impianti di depurazione etc.);

- mitigazione dei danni alle attività agricole e rurali in generale (allevamenti, coltivazioni, attività selvicolturali, pesca, estrazione mineraria) ,
- mitigazione dei danni al sistema economico e produttivo (pubblico e privato); alle attività commerciali ed industriali;
- mitigazione dei danni alle proprietà immobiliari.

Tutto il materiale costituente il processo di formazione del Piano di Gestione è consultabile e scaricabile a partire dalle **Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni**.



Fig. 10c – Inquadramento su PGRA Rischio Alluvionale



Come si evince dalla Fig. 10c le opere di progetto non sono interessate dalle aree rischio alluvioni.

7 INDAGINI GEOFISICHE

La campagna geognostica si è svolta il 28/12/2023 e ha previsto:

- *n° 2 Profili sismici a rifrazione & M.A.S.W.*



Fig. 11 - Ubicazione Indagini

7.1 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti. Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

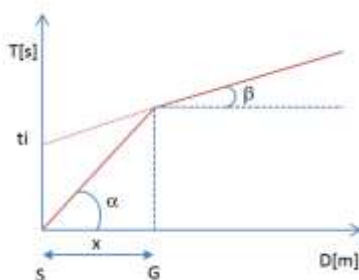
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

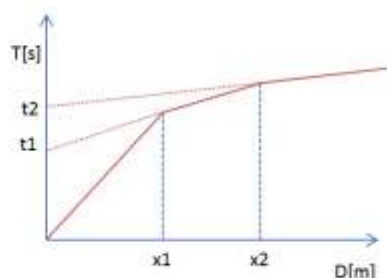
I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati

si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

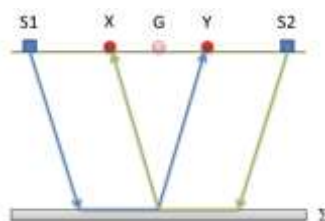


Infine, dalla conoscenza dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980.

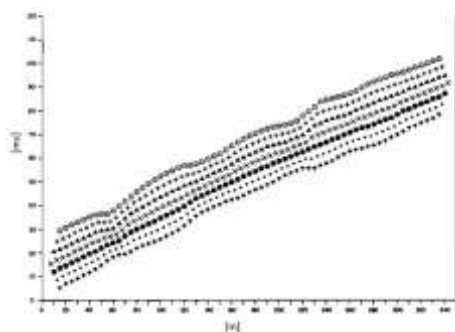
Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantomining per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni

rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare *la funzione velocità* secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



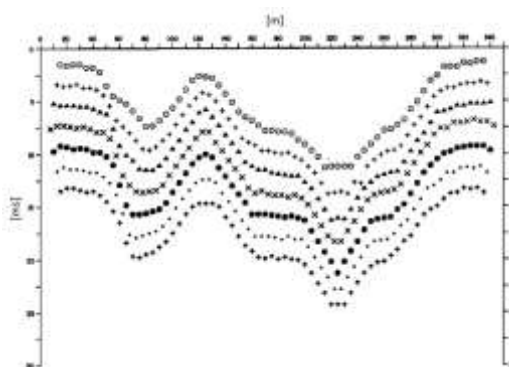
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S_1 ad X e dalla sorgente S_2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S_1 ed S_2 , esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y , non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l' XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della **funzione tempo-profondità** è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T'_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°.

7.1.1 Indagine M.A.S.W.

Per la classificazione dei terreni secondo quanto imposto dalla Nuova Normativa antisismica (Ordinanza n° 3274 e Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018) sono stati acquisiti i dati sismici lungo gli allineamenti geofonici. L'indagine, finalizzata alla determinazione del profilo verticale di velocità delle Onde di taglio (Onde S), è stata condotta secondo la metodologia MASW. I risultati ottenuti sono meglio illustrati in allegato.

La tecnica MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) rappresenta una tipologia d'indagine sismica non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misurazione della velocità delle onde superficiali fatta in corrispondenza di uno stendimento di geofoni disposti sulla superficie libera del terreno.

Questa tipologia d'indagine, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità mediante lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, nell'analisi sismica effettuata con la metodologia MASW si studiano solamente le onde di superficiali di Rayleigh, trascurando gli effetti dovuti alle onde di volume, alle riflesse o alle rifratte, sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche onde P ed S, oltre alle onde superficiali.

Com'è noto, la scelta di analizzare le sole onde di Rayleigh è determinata dal fatto che queste trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente e che, allontanandosi dalla sorgente, subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV in

quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, mentre le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, poiché queste viaggiano con una velocità correlabile alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle stesse.

In un mezzo stratificato, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo ovvero la velocità di fase apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi del suolo.

Il metodo d'indagine MASW, è una metodologia d'indagine del tipo attivo, nel quale le onde superficiali sono indotte o generate artificialmente mediante l'impatto di un grave sulla superficie del suolo e misurate lungo uno stendimento lineare di sensori. Questo consente di ottenere una curva di dispersione sperimentale apparente, generalmente nell'intervallo di frequenze compreso tra 4.5Hz ÷ 80Hz; il metodo, pertanto, permette di ottenere informazioni indirette sulla parte del sottosuolo compresa entro i primi 30÷50 metri circa dal piano campagna, in funzione della rigidità o rigidità sismica dei litotipi costituenti il sottosuolo.

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software specifici che, opportunamente guidati, hanno proceduto secondo il seguente processo:

- i dati sperimentali, acquisiti in formato residente dell'hardware utilizzato, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Easy Masw);
- trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocity-frequency (c-f)" che analizza e visualizza sul grafico la quantità di energia prodotta dalla propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica;
- picking dello spettro di frequenze nella curva di dispersione (ovvero individuazione dei punti costituenti la curva sperimentale);
- ottimizzazione del modello interpretativo (con eventuali variazioni del modello di partenza) sino ad ottenere il miglior fitting con i valori sperimentali;
- determinazione del profilo di velocità delle Vs, calcolo della velocità media ponderata per i primi metri di profondità V_{seq} e individuazione della categoria sismica del suolo (D.M. 17.01.2018).

7.1.2 Hardware e Software

Le onde rilevate dai geofoni sono state registrate per mezzo di un sismografo PASI modello Gea 24. Le principali specifiche tecniche sono di seguito riportate:

SPECIFICHE TECNICHE GEA 24	
Numero di canali	24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.
Conversione Dati	Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)
Intervallo Campionamento	Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. - fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.
Lunghezza Acquisizione	27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue
Guadagno Preamp.	0/52 dB, selezionabile via software
Stacking	Numero di stacking illimitato
Impedenza di ingresso	2MΩ // 22nF
Range Dinamico	144dB (sistema); >117dB (istantaneo, misurato @1kps)
Distorsione	0.007% @16kHz
Largh.Banda -3dB	6.8kHz@32ksps - 0.21 kHz@1kps
Largh.Banda +/- 0.1dB	3.5 kHz@32ksps - 0.11 kHz@1kps
Filtri	Passa Basso:125-200-500-1000Hz Passa Alto: 10-20-30-40-50-70-100-150-200-300-400Hz
Filtri "Notch"	50-60Hz + armoniche
Trigger	Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software
Visualizzazione Tracce	Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile
Noise-monitor	Tutti i canali + trigger
Canale AUX (ausiliario)	1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)
Interfaccia comunicazione	1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)
Formato Dati	SEG2, SAF (altri formati su richiesta)
Alimentazione	5VDC da USB, 0.25A
Temp.operativa/stoccaggio	-30°C to +80°C
Umidità	80% umidità relativa, non condensante
Dimensioni	24cm x19.5cm x11cm
Peso	2 Kg

Associato al sismografo è stato utilizzato anche il seguente hardware:

- cavi sismici da 12 tracce con connettori per geofoni e spaziatura max 5 m;
- geofoni verticali da 4,5 Hz;
- geofono starter (trigger);
- mazza battente da 8 kg;
- piattello di battuta in alluminio (dim. 20 x 20 x 5 cm);
- pc portatile.

Il sismografo è gestito tramite il software Pasi Gea 24 su PC portatile e sul cui SSD sono memorizzati i dati. L'interpretazione dei dati è stata eseguita con i software Easy Masw e Easy Refract della GeoStru.

8 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SOTTOSUOLO

Si rappresenta che i caratteri geologici della zona interessata sono stati ricostruiti in base alle indagini eseguite. Nell'Allegato 2 sono presenti le elaborazioni delle indagini sismiche a rifrazione e M.A.S.W., che hanno permesso di ricavare i parametri in funzione delle velocità delle onde superficiali nei singoli strati.

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 $h < 0.25 \cdot z$.

c) nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;

d) 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 terroso.

In merito alla caratterizzazione geotecnica ed alle indagini geotecniche, si rappresenta che è responsabilità e compito del progettista quella di definire la modellazione geotecnica del volume significativo di terreno, che ai sensi del paragrafo 6.2.2 del D.M. 17.01.2018 può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, fermo restando la piena responsabilità del progettista circa le ipotesi e le scelte progettuali.

Pertanto, *i parametri meccanici dei terreni* di riferimento sono inseriti nella relazione come riferimento per il progettista che per suo conto potrà stabilire, sotto la propria responsabilità, se ritenerli idonei oppure predisporre ulteriori indagini integrative.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcare fratturato	700-4200
Calcare compatto	2800-6400
Calcare cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Tabella 1 - Valori di velocità per le onde di compressione (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara - Rapolla - Roberti, "Il manuale del geologo" di Cassadio - Elmi).

