



IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA DENOMINATO "LATERA" ALLEGATO 1: RELAZIONE GEOLOGICA

Progetto No. P22_LTR_045

Doc. No. P22045-X-RL-00-AL-01-0

REV.	DATA	PREPARATO DA	CONTROLLATO DA	APPROVATO DA
0	14-Lug-2023	T. Mazzoni	P. Basile	R. Brogi

Preparato per: Latera Sviluppo S.r.l.



Ing. ROBERTO BROGI
ORDINE INGEGNERI della Provincia di PISA
N° 3635 Sezione A
INGEGNERE INDUSTRIALE

STEAM srl
Via Ponte a Piglieri 8
Pisa 56121
ITALY
VAT no. IT01028420501

1	INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO	1
2	MODELLAZIONE GEOLOGICA.....	5
2.1	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE	5
2.1.1	MAGMATISMO DI LATERA	6
2.1.2	SPESORE DELLE VULCANITI	10
2.1.3	INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE PROFONDE	11
2.1.4	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO	12
2.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTI	15
2.3	ASSETTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO	19
3	MODELLAZIONE SISMICA.....	24
4	MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	28
4.1	CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO	28
4.1.1	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DAL POLO AGRO-ENERGETICO	28
4.1.2	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DALLE POSTAZIONI DI REINIEZIONE	30
5	CARATTERISTICHE TECNICHE DEI POZZI PER L'APPROVIGIONAMENTO IDRICO	33
5.1	CARATTERISTICHE DEL POZZO TIPO.....	34
5.2	PROGETTAZIONE DELLA SUPERFICE FILTRANTE	35
6	TERRE E ROCCE DA SCAVO	38
7	CONCLUSIONI.....	39
8	BIBLIOGRAFIA.....	41

INDICE FIGURE

Figura 1.a	Inquadramento delle Opere Impianto Geotermico Pilota "Latera" su CTR (scala 1: 10.000)	3
Figura 1.b	Inquadramento delle Opere per la connessione elettrica dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" alla RTN su CTR (scala 1: 10.000).....	4
Figura 2.1.a	Relazioni fra le unità tettonostratigrafiche e relativi domini paleogeografici dell'Appennino centrale (Tiberti et al. 2005).....	6
Figura 2.1.1.a	Schema geologico dell'area dei Monti Vulsini (da Vezzoli et al., 1987). 1: Depositi sedimentari quaternari 2: Rocce vulcaniche (LVC = Complesso Vulcanico di Latera, BOVC = Complesso Vulcanico di Bolsena – Orvieto, MVC = Complesso Vulcanico di Montefiascone, SVVC = Complesso Vulcanico Vulsini del sud, VVC = Complesso Vulcanico di Vico) 3: Sequenze Neoautoctone; 4: Sequenza Ligure e Sub-ligure; 5: Sequenza Toscana non metamorfica; 6: Sequenza Toscana metamorfica; 7: Faglie principali; 8: Fronte del thrust della sequenza Toscana; 9: Cinta calderica	7
Figura 2.1.1.b	Schema geologico strutturale della caldera di Latera (da Metzeltin & Vezzoli, 1983): a) colate di lava; b) travertino; c) depositi lacustri sollevati e inclinati; d) depositi lacustri e alluvionali indisturbati; e) alti strutturali substrato sedimentario; f) orlo di caldera; g) fotolineamenti, faglie e fratture; h) crateri di esplosione; i) coni di scorie; l) sorgenti; m) sorgenti termominerali; n) emanazioni gassose; p) inclinazione delle	

	superfici strutturali. 1) Orlo presunto della Caldera di Bolsena; 2) Orlo della Caldera di Latera; 3) Orlo presunto della Caldera della piana del Vepe; 4) Linea S. Luce; 5) Linea del Carcano.	8
Figura 2.1.1.c	Stralcio del F.136 "Tuscania" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000)	9
Figura 2.1.2.a	Andamento della base delle vulcaniti. 1) Travertino 2) Vulcaniti 3) Sedimenti Quaternari 4) Sedimenti marini e lacustri del Miocene sup. a Pliocene 5) Liguridi 6) Sequenza Toscana 7) Basamento Paleozoico – Triassico 8) Linee isobate in metri rispetto al livello del mare 9) e 10) Pozzi e pozzetti geotermici 11) Vertici della tavoletta 1:25.000 (da Buonasorte et al., 1987b).....	11
Figura 2.1.3.a	Ubicazione dei pozzi geotermici perforati nella caldera di Latera fino al 1985 (da Sabatelli & Mannari, 1995).....	12
Figura 2.1.4.a	Estratto Carta Geologica Regionale (scala 1:25.000).....	13
Figura 2.1.4.b	Sezioni geologica ricostruita con dati di pozzo e prospezioni geofisiche (Bertrami et al 1984, Enel,1983).....	14
Figura 2.2.a	Morfologia in prossimità delle postazioni di reiniezione	15
Figura 2.2.b	Estratto Carta della Tutela del Territorio Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Fiora	17
Figura 2.2.c	Estratto “Mappa di pericolosità da alluvione del PGRA dell’Appennino Centrale ...	18
Figura 2.3.a	Carta Unità Idrogeologiche della Regione Lazio	20
Figura 2.3.b	Estratto del Foglio 4 della “Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio” (scala 1:100.000)	21
Figura 2.3.c	Localizzazione Pozzi presenti in prossimità dell’area interessata dalle opere in progetto	23
Figura 3.a	Mappa della Zonizzazione Sismica della Regione Lazio	25
Figura 3.b	Categorie di sottosuolo che permette l’utilizzo dell’approccio semplificato (NTC 2018)	26
Figura 3.c	Categorie Topografiche (Tabella 3.2.III delle NTC 2018)	27
Figura 4.1.1.a	Ubicazione delle Indagini polo produttivo.....	29
Figura 4.1.2.a	Ubicazione delle Indagini in prossimità delle postazioni di reiniezione	31
Figura 5.1.a	Schema del Profilo Tecnico del Pozzo Tipo.....	35

INDICE TABELLE

Tabella 2.1.4.a	Stratigrafia del Pozzo ID 150375 (da Data Base Ispra).....	14
Tabella 2.3.a	Livello Piezometrico dei pozzi limitrofi all’area di studio (dati DataBase ISPRA)	23
Tabella 3.b	Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all’accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica delle Regione Lazio (Allegato 1 – DGR n. 387/2009).....	25
Tabella 4.1.1.a	Parametri Geotecnici del terreno	30
Tabella 4.1.2.a	Parametri Geotecnici del terreno	32

1 INTRODUZIONE E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica è stata predisposta nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) per la realizzazione dell'Impianto Pilota Geotermico "Latera", che la società Latera Sviluppo s.r.l. intende realizzare nei territori comunali di Latera (VT) e Valentano (VT).

In particolare, il progetto in esame consiste nella realizzazione di un impianto geotermoelettrico, con centrale di produzione elettrica a ciclo organico, capace di generare energia elettrica, con assenza di emissioni in atmosfera, e di cedere calore sfruttando come fonte di energia primaria fluidi geotermici a temperatura. I fluidi geotermici, una volta utilizzati nell'impianto per la produzione di energia elettrica ed eventualmente per la cessione di calore per usi agricoli o industriali, verranno integralmente reiniettati, ivi inclusi i relativi gas incondensabili naturalmente presenti, nelle formazioni di provenienza.

L'impianto geotermoelettrico permetterà la coltivazione delle risorse scoperte attraverso l'impiego di tecnologie avanzate non ancora pienamente commerciali, adeguate per i fluidi rinvenuti e per il tipo di reservoir, tali da garantire i più elevati standard ambientali.

L'impianto Pilota denominato "Latera" sarà costituito da:

- l'impianto di generazione sarà una centrale con tecnologia Organic Ranking Cycle (ORC), con condensazione ad aria, capace di sviluppare una potenza netta immessa in rete di 5 MW elettrici;
- n.2 pozzi di produzione (di cui 1 devianti) da realizzare in un'unica postazione di produzione denominata LT_1;
- n.2 pozzi di reiniezione (di cui 1 deviato) da realizzare in un'unica postazione di reiniezione denominata LT_2;
- n.1 postazione di produzione e n.1 postazione di reiniezione "di riserva", denominate rispettivamente LT_3 e LT_4;
- le relative tubazioni di trasporto del fluido geotermico tra la Centrale e le postazioni sopra indicate;
- le opere di connessione elettrica prevedono il collegamento della centrale fino alla cabina primaria (CP) "Latera", previa la realizzazione di una cabina di consegna interposta tra le due aree. Il collegamento avverrà mediante la realizzazione di un elettrodotto MT interrato di lunghezza pari a circa 2,3 km.

Le postazioni LT_3 e LT_4 sono definite "di riserva" in quanto hanno lo scopo di garantire l'operatività del progetto anche nella improbabile situazione per la quale le postazioni ed i relativi pozzi previsti non risultino pienamente efficienti dal punto di vista tecnico-economico per la coltivazione delle risorse geotermiche.

Per maggiori dettagli sulle opere si rimanda al Progetto Definitivo, di cui la presente relazione costituisce l'Allegato 1. L'ubicazione delle opere è riportata in Figura 1.a e Figura 1.b, dove si riporta in particolare il tracciato dell'elettrodotto MT.

La caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica è stata condotta attraverso osservazioni di superficie e indagini in situ compiute a Marzo 2023.

In particolare, le indagini sono state effettuate sulle aree dove è prevista la realizzazione delle opere principali di progetto (centrale, postazione di produzione e reiniezione). Per quanto riguarda le opere di connessione elettrica è stata eseguita unicamente una caratterizzazione di superficie.

Le indagini sui terreni e le relative elaborazioni di carattere geologico o geotecnico sono state condotte sulla base della normativa vigente in materia, facendo riferimento alle norme e prescrizioni di cui D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) e alla relativa circolare esplicativa del C.S.LL.PP. n. 7/2019 (Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018) nonché sulla base delle indicazioni regionali date dal D.G.R. n. 387 del 22/05/2009 e s.m.i..

Lo studio, al fine di consentire la definizione di un quadro geologico e geomorfologico attendibile è stato esteso alle zone limitrofe alle opere.

Figura 1a Inquadramento delle Opere Impianto Geotermico Pilota "Latera" su CTR (scala 1: 10.000)

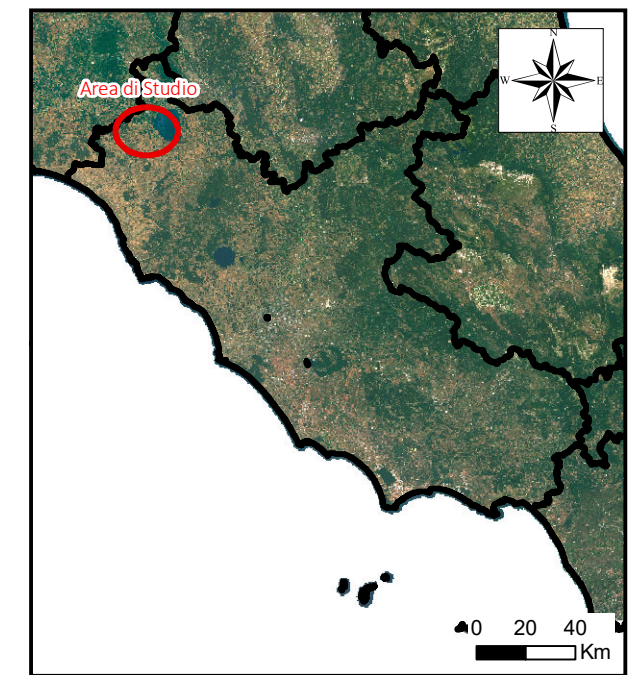
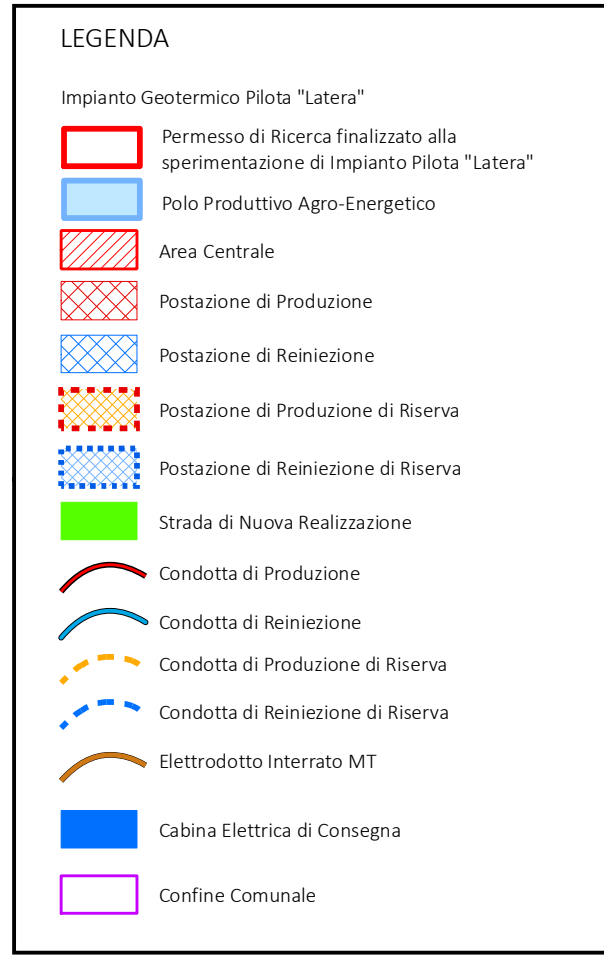
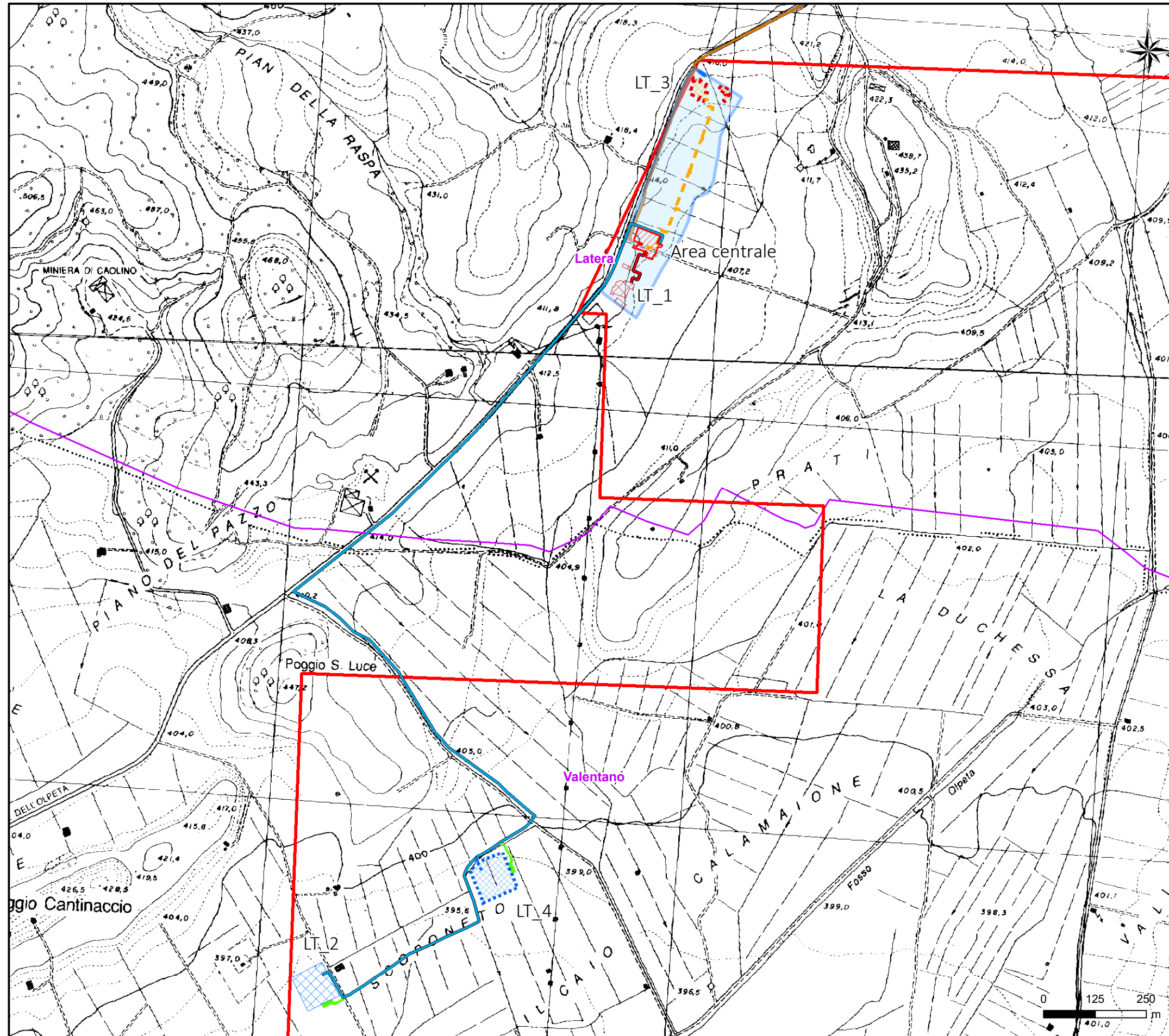
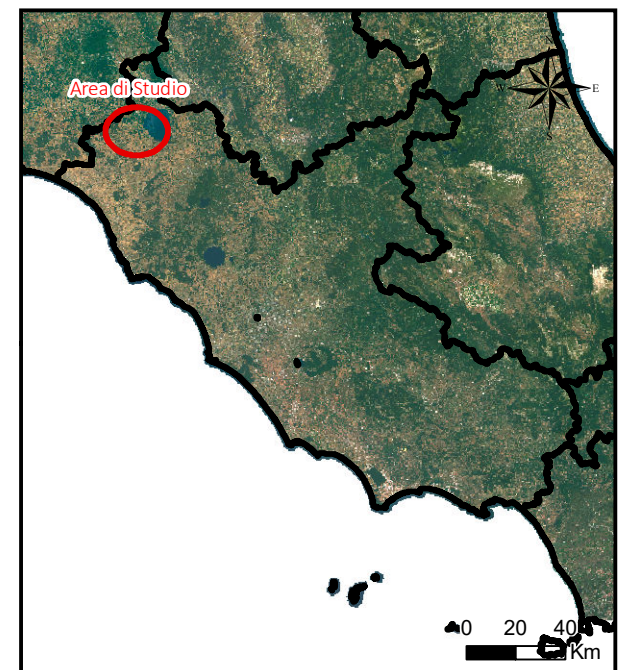
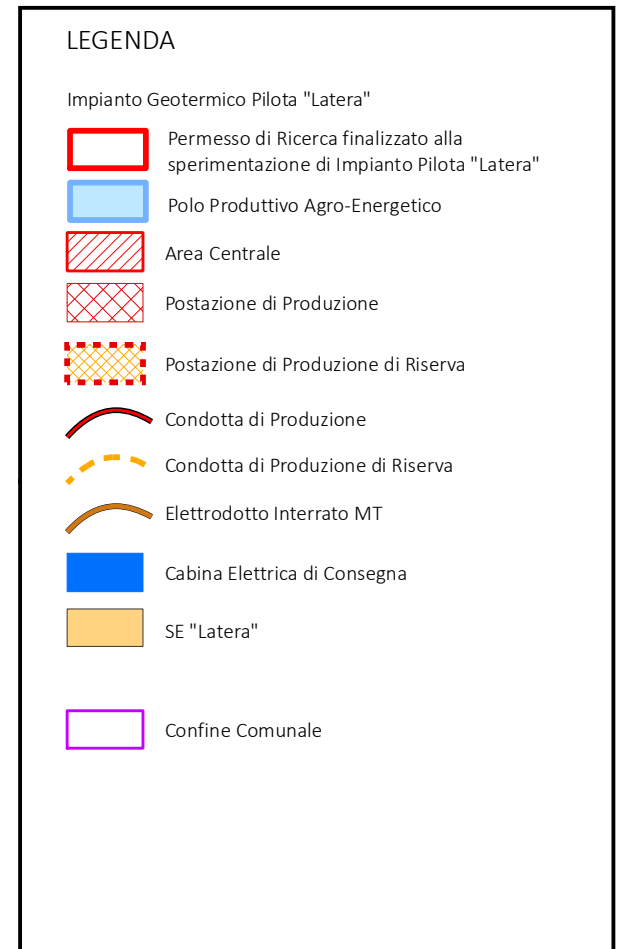
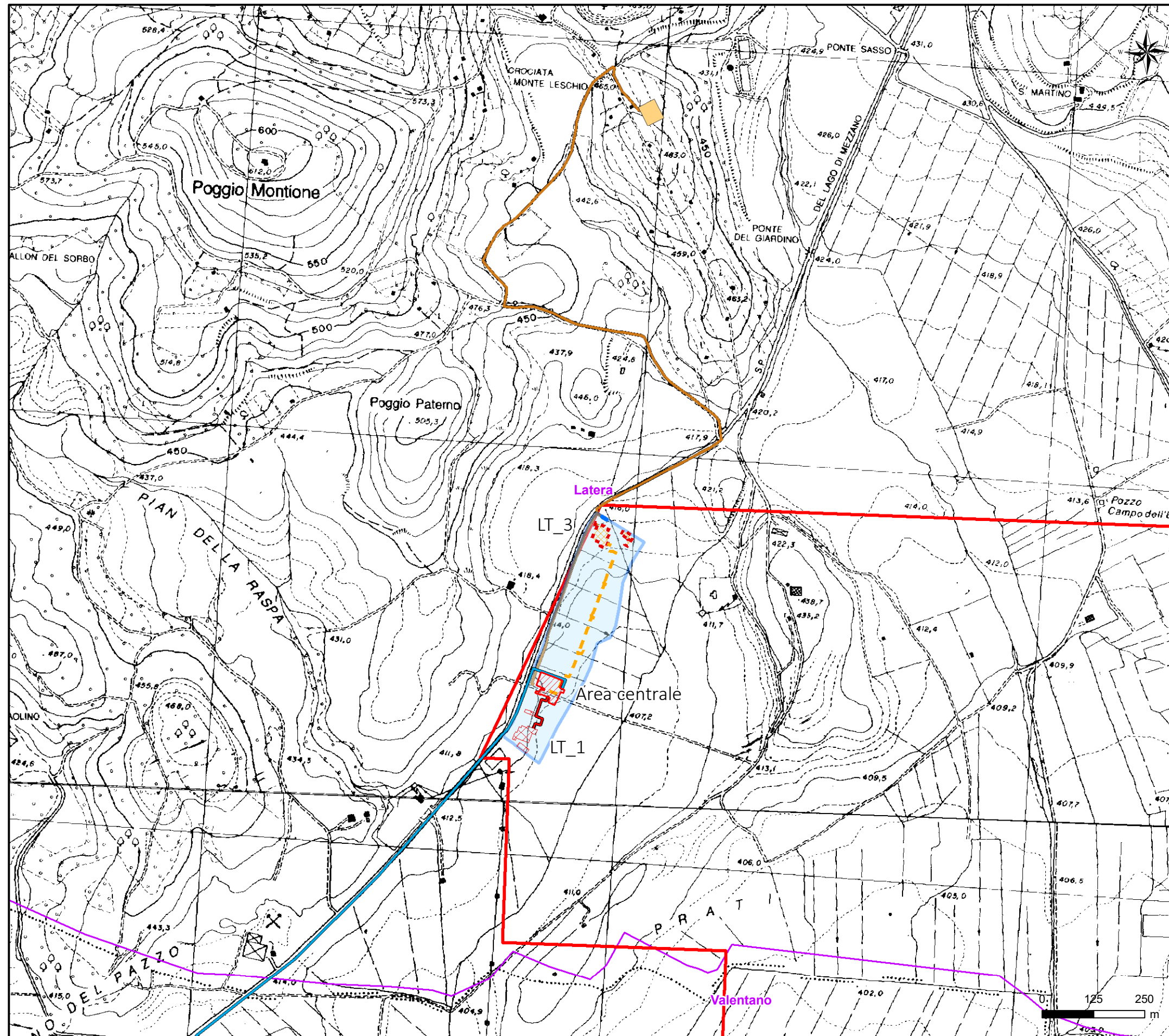


Figura 1b Inquadramento delle Opere per la connessione elettrica dell'Impianto Geotermico Pilota "Latera" alla RTN su CTR (scala 1: 10.000)



2 MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio laziale è strutturalmente collocato nella parte interna dell'Appennino centro-settentrionale la cui evoluzione geologica e strutturale è il risultato del processo di convergenza e collisione (Cretaceo sup.-Miocene inf.) fra la microplacca Adria ed il Margine Europeo, rappresentato dal Massiccio Sardo-Corso (*Molli, 2008*). La tettonica collisionale ha determinato la sovrapposizione delle varie Unità tettoniche coinvolte nello sviluppo dell'Appennino centrale (*Parotto & Praturlon, 2004; Tiberti et al., 2005*) e che sono ascrivibili a quattro principali domini paleogeografici (Figura 2.1.a):

- il Dominio Ligure e Sub Ligure (Unità Ofiolitifere giurassico-cretacee e dei Flysch Tolfetani e di S.Fiora cretaceo-eocenici);
- il Dominio Toscano (formazioni evaporitiche e carbonatiche triassico-cretaceo e pelagiti/torbiditi oligoceniche-mioceniche, il cui substrato è costituito dal Complesso Metamorfico Toscano di età triassico-paleozoica);
- il Dominio Umbro-Sabino (formazioni carbonatiche simili a quelle toscane);
- il Dominio Laziale-Abruzzese (successione evaporitico-carbonatico-dolomitica di età triassico-cretacea).