In particolare, i parametri caratteristici sono stati ricavati attraverso lo studio delle indagini e relative correlazioni, elencate di seguito:

- Indice di Poisson: $\nu = \frac{\frac{1}{2}v_p^2 - v_s^2}{v_p^2 - v_s^2}$;
- Densità: $\rho = 0.51 \cdot v_p^{0.19}$ (Gardner et al., 1974);
- Peso di volume γ (Tezcan et al, 2009);
- Modulo di taglio: $G_0 = v_s^2 \cdot \rho$;
- Modulo elastico dinamico: $E_{din} = \frac{v_s^2 \cdot \rho (3v_p^2 - 4v_s^2)}{v_p^2 - v_s^2}$;
- Modulo elastico statico: $E_{stat} = \frac{E_{din}^{-0.97}}{8.3}$ (Rzhevsky e Novik, 1971);
- Modulo di Young: $E_y = 2G_0(1 - \nu)$;
- Modulo edometrico: $E_{ed} = v_p^2 \cdot \rho$;

Per i terreni:

- Coesione non drenata c_u (*Likitlersuang e Kyaw, 2010*);
- Angolo di resistenza al taglio φ (relazione polinomiale in funzione di v per terreni coesivi – “stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata”, F. Roccaforte, C. Cucinotta).

Per gli ammassi rocciosi:

Tutti i rilievi e le indagini svolte sono finalizzati a raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione dell'ammasso roccioso secondo il criterio di Hoek & Brown.

Il criterio generalizzato di rottura di Hoek-Brown:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)$$

in cui:

- m_b è il valore ridotto della costante di Hoek-Brown per l'ammasso considerato, pari a:

$$m_b = m_i \cdot \exp \left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right);$$
- s ed a sono costanti dell'ammasso date dalle seguenti relazioni:

$$s = \exp \left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right),$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3});$$
- σ'_1 e σ'_3 sono il minimo e il massimo sforzo efficace alla rottura;
- σ_{ci} è la resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta, ricavata tramite la correlazione di Kahraman (2001)
- D è un fattore che dipende dal grado di disturbo dell'ammasso, variabile tra 0 (ammasso in posto indisturbato) e 1 (ammasso scavato con esplosivo). Con riferimento alla problematica geotecnica in esame, si è assunta la condizione di assenza di disturbo corrispondente a $D = 0$;
- GSI è il “Geological Strength Index” è ricavato dalla correlazione di *Sjöberg (1997)*;
- m_i è il valore della costante di Hoek-Brown per la roccia intatta, stimato tenendo conto da bibliografia (Tab. 2) e dall'esperienza pregressa del sottoscritto sulle medesime litologie.

List of Mi Values	
Migmatite	29 ± 3
Norite	20 ± 5
Obsidian	19 ± 3
Peridotite	25 ± 5
Phyllites	7 ± 3
Porphyries	20 ± 5
Quartzites	20 ± 3
Rhyolite	25 ± 5
Sandstones	17 ± 4
Schists	10 ± 3
Shales	6 ± 2
Siltstones	7 ± 2
Slates	7 ± 4
Spuritic Limestones	10 ± 5
Tuff	13 ± 5

Selected Mi Value:

Mi Value:

Filter List

☐ Rock Type

☒ Sedimentary

☐ Igneous

☐ Metamorphic

☐ Texture

☒ Coarse

☐ Medium

☐ Fine

☐ Very Fine

OK Cancel

Tab.2: valori del parametro m_i proposti dal programma RocLab in base alla litologia.

Per lo strato d'interesse le caratteristiche meccaniche sono state ricavate in base alle correlazioni proposte da N. Barton in -Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation and Anisotropy, 2006. Conoscendo il valore della velocità V_p , è possibile una stima dell'indice Q_c ($Q_c = Q$ normalizzato rispetto ad una resistenza a compressione monoassiale di 100 Mpa) tramite la seguente relazione:

$$Q_c = 10^{v_p - 3.5} \quad \text{per il calcare,}$$

$$Q_c = 10^{v_p - 1.212} \quad \text{per la calcarenite}$$

Passando dall'indice Q di Barton alla classificazione GSI di Hoek & Brown, è possibile stimare i parametri di resistenza al taglio dell'ammasso roccioso (c e ϕ), come prevede la normativa.

K_w è coefficiente di Winkler, ricavato dalla relazione proposta dal Vesic (1961) che correla K_w con il modulo di elasticità del terreno e della fondazione.

Infine è stata studiata la capacità portante delle fondazioni superficiali e dei cedimenti relativi:

- Carico limite ultimo: $Q_{ult} = \rho \cdot v_s$ (Koeceli, 2012);
- Pressione ammissibile: $Q_{amm} = \frac{Q_{ult}}{F_s}$, con F_s fattore di sicurezza, pari a $\frac{v_p}{v_s}$.

8.1 AREA NUOVO SATELLITE BRINDISI PIGNICELLE

In definitiva, attraverso l'analisi dati dell'indagine BR_IS1, ritenuta la più rappresentativa dell'area progettuale, è possibile stabilire schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici**:

strato	denominazione	intervallo di profondità	vs (m/s)	vp (m/s)
[1]	Terreno vegetale	0,0 m ÷ ~1,00 m	137	275
[2]	Sabbie argillose	~1,00 m ÷ ~4,50/5,00 m	260	561
[3]	Sabbie argillose a livelli concrezionati	~4,50/5,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnica	537	1320

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: v_s (m/s)	137	260	537
velocità onde P: v_p (m/s)	275	561	1320
indice di Poisson: ν	0,335	0,363	0,401
densità ρ (g/cm ³)	1,483	1,698	1,997
peso di volume: γ (KN/m ³)	16,55	17,62	19,64
modulo di taglio: G_0 (MPa)	28	115	576
modulo di Young: E_y (MPa)	81	296	2540
modulo edometrico E_d (MPa)	130	475	4077
modulo di Bulk: K (MPa)	75	381	2712
coefficiente di Winkler: K_w (Kg/cm ³)	0,84	3,60	19,23

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: C_u (KPa)	37	129	536
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	25,35	24,78	28,50

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: F_s	2,01	2,16	2,46
Q_{ult} (Kg/cm ²)	2,03	4,41	10,73
Q_{amm} (Kg/cm ²)	1,01	2,05	4,36

8.2 RACCORDI ARI E FUTURI SOSTEGNI

Contestualmente ai lavori di realizzazione del nuovo collettore di potenza (Satellite) si provvederà alla predisposizione dei sostegni tralicciati P.3A [EP21] per il futuro “Raccordo lato Ovest” e dei sostegni tralicciati P. 2A [EP24] e P.2B [CA21] per il futuro “Raccordo lato Est”. In seguito si provvederà alla sostituzione del P.4, attualmente allestito con armatura in sospensione, con altro di caratteristiche meccaniche superiori per consentire la deviazione di circa 24°, quindi da allestire con amari bilaterali.

I comuni interessati dai nuovi Raccordi, verso i portali della futura Stazione sono elencati nella seguente tabella:

RACCORDI	Tratta	REGIONE	PROVINCIA	COMUNE	Lunghezza
Lato Ovest	Nuovo Sostegno “EA21” con deviazione + 24°(Sx) - nuovo Sostegno EP21 in amarro asimmetrico per deviazione + 86° (Sx) - PORTALE STAZIONE PS. 02	Puglia	Brindisi	Brindisi	396 m
Lato Est	Da Portale di Stazione BR Pignicelle (PS. 00) deviazione -18.7° (Dx) - Sostegno esistente “CA18” con nuova deviazione -30.39° (Dx) - nuovo EP24 in amarro asimmetrico con deviazione -32.27° (Dx) - nuovo CA21 - PORTALE STAZIONE PS. 01	Puglia	Brindisi	Brindisi	588 m

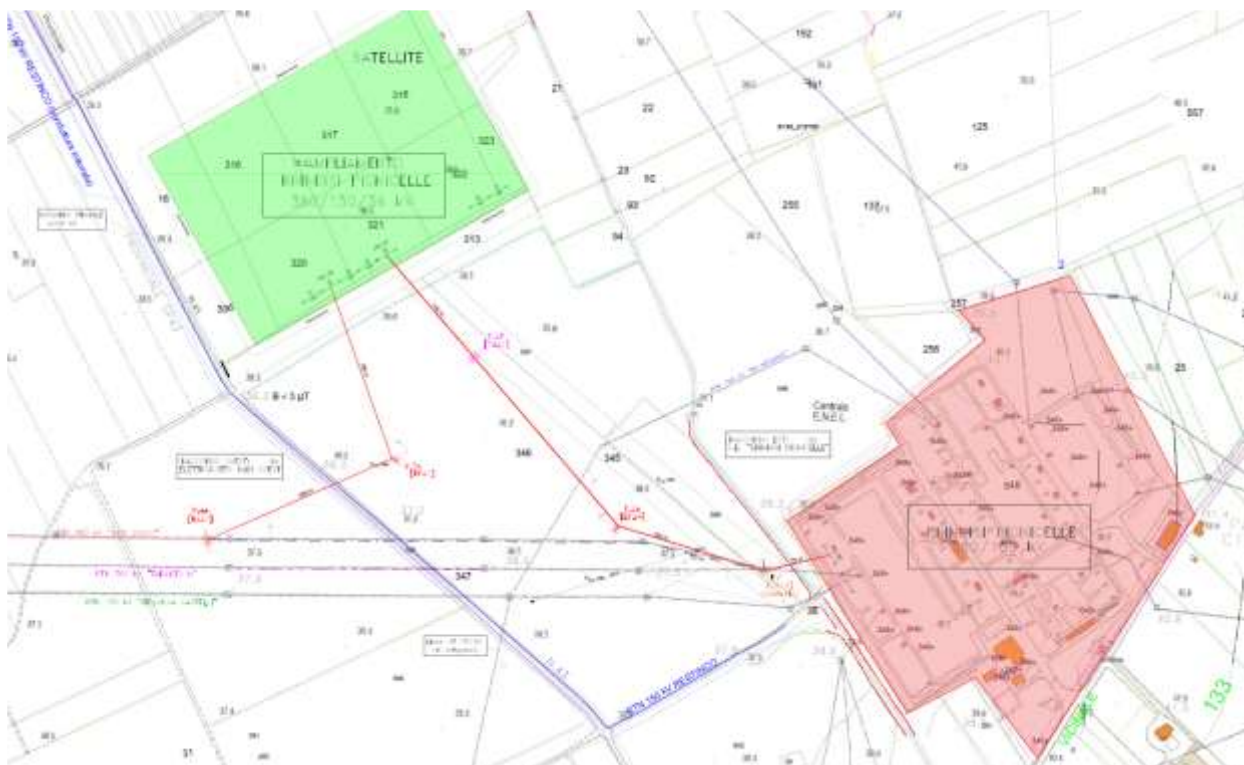
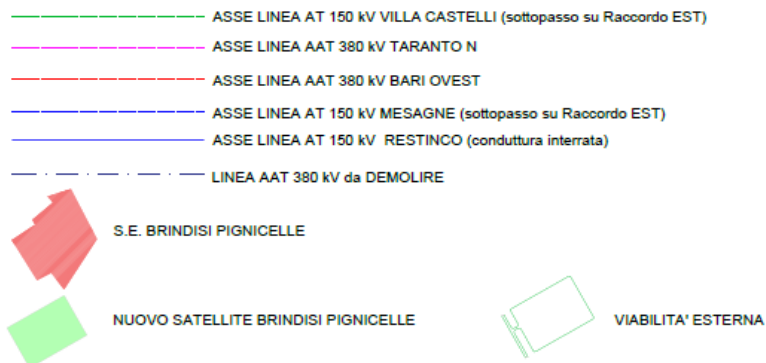