A partire dal Miocene medio-sup., l'evoluzione tettonica dell'area laziale è guidata dal contemporaneo sviluppo di strutture distensive, correlate all'apertura del Bacino Tirrenico (settore nord-occidentale del Lazio), e dalla segmentazione laterale delle Unità Liguri e Toscane attraverso lo sviluppo di faglie dirette a geometria articolata.

Le strutture della tettonica compressiva e quelle della tettonica distensiva miocenica sono state dislocate da faglie dirette di età Pliocenico-Pleistocenica, ad orientazione preferenziale NNO-SSE, che hanno dato origine a depressioni strutturali colmate dalla sedimentazione continentale e marina durante il Neogene e Quaternario.

A quest'ultima fase dell'evoluzione tettonica dell'area è correlato il magmatismo pleistocenico che caratterizza tutta l'area nord-occidentale del Lazio (*Peccerillo, 2003*) con una spessa copertura di prodotti vulcanici. L'area di sviluppo del PR "Latera" è localizzata nella parte occidentale del complesso vulcanico Quaternario dei Monti Vulsini, ad ovest del Lago di Bolsena. L'intera area dei monti Vulsini è quasi completamente coperta da depositi effusivi alcalino-potassici prodotti dall'intensa e prolungata attività vulcanica del Complesso vulcanico Vulsino.

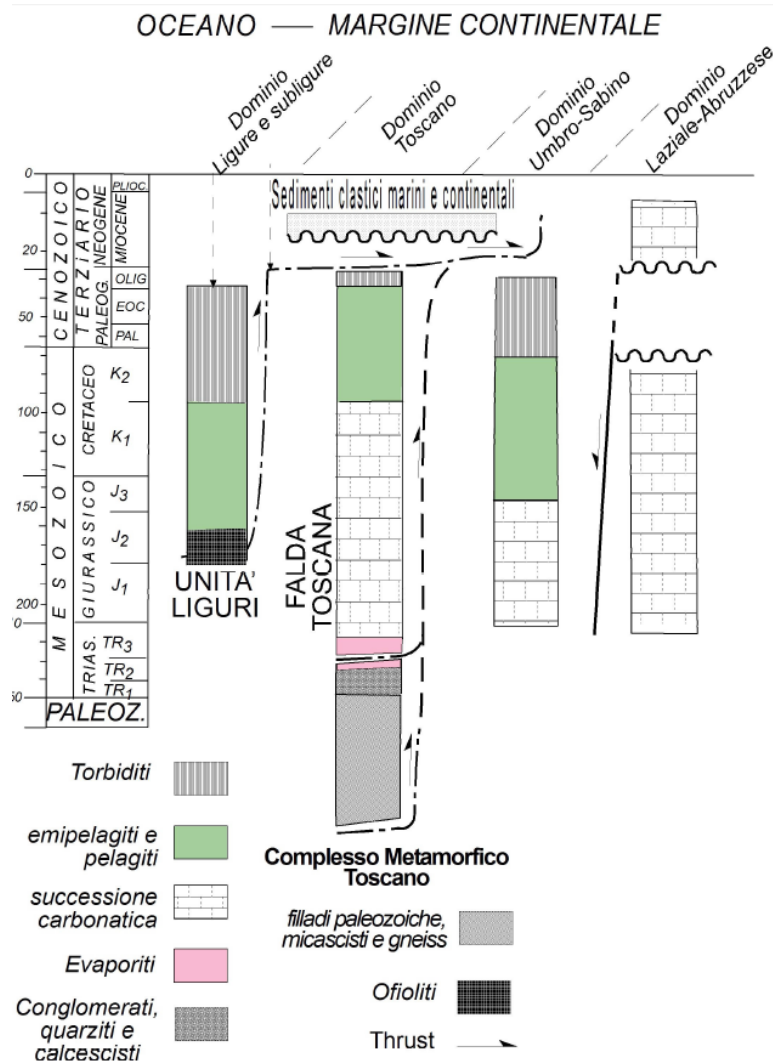


Figura 2.1.a Relazioni fra le unità tettonostratigrafiche e relativi domini paleogeografici dell'Appennino centrale (Tiberti et al. 2005)

2.1.1 MAGMATISMO DI LATERA

Latera, nel complesso vulcanico dei Vulsini, è la struttura vulcanica più settentrionale del Lazio appartenente alla Provincia Comagmatica Romana. Il vulcano di Latera si è formato sul fianco occidentale della Caldera di Bolsena, a partire da circa 421 ka (Figura 2.1.1.a) ed ha prodotto, per lo più tra 278 e 150 ka, varie eruzioni ignimbriche voluminose con minori lave e tefra che, a loro volta, hanno generato molteplici collassi che hanno portato alla formazione dell'attuale caldera, poligenetica e complessa, che ha una forma ellittica (8 x 10 km) con l'asse principale orientato NE-SW (Figura 2.1.1.b) (Metzeltin & Vezzoli, 1983).

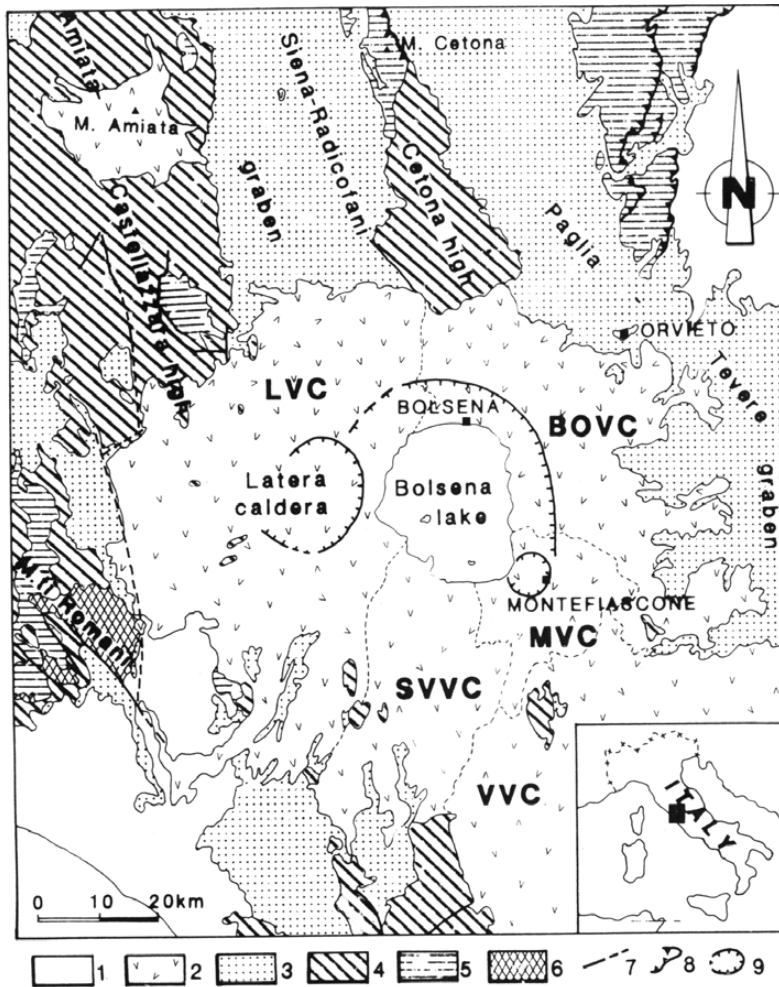


Figura 2.1.1.a

Schema geologico dell'area dei Monti Vulsini (da Vezzoli et al., 1987). 1: Depositi sedimentari quaternari 2: Rocce vulcaniche (LVC = Complesso Vulcanico di Latera, BOVCA = Complesso Vulcanico di Bolsena – Orvieto, MVC = Complesso Vulcanico di Montefiascone, SVVC = Complesso Vulcanico Vulsini del sud, VVC = Complesso Vulcanico di Vico) 3: Sequenze Neotectone; 4: Sequenza Ligure e Sub-ligure; 5: Sequenza Toscana non metamorfica; 6: Sequenza Toscana metamorfica; 7: Faglie principali; 8: Fronte del thrust della sequenza Toscana; 9: Cinta calderica.

La caldera di Latera è in effetti una struttura poligenica formata da una serie successiva di collassi (Melzelin & Vezzoli, 1983). Nei settori settentrionali e orientali fino a Valentano è marcata da un bordo ben evidente, mentre nelle parti rimanenti il limite della caldera è segnato da una serie di orli di collasso. Al suo interno compare un'altra struttura depressa che corrisponde alla piana del Vepe e che contiene la struttura vulcanica del lago di Mezzano. Le strutture di Latera e di Vepe sono tagliate da una frattura con direzione E-W lunga circa 15 km, che si estende dal lago di Bolsena fino agli affioramenti di travertino presso Pitigliano (Buonasorte et al., 1987b).

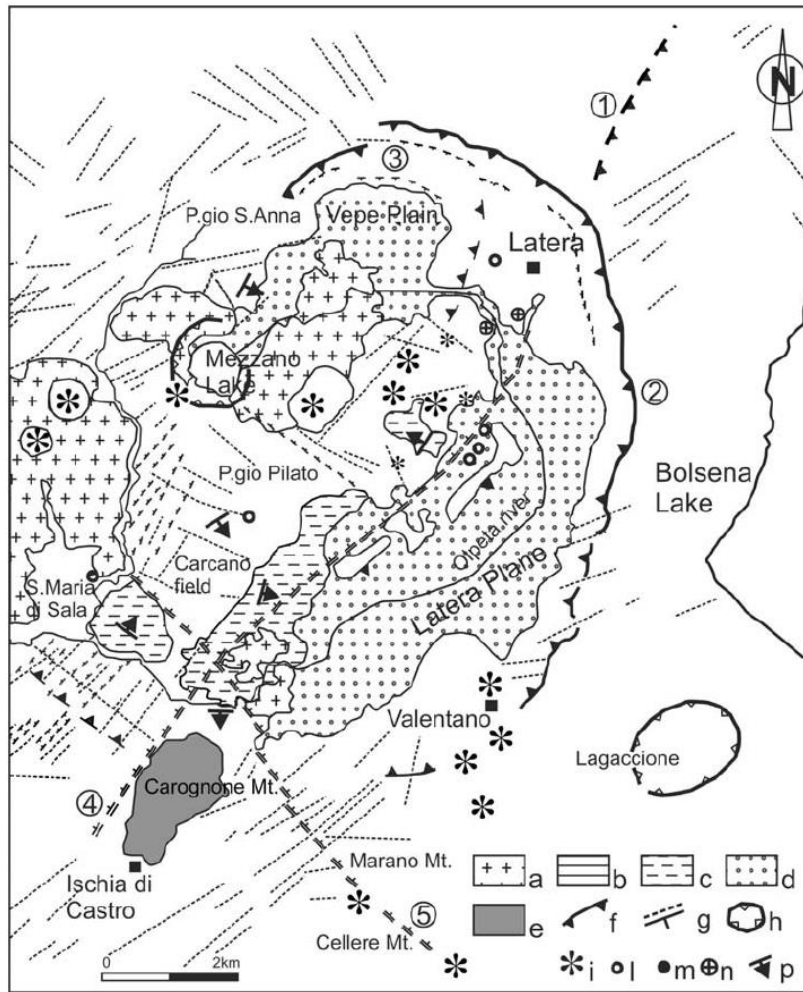


Figura 2.1.1.b

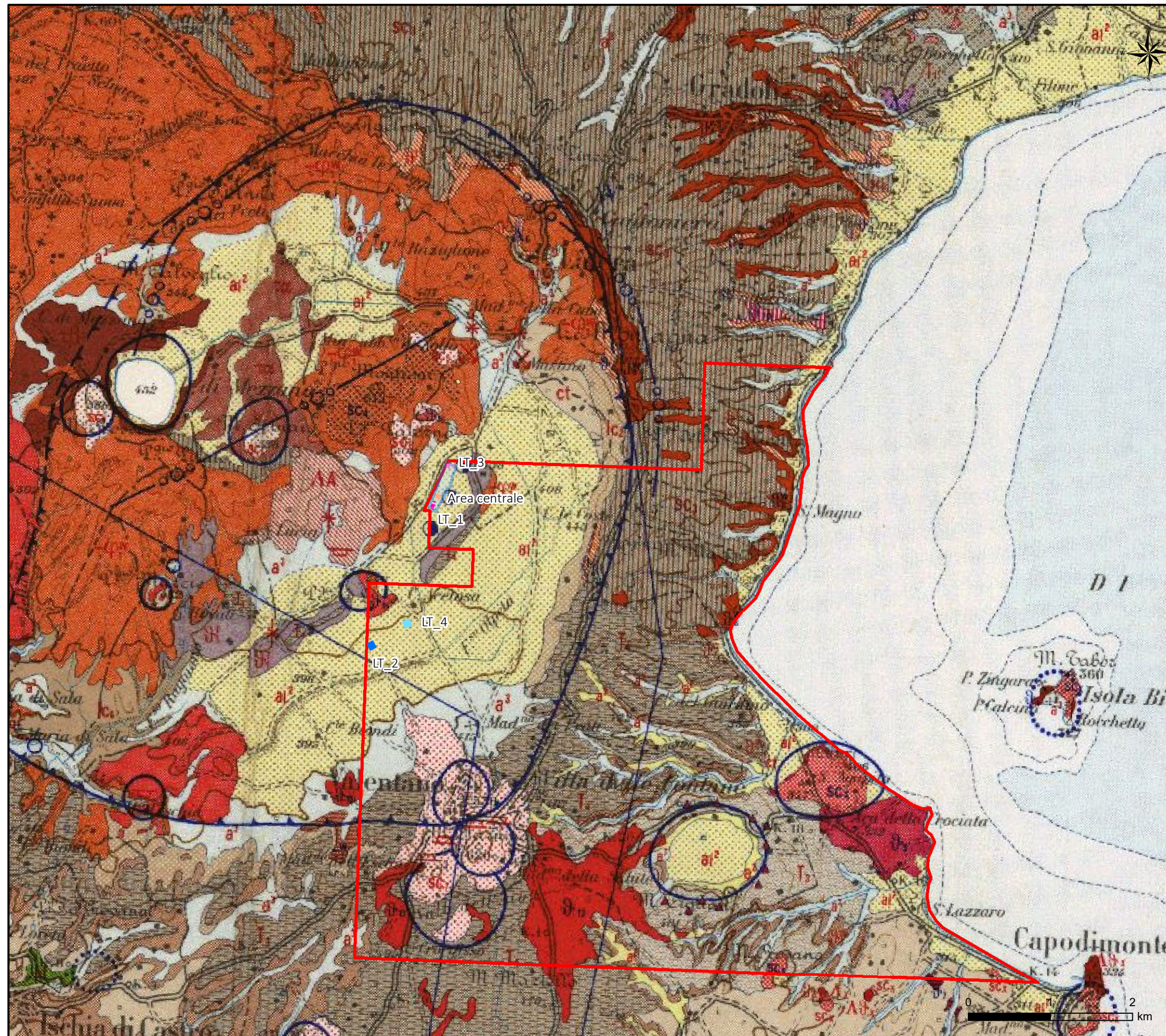
Schema geologico strutturale della caldera di Latera (da Metzeltin & Vezzoli, 1983): a) colate di lava; b) travertino; c) depositi lacustri sollevati e inclinati; d) depositi lacustri e alluvionali indisturbati; e) alti strutturali substrato sedimentario; f) orlo di caldera; g) fotolineamenti, faglie e fratture; h) crateri di esplosione; i) coni di scorie; l) sorgenti; m) sorgenti termominerali; n) emanazioni gassose; p) inclinazione delle superfici strutturali. 1) Orlo presunto della Caldera di Bolsena; 2) Orlo della Caldera di Latera; 3) Orlo presunto della Caldera della piana del Vepe; 4) Linea S. Luce; 5) Linea del Carcano.

In Figura 2.1.1.c si riporta lo stralcio della carta geologica d'Italia con la localizzazione delle opere in progetto da cui è possibile rilevare che l'area è interamente caratterizzata dall'affioramento di prodotti vulcanici e depositi quaternari recenti.

La storia eruttiva del complesso vulcanico di Latera comprende tre fasi principali di attività, tutte successive alla formazione della depressione del Lago di Bolsena:

- **Fase 1** da 0.4 Ma a 0.3 Ma (Nicoletti et al., 1979; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), caratterizzata da un'attività di tipo effusivo e da una quantità limitata di prodotti emessi (Landi, 1987).
- **Fase 2** da 0.278 Ma a 0.16 Ma (Nicoletti et al., 1979; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), suddivisa in tre stadi, pre-calderico, sin-calderico, post-calderico, con variazione nel chimismo; nell'insieme questa fase è dominata dall'attività esplosiva (Landi, 1987), con la messa in posto di ingenti volumi di flussi piroclastici.
- **Fase 3**, la più recente, da 0.16 Ma a 0.14 Ma (Nicoletti et al., 1971; Varekamp, 1980; Metzeltin & Vezzoli, 1983; Villa, 1989), rappresenta la fase prevalentemente effusiva finale, intracalderica e pericalderica (Landi, 1987).

Figura 2.1.1c Stralcio del F.136 "Tuscania" della Carta Geologica d'Italia (Scala 1:50.000)



LEGENDA *

- Impianto Geotermico Pilota "Laterna"
- Permesso di Ricerca finalizzato alla sperimentazione di Impianto Pilota "Laterna"
 - Polo Produttivo Agro-Energetico
 - Area Centrale
 - Postazione di Produzione
 - Postazione di Reiniezione
 - Postazione di Produzione di Riserva
 - Postazione di Reiniezione di Riserva
- DEPOSITI QUATERNARI
- Alluvioni - Recenti ed Attuali (a¹) (Olocene)
 - Depositi Lacustri (al¹)
 - Travertini (tr¹) (Pleistocene)
- COMPLESSI VULCANICI (Pleistocene)
- Apparato Vulsini
- Epivolcaniti: limi e sabbie con prevalenti elementi vulcanici (ct)
 - Tefriti (v_{1a})
 - Scorie, bombe, lapilli e brandelli lavici di coni di scorie (sc₅)
 - Vulcanite complessa di Pitigliano (v₁^w)
 - Lapilli Neri (sc₃)
 - Centro eruttivo di Poggio Lucio (sc₂)
 - Tefrite leucitica grigio chiaro (v₂)
- Pozzi geotermici esistenti
 - Cave Attive
 - Sorgenti
 - Edificio vulcano parzialmente sepolto
 - Resti dei Principali Edifici Vulcanici
 - Cinta calderica

(*) La legenda è stata modificata rispetto a quanto riportato nella legenda del F.136 "Tuscania"



Dal punto di vista vulcanologico, la fase eruttiva principale è la fase 2, stadi pre e sin-calderico, caratterizzata dall'emissione di ingenti quantità di colate piroclastiche, con magmi saturi evoluti (trachitici) (Landi, 1987) che costituiscono circa il 70% del vulcano.

Il volume di magma emesso è stato stimato intorno a 10 km³ da Locardi (1983). Le analisi radiometriche effettuate sulle prime unità ignimbritiche eruttate datano l'inizio di queste manifestazioni vulcaniche a 278.000 anni (Metzeltin & Vezzoli, 1983). L'emissione delle colate piroclastiche è stata accompagnata da fratturazioni e collassi dovuti sia allo svuotamento della camera magmatica sia alla tettonica tensionale che ha provocato le eruzioni stesse. La zona collassata è per ragioni geologiche (presenza di una camera magmatica poco profonda che ha determinato per svuotamento il collasso calderico) una zona termicamente anomala di interesse geotermico. La camera magmatica rappresenta la sorgente di calore del sistema.

L'attività vulcanica più recente di Latera è avvenuta lungo fratture NE-SW in corrispondenza di un alto strutturale sepolto allungato nella stessa direzione, come indicato dai dati gravimetrici e dai sondaggi geotermici (Barberi et al., 1984). I prodotti vulcanici di Latera coprono l'intero campo di variazione composizionale da magmi basici ad evoluti, sia della serie sottosatura in silice alta in K (da tefriti o leucititi a fonoliti), sia della serie K satura in silice (da trachibasalti a trachiti) (Landi, 1987; Innocenti e Trigila, 1987; Turbeville, 1993). Queste variazioni indicano la lunga persistenza di una camera magmatica superficiale, il cui svuotamento per eruzioni esplosive (in particolare quella della fase 2), ha generato il collasso calderico.

Paragenesi di minerali indicative di processi retrogradi metamorfici – idrotermali sono state trovate in campioni di carote e indicano che il sistema è stato interessato da stadi idrotermali precoci caratterizzati da alte T con possibile coinvolgimento di fluidi magmatici (Cavarretta et al., 1985).

2.1.2 SPESSORE DELLE VULCANITI

I prodotti vulcanici di Latera ricoprono una sequenza sedimentaria costituita da un flysch alloctono (Unità Liguridi) messo in posto tettonicamente sopra una sequenza carbonatica (Serie Toscana).

Lo spessore delle vulcaniti nella zona delle caldere di Latera e Bolsena è stato ricostruito da Buonasorte et al. (1987b) sulla base di dati altimetrici degli affioramenti, delle stratigrafie dei pozzi profondi e dell'interpretazione congiunta di dati geoelettrici e magnetici. Da rilevare che il complesso vulcanico mostra una resistività molto variabile (100 a 3.000 Ω*m) dovuto alla prevalenza di depositi piroclastici più conduttivi o di lava più resistive. È inoltre presente un livello con resistività bassa (100 – 150 Ω*m) che probabilmente corrisponde a vulcaniti argillificate che possono localmente contribuire alla copertura del serbatoio geotermico nelle parti in cui il flysch è molto ridotto.

Dalla mappa della base delle vulcaniti (Figura 2.1.2.a) si vede bene la struttura della caldera di Latera orientata NE-SW con uno spessore di vulcaniti superiore a 1.500 m dal piano campagna nella parte più depressa.

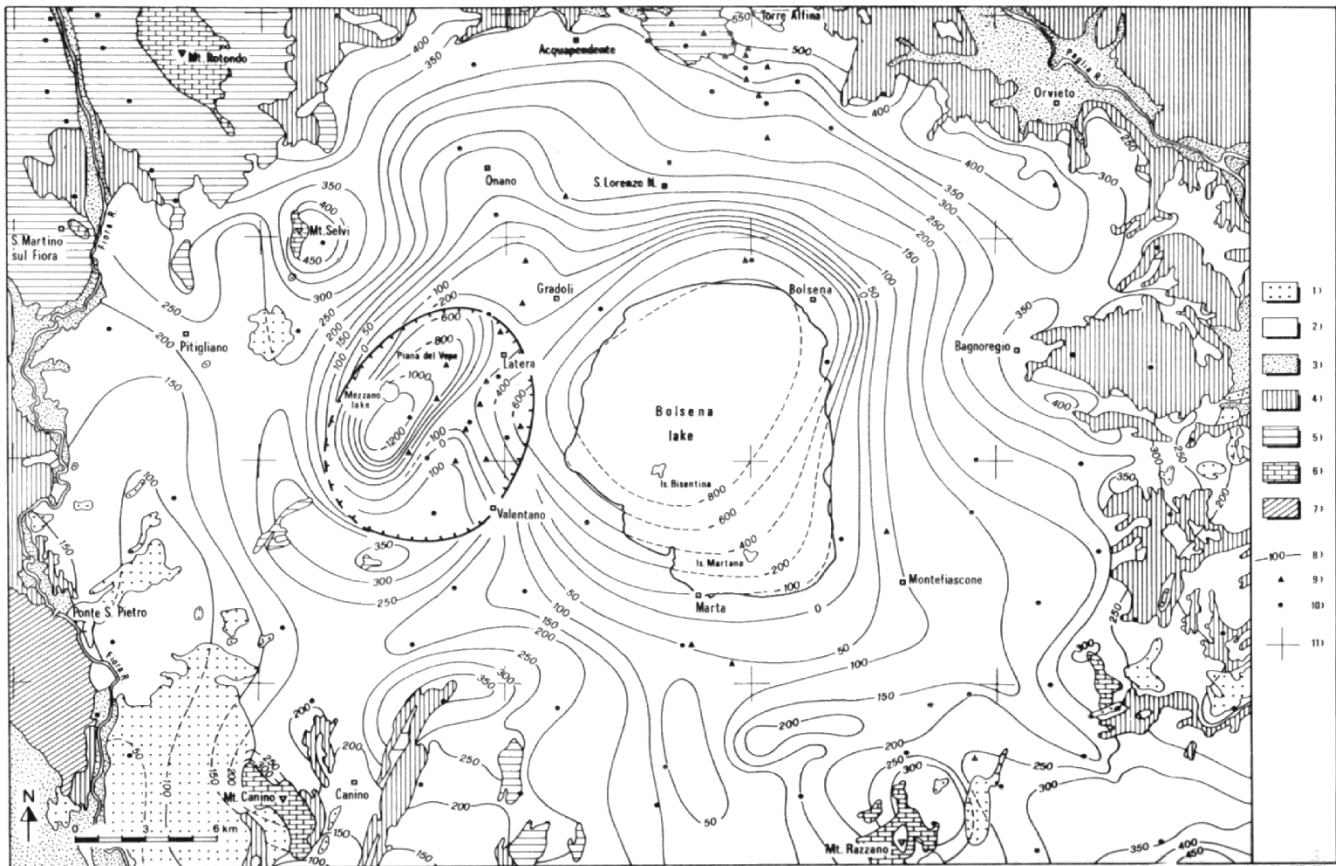


Figura 2.1.2.a *Andamento della base delle vulcaniti. 1) Travertino 2) Vulcaniti 3) Sedimenti Quaternari 4) Sedimenti marini e lacustri del Miocene sup. a Pliocene 5) Liguridi 6) Sequenza Toscana 7) Basamento Paleozoico – Triassico 8) Linee isobate in metri rispetto al livello del mare 9) e 10) Pozzi e pozzeri geotermici 11) Vertici della tavoletta 1:25.000 (da Buonasorte et al., 1987b).*

2.1.3 INFORMAZIONI STRATIGRAFICHE PROFONDE

L'area geotermica della caldera di Latera (concessione Valentano) è stata oggetto negli anni '70 – '80 da parte dell'ENEL e della joint venture ENEL – AGIP, di un intenso programma di prospezioni geologiche, idrogeochimiche e geofisiche culminato con la perforazione (tra il 1979 e il 1985) di 15 pozzi con profondità da 455 e 3.000m. L'ubicazione di questi pozzi è riportata nella Figura 2.1.3.a. Tali pozzi hanno consentito la ricostruzione geologica-strutturale delle unità stratigrafiche profonde e non affioranti nell'area di Latera. Di particolare interesse dal punto di vista geotermico sono le formazioni riferibili alla Serie Toscana che dall'alto verso il basso sono rappresentate da:

1. Formazione della Scaglia Toscana (successione argillitica e calcareo-marnosa, del Cretaceo-Paleocene);
2. Formazione della Maiolica (calcilutiti silicee con liste di selce del Cretaceo inferiore);
3. Formazione dei Diaspri (radiolariti ed argilliti silicee del Malm);
4. Formazione delle Marne a Posidonomia (marne e calcari marnosi del Dogger);
5. Formazione del Calcare selcifero (calcilutiti con liste e noduli di selce e livelli di argilliti silicee del Lias);
6. Formazione del Rosso ammonitico (calcari rosati ammoniti del Lias medio, non segnalati nei pozzi);

7. Formazione del Calcarea massiccio (Lias inferiore), caratterizzata da assenza di stratificazione, tessitura microcristallina e consistente fratturazione;
8. Formazione dei calcari e marne a Rhaetavicula contorta (Norico-Retico).

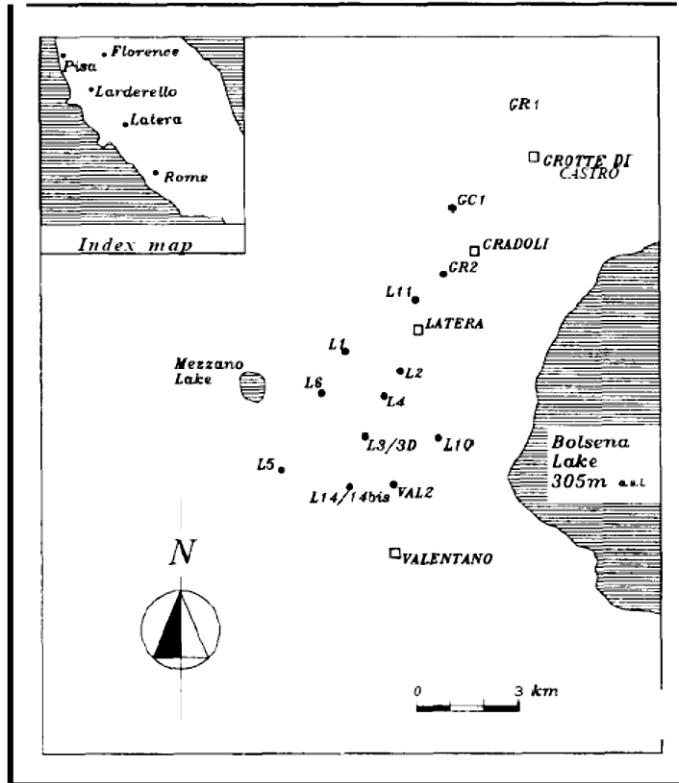


Figura 2.1.3.a Ubicazione dei pozzi geotermici perforati nella caldera di Latera fino al 1985 (da Sabatelli & Mannari, 1995).

Sulla Serie Toscana, nell'area di interesse, poggiano con contatto tettonico le Formazioni Flyschoidi dell'Unità di Santa Fiora (Cretaceo-Eocene), costituito da calcareniti, calcari marnosi, argilliti ed arenarie micacee. Le Unità tettoniche più profonde, che non sono mai state riscontrate dai pozzi di Latera, sono attribuite alla successione paleozoica metamorfica affiorante sul Monte Bellino, a circa 25 km dalla zona di interesse (Dessau et al., 1972; Funicello et al., 1984), costituita da filladi quarzitiche scure e metarenarie quarzose.

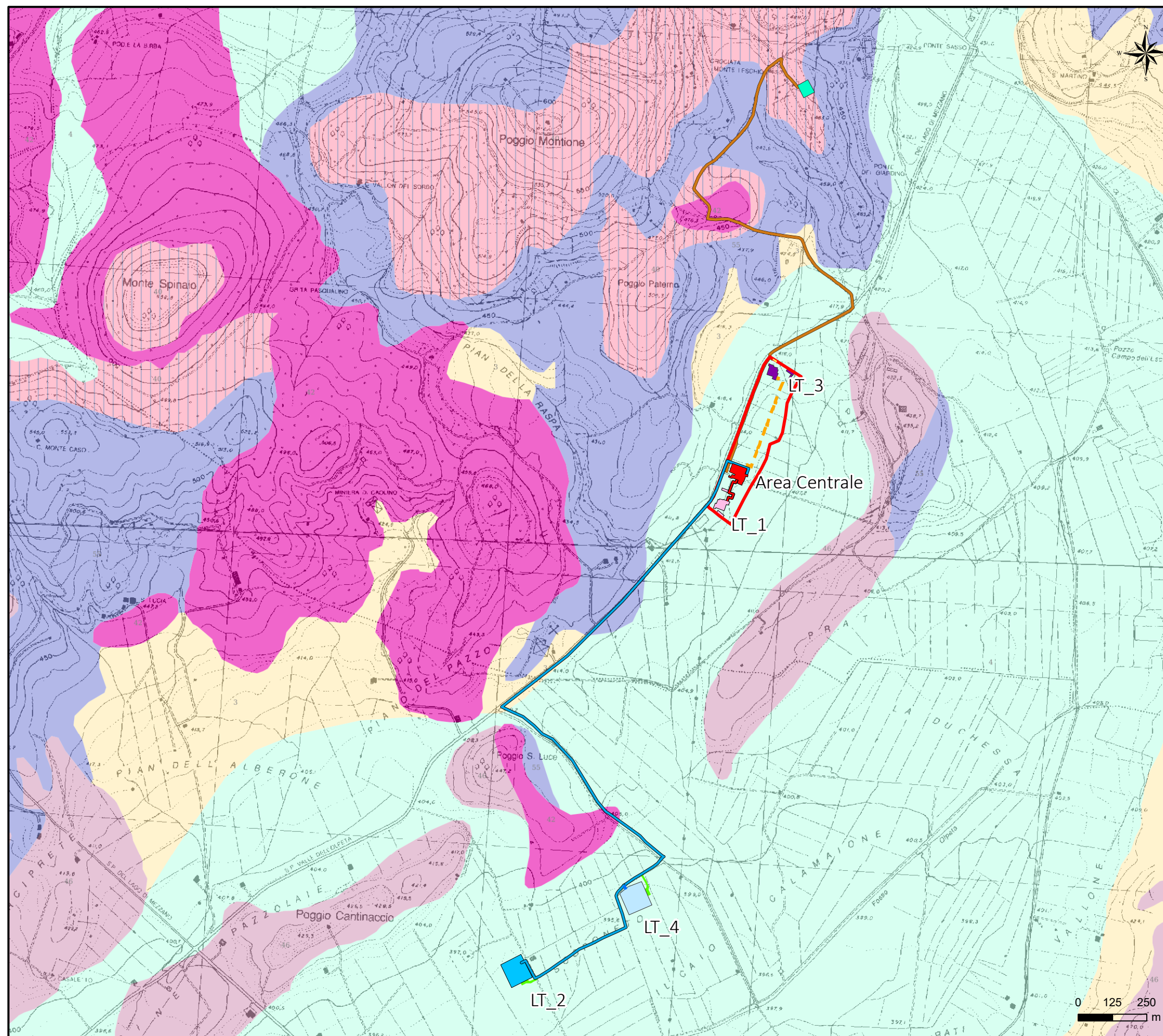
2.1.4 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO

Le opere in progetto rientrano all'interno della Caldera di Latera e si attestano a quote variabili da un massimo di circa 480 m in corrispondenza della sottostazione dove è previsto l'allaccio alla RTN ad un minimo di circa 395 m dove è prevista la postazione di reiniezione.

Sulla base delle informazioni fornite dalla Carta Geologica Regionale alla scala 1:25.000 (Figura 2.1.4.a) emerge che tutte le opere principali (centrale, postazione e tubazioni di collegamento) interessano i depositi post-orogenetici continentali di età compresa tra il Pleistocene e Olocene, caratterizzati da litologia prevalentemente limo-argillosa in facies palustre, lacustre e salmastra.

Come evidenziato prima, all'interno del DataBase del Ispra sono riportate le stratigrafie di alcuni pozzi che si trovano nell'area, inoltre la stratigrafia profonda è ben nota anche grazie ai pozzi perforati da Enel negli anni 80.

Figura 2.1.4a Estratto Carta Geologica Regionale (scala 1:25.000)



LEGENDA

Impianto Geotermico Pilota "Latera"

- Polo Produttivo Agro-Energetico
- Area Centrale
- Postazione di Produzione
- Postazione di Reiniezione
- Postazione di Produzione di Riserva
- Postazione di Reiniezione di Riserva
- Strada di Nuova Realizzazione
- Condotta di Produzione
- Condotta di Reiniezione
- Condotta di Produzione di Riserva
- Condotta di Reiniezione di Riserva
- Elettrodotto Interrato MT
- Cabina Elettrica di Consegna
- SE "Latera"

Unità Geologiche

- 3 - Alluvioni recenti e attuali
Olocene
- 4 - Alluvioni recenti terrazzate
Olocene
- 40 - Scorie e lapilli
Pleistocene
- 42 - Lave sottosature e sature
Pleistocene
- 46 - Depositi vulcanici in facies freatomagmatiche
Pleistocene
- 55 - Ignimbriti tefritico-fonolitiche, fonolitico-tefritiche fino a trachitiche; presentano sia facies incoerenti (pozzolane) sia facies compatte (tufo litoide)
Pleistocene



Di seguito in Tabella 2.1.4.a, si riporta la stratigrafia del pozzo per acqua censito più prossimo all'area di produzione, identificativo ID 150375 (Database Ispra, si veda Figura 2.3.c).

Tetto da p.c. (m)	Letto da p.c. (m)	Descrizione
0	1,0	Terreno vegetale
1,0	15,0	Tufo
15,0	45,0	Lava
45,0	55,0	Lapilli
55,0	60,0	Lava
60,0	78,0	Tufo

Tabella 2.1.4.a *Stratigrafia del Pozzo ID 150375 (da Data Base Ispra)*

In Figura 2.1.4.b la sezione geologica evidenzia la ricostruzione strutturale dell'area della caldera di Latera. L'assetto strutturale, evidenziato dai dati geofisici e dalle perforazioni profonde effettuate per l'esplorazione geotermica, indica che il principale elemento strutturale del campo geotermico di Latera è rappresentato da una grande struttura sepolta formata da un'anticlinale rovescia, che rappresenta un alto strutturale. Questa struttura ha un asse orientato NNE – SSW ed è costituita da Formazioni della Falda Toscana (dal Trias superiore all'Eocene) e coinvolge anche il flysch delle Liguridi (Unità di Santa Fiora) (*Buonasorte et al., 1987*).

Ad ovest dell'alto strutturale carbonatico è ubicato il pozzo Latera 5, che incontrano il tetto del corpo sienitico (datato 0.9 Ma) ad una profondità di circa 2.000 m, mentre ad Est dell'alto strutturale il pozzo Latera 10 ha riscontrato oltre 2.000 m di formazioni appartenenti alle Unità Liguri (Figura 2.1.4.b). Questi, pur avendo intercettato temperature idonea ad uno sfruttamento geotermoelettrico, sono risultati poco permeabili o non permeabili.

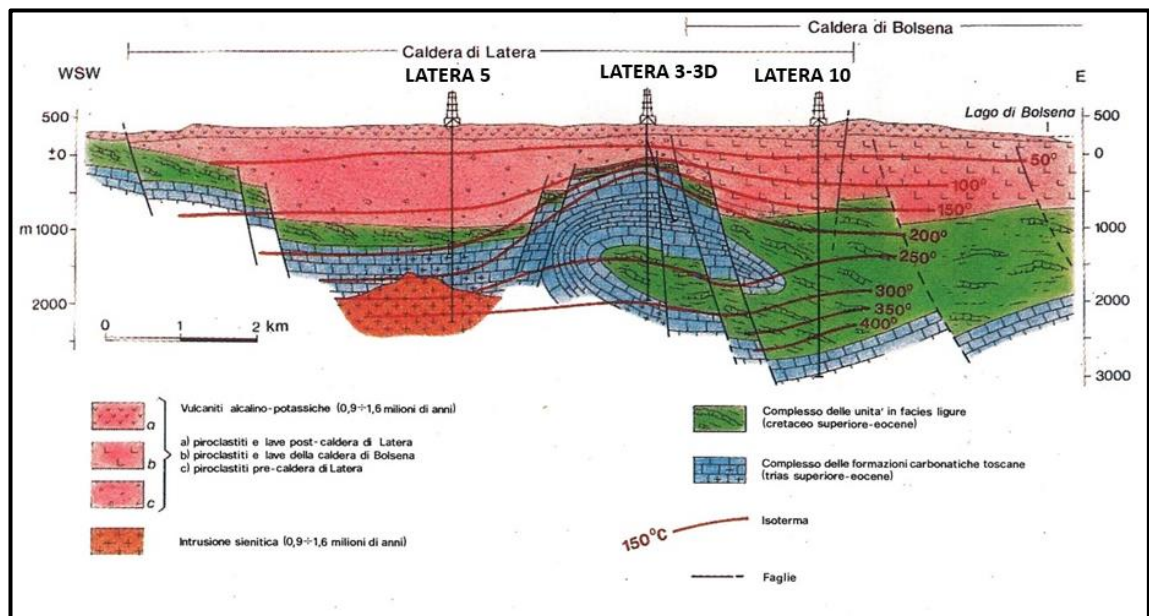


Figura 2.1.4.b *Sezioni geologica ricostruita con dati di pozzo e prospezioni geofisiche (Bertrami et al 1984, Enel,1983).*

2.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E DISSESTI

Le opere in progetto rientrano all'interno della caldera di Latera, struttura poligenica, formata da una serie successiva di collassi, in particolare le quote a cui si attestano le opere risultano variabili da un massimo di circa 480 m s.l.m. in corrispondenza della CP "Latera" dove è previsto l'allaccio alla RTN ad un minimo di circa 395 m s.l.m. dove è prevista la postazione di reiniezione.

Attualmente tutte le aree interessate dall'istallazione delle opere principali risultano adibite a seminativo e in particolare, l'area dove è prevista la localizzazione del polo produttivo agro-energetico è caratterizzata dalla presenza di serre attualmente in disuso.



Figura 2.2.a *Morfologia in prossimità delle postazioni di reiniezione*

Al fine di verificare la presenza di dissesti nell'area interessata dalle opere di progetto è stata consultata la cartografia del PAI del bacino interregionale del Fiume Fiora (si veda Figura 2.2.b).

Dall'analisi della cartografia si osserva quanto segue:

- l'intero polo produttivo (ORC, LT_1, LT_3 e cabina MT/BT), le postazioni di reiniezione LT_2 e LT_4, i nuovi tratti di viabilità di accesso alle stesse, gran parte della tubazione di reiniezione e il primo tratto dell'elettrodotto MT interrato, interessano aree classificate come dominio idraulico;
- alcuni brevi tratti della tubazione di reiniezione e dell'elettrodotto interrato MT rientrano in aree classificate come dominio idraulico e geomorfologico forestale;
- l'elettrodotto interrato MT interessa nel suo tratto finale aree classificate in classe di pericolosità da frana elevata (P.F.3), esso si sviluppa al margine di un'area a pericolosità da frana molto elevata (P.F.4).

Al fine di completare l'analisi della stabilità dell'area di studio sono stati consultati anche il catalogo degli eventi di dissesto e di piena del Progetto Aree Vulnerabili Italiane (AVI) e l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI). Da queste analisi non sono emerse criticità né dal punto di vista geomorfologico né dal punto di vista idraulico. Infatti, i database non mostrano la presenza di dissesti censiti neanche in corrispondenza dell'area classificata a pericolosità da frana molto elevata dal PAI del Fiume Fiora.

È stata poi consultata la tavola della pericolosità idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni dell'Appennino Centrale, dalla quale non sono emerse criticità dal punto di vista idraulico (si veda Figura 2.2.c).