Fig. 12 – Stralcio Planimetrico con raccordi e futuri sostegni



	futuro SOSTEGNO AAT 380 kV tipo EP
	futuro SOSTEGNO AAT 380 kV tipo EA
	futuro SOSTEGNO AAT 380 kV tipo CA
	SOSTEGNO AAT 380 kV tipo CA (esistente: da riutilizzare)
	futuro SOSTEGNO AAT 380 kV tipo PL
	SOSTEGNI AAT 380 kV tipo LV - ML (esistenti: da eliminare)
	SOSTEGNI AAT 380 kV tipo LV - PL (esistenti: non interessati dalle opere di "Raccordo")

Per i futuri sostegni si ritiene possa essere rappresentativa ancora l'indagine BR_IS1. Si riporta schematicamente il **modello geologico del sottosuolo e la stima dei parametri meccanici**:

strato	denominazione	intervallo di profondità	vs (m/s)	vp (m/s)
[1]	Terreno vegetale	0,00 m ÷ ~1,00 m	137	275
[2]	Sabbie argillose	~1,00 m ÷ ~4,50/5,00 m	260	561
[3]	Sabbie argillose a livelli concrezionati	~4,50/5,00 m ÷ profondità d'interesse geotecnica	537	1320

	Strato 1	Strato 2	Strato 3
velocità onde S: v_s (m/s)	137	260	537
velocità onde P: v_p (m/s)	275	561	1320
indice di Poisson: ν	0,335	0,363	0,401
densità ρ (g/cm ³)	1,483	1,698	1,997
peso di volume: γ (KN/m ³)	16,55	17,62	19,64
modulo di taglio: G_0 (MPa)	28	115	576
modulo di Young: E_y (MPa)	81	296	2540
modulo edometrico E_d (MPa)	130	475	4077
modulo di Bulk: K (MPa)	75	381	2712
coefficiente di Winkler: K_w (Kg/cm ³)	0,84	3,60	19,23

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE PER LE TERRE			
coesione non drenata: C_u (KPa)	37	129	536
angolo d'attrito interno: ϕ (°)	25,35	24,78	28,50

CAPACITA' PORTANTE - FONDAZIONE SUPERFICIALE			
fattore di sicurezza: F_s	2,01	2,16	2,46
Q_{ult} (Kg/cm ²)	2,03	4,41	10,73
Q_{amm} (Kg/cm ²)	1,01	2,05	4,36

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di BRINDISI non era classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982.; l'O.P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 ha riclassificato l'intero territorio nazionale. In tale quadro il Comune di BRINDISI ricade in Zona Sismica 4.

Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0.25	0.35
2	$0.15 - 0.25$	0.25
3	$0.05 - 0.15$	0.15
4	< 0.05	0.05

Nelle NTC, l'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. Il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Tali valori sono forniti dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) in base agli studi del Gruppo di Lavoro MPS (2004), che ha provveduto alla redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 riportata nel Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici) - Fig. 13 -.

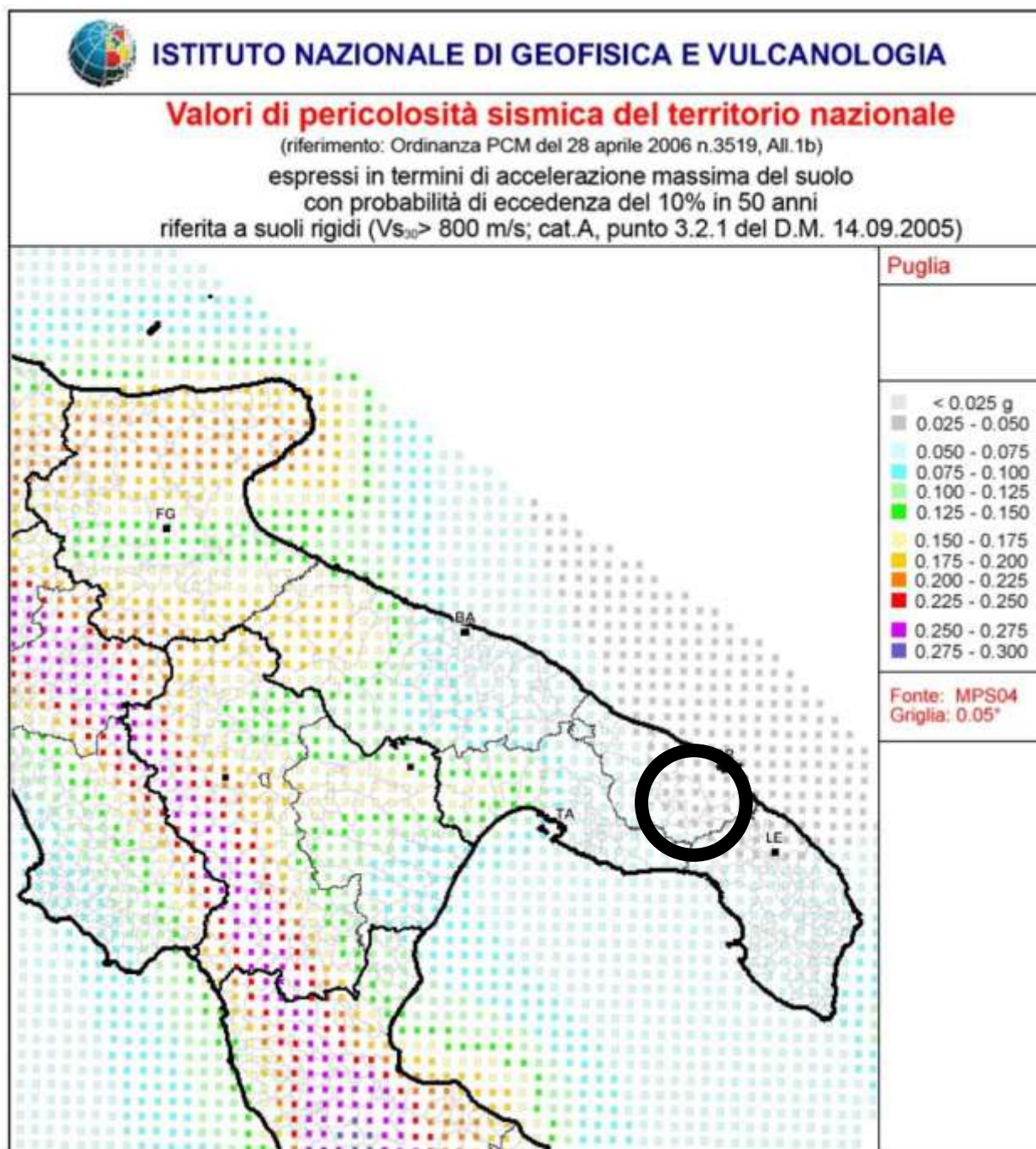


Fig. 13 – Stralcio Mappa della Pericolosità sismica

Secondo le nuove NTC 2018 per quanto riguarda l'approccio semplificato, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con

h_i = spessore dello stato isesimo

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato

N = numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Il caso in esame ricade nella categoria topografica T1.

Le categorie di sottosuolo individuate dalle NTC 2018 sono le seguenti:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

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

In funzione della stratigrafia del terreno e del bedrock “geofisico” (indagini BR_IS1, BR_IS2):

$V_{seq} = 564,09; 545,54$: il suolo di fondazione rientra nella **categoria B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s).

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini svolte in questo studio (rilevamento geologico di superficie; analisi delle litologie affioranti; analisi stratigrafiche attraverso indagini geognostiche e geofisiche con report in allegato; caratteristiche morfologiche ed idrogeologiche; caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni di fondazione) hanno permesso di accertare quanto segue:

- per l'area interessata dal progetto, al di sotto del terreno vegetale, si rinvencono sabbie argillose talora con livelli concrezionati in profondità descritte (si rimanda al paragrafo 8 per il modello geologico e stima dei parametri geotecnici);

- assenza di movimenti gravitativi in atto o potenziali che possono interessare l'equilibrio geostatico generale;

- le opere da realizzare saranno collocate al di fuori degli areali di pericolosità cartografati negli elaborati del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, l'area in oggetto è infatti esclusa sia da quelle a Pericolosità Geomorfologica e sia da quelle a Pericolosità Idraulica; si evidenzia che i raccordi elettrici di progetto risultano, in sede cartografica, intersecare il reticolo idrografico esistente. Tuttavia, trattandosi di infrastrutture aeree, tali attraversamenti non comportano interferenze fisiche con l'alveo né con le sponde dei corsi d'acqua;

- dall'analisi del parametro velocità equivalente ottenuto dalle indagini sismiche effettuate nelle aree di intervento, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile classificare preliminarmente i terreni che costituiranno il piano di posa delle future fondazioni nella categoria B di cui alla tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

Il rilevamento di dettaglio e gli studi effettuati in corrispondenza dell'area di progetto hanno consentito di valutare le caratteristiche geologiche dei litotipi affioranti oltre alla compatibilità degli interventi previsti in funzione dell'assetto geomorfologico ed idrogeologico.

Dalla sintesi delle attività e delle indagini svolte si può concludere che non esistono motivi di criticità dell'area di progetto in ordine alle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche tali da rendere difficoltosa o peggio impossibile la realizzazione del progetto.

Leverano, Gennaio 2026

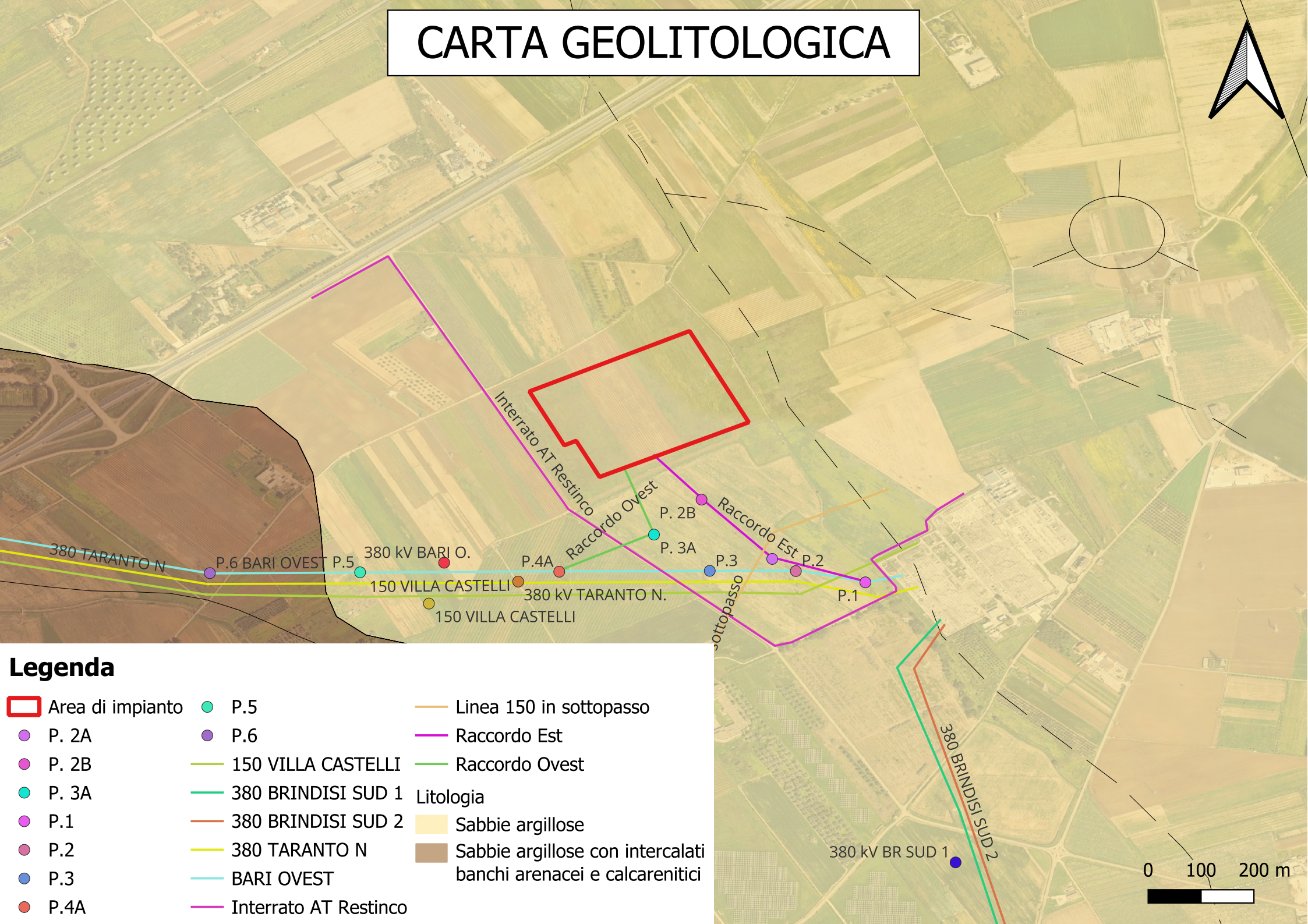
il geologo.
dott. Giovanni Paolo Mega



ALLEGATO 1

Carta Geolitologica

CARTA GEOLITOLOGICA



Legenda

- | | | |
|------------------|-----------------------|--|
| Area di impianto | P.5 | Linea 150 in sottopasso |
| P. 2A | P.6 | Raccordo Est |
| P. 2B | 150 VILLA CASTELLI | Raccordo Ovest |
| P. 3A | 380 BRINDISI SUD 1 | Litologia |
| P.1 | 380 BRINDISI SUD 2 | Sabbie argillose |
| P.2 | 380 TARANTO N | Sabbie argillose con intercalati banchi arenacei e calcarenitici |
| P.3 | BARI OVEST | |
| P.4A | Interrato AT Restinco | |

ALLEGATO 2

Indagini sismiche a rifrazione & M.A.S.W.

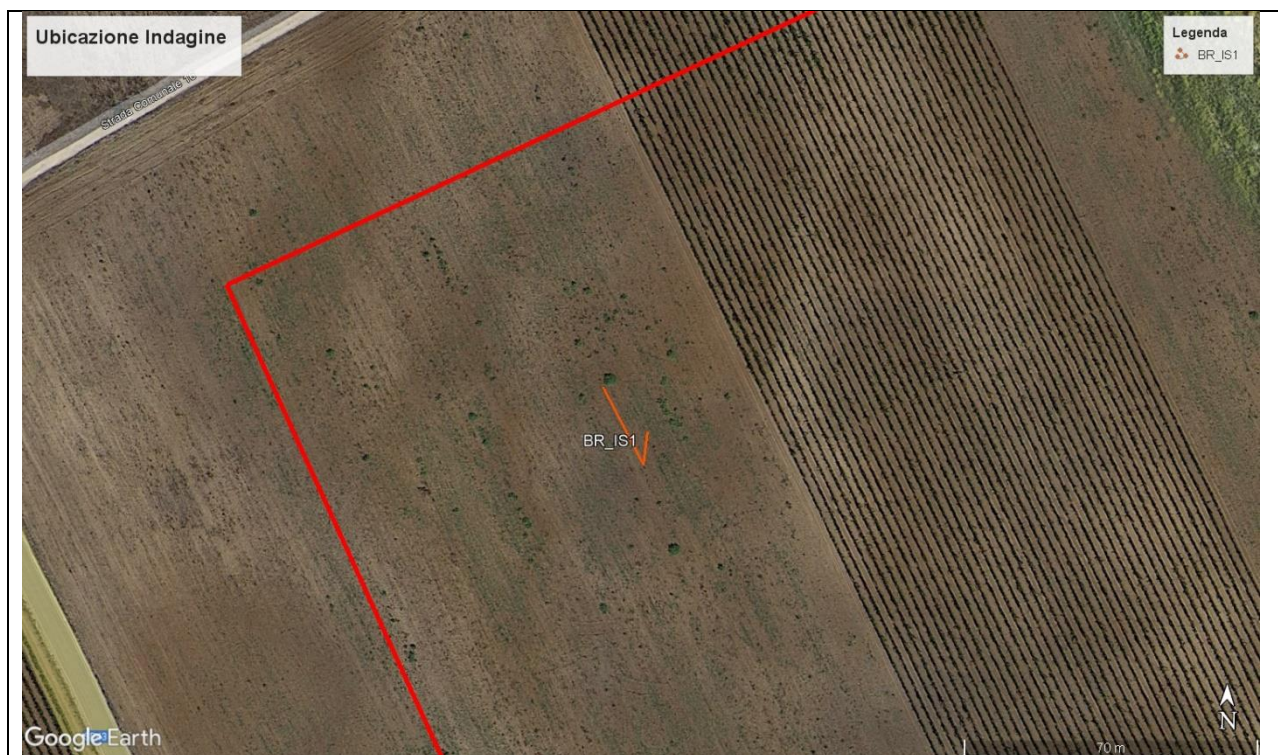
BR_IS1

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

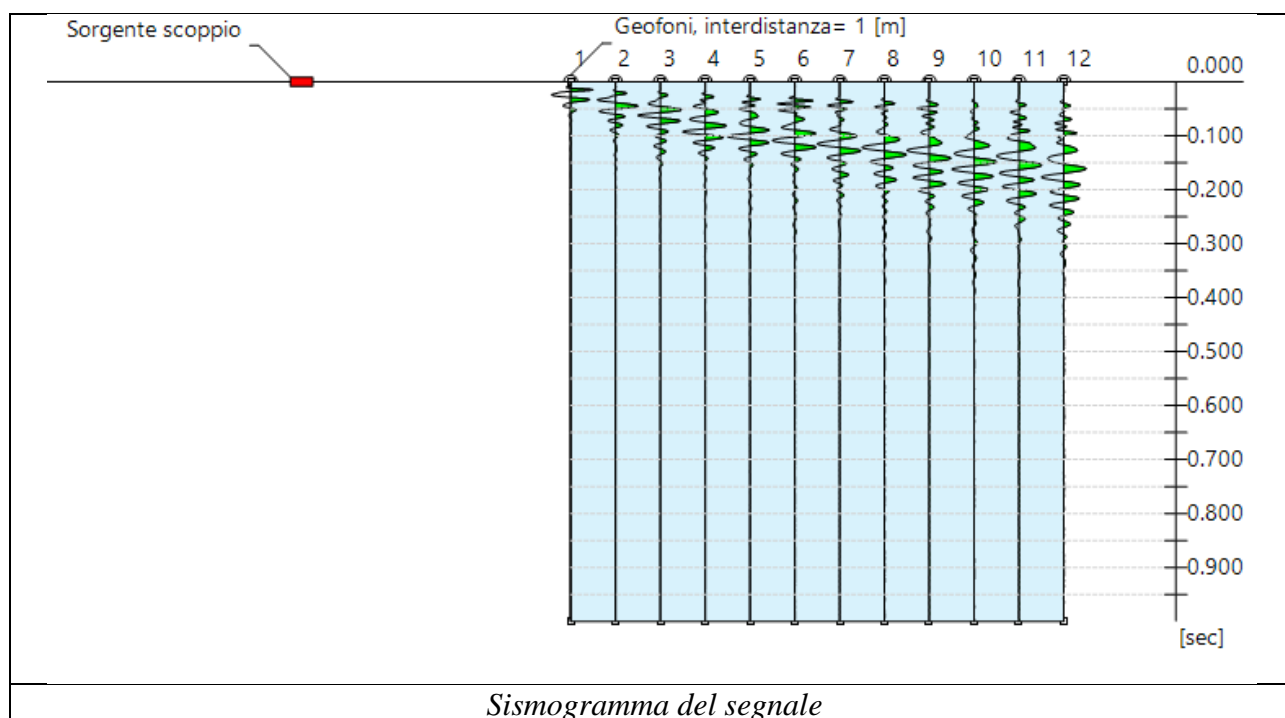
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