Figura 2.2b Estratto Carta della Tutela del Territorio Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Fiora

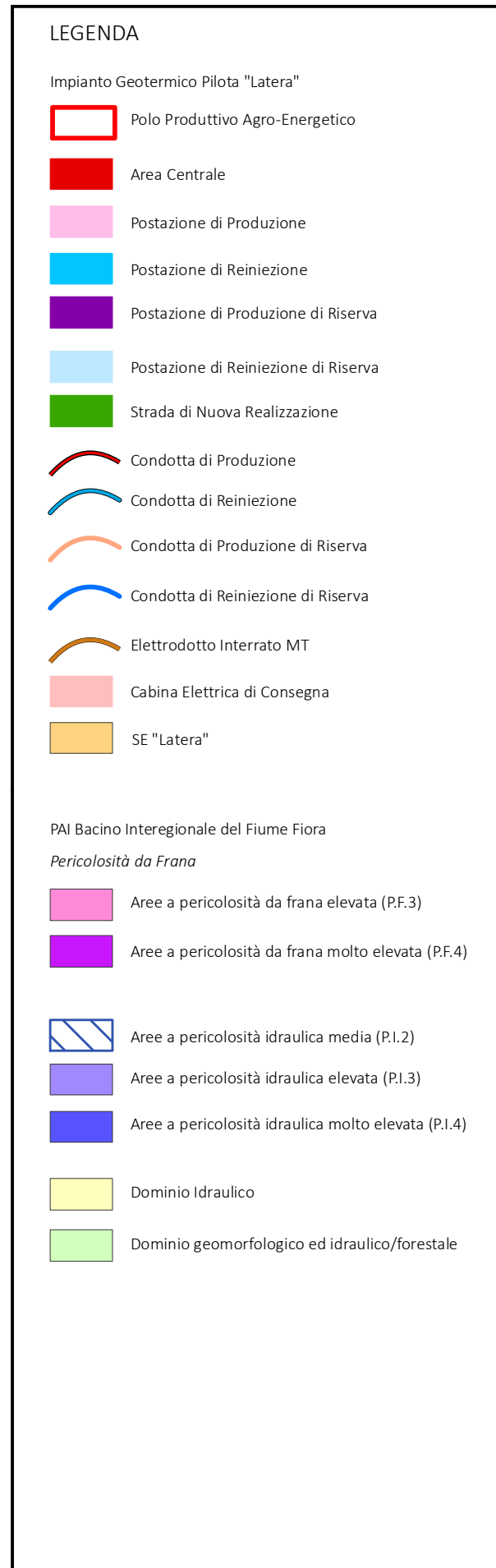
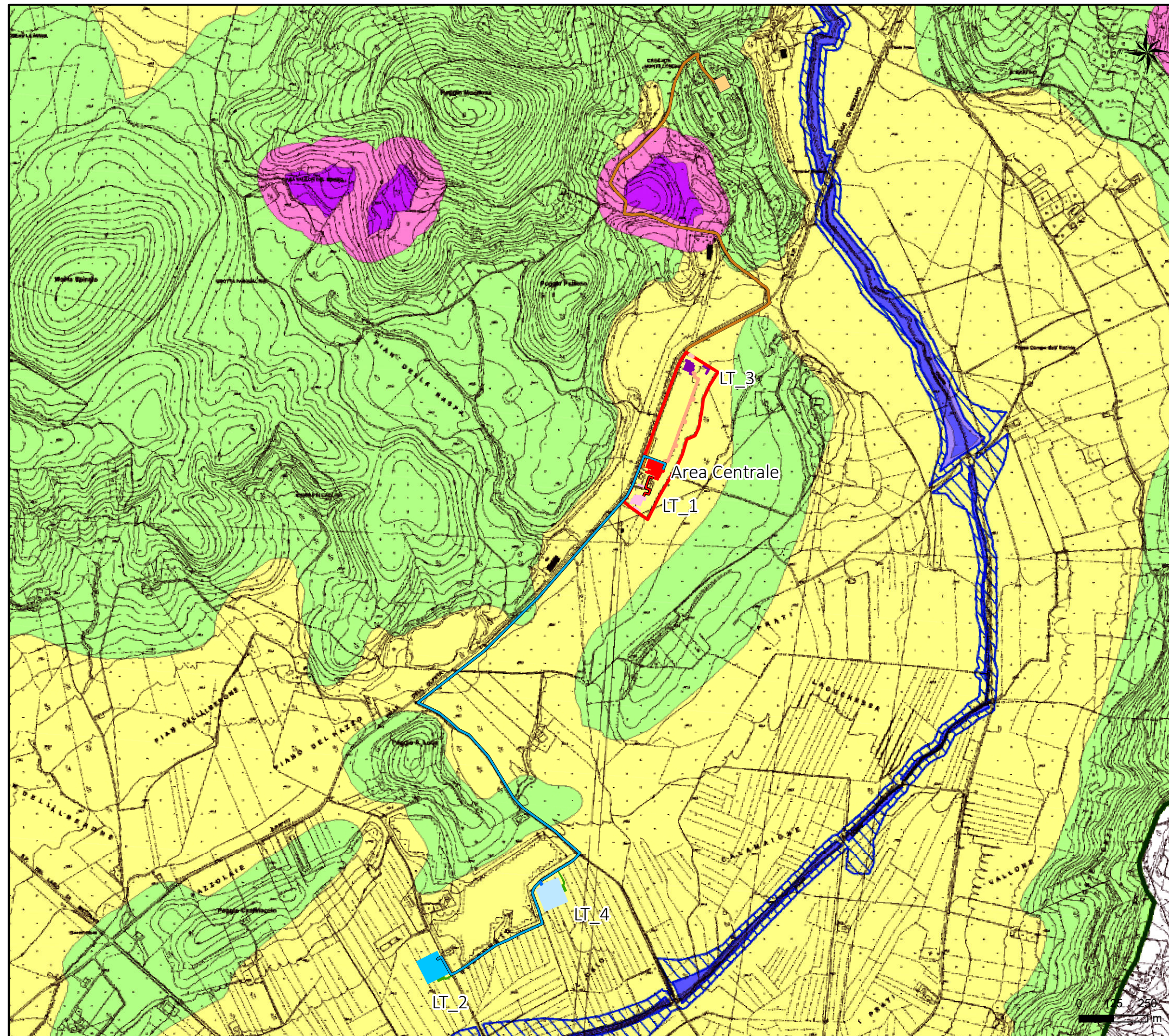
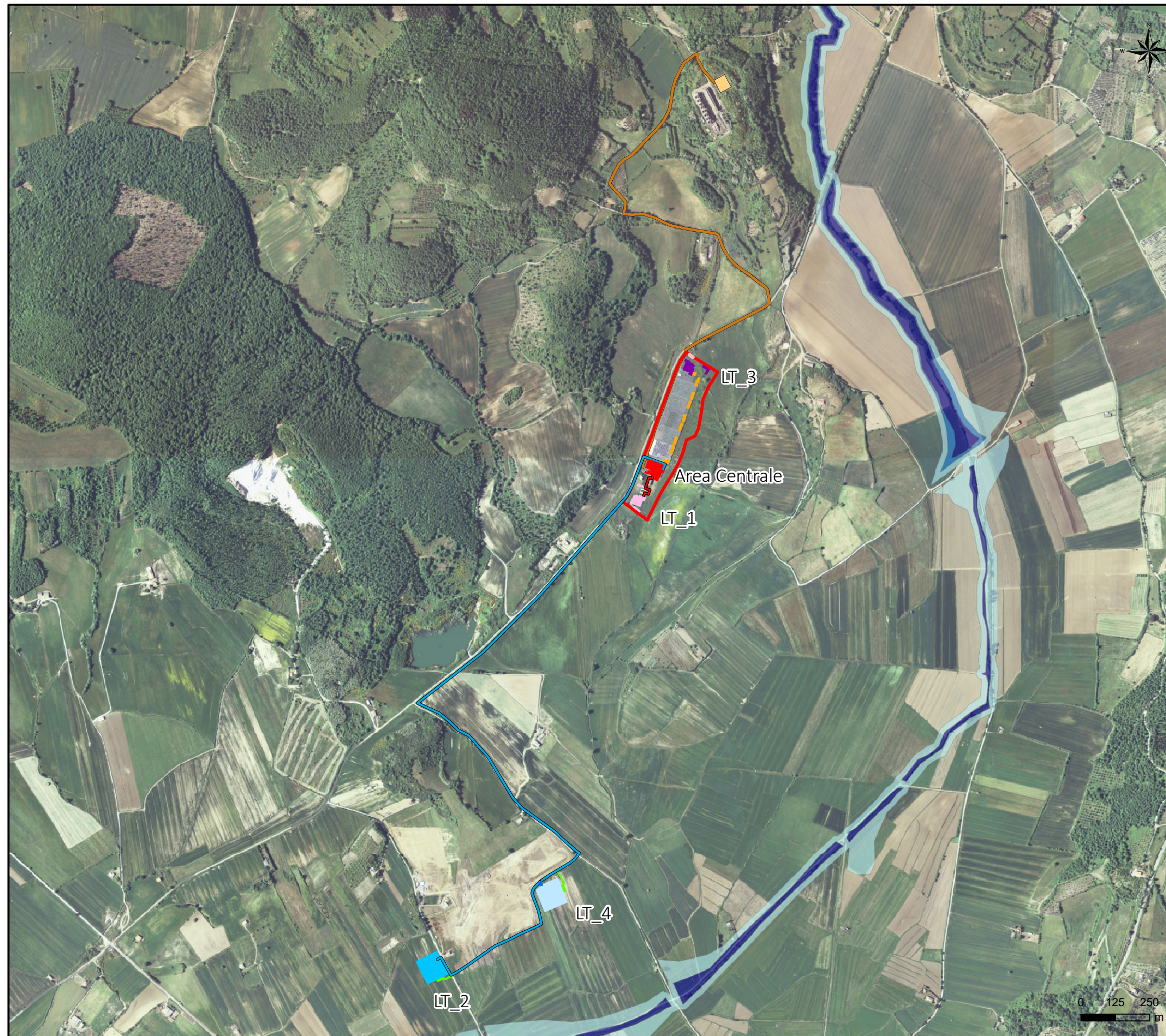


Figura 2.2c Estratto "Mappa di pericolosità da alluvione del PGRA dell'Appennino Centrale



LEGENDA

Impianto Geotermico Pilota "Latera"

- Polo Produttivo Agro-Energetico
- Area Centrale
- Postazione di Produzione
- Postazione di Reiniezione
- Postazione di Produzione di Riserva
- Postazione di Reiniezione di Riserva
- Strada di Nuova Realizzazione
- Condotta di Produzione
- Condotta di Reiniezione
- Condotta di Produzione di Riserva
- Condotta di Reiniezione di Riserva
- Elettrodotta Interrato MT
- Cabina Elettrica di Consegna
- SE "Latera"

Pericolosità di Alluvionale

- Pericolosità di Alluvione Elevata (P3)
TR ≤ 30 anni
- Pericolosità di Alluvione Media (P2)
30 < TR ≤ 200 anni
- Pericolosità di Alluvione Bassa (P1)
TR > 200 anni



Dal rilievo di campagna, effettuato nel mese di Marzo 2023, non è emersa la presenza di dissesti idrogeologici nell'area interessate dalle opere.

Il cavidotto interrato si svilupperà interamente lungo la viabilità esistente e anche le aree interessata da questo non presentano evidenze di dissesti idrogeologici in atto.

Per la realizzazione del cavidotto, i movimenti di terra corrispondono alle opere di scavo necessarie alla posa in opera del cavidotto e successivo rinterro con lo stesso materiale precedentemente scavato, risultano estremamente contenuti, senza aggravio dei carichi in superficie né tantomeno modifica della morfologia e relativo deflusso superficiale e profondo delle acque.

2.3 ASSETTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

Le opere in progetto rientrano nel Bacino Interregionale del Fiume Fiora e in particolare nel sottobacino funzionale "Fiume Fiora 2 – Fiume Olpeta" secondo quanto definito del Piano di Tutela delle Acque Regionale (PTAR).

Il Fosso Olpeta è infatti il corso d'acqua principale della caldera di Latera, emissario del Lago di Mezzano e affluente del Fiume Fiora.

Data la modesta area del bacino idrografico del Fosso Olpeta, non sono disponibili dati circa la portata di tale corso d'acqua, ma si può presupporre che questo presenti un regime torrentizio. Una misura un alveo nella caldera a Sud di Latera, del Gennaio 2002, ha fornito una portata di 2,5 l/s, mentre è risultata nulla a settembre dello stesso anno (Capelli et., al 2005).

In particolare, il Fosso Olpeta scorre da N verso SW nell'area di studio. Oltre al suddetto corso d'acqua la circolazione idrica superficiale nell'area risulta poco sviluppata e caratterizzata da una serie di canali secondari affluenti del suddetto fosso stesso.

Dal punto di vista idrogeologico nel territorio regionale del Lazio sono state riconosciute 47 unità idrogeologiche. Ciascuna di queste unità corrisponde ad un sistema idraulicamente definito, in cui la presenza di limiti idraulici, di natura generalmente nota, delimita le aree di ricarica di questi grandi serbatoi regionali.

L'elemento idrogeologico principale, nell'area vasta, è rappresentato dal Lago di Bolsena, posto a Est rispetto alle opere di progetto.

In Figura 2.3.a si riporta un estratto della Carta delle Unità idrogeologiche della Regione Lazio. La figura mostra che l'area interessata dagli interventi in progetto ricade nell'unità idrogeologica "V1 Monti Vulsini", con un'estensione di 1.607 m² e caratterizzata da un valore medio di infiltrazione efficace pari a 240 mm/a.

Il Fosso Olpeta, che scorre in prossimità dell'area, è classificato come sorgente lineare, numero di riferimento 201 "Fosso Olpeta" dalle origini a quota 220 m (Bacino Fiora), caratterizzato da una portata media di 100 l/s.

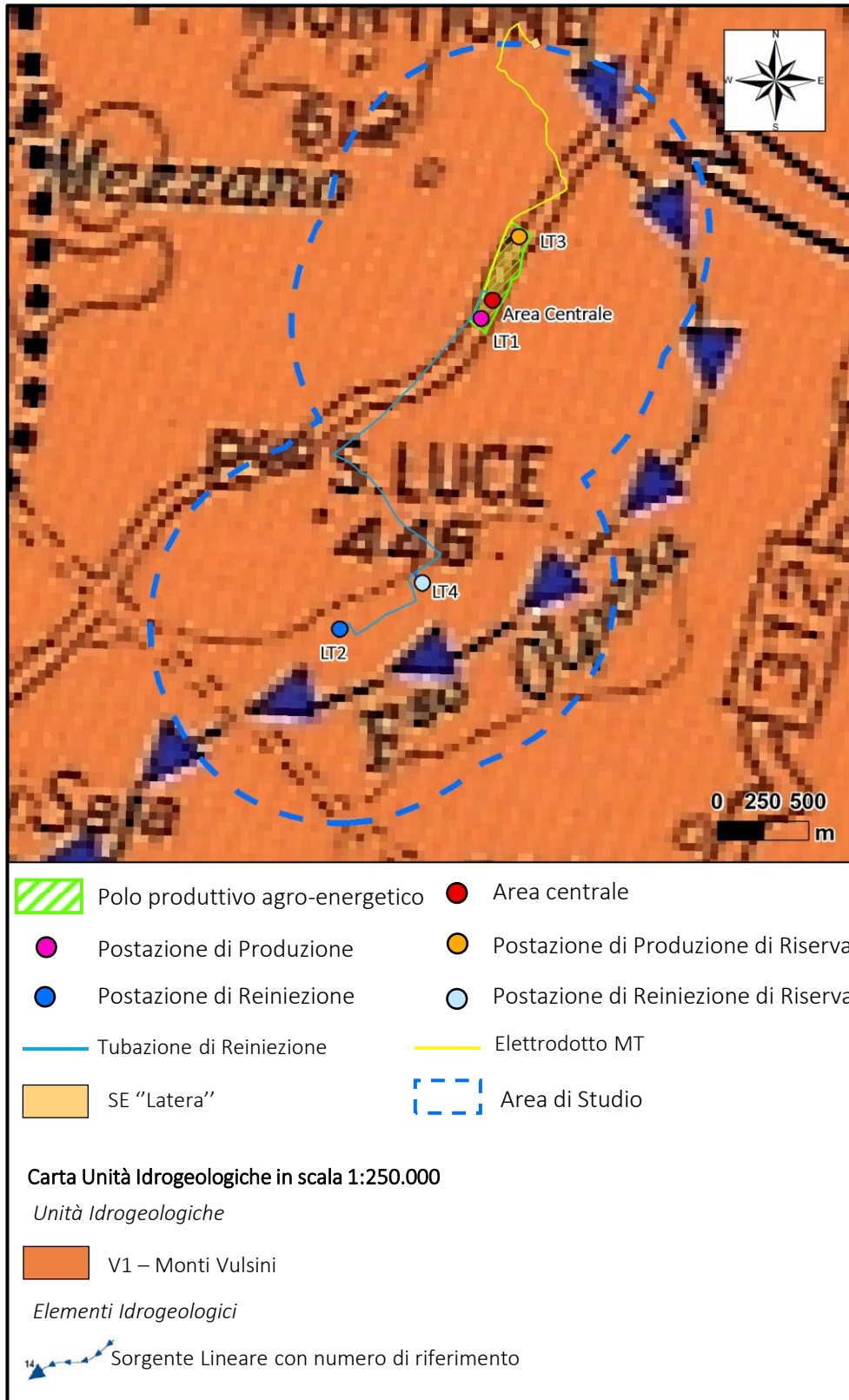
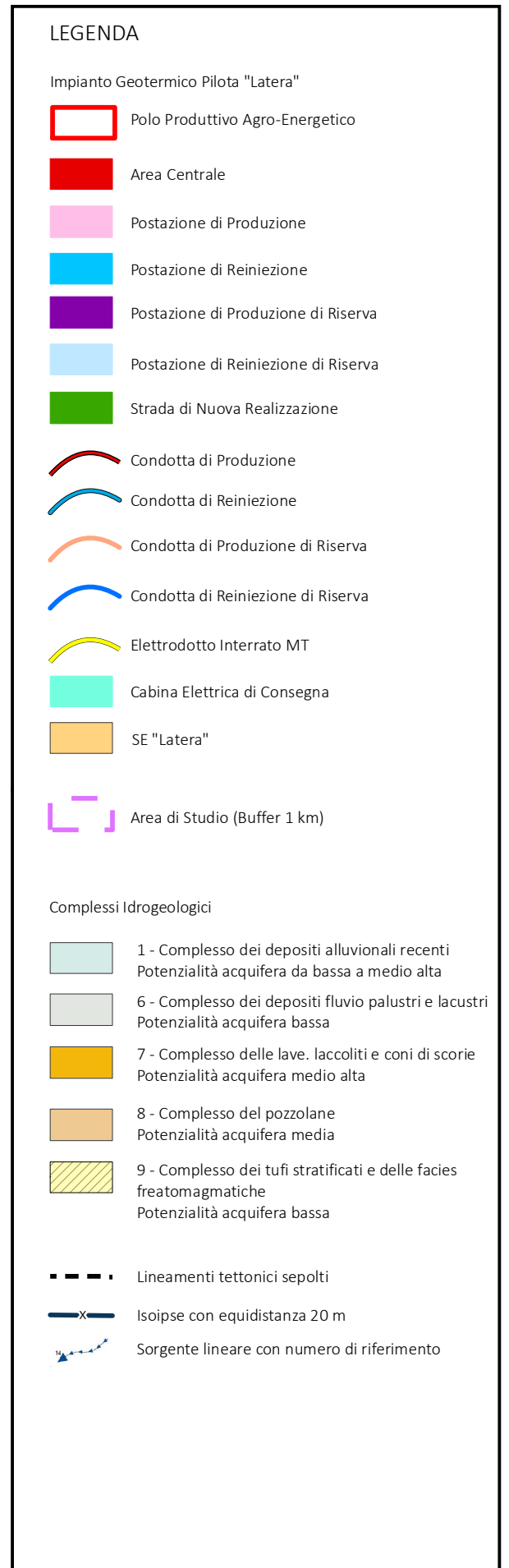
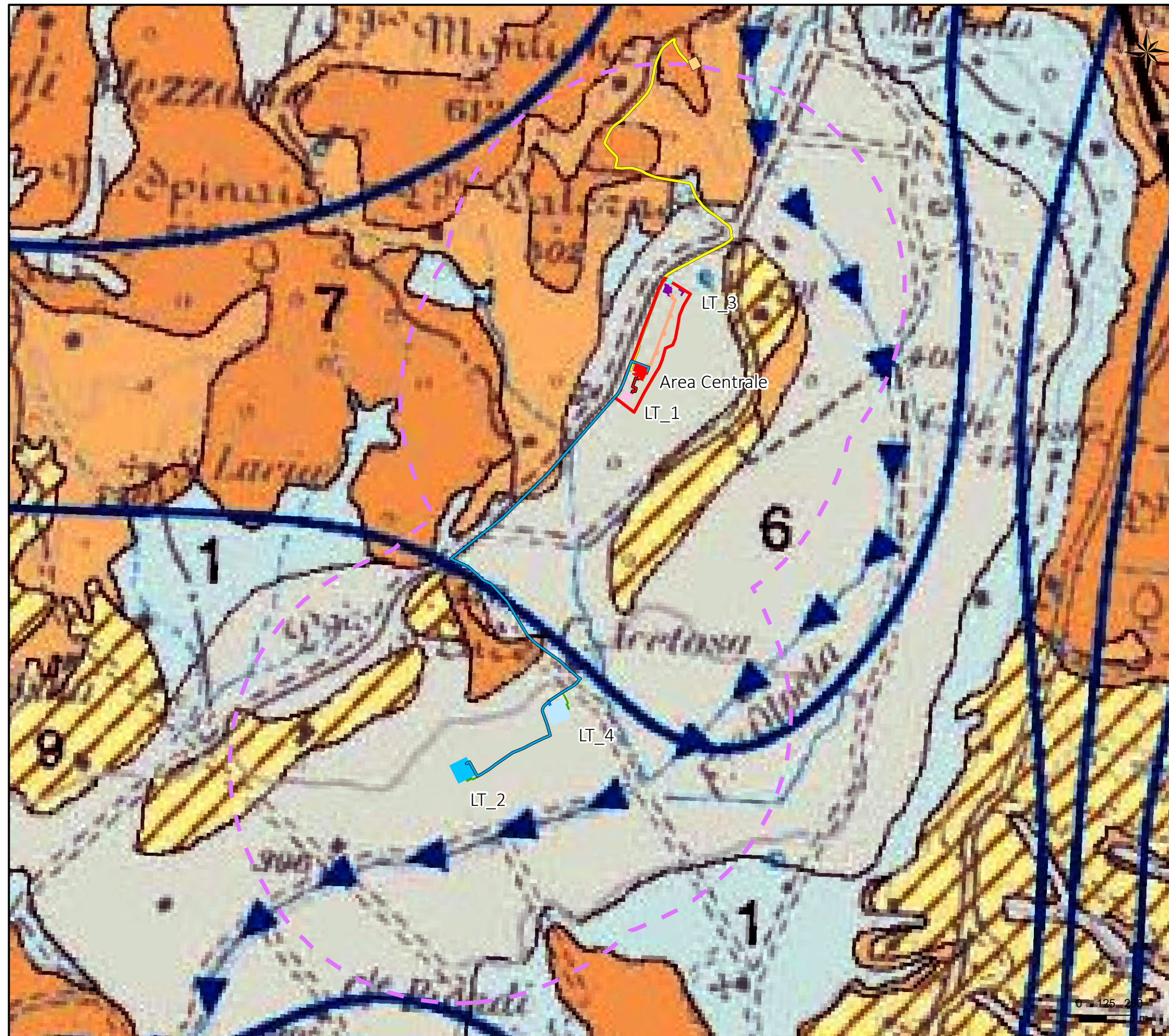


Figura 2.3.a Carta Unità Idrogeologiche della Regione Lazio

Nella Figura 2.3.b viene riportato un estratto del Foglio 4 della "Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio" (scala 1:100.000) che riporta le ubicazioni delle opere in progetto.

Figura 2.3b Estratto del Foglio 4 della "Carta Idrogeologica del Territorio della Regione Lazio (scala 1:100.000)"



Dalla figura si osserva che gran parte delle opere in progetto rientrano nel complesso idrogeologico indentificato come *"Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri, con potenzialità acquifera bassa"*. Questi depositi sono prevalentemente limoso-argillosi in facies palustre, lacustre e salmastra con locali intercalazioni ghiaiose e/o travertinose (Pleistocene – Olocene). Lo spessore è variabile da pochi metri ad alcune decine di metri. La prevalente componente argillosa di questo complesso impedisce una circolazione idrica sotterranea significativa, la presenza di ghiaie, sabbie e travertini può dare origine a limitate falde locali. Localmente il complesso può assumere il ruolo di acquicludo confinando la circolazione idrica sotterranea degli acquiferi carbonatici.

Al di sotto di questo complesso nell'area si trova il *"Complesso delle Pozzolane, con potenzialità acquifera media"* che viene localmente interessato per brevi tratti con la tubazione di reiniezione.

Il complesso è rappresentato da depositi di colata piroclastica, generalmente massivi e caotici, prevalentemente litoidi con spessore variabile da pochi metri ad un migliaio di metri. Questo è sede di una estesa ed articolata circolazione idrica sotterranea che alimenta la falda di base di grandi acquiferi vulcanici regionali.

Per quanto riguarda invece l'elettrodotto, dalla medesima figura, è possibile osservare, che questo lungo il suo sviluppo oltre che i due complessi idrogeologici sopra menzionati interessa anche il *"Complesso delle lave, laccoliti e coni di scorie, con potenzialità medio acquifera medio alta"*. Gli spessori di questo complesso variano da qualche decina a qualche centinaio di metri, e contiene falde di importanza locale ad elevata produttività ma di estensione limitata. In particolare, l'elettrodotto interessa il suddetto complesso nel suo tratto più a Nord, in prossimità della sottostazione elettrica esistente.

In base alla ricostruzione riportata in carta, il livello della falda in prossimità delle opere di progetto è atteso a circa 400 – 420 m s.l.m..

Tali valori sono indicativi, in quanto, dai dati di sottosuolo censiti da ISPRA è evidente la condizione di confinamento dell'acquifero vulcanico, quindi, la quota piezometrica dipenderà fortemente dalla profondità del livello saturo.

In particolare, nella zona circostante all'area di intervento del progetto sono presenti pozzi irrigui e domestici che riscontrano mediamente un acquifero confinato a profondità di circa 60m da p.c.

La consultazione dell'Archivio nazionale delle indagini di sottosuolo (Legge 464/1984) ha consentito di individuare l'ubicazione dei pozzi per acqua censiti dall'ISPRA con profondità maggiore di 30m.

Dai dati stratigrafici associati a tali pozzi si può desumere che tutte le opere di captazione si instaurano all'interno dei Acquifero delle Piroclastiti.

Nella Tabella 2.3.a è riportato il livello piezometrico, riportato nel DataBase ISPRA, dei pozzi limitrofi all'area di studio, mentre la Figura 2.3.c, mostra la loro ubicazione

Codice pozzo	Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)	Quota (m s.l.m.)	Profondità pozzo	Livello statico (m)	Superficie piezometrica (m s.l.m)
150346	42,599561	11,856850	365	100	75	290
150364	42,614839	11,8124	462	90	-	-
150365	42,623731	11,817681	469	100	70	399
150368	42,630119	11,809069	467	70	52	415
150372	42,613719	11,833511	445	75	63	382
150373	42,597339	11,832961	410	80	60	350
150375	42,604	11,828789	410	78	40	370
150850	42,571219	11,813511	426	46	38	388
150852	42,576231	11,801839	398	36	9,5	388,5
150367	42,597611	11,833789	422	80	58	364
150854	42,576781	11,819339	415	81	55,8	359,2
150853	42,5765	11,819619	415	102	82	333

Tabella 2.3.a Livello Piezometrico dei pozzi limitrofi all'area di studio (dati DataBase ISPRA)

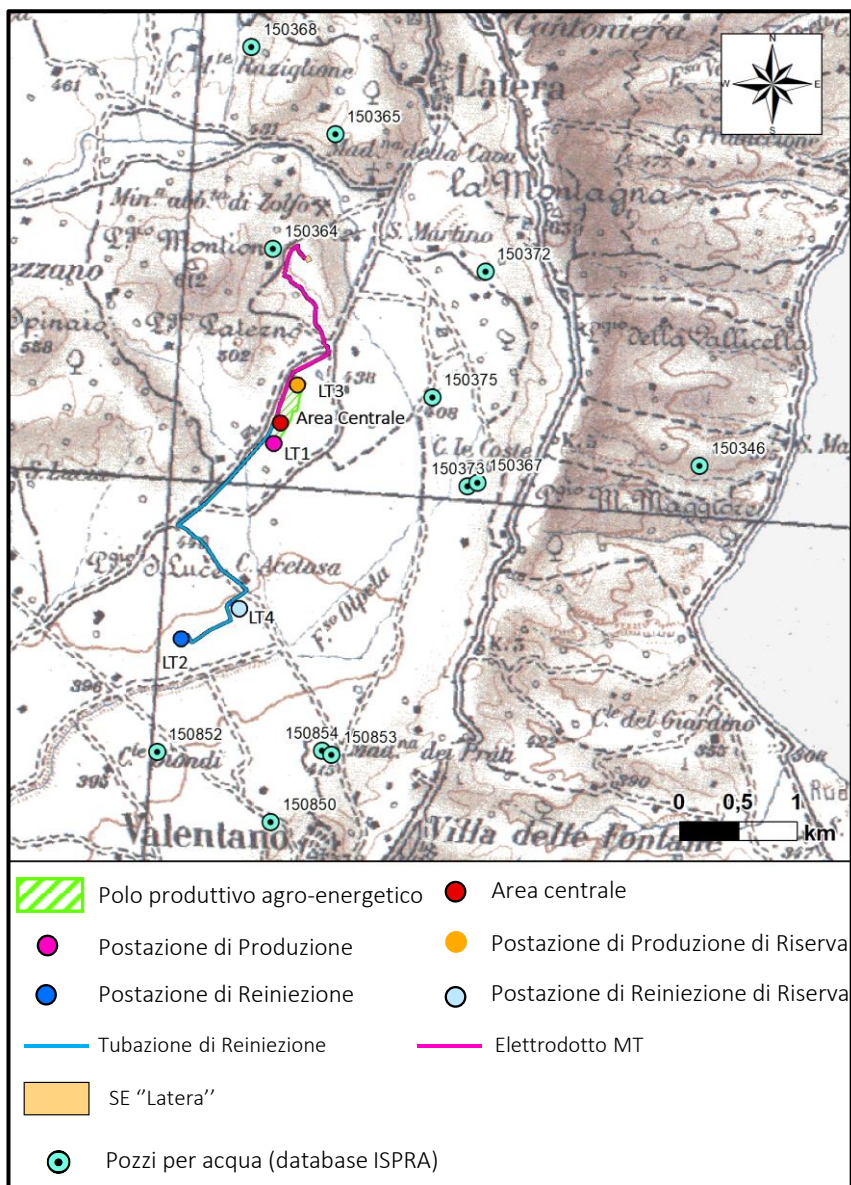


Figura 2.3.c Localizzazione Pozzi presenti in prossimità dell'area interessata dalle opere in progetto

3 **MODELLAZIONE SISMICA**

Con l'emanazione dell'OPCM 3519/06 lo Stato ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio.

Al fine di ottemperare a tale disposizione la Regione Lazio ha avviato nel 2007 una convenzione con l'ENEA per l'elaborazione della Pericolosità Sismica regionale di base e per una formulazione di una nuova proposta di classificazione sismica.

La nuova riclassificazione sismica è stata approvata in Giunta Regionale il 22 Maggio 2009, con la DGR n.387 recante "Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio"

Il 3 Novembre 2009, con l'approvazione in Giunta Regionale della DGR n. 835 recante "Rettifica all'Allegato 1 della DGR n. 387 del 22 Maggio 2009", è stata modificata la sottozona sismica dei Comuni di Colonna, Monte Porzio Catone, Monte Compatri, Rocca Priora e San Cesareo, che per un mero errore di battitura al momento di redigere l'All. 1 della DGR 387/09 sono stati classificati con una sottozona diversa da quella emersa negli studi scientifico-sismologici eseguiti dall'Area Difesa del Suolo-ENEA. Le cinque zone sopra indicate passano, quindi dalla Zona Sismica 2A alla Zona Sismica 2B. Il resto delle zone rimangono invariate rispetto alla zonazione sismica indicata dalla DGR 387/09.

In Figura 3.a si riporta la mappa della nuova zonizzazione sismica della Regione Lazio emanata nel DGR n. 387/2009 e rettificata dal DGR n. 835/2009, mentre in Tabella 3.b sono riportati valori di accelerazione di picco su terreni rigidi in riferimento alla suddivisione delle sottozone sismiche.

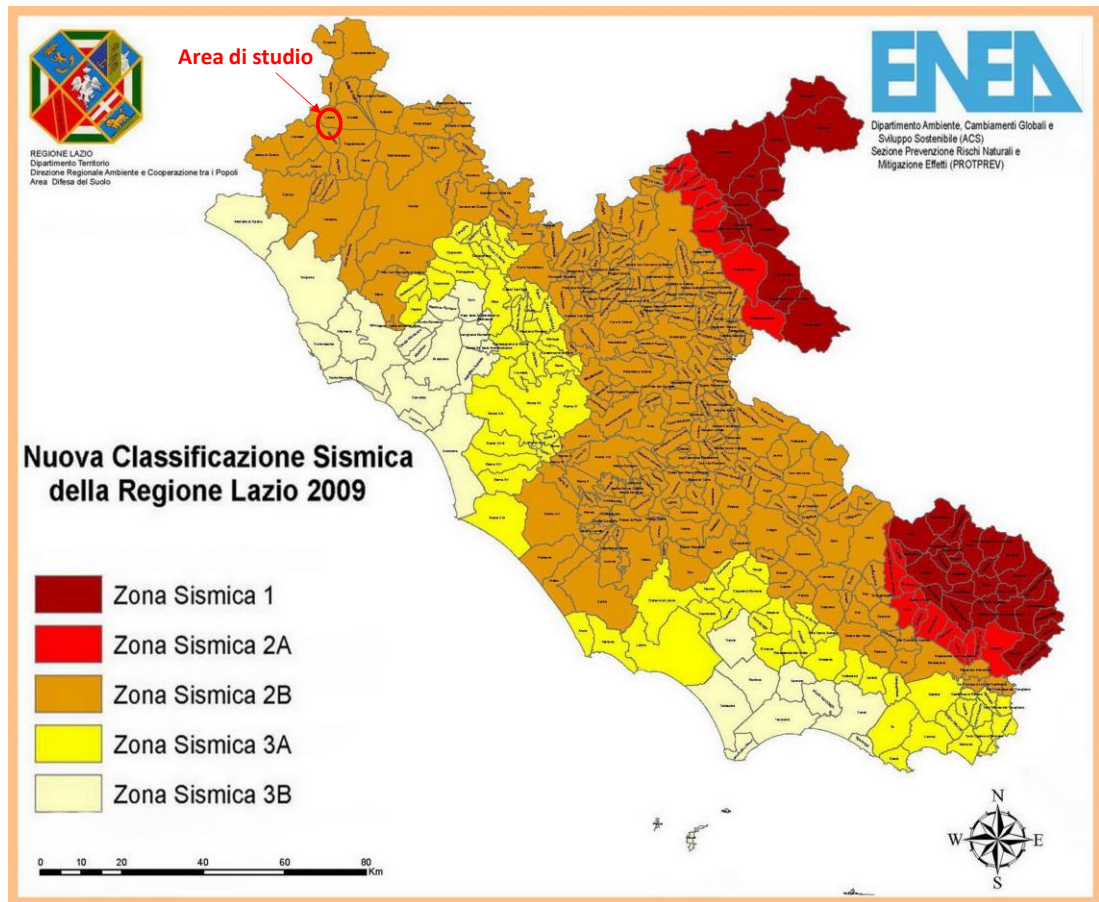


Figura 3.a *Mappa della Zonizzazione Sismica della Regione Lazio*

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tabella 3.b *Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica delle Regione Lazio (Allegato 1 – DGR n. 387/2009).*

Dall'Allegato 1 - Relazione Tecnica Nuova Classificazione sismica della Regione Lazio, è possibile osservare che sia il comune di Latera che quello di Valentano ricadono all'interno della sottozona sismica 2B caratterizzata da un'accelerazione di picco (a_g) su terreno rigido compresa tra valori $0,15 \leq a_g \leq 0,20$ con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Con l'entrata in vigore della nuova normativa sismica (D.M. 17/01/2018), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire da una "pericolosità sismica di base" dei siti di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Una volta definita la pericolosità sismica di base, ai fini della vigente normativa devono essere definiti i seguenti parametri:

- ag: accelerazione orizzontale massima;
- F0: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali valori devono essere espressi in funzione del Periodo di Riferimento (V_R) per l'azione sismica delle costruzioni in oggetto la classe dell'intervento è la II, $V_R \geq 50$ anni.

Inoltre, deve essere individuata la categoria di sottosuolo di riferimento tra quelle descritte nelle tabelle 3.2.II e 3.2.III della normativa citata.

Per la definizione del tipo di suolo in corrispondenza delle opere principali di progetto, sono state realizzate tre indagini di tipo MASW, due all'interno del polo produttivo agro-energetico e una in prossimità della postazione LT_2.

Il valore del parametro V_s EQ, calcolato secondo la formula prevista dalla normativa vigente riguardo al rischio sismico, risulta così definito:

- per il polo produttivo agro-energetico (ORC + postazione LT_1 + postazione di riserva LT_3) è risultato compreso tra 186 e 235 m/s;
- per il polo reiniettivo (postazione LT_2 + postazione di riserva LT_4) è risultato pari a 220 m/s.

Dalle indagini eseguite risulta che in nessuna delle aree indagate è presente un substrato con V_s maggiore di 800 m/s nei primi 30 m, si esclude quindi il sottosuolo di tipo E, tutte le opere principali hanno una V_s EQ che identificano come categoria di sottosuolo il C "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti" con V_s EQ comprese tra 180 m/s e 360 m/s.

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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 3,0 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.

Figura 3.b *Categorie di sottosuolo che permette l'utilizzo dell'approccio semplificato (NTC 2018)*

Infine deve essere presa in considerazione la situazione topografica locale.

Tutte le opere principali di progetto considerando che la superficie topografica presenta un'acclività moderata rientrano in categoria T1 (superfici pianeggianti o pendii con inclinazione media non superiore a 15°).

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 $i > 30^\circ$

Figura 3.c *Categorie Topografiche (Tabella 3.2.III delle NTC 2018)*

Rischio Liquefazione

Il fenomeno di liquefazione interessa terre sabbiose fini sature (monogranulari e con buona classazione del sedimento), in depositi naturali o in accumuli artificiali, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi nel caso di una giacitura orizzontale.

Come descritto nel modello geologico, il sottosuolo, relativo alle opere in oggetto, è caratterizzato da depositi prevalentemente sabbiosi legati all'alterazione dei depositi vulcanici, inoltre in base ai dati idrogeologici disponibile per l'area la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m dal p.c..

Pertanto, in base a quanto disposto dal D.M del 14/01/2018 e s.m.i., in tali circostanze la verifica a liquefazione può essere omessa.

4 MODELLAZIONE GEOTECNICA

4.1 CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Nelle pagine seguenti verranno analizzate le condizioni geotecniche delle singole aree; la caratterizzazione geotecnica del terreno è stata ottenuta, analizzando e incrociando le informazioni provenienti da indagini geofisiche con quelle derivanti da prove geotecniche in situ condotte nel mese di Marzo 2023.

In particolare, sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche e 3 indagini sismiche di tipo MASW, così suddivise:

- 3 prove penetrometriche e 2 MASW all'interno del polo produttivo agro-energetico;
- 1 prova penetrometrica e 1 MASW in corrispondenza della postazione di reiniezione LT_2.

Il penetrometrico dinamico utilizzato appartiene al tipo Superpesante (DPSH) ovvero con massa battente $M > 60\text{kg}$. Sui tabulati allegati si riporta il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste e i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cm^2 , calcolate ricorrendo alla formula olandese.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti al fine di ricostruire il modello geotecnico del sottosuolo e di calcolare i parametri geotecnici dei terreni che interessano l'area indagata.

4.1.1 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DAL POLO AGRO-ENERGETICO

La caratterizzazione del polo produttivo agro-energetico (centrale, postazione di produzione LT_1 e postazione di riserva LT_3) deriva dall'esecuzione di 3 indagini penetrometriche e 2 indagini MASW, ubicate in Figura 4.1.1.a.

Le indagini penetrometriche hanno indagato una profondità variabile tra gli 11 e i 14 m sono state interrotte senza raggiungere il valore di rifiuto strumentale ($n. \text{colpi} > 50$). Si sottolinea, inoltre, che nessuna prova ha evidenziato la presenza di una falda.

Le prove sono state eseguite con penetrometro TG 63-100/200 Pagani. In particolare, grazie ai dati ottenuti è stato possibile ricostruire, per l'area del polo produttivo agro-energetico, un modello geotecnico di sottosuolo caratterizzato dalla presenza di 3 strati.

- **Terreno 1:** presente fino alla profondità di 0,8 m;
- **Terreno 2:** fino alla profondità di 7 m;
- **Terreno 3:** a profondità maggiore di 14,2 m.

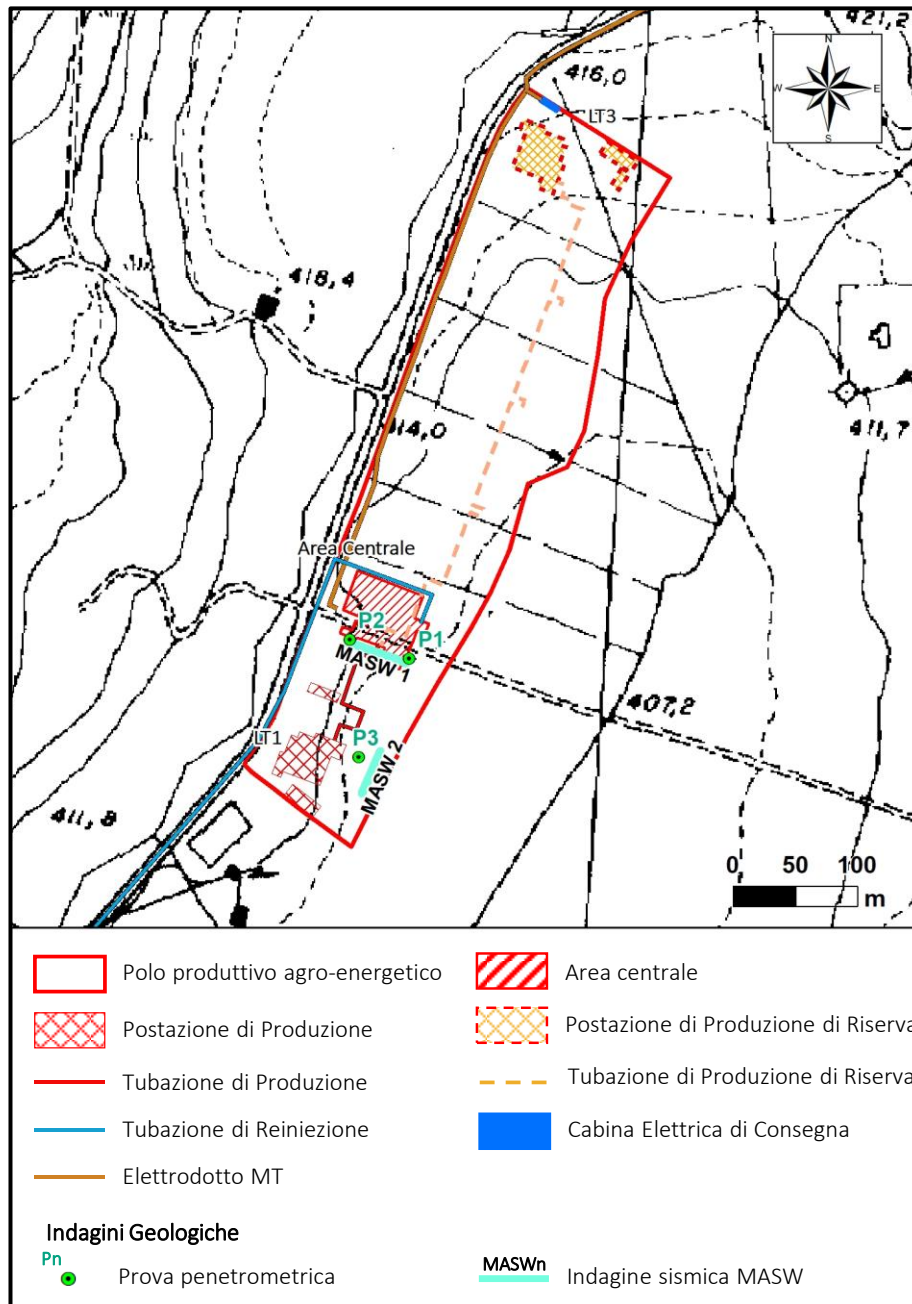


Figura 4.1.1.a Ubicazione delle Indagini polo produttivo

Data la natura dei depositi è stato scelto di assumere per questi un comportamento prevalentemente attrattivo. L'elaborazione delle prove DPSH è stata eseguita partendo dalla media, meno una deviazione standard del numero dei colpi della prova all'interno di ogni strato, correlata in primis con il valore delle N_{spt}, si è giunti alla definizione dei parametri geotecnici caratteristici del terreno presente fino alla profondità indagata. Non è stata riscontrata la presenza della falda.

In Tabella 4.1.1.a si riportano i valori dei parametri geotecnici caratteristici attribuiti al terreno indagato.

Parametri	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Nspt	7,84	1,94	4,63
Profondità base (m)	0,8	7	14,2
Peso per unità di volume γ (t/m ³)	1,45	1,37	1,41
Densità relativa (%)	33,04	3,09	8,53
Angolo di attrito ϕ (°)	22,2	20,6	21,3
Modulo di Young (Mpa)	6,15	1,52	3,71
Modulo Edometrico (Mpa)	6,63	-	-
Modulo di Poisson	0,34	0,35	0,34

Tabella 4.1.1.a Parametri Geotecnici del terreno

La risultanza di uno strato superficiale più competente, ma comunque di spessore limitato, è verosimilmente dovuto al terreno di riporto connesso alle attività antropiche che hanno caratterizzato l'area. Infatti, questa è sede attualmente di serre in disuso e di alcuni fabbricati che verranno nell'ambito di questo progetto in parte rivalorizzati e riqualificati.

Per quanto riguarda le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche, queste mostrano un progressivo aumento della velocità delle onde sismiche associabile a un progressivo aumento della consistenza dei materiali andando in profondità. Per quanto riguarda nel dettaglio la MASW 1, alla profondità di circa 15 m si osserva una piccola diminuzione della velocità che poi rimane costante fino alla profondità di indagine di 30 m.

Come evidenziato prima non è stata comunque osservata la presenza del substrato sismico.

4.1.2 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELL'AREA INTERESSATA DALLE POSTAZIONI DI REINIEZIONE

Anche la caratterizzazione dell'area di reiniezione è stata effettuata allo stesso modo, attraverso l'esecuzione di 1 indagine penetrometrica e 1 indagine MASW, ubicate in Figura 4.1.2.a.

L'indagine penetrometrica, eseguita con la medesima strumentazione, ha indagata una profondità di 6,2 m, senza raggiungere il valore di rifiuto strumentale (n. colpi > 50). Si sottolinea inoltre, che non è stata evidenziato la presenza di una falda.

Per l'area interessata dall'installazioni delle postazioni di reiniezione è stato definito un modello geotecnico di sottosuolo caratterizzato dalla presenza di 4 strati.

- **Terreno 1:** presente fino alla profondità di 0,6 m;
- **Terreno 2:** fino alla profondità di 2,6 m;
- **Terreno 3:** fino alla profondità di 4,6 m;
- **Terreno 4:** a profondità maggiore di 6,2 m.