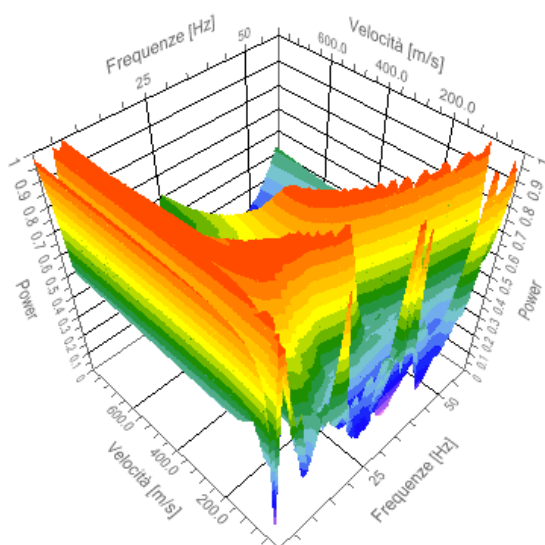
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.06	1.06	1800.0	0.30	No	256.2	136.9
2	3.10	2.04	1800.0	0.30	No	347.3	185.6
3	6.46	3.36	1800.0	0.30	No	766.7	409.8
4	10.62	4.17	1800.0	0.30	No	1004.1	536.7
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	1476.5	789.2

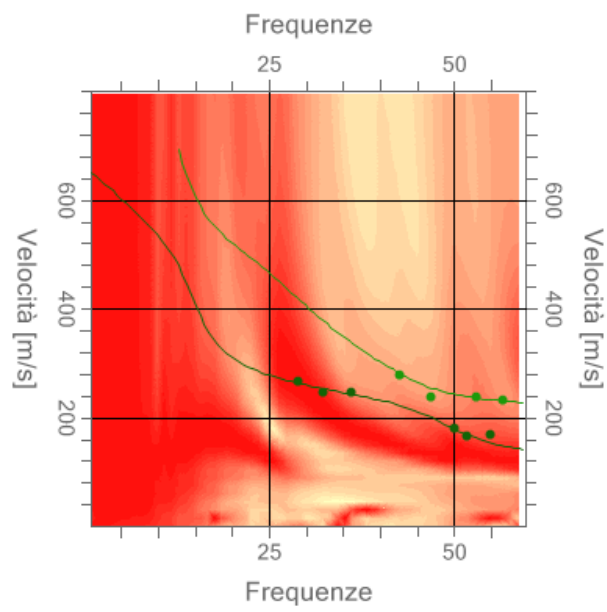
Percentuale di errore

0.018%

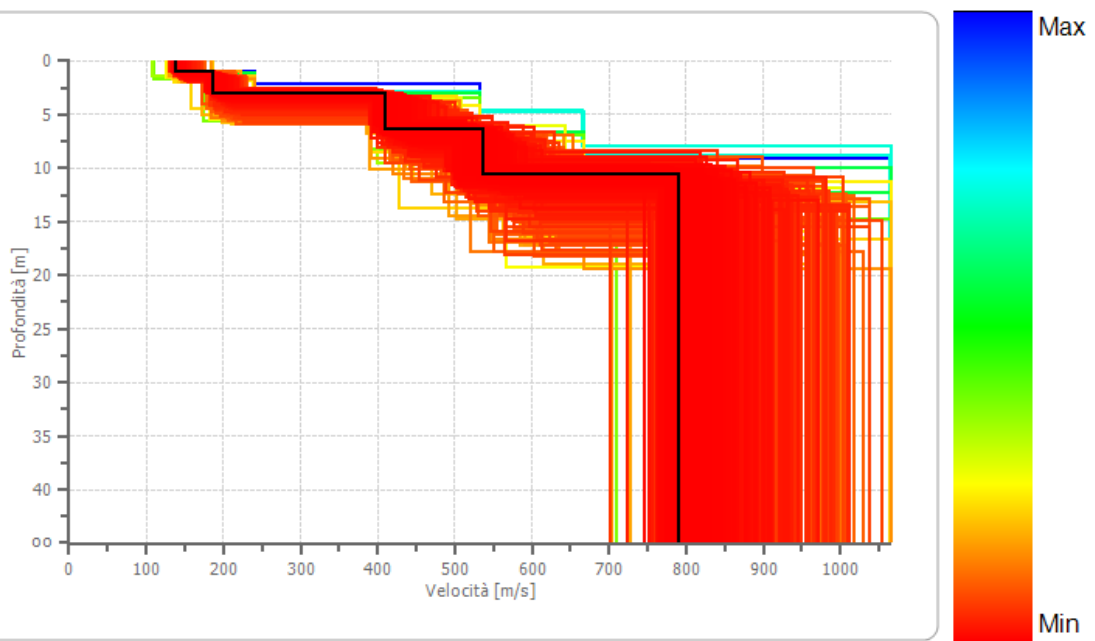
Fattore di disadattamento della soluzione

0.015

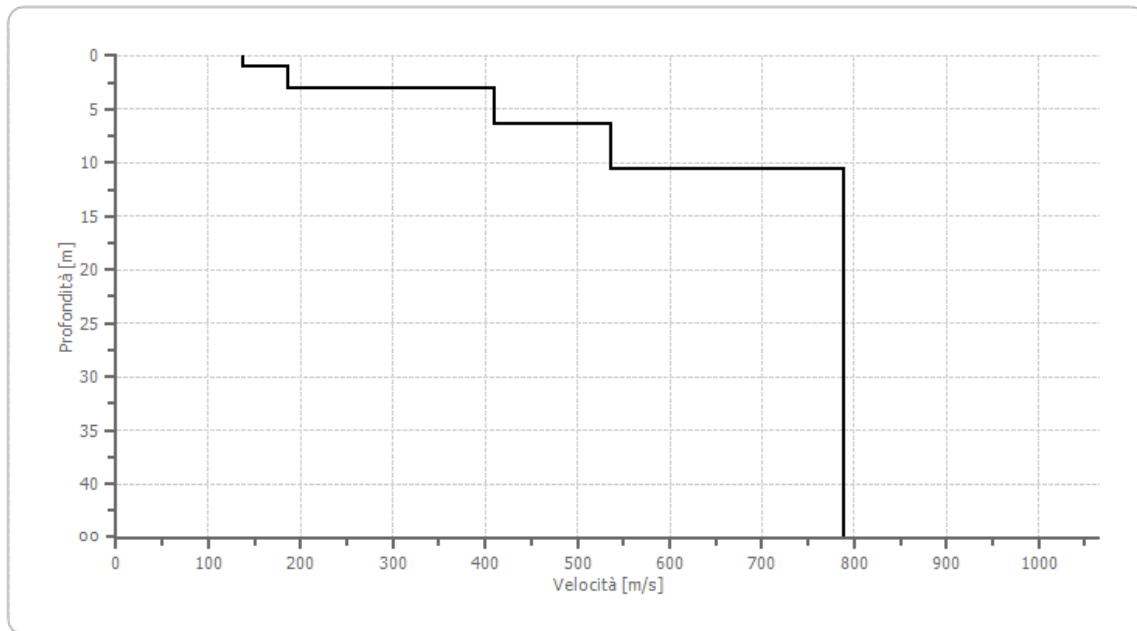
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

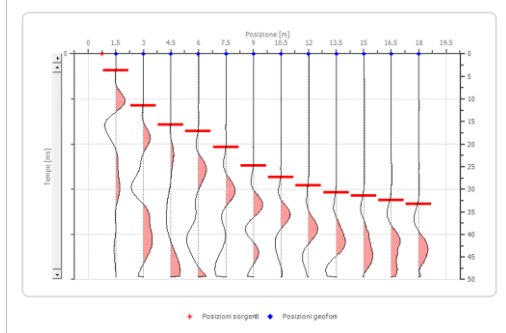
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (=Vs,30)	564.09
Categoria del suolo	B

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

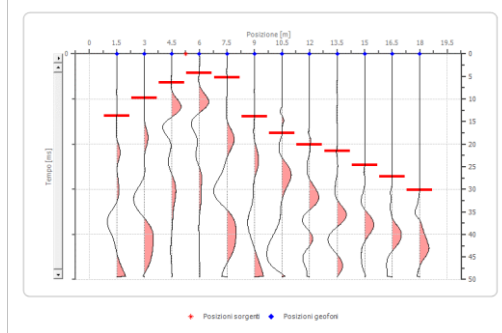
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

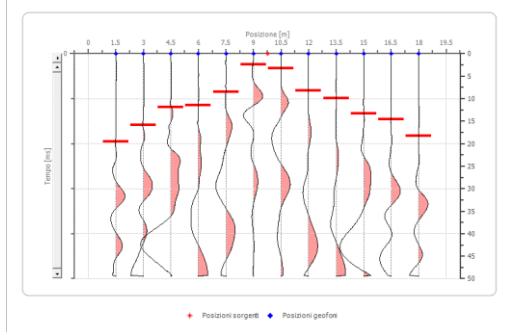
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



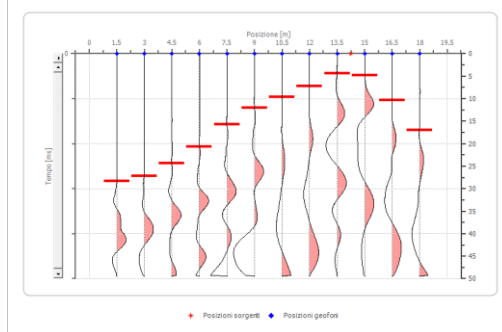
Battuta 1



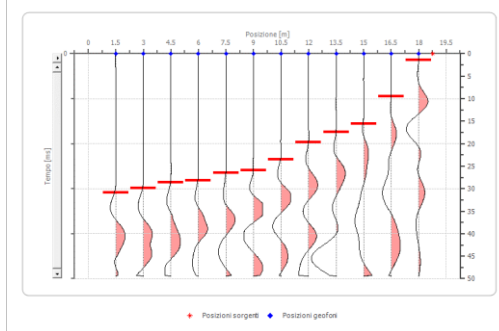
Battuta 2



Battuta 3

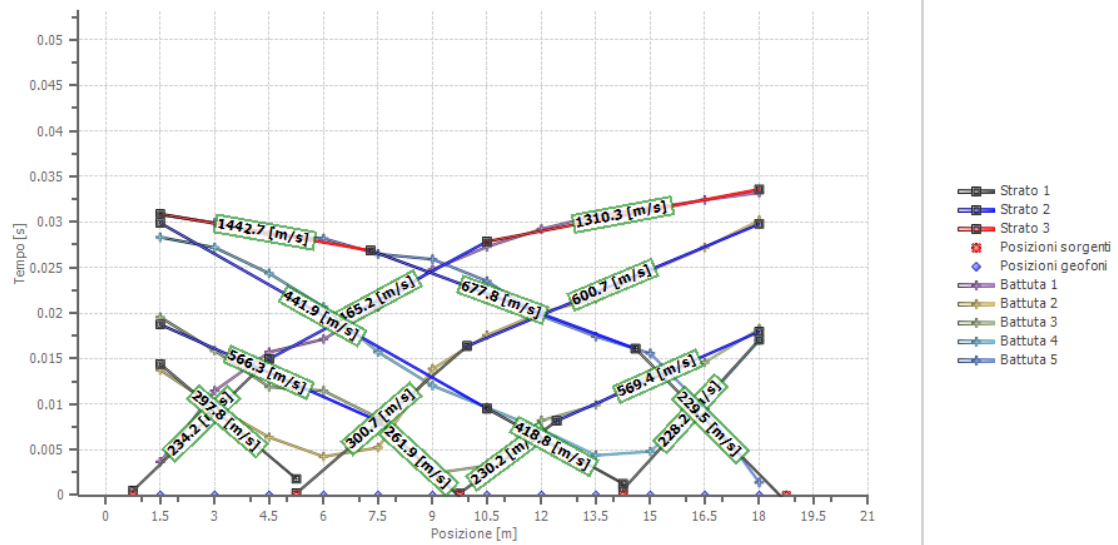


Battuta 4

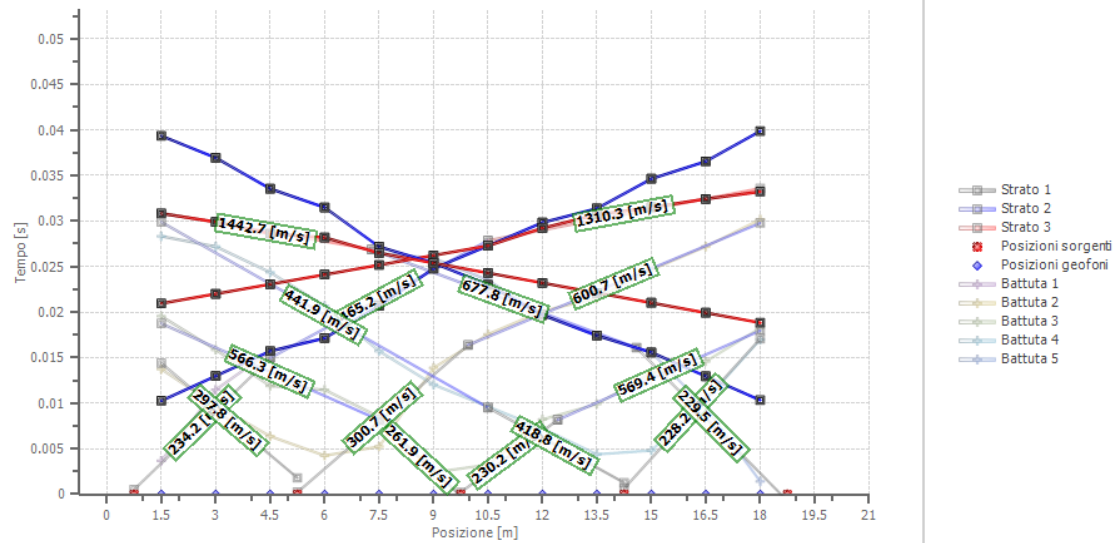


Battuta 5

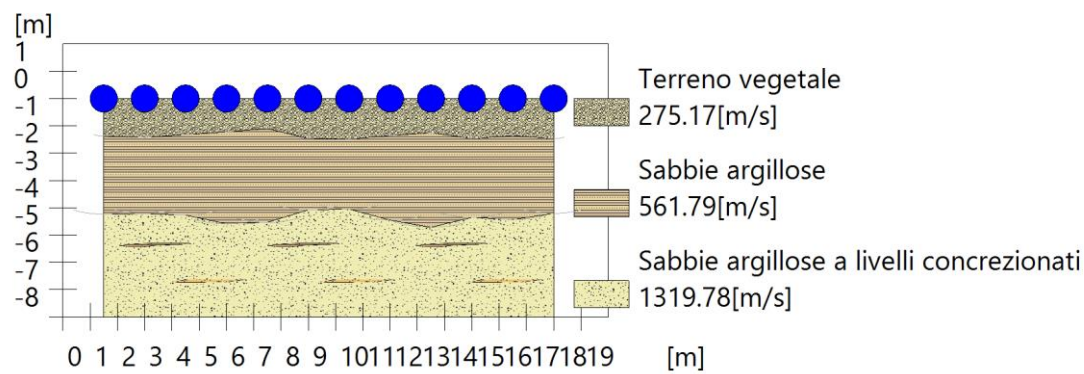
Dromocrone



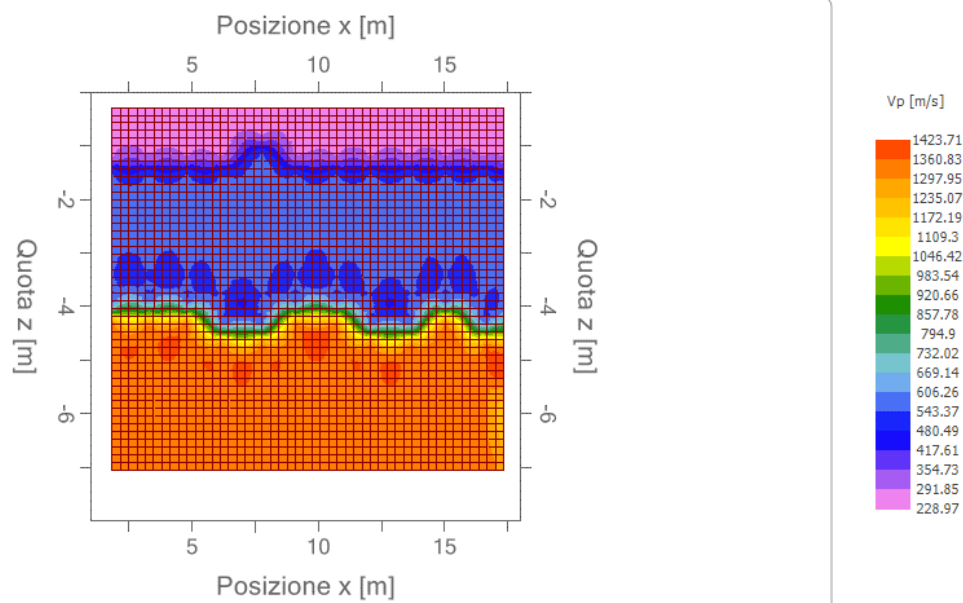
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p