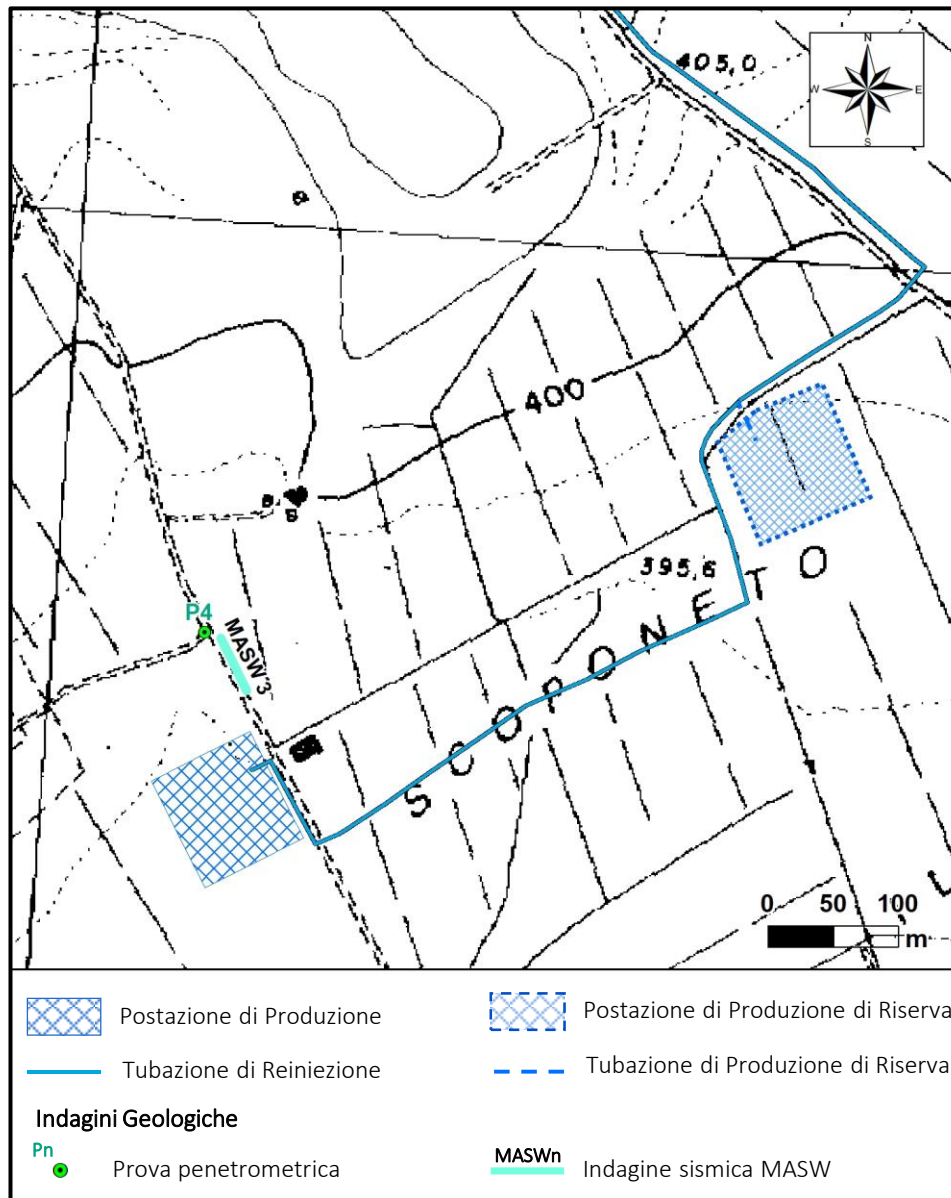


Figura 4.1.2.a *Ubicazione delle Indagini in prossimità delle postazioni di reiniezione*

Data la natura dei depositi è stato scelto di assumere un comportamento prevalentemente attrattivo. L'elaborazione delle prove DPSH è stata eseguita con le medesime modalità descritte al paragrafo precedente.

In Tabella 4.1.2.a si riportano i valori dei parametri geotecnici caratteristici attribuiti al terreno indagato.

Parametri	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3	Terreno 4
Nspt	9,56	2,2	12,79	4,59
Profondità base (m)	0,6	2,6	4,6	6,2
Peso per unità di volume γ (t/m ³)	1,47	1,37	1,51	1,41
Densità relativa (%)	39,2	8,5	35,4	12,6
Angolo di attrito ϕ (°)	22,7	20,6	23,7	21,3
Modulo di Young (Mpa)	7,5	1,73	10,03	3,6
Modulo Edometrico (Mpa)	-	-	7,53	-
Modulo di Poisson	0,34	0,35	0,33	0,34

Tabella 4.1.2.a Parametri Geotecnici del terreno

La presenza appartenente di uno strato superficiale più competente, ma comunque di spessore limitato, è verosimilmente connesso anche in questo alla presenza di terreno di riporto. Quello che comunque si osserva è una sostanziale alternanza tra terreni relativamente più competenti e meno competenti. Si può osservare inoltre, che i valori riscontrati non si discostano molto da quelli individuati per il polo produttivo agro-energetico, a indicazione di un contesto geologico e geotecnico omogeneo.

Per quanto riguarda le indicazioni provenienti dalle indagini geofisiche (allegate), queste mostrano un progressivo aumento della velocità delle onde sismiche associabile verosimilmente a un progressivo aumento della consistenza dei materiali andando in profondità.

Come evidenziato prima non è stata comunque osservata la presenza del substrato sismico.

5 CARATTERISTICHE TECNICHE DEI POZZI PER L'APPROVIGIONAMENTO IDRICO

I fabbisogni idrici industriali, per la fase di perforazione dei pozzi in progetto, saranno garantiti dalla captazione dell'acqua di falda, mediante l'utilizzo di un pozzo esistente presente nell'area della postazione LT_1 e mediante la realizzazione di tre nuovi pozzi di emungimento in corrispondenza delle altre postazioni.

Il prelievo stimato è abbondantemente inferiore a $10 \text{ m}^3/\text{h}$ (corrispondenti a circa $2,7 \text{ l/s}$) quando si perfora con ritorno di circolazione.

Si stima che durante la perforazione delle vulcaniti dove localmente potranno essere incontrate alcune zone fratturate (presumibilmente fino alla profondità di 650 m) il consumo idrico sarà di pochi metri cubi per giorno con eventuali consumi maggiori in corrispondenza delle zone fratturate. Per questi motivi prudenziali si dichiara un consumo massimo di $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Quando si dovesse incontrare il serbatoio fratturato si potrebbe perforare in perdita di circolazione. Il consumo idrico in questa fase potrà raggiungere una portata di circa $70 \text{ m}^3/\text{h}$ (corrispondenti a circa $19,5 \text{ l/s}$) per un periodo previsto di circa 10 giorni, non consecutivi. In sostanza, si prevede un consumo massimo per pozzo esplorativo di circa 25.000 m^3 .

Le caratteristiche idrogeologiche delle aree, precedentemente descritte nel *Paragrafo 2.3*, evidenziano la presenza di un acquifero impostato all'interno dei depositi piroclastici che caratterizzano estesamente il sottosuolo dell'area in esame.

I quantitativi idrici reperibili dipenderanno dal grado di comunicazione dei meati presenti nel deposito, dal grado di fratturazione dei componenti più litoidi, nonché dallo spessore dell'acquifero saturo.

In base ai dati riportati nel database ispra si può supporre che, una profondità di perforazione e prelievo intorno ai 100 – 130 m dal piano campagna, le portate attese per il prelievo potranno essere di circa 10 - 13 litri/secondo per pozzo.

Conseguentemente, saranno necessari 4 pozzi per acqua, al fine di avere una portata complessiva necessaria per la perforazione dei pozzi esplorativi profondi.

Parte dell'acqua emunta sarà stoccata all'interno di una "vasca per acque industriali" presente nella postazione di perforazione con capacità di contenimento di circa 1000 metri cubi di acqua, necessaria a garantire una parziale autonomia di lavoro durante l'avanzamento, per le punte dei consumi.

Si precisa che il prelievo d'acqua dalla falda sotterranea rappresenta l'unica possibile fonte di approvvigionamento idrico:

- la captazione da corsi d'acqua superficiali, come ad es. dal Fosso Olpeta o dai suoi affluenti, risulta essere impraticabile, poiché questi presentano scarse portate e un carattere pressoché torrentizio; per cui verrebbe messo a rischio il deflusso minimo vitale.

- La raccolta di acque piovane, che è stata prevista nell'ambito del progetto delle postazioni, ovviamente non può essere sufficiente. Questa avverrà attraverso la canalizzazione delle acque piovane raccolte all'interno della soletta cementata, per un successivo convogliamento verso la "vasca di acque industriali". Data la limitata area della copertura impermeabile e data la scarsità delle precipitazioni che caratterizzano l'area, la raccolta delle acque piovane può risultare solo una integrazione alla captazione di acqua dalla falda sotterranee.

Inoltre, si sottolinea che l'emungimento della risorsa idrica reperita avrà carattere temporaneo e sarà limitato al tempo necessario alla perforazione dei pozzi esplorativi, indicativamente circa 4 mesi a postazione, per due pozzi. Pertanto si ritiene irrilevante l'interferenza sul lungo periodo della eventuale attività di emungimento dalla falda con l'equilibrio del bilancio idrico dell'acquifero.

5.1 CARATTERISTICHE DEL POZZO TIPO

Nel presente paragrafo verranno descritte le fasi di lavoro e le metodologie di perforazione necessarie per la messa in opera e il completamento dei quattro pozzi superficiali destinati all'approvvigionamento idrico delle due postazioni.

- 1) I pozzetti superficiali, come detto precedentemente verranno realizzati nelle postazioni di perforazioni dei pozzi esplorativi.
- 2) La perforazione avverrà mediante sonda meccanica a rotopercolazione con utilizzo di martello a fondo foro e circolazione ad aria. Tale tipologia è usualmente utilizzata per la perforazione di pozzi ad acqua anche per uso idropotabile.
- 3) Verrà realizzato un avampozzo di diametro iniziale di 450 mm per una decina di metri, all'interno del quale sarà calata una tubazione rivestimento. Successivamente l'intercapedine sarà cementata mediante iniezione di malta in modo da isolare completamente il primo tratto. La perforazione procederà con un diametro di 350 mm fino alla profondità di progetto di 130 m da p.c..
- 4) Il foro verrà totalmente rivestito con tubazioni di 270 mm di diametro; in particolare la parte finale della tubazione del pozzo sarà fenestrata all'altezza dei livelli idrici produttivi.
- 5) All'interno dell'intercapedine tra tubazione fenestrata e la parete del foro sarà realizzato un drenaggio, con ghiaio siliceo lavato di fiume, con granulometria 5-10 mm di diametro.
- 6) Al di sopra del dreno verrà posizionato un livello di sabbia seguito da un successivo livello di pellets di argilla disidratata, per uno spessore totale di alcuni metri. La restante parte d'intercapedine sarà cementata fino a testa pozzo, mediante l'iniezione di malta.
- 7) Dopo il completamento del pozzo, verrà effettuata l'operazione di "Spurgo" mediante metodologia "Air-lift", allo scopo di ripulire al meglio il pozzo ed ottimizzare l'efficienza di produzione.
- 8) Successivamente verranno eseguite le prove di portata, necessarie a valutare al meglio il rapporto pozzo-falda e a stabilire la potenza della pompa da installare.
- 9) Il boccapozzo verrà portato sopra il piano campagna e sarà adeguatamente protetto da un pozzetto in muratura. Onde evitare la caduta nel pozzo di materiale di qualsiasi natura e per una maggiore sicurezza, il boccapozzo sarà sigillato con una flangia e una contro flangia.

In Figura 5.1.a è riportato lo schema del profilo tecnico del pozzo tipo.

La tubazione necessaria all'approvvigionamento idrico per la perforazione, che collegherà i pozzetti alla postazione di perforazione, avrà carattere temporaneo e resterà in esercizio durante la perforazione dei pozzi e successivamente rimossa.

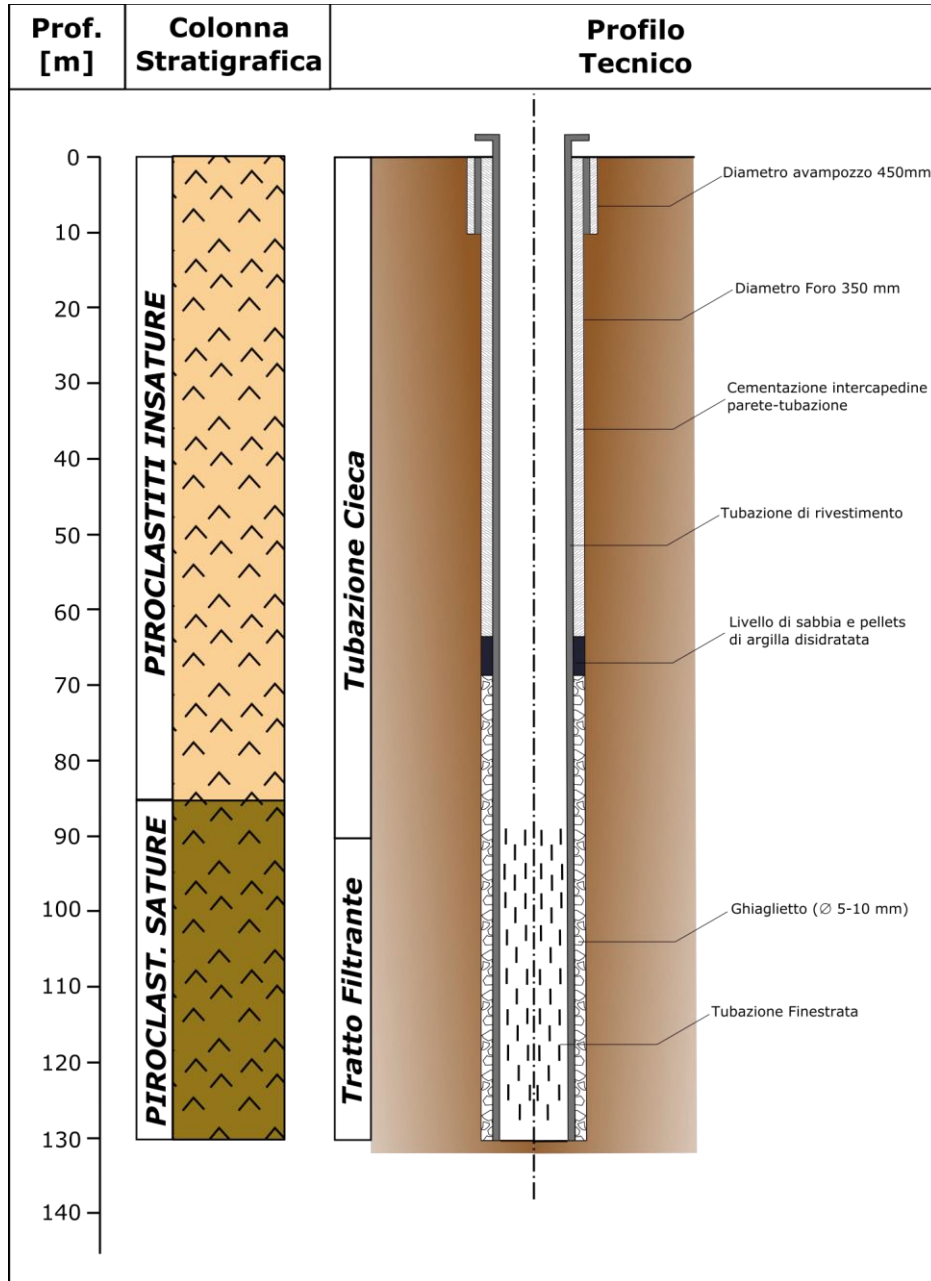


Figura 5.1.a Schema del Profilo Tecnico del Pozzo Tipo

5.2 PROGETTAZIONE DELLA SUPERFICIE FILTRANTE

La superficie filtrante totale varia notevolmente tra i vari tipi di filtri e dipende dalle caratteristiche geometriche del filtro nonché dalla litologia della roccia acquifera.

Di seguito si riporta un esempio di dimensionamenti per i filtri a ponte proposto *Cerbini e Gorla 2004*¹:

- Calcolo del Coefficiente di apertura del Filtro (F)

$$F = \frac{2 * h * a_2}{t * (W + b)}$$

dove:

h = apertura = 2,5mm

a₂=a₁ + 1.5h

a₁= dimensione testa ponti = 20mm

t = passo longitudinale= 45mm

W = larghezza delle aperture = 4 mm

b= spaziatura = 5.5mm

$$F = \frac{2 * 2,5 * (20 + 1.5 * 2.5)}{45 * (4 + 5.5)} = 0.277$$

Nota F si può calcolare la portata del filtro con la seguente formula:

$$Q_f = \pi * D * F * 0.03 * 3600$$

dove:

Q_f = Portata del filtro (m³/h) per metro lineare

D = diametro esterno filtro (m) = 220mm

F = Coefficiente di apertura del filtro

0.03 = velocità ingresso dell'acqua nel pozzo (m/s)

3600 = conversione secondi (s) in ore (h)

$$Q_f = 3.14 * 0.22 * 0.277 * 0.03 * 3600 = 20,6 \frac{m^3}{h} \text{ per metro lineare}$$

Una volta posto in opera il filtro, insieme al dreno, è però in grado di fornire una portata inferiore a quella teorica. La portata viene quindi calcolata prevedendo un coefficiente di riduzione compreso tra 0,50 e 0,75. Per cui:

$$Q = Q_f * C_r$$

dove:

Q = Portata (m³/h) per metro lineare

Q_f = Portata del filtro (m³/h) per metro lineare

C_r = Coefficiente di riduzione = 0.50

$$Q = 20,6 * 0,50 = 10,3 \frac{m^3}{h} \text{ per metro lineare}$$

¹Cerbini G., Gorla M. (2004). Idrogeologia applicata. Principi, metodi e misure "Applied Hydrogeology. Principles, methods and measurements" – Geo-Graph

Quindi, a seguito della progettazione, la lunghezza teorica del tratto filtrante dovrà essere maggiore di 7 m per garantire l'approvvigionamento idrico durante la perforazione dei pozzi profondi.

I parametri di progetto del tratto filtrante del pozzo sono stati stimati sulla base dei dati riportati in letteratura; in funzione delle reali condizioni geologiche ed idrogeologiche incontrate, i parametri sopra descritti potranno subire variazioni per un adeguato dimensionamento finale delle caratteristiche del tratto finestrato.

6 TERRE E ROCCE DA SCAVO

In riferimento al D.P.R. 120/2017 per poter riutilizzare il materiale derivante dagli sbancamenti è necessario che questo sia classificabile come sottoprodotto; per poter essere così definito è necessario che il materiale abbia le seguenti caratteristiche:

- sia generato durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- sia utilizzato nel corso dell'esecuzione dell'opera stessa o di un'altra opera conformemente a quanto previsto nella dichiarazione di utilizzo;
- sia possibile utilizzare direttamente il materiale senza sottoporlo a trattamenti diversi dalla normale pratica industriale;
- soddisfi i requisiti di qualità ambientale specificati nella Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della parte IV del T.U. in materia ambientale D.Lgs. 152/2006.

Nel D.P.R. si fa una distinzione tra cantieri di piccole dimensioni, il cui volume del materiale escavato è inferiore a 6.000 m³ e cantieri di grandi dimensioni.

Nel casi in cui il terreno di risulta prodotto in cantiere di piccole dimensioni (volume < 6.000 m³) il produttore del materiale deve fornire una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà da inviare al comune e all'agenzia di protezione ambientale territorialmente competente 15 giorni prima dell'esecuzione dell'inizio dei lavori di scavo; nel caso in cui invece il terreno di risulta in un cantiere di grandi dimensioni (volume > 6.000 m³) dovrà essere redatto ed inviato, almeno 90 giorni prima dell'inizio dei lavori, il piano di utilizzo. Questo è un documento che deve contenere l'ubicazione dei siti di produzione e deposito, le eventuali operazioni di normale pratica per il trattamento del terreno, la descrizione del piano di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, l'ubicazione di eventuali siti di deposito intermedio e i percorsi previsti per il trasporto del materiale.

Per maggiori dettagli in merito si rimanda all'apposito Allegato 5 allo SIA "Piano Preliminare di Utilizzo Terre".

7 CONCLUSIONI

La presente relazione è relativa alle risultanze di un'indagine geologica e sismica condotta nell'area ove è prevista l'installazione dell'impianto geotermico pilota "Latera" ricadente nei territori comunali di Latera e Valentano (VT).

L'impianto prevede la realizzazione di una centrale ORC dalla potenza netta di 5 MW e 4 postazioni di perforazione, di cui due definite di "riserva".

Dalla modellazione geologica, geomorfologica e idrogeologica dell'area ove è prevista la realizzazione delle opere principali è emerso quanto segue:

- dal punto di vista geologico tutte le opere principali (impianto ORC e postazioni) interessano principalmente i depositi post-orogenetici continentali caratterizzati da litologia prevalentemente limo-argillosa in facies palustre, lacustre e salmastra. Questi poggiano sui depositi vulcanici rappresentati da ignimbriti tefritico-fonolitiche, fonolitico-tefritiche fino a trachitiche; presentano sia facies incoerenti (pozzolane) sia facies compatte (tufo litoide);
- dal punto di vista geomorfologico le opere principali sono localizzate all'interno della caldera di Latera, depressione connessa proprio all'attività vulcanica sopra menzionata. Sulla base dei sopralluoghi effettuati e dall'analisi della cartografia del PAI del Bacino Interregionale del Fiume Fiora non sono emerse particolari criticità geomorfologiche;
- dal punto di vista idrogeologico le opere principali poggiano su un complesso idrogeologico a bassa permeabilità definito come "*Complesso dei depositi fluvio palustri e lacustri, con potenzialità acquifera bassa*". Tale complesso rappresenta la copertura di un complesso idrogeologico caratterizzato da una buona permeabilità, così come dimostrato dai numerosi pozzi per acqua presenti nell'intorno delle opere principali, presente all'interno dei depositi vulcanici.

Dalla modellazione sismica è emerso quanto segue:

- i territori comunali di Latera e Valentano rientrano nella sottozona sismica 2B caratterizzata da un'accelerazione di picco (a_g) su terreno rigido compresa tra valori $0,15 \leq a_g \leq 0,20$ con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni secondo la Mappa della Zonizzazione Sismica della Regione Lazio;
- sulla base della determinazione delle VS EQ derivanti dalle indagini MASW è risultata una categoria di sottosuolo di tipo C "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti" con Vs EQ comprese tra 180 m/s e 360 m/s secondo il D.M. 17.01.18.

Infine dalla modellizzazione geotecniche è emerso quando segue:

- i terreni presenti nell'area dove sarà localizzato il polo produttivo agro-energetico, indagati fino alla profondità media di circa 12 metri non hanno mostrato grande competenza. Infatti, nessuna delle prove DPSH ha raggiunto il rifiuto strumentale e localmente il numero di colpi

registrato a profondità più o meno elevate è risultato molto basso a conferma della scarsa qualità meccanica dei terreni interessati dalle opere in progetto;

- una valutazione analoga può essere fatta anche per le postazioni di reiniezione, dove anche in questo caso le prove hanno mostrato la presenza di terreni poco competenti.

La centrale sarà connessa alla RTN mediante la realizzazione di un elettrodotto interrato in media tensione.

In questa fase progettuale per tale opera è stata eseguita unicamente una caratterizzazione geologica, geomorfologica e idrogeologica di superficie:

- dal punto di vista geologico anche l'elettrodotto interessa lungo il suo tracciato sia i depositi continentali caratterizzati da litologia prevalentemente limo-argillosa in facies palustre, lacustre e salmastra che i depositi vulcanici connessi all'attività vulcanica che ha caratterizzato l'area di studio;
- dal punto di vista geomorfologico dalla consultazione della cartografia del Bacino Interregionale del Fiume Fiora è emerso che un breve tratto dell'elettrodotto si sviluppa in un'area caratterizzata da una pericolosità da frana media. Sulla base dei sopralluoghi effettuati non sono comunque emerse criticità in atto, così come emerso anche dalla consultazione delle cartografie relative al progetto IFFI. Inoltre, le modalità di realizzazione del cavidotto interrato MT saranno tali da non determinare nessuno aggravio o modifica dello stato morfologico dei luoghi;
- dal punto di vista idrogeologico oltre ai due complessi sopra riportati, l'elettrodotto interessa anche il *"Complesso delle lave, laccoliti e conì di scorie, con potenzialità medio acquifera medio alta"*.

Il materiale derivante dagli sbancamenti sarà gestito in conformità a quanto previsto dal DPR 120/2017 e il D.M. 152/2006.

Per la realizzazione della struttura fondale di tutte le opere areali (centrale e postazioni) si suggerisca di utilizzare una fondazione in cemento armato di tipo indiretto su pali, data la natura scadente del terreno.

Pertanto sulla base delle ricostruzioni effettuate, si affermare una fattibilità complessiva da un punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico, in quanto gli interventi in progetto non comportano un turbamento dell'assetto idrogeologico né alterano le condizioni di stabilità dei versamenti interessati, per cui le opere si dichiarano fattibili.

Nonostante questo data la natura scadente dei terreni, particolare attenzione dovrà essere posta in fase di progettazione esecutiva attraverso la redazione di ulteriori indagini geognostiche, quali ad esempio sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 15/30 m con prelievo di campioni indisturbati e relative indagini di laboratorio sugli stessi. Queste consentiranno infatti di aggiornare e implementare il modello geologico attualmente ricostruito.

8

BIBLIOGRAFIA

- Barberi F., Innocenti F., Landi P., Rossi U., Saitta M., Santacroce R., Villa I.M., (1984). The evolution of Latera caldera in the light of subsurface data. *Bull. Volcanol.*, 47, 125-141.
- Bertrami R., Cameli G.N., Lovari F., Rossi U. (1984) – Discovery of Latera Geothermal field: problems of exploration and research. Seminar on utilization of geothermal energy for electric power production and space heating.
- Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D’Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Bertrami R., Calamai A., Cameli G., Corsi R., D’Acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F. (1987b) – Ricerca ed esplorazione nell’area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria). *Boll.Soc. Geol. It.*, 107, 265-337.
- Cappelli G. Mazza R., Gazzetti C., (2005) – Strumenti e strategie per la tutela e l’uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. Gli acquiferi vulcanici. Quaderni di tecniche di protezione ambientale. Protezione ambientale. Protezione delle acque sotterranee vol. 78. Pitagora editrice Bologna.
- Cavarretta G., Gianelli G., Scandiffio G., Tecce F., (1985). Evolution of Latera geothermal system II: Metamorphic, hydrothermal mineral assemblages and fluid chemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 26, 337-364.
- Dessau G., Duchi G., Stea B. (1972) - Geologia e depositi minerali nella zona dei Monti Romani - Moneti (comuni di Manciano e Capalbio - Grosseto e Ischia di Castro--- Viterbo). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11, 217 - 260.
- ENEL – MICA (1987) – Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali – Regione Lazio. Rapporto per Ministro Industria Commercio e Artigianato.
- ENEL (1983) – Project for the utilization of a high-temperature water-dominated geothermal reservoir: Latera back-pressure power plant. European Community Demonstration Projects for Energy saving and Alternative Energy Sources. ENEL Unità Nazionale Geotermica - Commission of the European Communities.
- ENEL, (1995). L’energia in Toscana e nel Lazio settentrionale. Pubblicazione ENEL.
- ENEL (2017) - Progetto Realizzazione Centrale Geotermoelettrica “Nuova Latera” - Relazione Tecnica Di Progetto – Procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale – Regione Lazio
- Funciello R., Salvini F., Wise D.U. (1984) - Deformational history of basement exposures along the Fiora River, Central Italy. *Boll. Soc. Geol. It.*, 103, 491 - 501.
- Innocenti F., Trigila R., (1987). Vulsini Volcanoes. *Period. Mineral.*, 56, 238 pp.
- Landi P., (1987). Un esempio di zonatura compositiva in camere magmatiche superficiali. L’eruzione piroclastica alcalino potassico di Pitigliano (Vulcano di Latera). *Rendic. Soc. Geol. It. Min. Petr.*
- Locardi E., (1983). Esperimento di carta vulcanico-strutturale del centro di Latera (Vulcani Vulsini). ENEA RT/AMB 7.

- Metzeltin S., Vezzoli L., (1983). Contributi alla geologia del vulcano di Latera (Monti Vulsini, Toscana meridionale – Lazio settentrionale). Mem. Soc. Geol. It. 25, 247-271.
- Michels D. E., (1981), CO₂ and Carbonate Chemistry Applied to Geothermal Engineering, Geothermal Reservoir Engineering Management Program, Earth and Science Division, Lawrence Berkley Laboratory, Report LBL-11509, pp 27
- Molli G., (2008) - Northern Apennines - Corsica orogenic system: an updated overview. In: Siegesmund, S., Fügenschuh, B., Froitzheim, N. (Eds.), Tectonic aspects of the Alpine–Dinaride–Carpathian system. Geol. Soc., London, Spec. Publ. 298, pp. 413–442.
- Nicoletti M., Petrucciani C., Piro M., Trigila R., (1979). Nuove datazioni Vulsine per uno schema di evoluzione della attività vulcanica: il quadrante nord occidentale. Per. Min. 48, 153-165.
- Parotto M., Praturlon A. (2004) - The southern Apennine arc. Special Volume of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence - 200, 34 - 58.
- Peccerillo A.,(2003) - Plio - Quaternary magmatism in Italy, Episodes, 26, 222 - 226.
- Sabatelli F. & Mannari M. (1995) – Latera Development Update. World Geothermal Congress, Florence, Italy, May 18- 31, 1995. Proceedings, vol. 3, pp. 1785-1789.
- Tiberti M.M., Orlando L., Di Bucci D., Bernabini M., Parotto M. (2005) - Regional gravity anomaly map and crustal model of the Central - Southern Apennines (Italy). Journal of Geodynamics, 40, 73 - 91.
- Turbeville B.N., (1993). Petrology and petrogenesis of the Latera Caldera, Central Italy. J. Petrol., 34(1), 77-123.
- Varekamp J.C., (1980). The geology of Vulsinian Area , Lazio, Italy. Bull. Vulcanol., 83, 487-503.
- Vezzoli L., Conticelli S., Innocenti F., Landi P., Manetti P., Palladino D.M., Trigila R., (1987). Stratigraphy of the Latera Volcanic Complex: proposal for a new nomenclature. Per. Mineral. 56, 89-110.
- Villa I.M., Giuliani O., De Grandis G.,Cioni R., (1981). Datazioni 40 Ar/ 39 Ar sulla base delle vulcaniti della Provincia Romana. Rend. SIMP., 42, 357.



IMPIANTO GEOTERMICO PILOTA DENOMINATO “LATERA”

ALLEGATO 1: RELAZIONE GEOLOGICA

Annesso 1: Report Indagini di Campo

Progetto No. P22_LTR_044

Doc. No. P22045-X-RL-00-AL-01-0

Preparato per: Latera Sviluppo S.r.l.

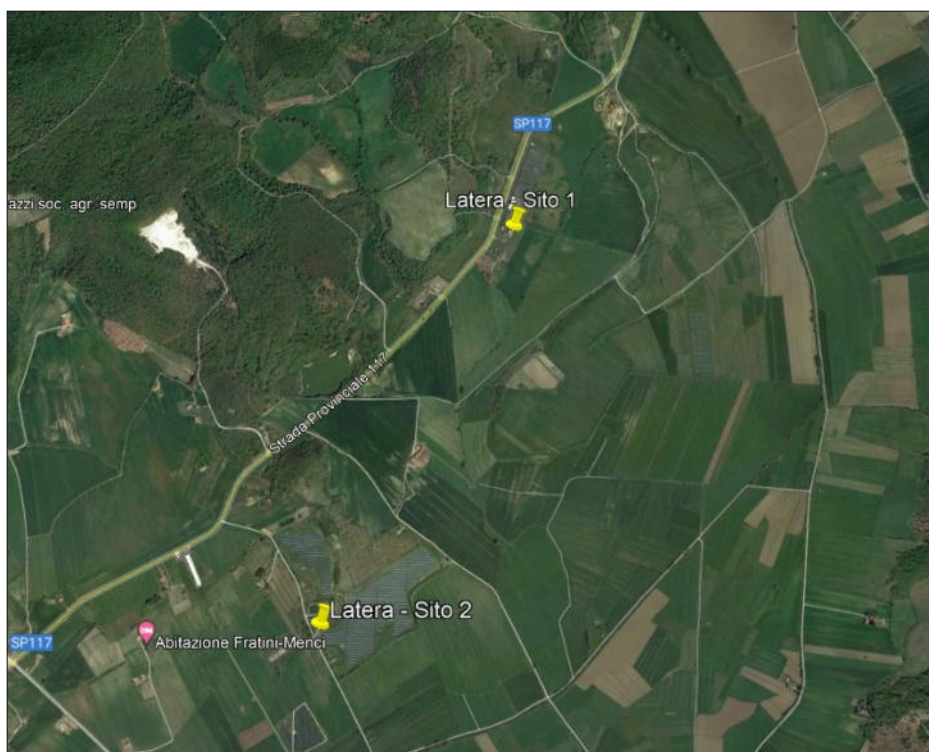


STEAM srl
Via Ponte a Piglieri 8
Pisa 56121
ITALY
VAT no. IT01028420501

REGIONE LAZIO PROVINCIA DI VITERBO COMUNE DI LATERA

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE PRESSO L'IMPIANTO GEOTERMICO UBICATO NEL COMUNE DI LATERA (VT)

RELAZIONE TECNICA



Committente: **STEAM S.R.L.**

Esecuzione:



Dott. Geol. Roberto TRONCARELLI
Dott. Geol. Marco ORFEI

Collaborazione: **Dott. Geol. Matteo LAUDATO**

Data: Aprile 2023

Elaborato N°: 2663/23

Relazione tecnica



Geovit s.r.l.

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sede operativa: VITERBO - Via Piave, 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - C.CIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 30949/35/00 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

INDICE

1. Premessa e quadro normativo	2
2. Indagini eseguite	5
2.1. Prove geotecniche in sito	5
2.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH	5
2.2. Prove geofisiche	7
2.2.1. Stese sismiche MASW	7

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. Premessa e quadro normativo

Il sottoscritto Dott. Geol. Roberto Troncarelli, iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n. 803, polizza Responsabilità Civile "Cattolica Assicurazioni" n. 0007912000060/206, in qualità di Legale Rappresentante e Direttore Tecnico della Società GEOVIT s.r.l., con sede in Viterbo, Via Monte Cervino n. 12, iscrizione al Registro delle Imprese e codice fiscale 01416400560 REA 85435, su incarico della Soc. STEAM s.r.l., in riferimento ad accettazione offerta Prot. 1208/RT/PB/22 del 22.12.22, ha eseguito una campagna di indagini geognostiche e geofisiche per l'impianto geotermico ubicato nel Comune di Latera (VT).

Le indagini sono state condotte ai sensi del D.M. LL.PP. 11.3.1988 "Norme tecniche per indagini su terreni e rocce...omissis", e della Circolare del Min. LL.PP. n° 30483/88.

Le coordinate geografiche dei siti dove sono state eseguite le indagini, evidenziate nelle sottostanti figure 1 e 2, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

Latitudine: ϕ_{WGS84}	42.600801
Longitudine: λ_{WGS84}	11.813090



Figura 1 – Ubicazione da Google Earth del sito 1 dove sono state eseguite le indagini.

Latitudine: ϕ_{WGS84}	42.586148
Longitudine: λ_{WGS84}	11.804110



Figura 2 – Ubicazione da Google Earth del sito 2 dove sono state eseguite le indagini.

Le indagini sono state condotte nel mese di Marzo 2023 e sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH;
- n. 3 indagini di sismica attiva in *array* di tipo *Multichannel Analysis of Surface Waves* (MASW).

Di seguito si riportano:

- stralcio CTR Sezioni nn. 333140 "Latera" e 344020 "Valentano" con ubicazione delle aree di studio, denominate Sito 1 e 2, in scala 1:10.000;
- stralcio immagine Google Earth con l'ubicazione delle indagini eseguite.

La corrente relazione presenta i risultati delle indagini eseguite.

COMUNE di LATERA (VT)

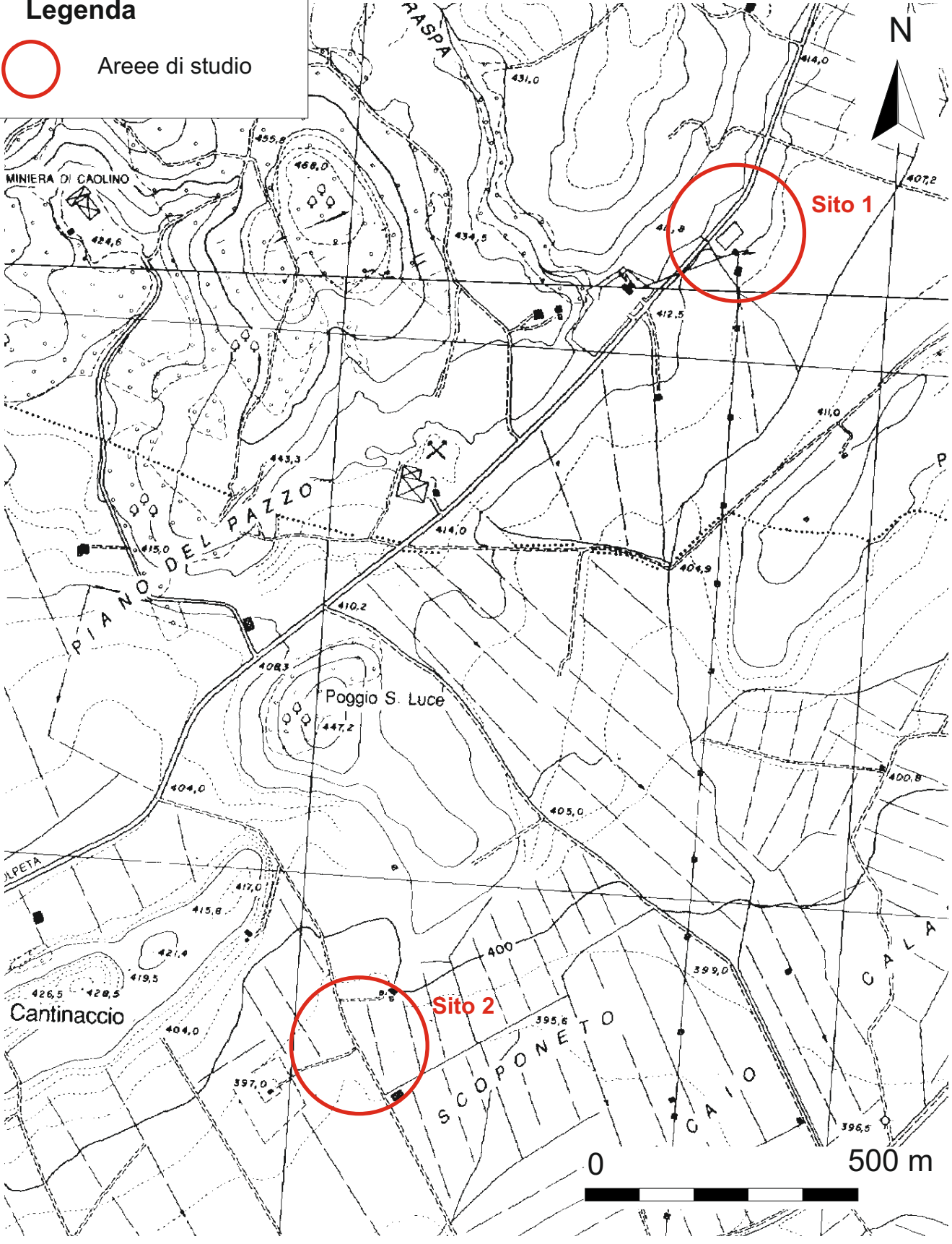
Impianto geotermico - Siti 1 e 2

Stralcio CTR - Sezioni nn. 333140 "Latera" e 344020 "Valentano"
Scala 1:10.000

Legenda



Aree di studio





COMUNE di LATERA (VT)

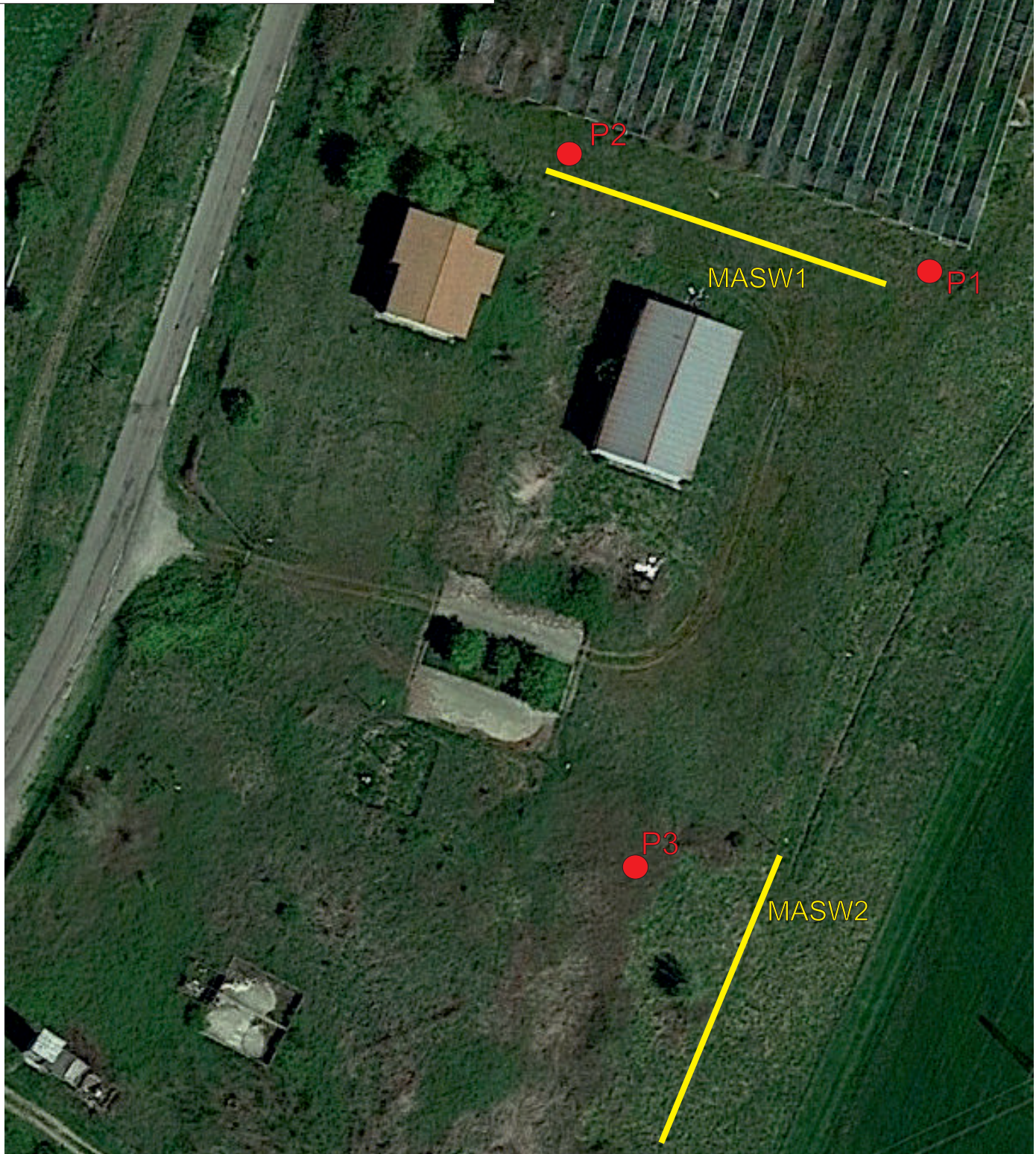
Impianto geotermico - Sito 1

CARTA UBICAZIONE INDAGINE ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

Legenda

-  Pn Prova penetrometrica dinamica DPSH
-  MASWn Indagine sismica MASW





COMUNE di LATERA (VT)

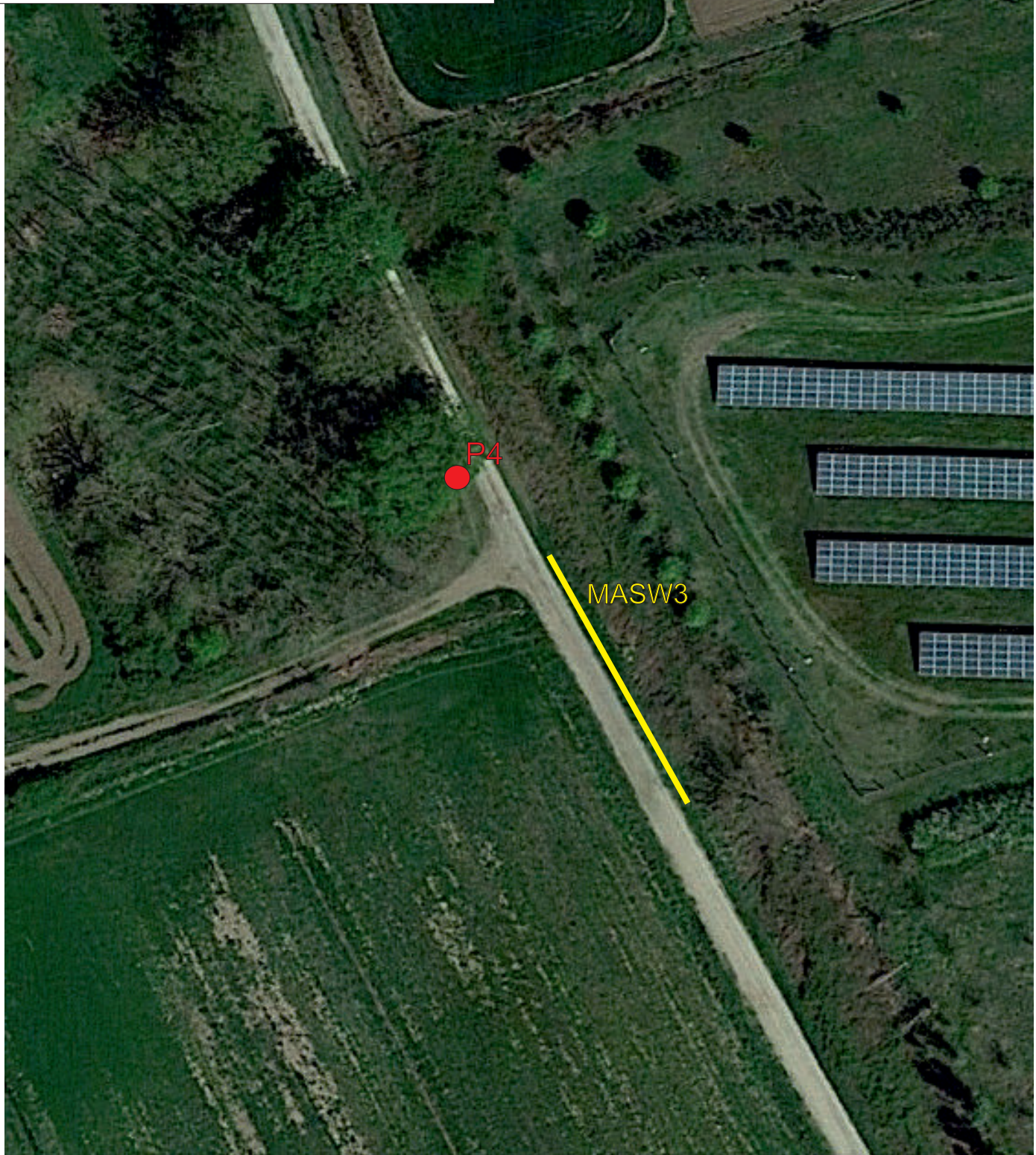
Impianto geotermico - Sito 2

CARTA UBICAZIONE INDAGINI ESEGUITE

Stralcio immagine Google Earth

Legenda

-  Pn Prova penetrometrica dinamica DPSH
-  MASWn Indagine sismica MASW



2. Indagini eseguite

2.1. Prove geotecniche in sito

2.1.1. Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Al fine di caratterizzare a livello geotecnico i terreni presenti nell'area di sedime, sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo DPSH, denominate rispettivamente P1, P2, P3 e P4, ed ubicate come da stralcio cartografico allegato in precedenza.