BR_IS2

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 18 m

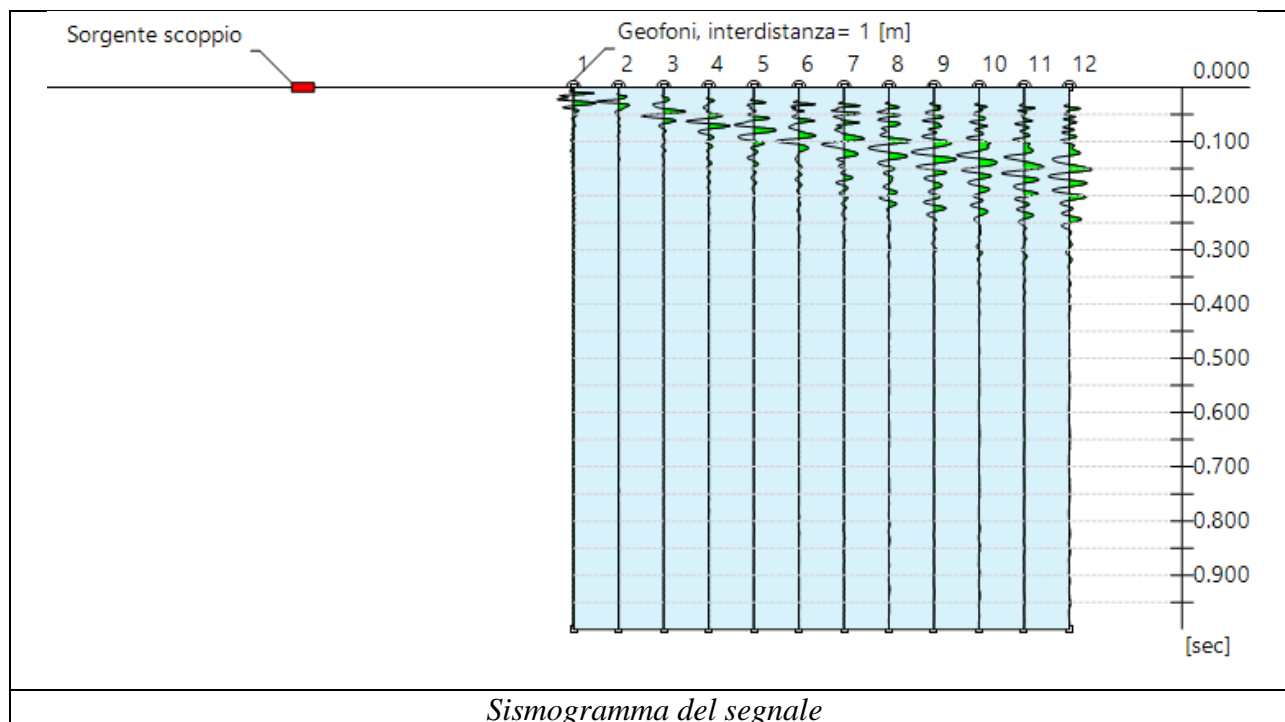
Interdistanza geofonica: 1,50 m





INDAGINE M.A.S.W.

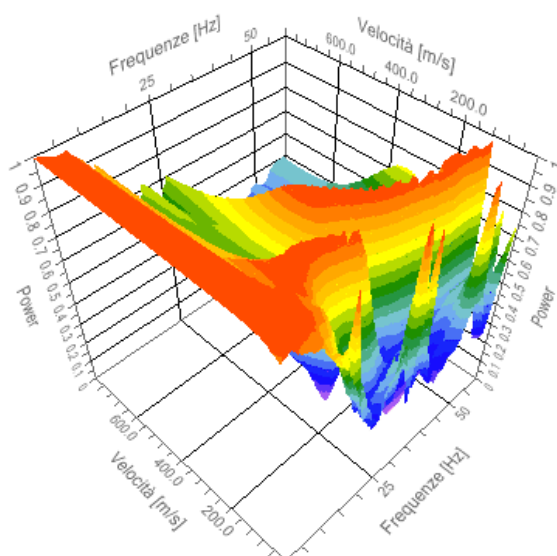
N. tracce 12
 Durata acquisizione [msec] 1000.0
 Interdistanza geofoni [m] 1.5
 Periodo di campionamento [msec] 1.00



Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] 1
 Frequenza massima di elaborazione [Hz] 60
 Velocità minima di elaborazione [m/sec] 1
 Velocità massima di elaborazione [m/sec] 800
 Intervallo velocità [m/sec] 1

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	1800.0	0.30	No	229.6	122.8
2	2.07	1.06	1800.0	0.30	No	560.6	299.6
3	5.95	3.88	1800.0	0.30	No	632.5	338.1
4	9.70	3.75	1800.0	0.30	No	704.6	376.6
5	oo	oo	1800.0	0.30	No	1330.2	711.0

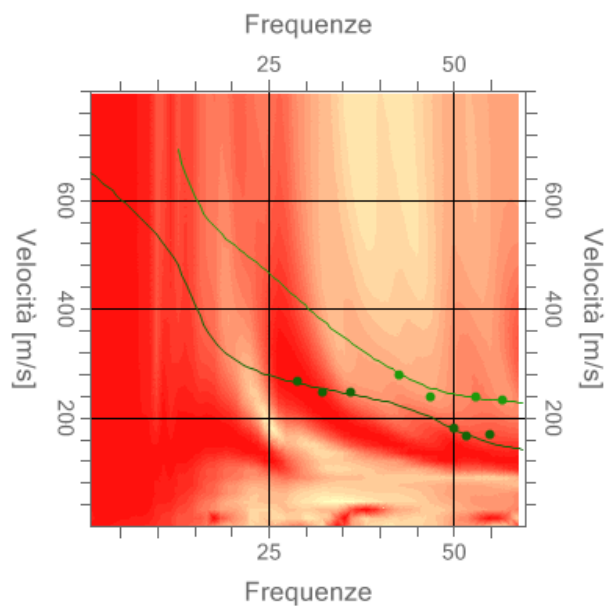
Percentuale di errore

0.107%

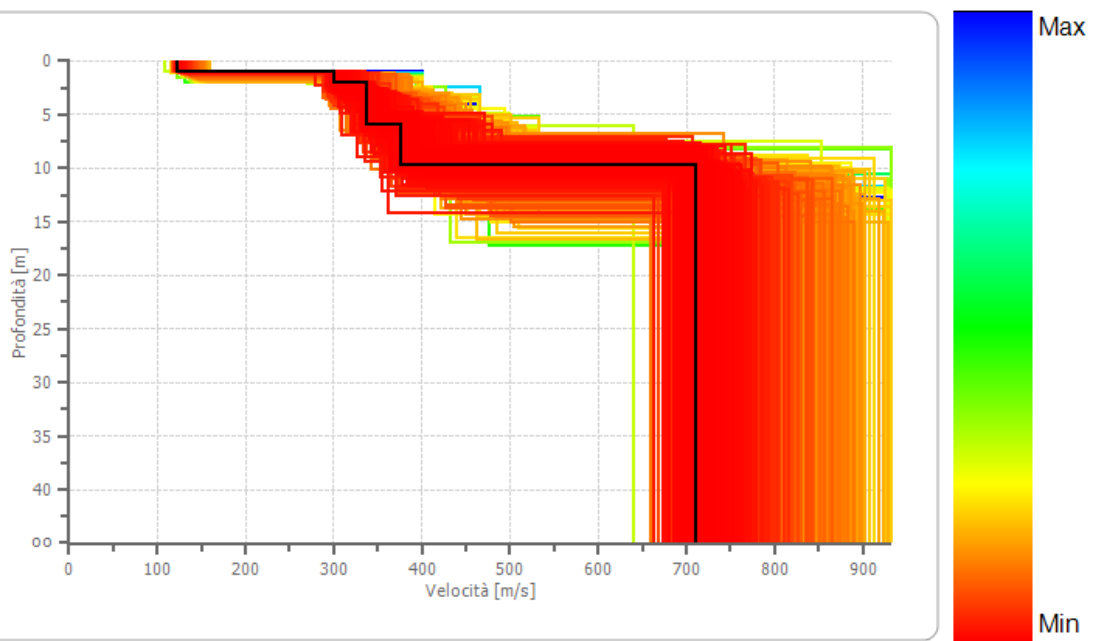
Fattore di disadattamento della soluzione

0.037

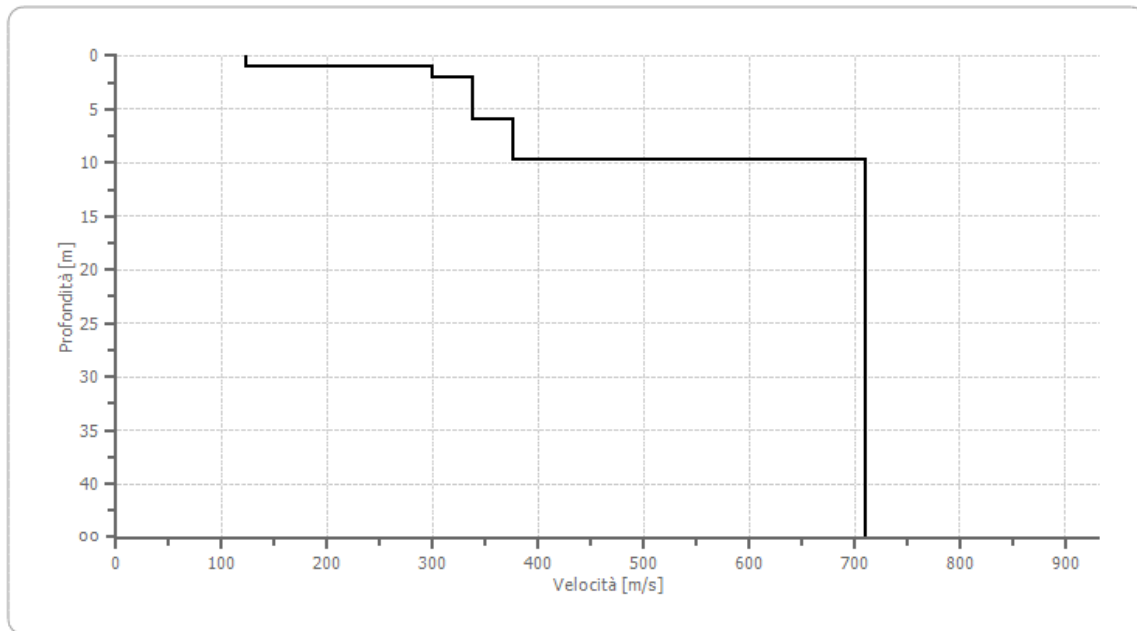
Inversione



Profilo di velocità



Profilo di velocità



Risultati

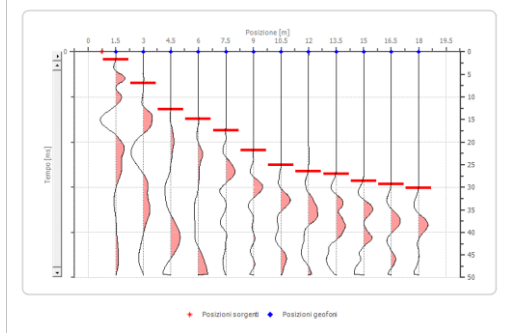
Profondità piano di posa [m]	1.00
Vs,eq [m/sec] (=Vs,30)	545.54
Categoria del suolo	B

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

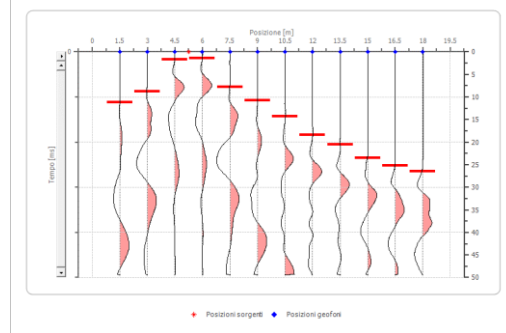
SISMICA A RIFRAZIONE

Geometria geofoni

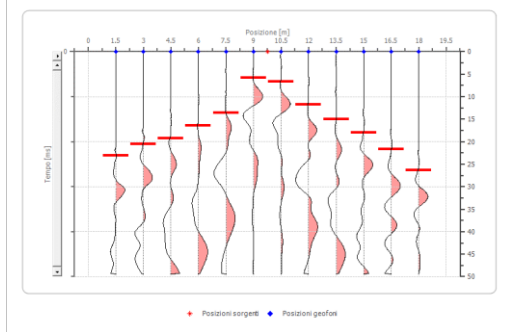
	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	1.5	0.0
2	3.0	0.0
3	4.5	0.0
4	6.0	0.0
5	7.5	0.0
6	9.0	0.0
7	10.5	0.0
8	12.0	0.0
9	13.5	0.0
10	15.0	0.0
11	16.5	0.0
12	18.0	0.0



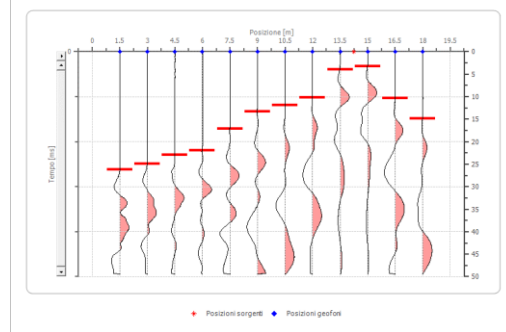
Battuta 1



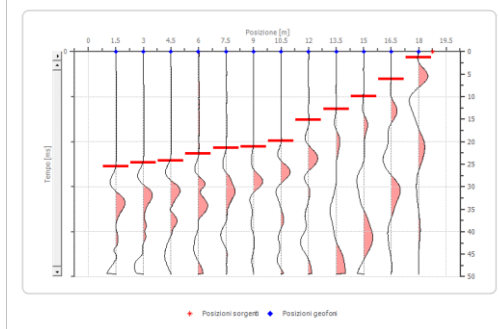
Battuta 2



Battuta 3

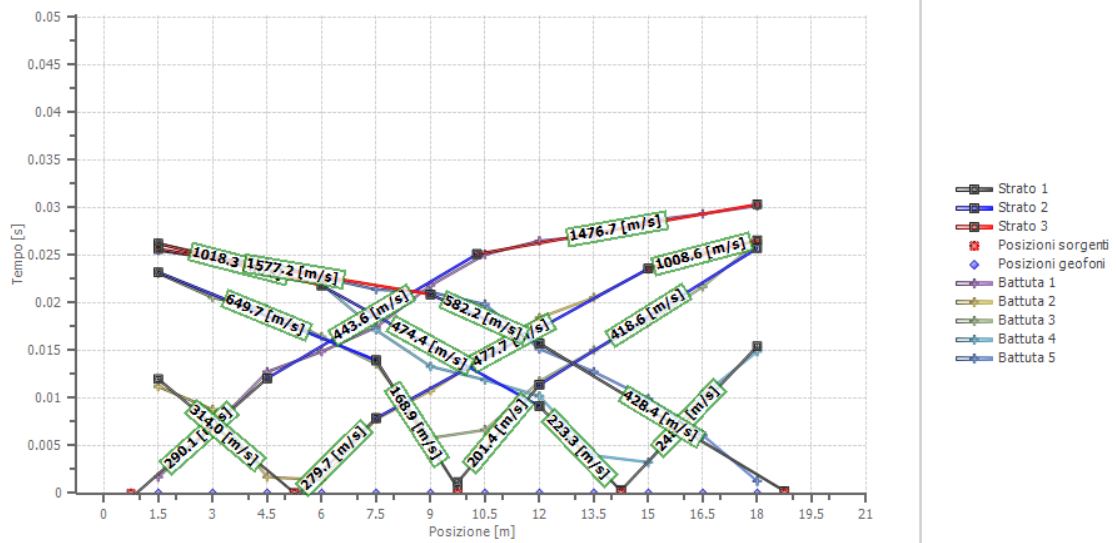


Battuta 4

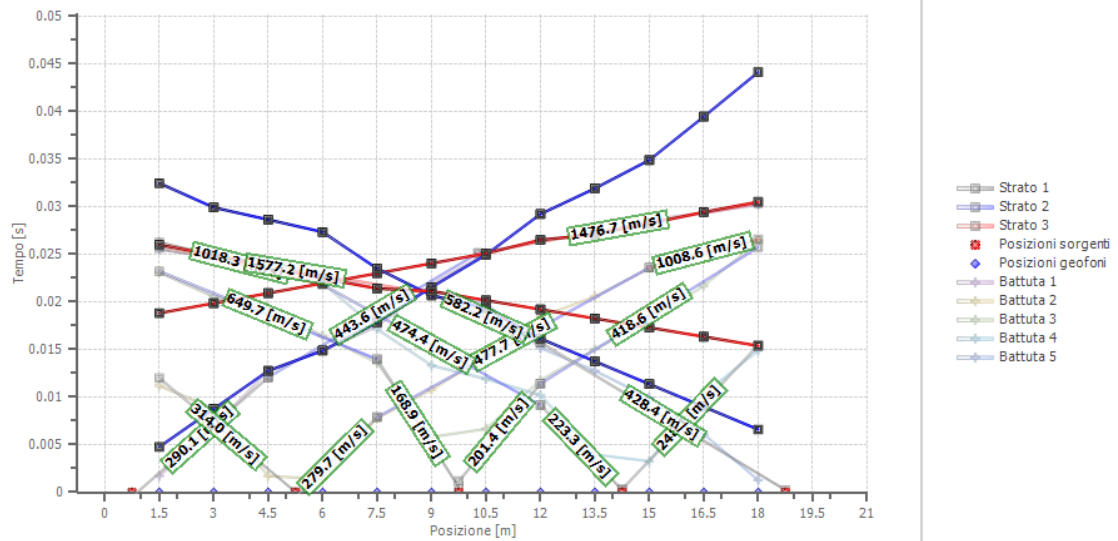


Battuta 5

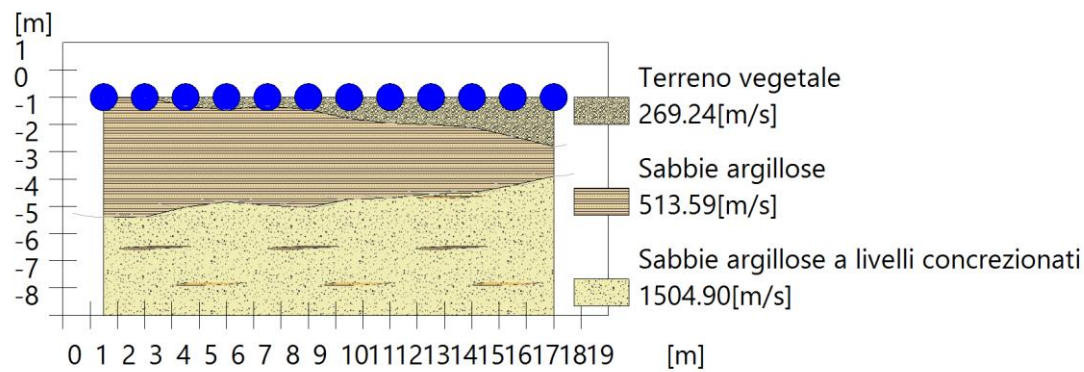
Dromocrone



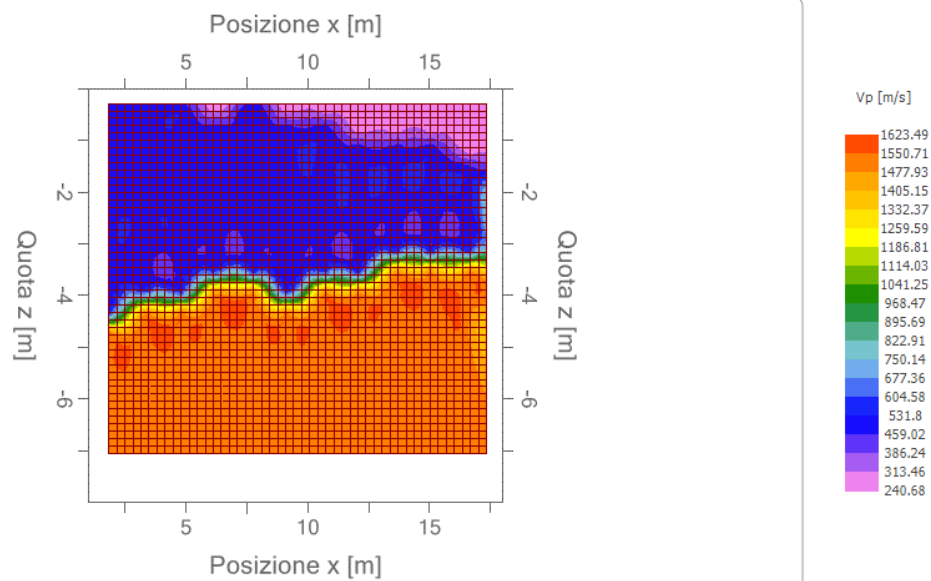
Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G.,R.M.



Sezione GRM



Velocità v_p