Il penetrometro dinamico cingolato utilizzato, Modello Pagani TG-63-200 ISM.C, secondo la classificazione ISSMFE del 1988 appartiene al tipo Superpesante (DPSH), ovvero con massa battente di massa $M > 60$ kg.

Si allega il certificato di conformità dello strumento alle direttive europee.

Il modello consente l'infissione di aste di acciaio di diametro $\varnothing = 3,60$ cm, lunghezza 100 cm e peso 6.00 Kg cadauna; il maglio di battuta, del peso di 63,50 Kg, prevede un'altezza di caduta fissa di 75 cm; al termine dell'ultima asta è montata una punta conica, avente area $A = 20,43$ cmq ed angolo di apertura $\beta = 90^\circ$.

Tale penetrometro sviluppa un'energia specifica / colpo $Q = 11,66$ kg/cmq (per riferimento, una prova SPT sviluppa una $QSPT = 7.83$ kg/cmq); il coefficiente teorico di energia $\beta_t = Q / QSPT = 1.521$ (in teoria quindi $NSPT = \beta_t \times N$).

Sui tabulati allegati si riportano il numero dei colpi N per ogni 20 cm di avanzamento della batteria di aste, sia in veste analitica che grafica, ed i valori delle resistenze dinamiche di rottura alla punta con la profondità in Kg/cmq, calcolate ricorrendo alla formula olandese ricordata sul prospetto riepilogativo iniziale.

Sono infine stati correlati i dati ottenuti elaborando sia un prospetto statistico che un'interpretazione geomeccanica; ciò ha permesso di ricostruire la serie litotecnica, con le rispettive caratteristiche e le indicazioni dei valori di resistenza dinamica corrispondenti ad una prova SPT.

Le colonne litotecniche del test consentono un'interpretazione ed una definizione abbastanza affidabile della sequenza litologica e geomeccanica locale.

Durante l'esecuzione delle prove sono state scattate alcune fotografie, riportate nella apposita sezione in allegato (rif. Documentazione fotografica).

2.2. Prove geofisiche

2.2.1. Stese sismiche MASW

Descrizione del metodo

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Ogni singolo geofono è collegato mediante un cavo bipolare che trasmette il segnale al sismografo, il segnale sismico viene così registrato, opportunamente amplificato, visualizzato sullo strumento e memorizzato per le successive elaborazioni ed interpretazioni.

Questa tipologia di prospezione è stata realizzata con n. 3 stendimenti sismici, denominati MASW1, MASW2, MASW3 a 24 geofoni allineati rispettivamente ad una distanza intergeofonica di 2 metri, che hanno registrato le onde sismiche generate in corrispondenza di almeno 2 punti di energizzazione dislocati rispettivamente ad una distanza (offset) di 5,0 e 6,0 dal primo geofono all'esterno dello stendimento ed in allineamento con i geofoni.

La distanza intergeofonica indicativamente rappresenta lo spessore minimo della discontinuità rilevabile.

La profondità massima di penetrazione, diversamente dalla sismica a rifrazione tradizionale, è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e le sue frequenze, quindi non dipende dalla geometria dello stendimento, ma dalle caratteristiche della successione litostratigrafia del terreno investigato.

Le acquisizioni sono state eseguite con diversi tempi di campionamento pari a 2.000 ms, 0.500 ms e 0.125 ms ed una durata di acquisizione di 2048 ms.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale della PASI modello 16S24-U, avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- capacità di campionamento dei segnali tra 125 μ s e 2 ms;
- filtri in post-acquisizione (50-60 Notch, 250LP)
- antialiasing: attivi, LPF, 8°ordine Butterworth;
- attenuazione -48dB/oct (-160dB/dec);
- $f_0=5/8f_{nyq}$; accuratezza $\pm 1\%$ freq.di taglio
- 24 bit con algoritmo proprietario
- 12 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Per l'elaborazione del profilo verticale della Vs (velocità delle onde di taglio), è stato utilizzato il software *winMASW* della *ELIOSOFT srl*.

Elaborazione dei dati della MASW1

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 6.0 metri di distanza dal primo geofono.

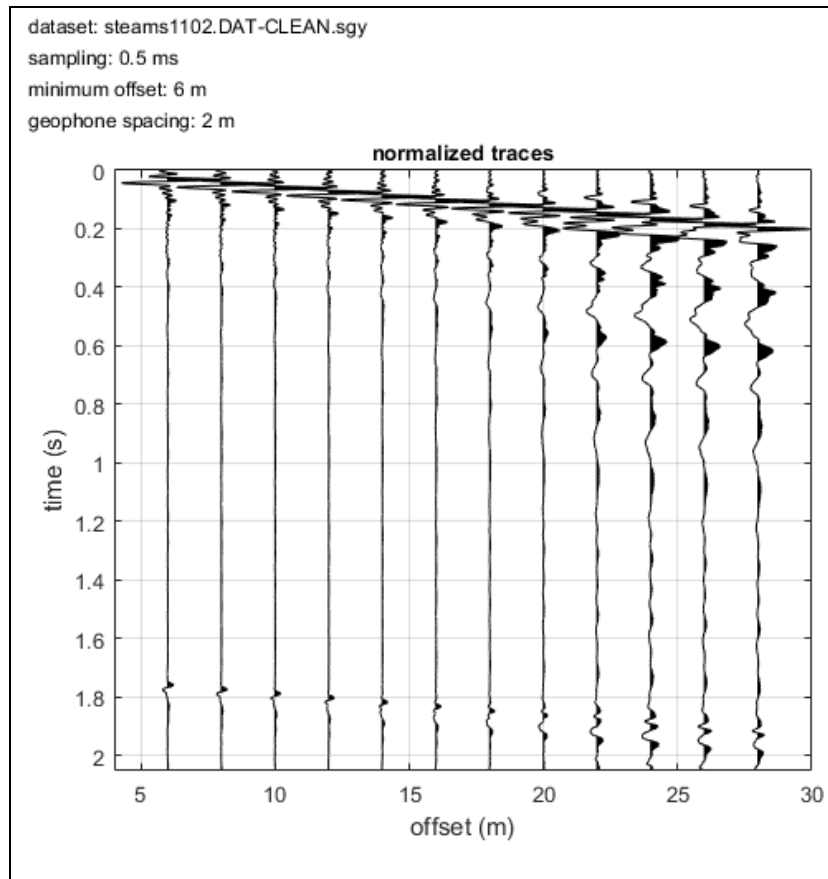


Figura 3 – Sismogramma della MASW1.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

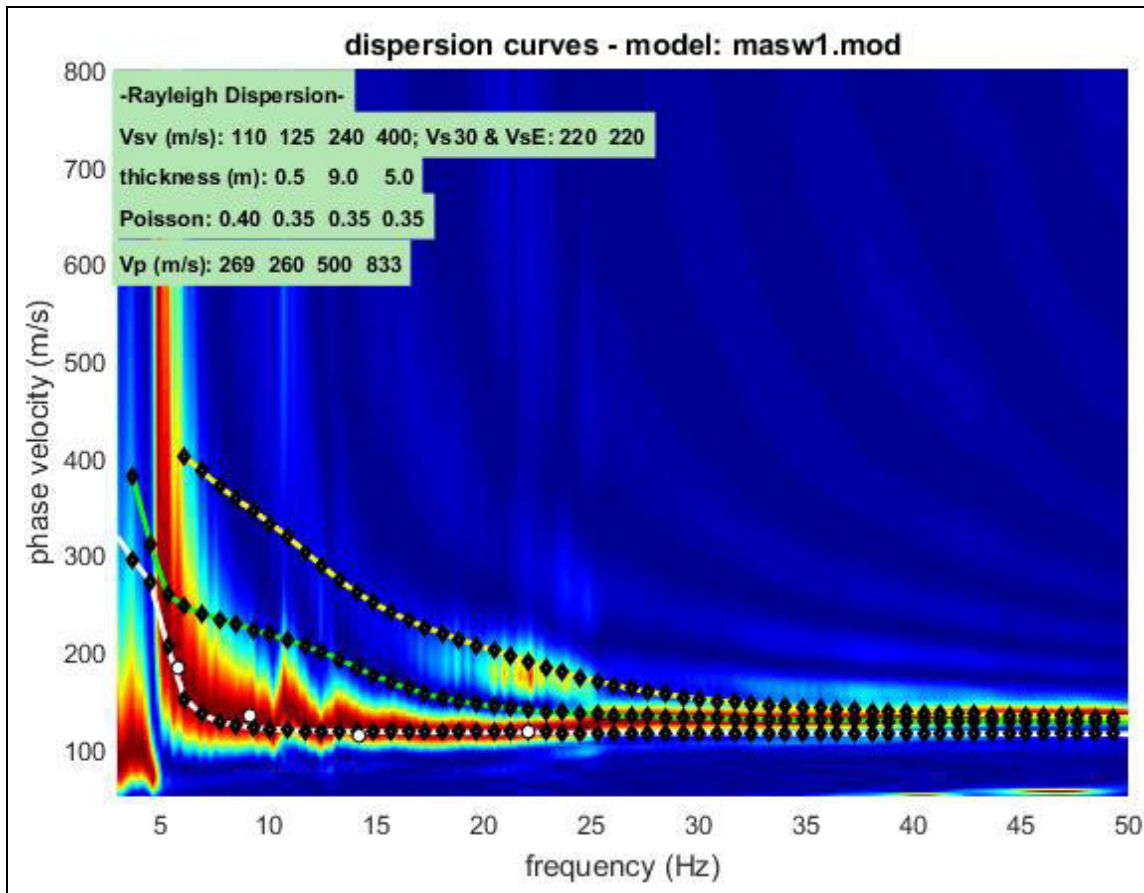


Figura 4 – Spettro di velocità della MASW1.

Risultati della MASW1

Dallo spettro di velocità (figura 4) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 5 Hz e 25 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 100 m/s e 250 m/s (figura 4).

Nella figura n. 5 si riportano i profili delle Vs calcolati.

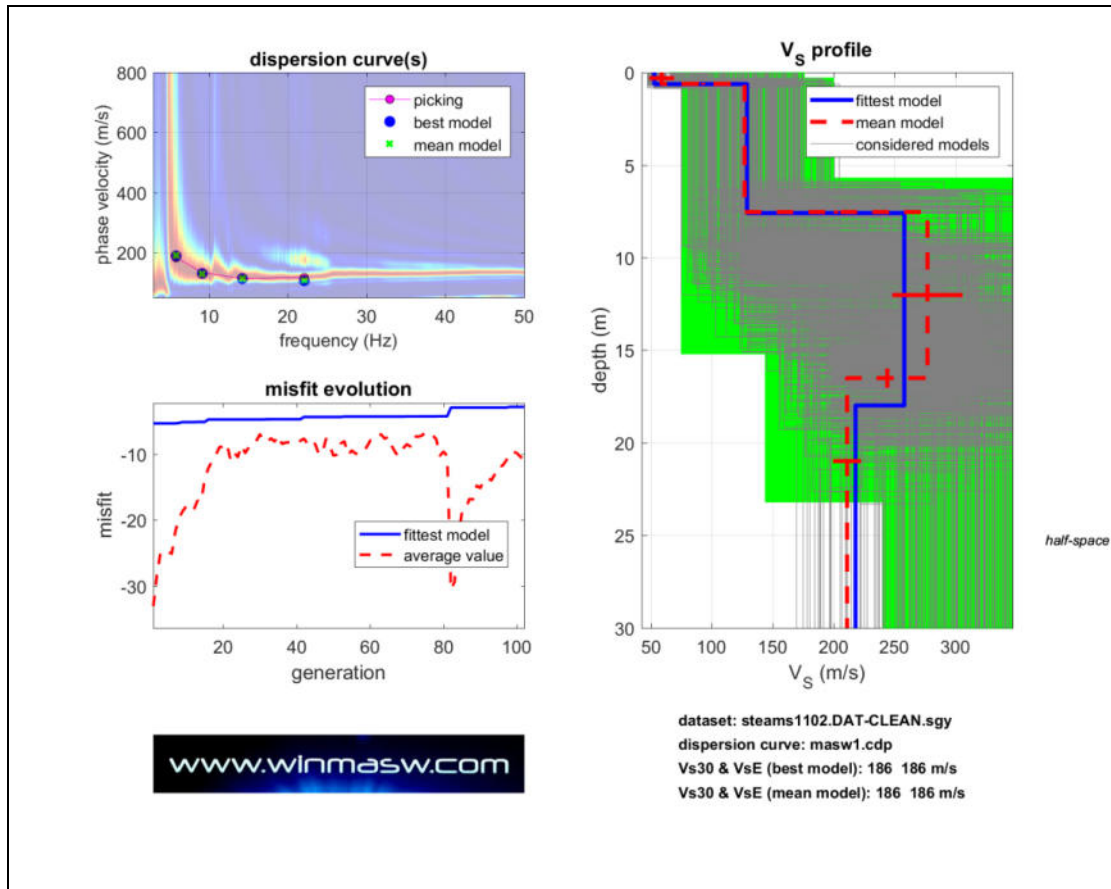


Figura 5 – Modelli di velocità calcolati per la MASW1.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

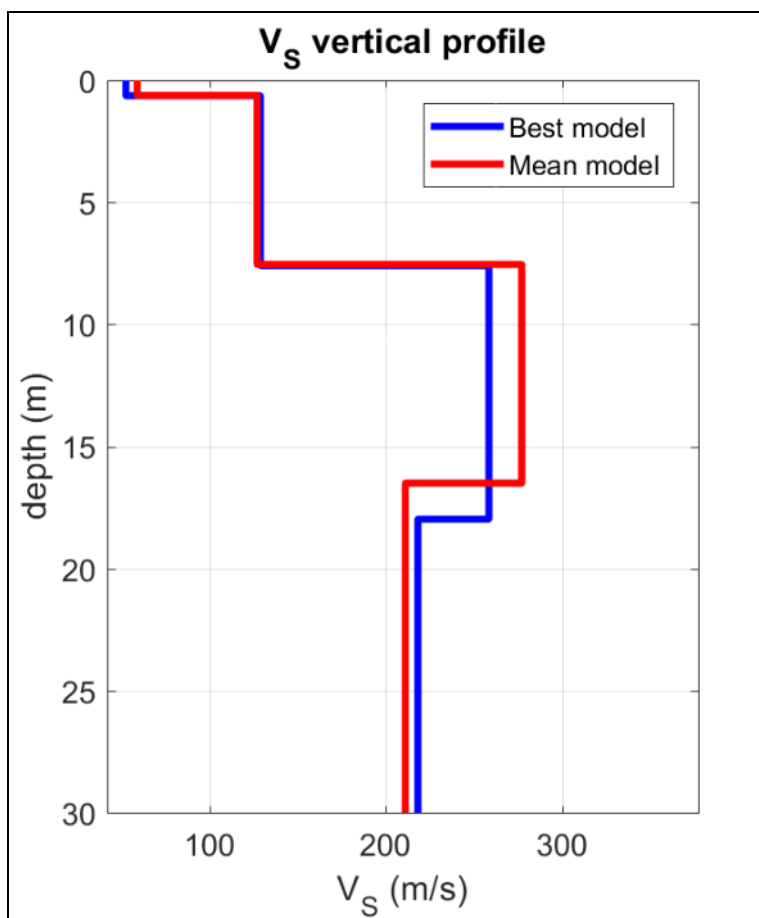


Figura 6 – Modello sismo-stratigrafico della MASW1.

Elaborazione dei dati della MASW2

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.5 ms e offset pari a 5 metri di distanza dal primo geofono.

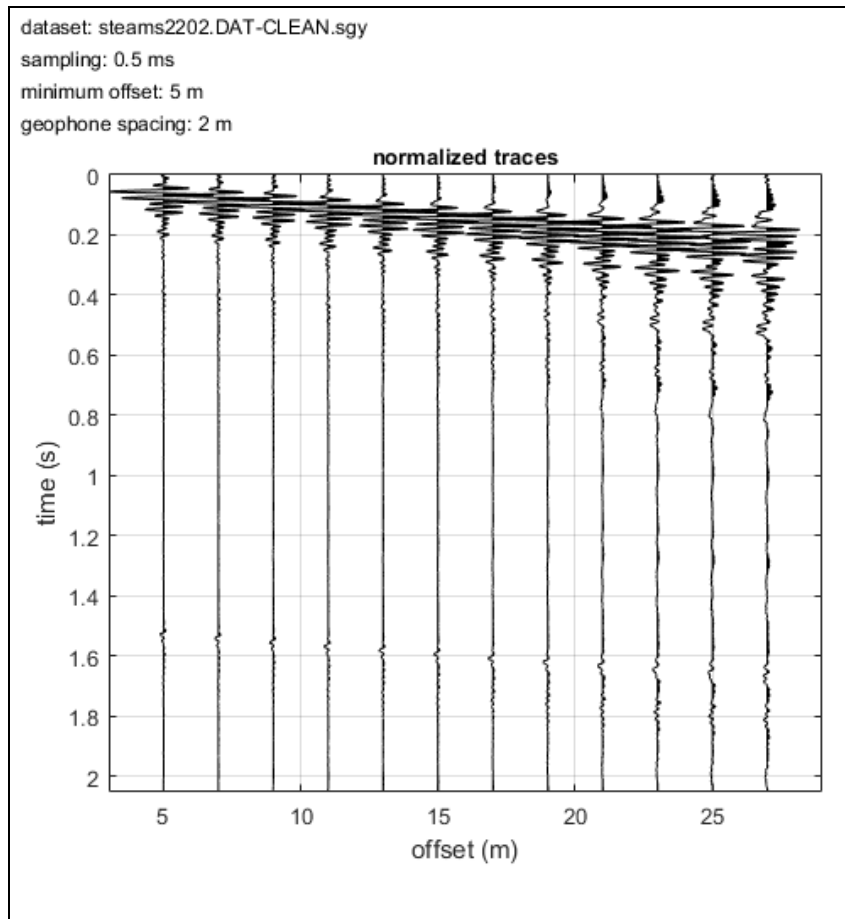


Figura 7 – Sismogramma della MASW2.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

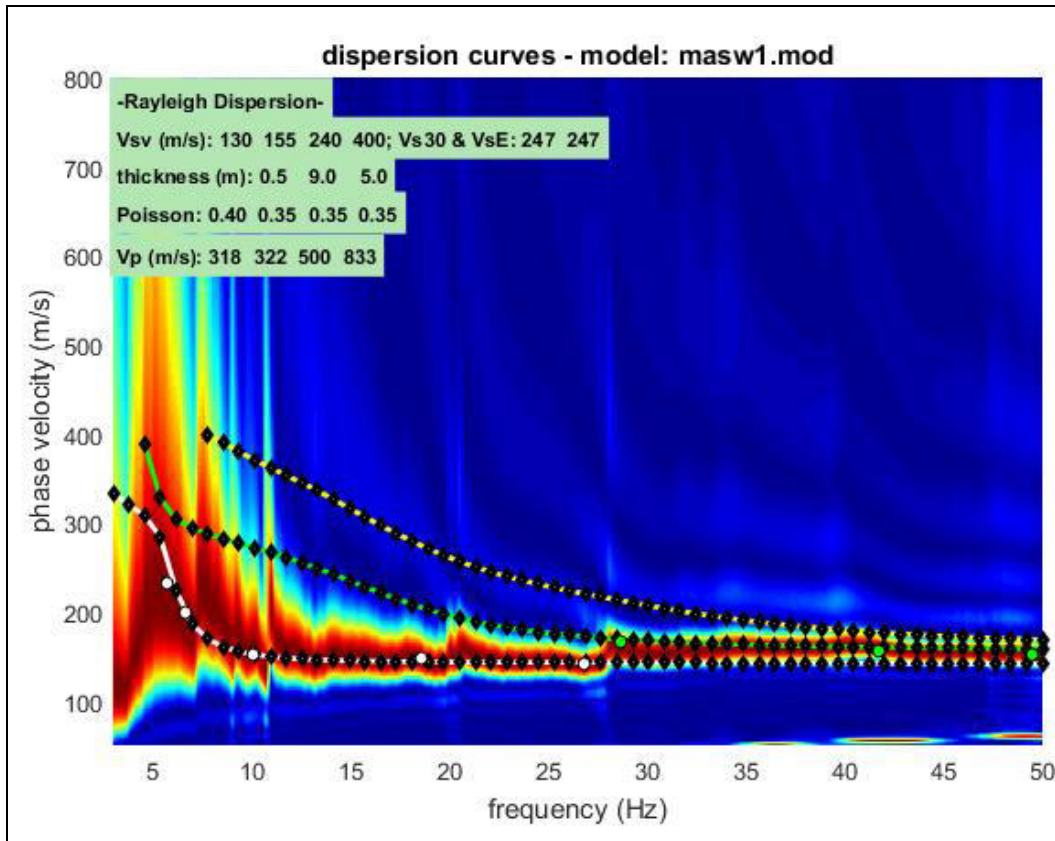


Figura 8 – Spettro di velocità della MASW2.

Risultati della MASW2

Dallo spettro di velocità (figura 8) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 5 Hz e 30 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 300 m/s (figura 8).

Nella figura n. 9 si riportano i profili delle Vs calcolati.

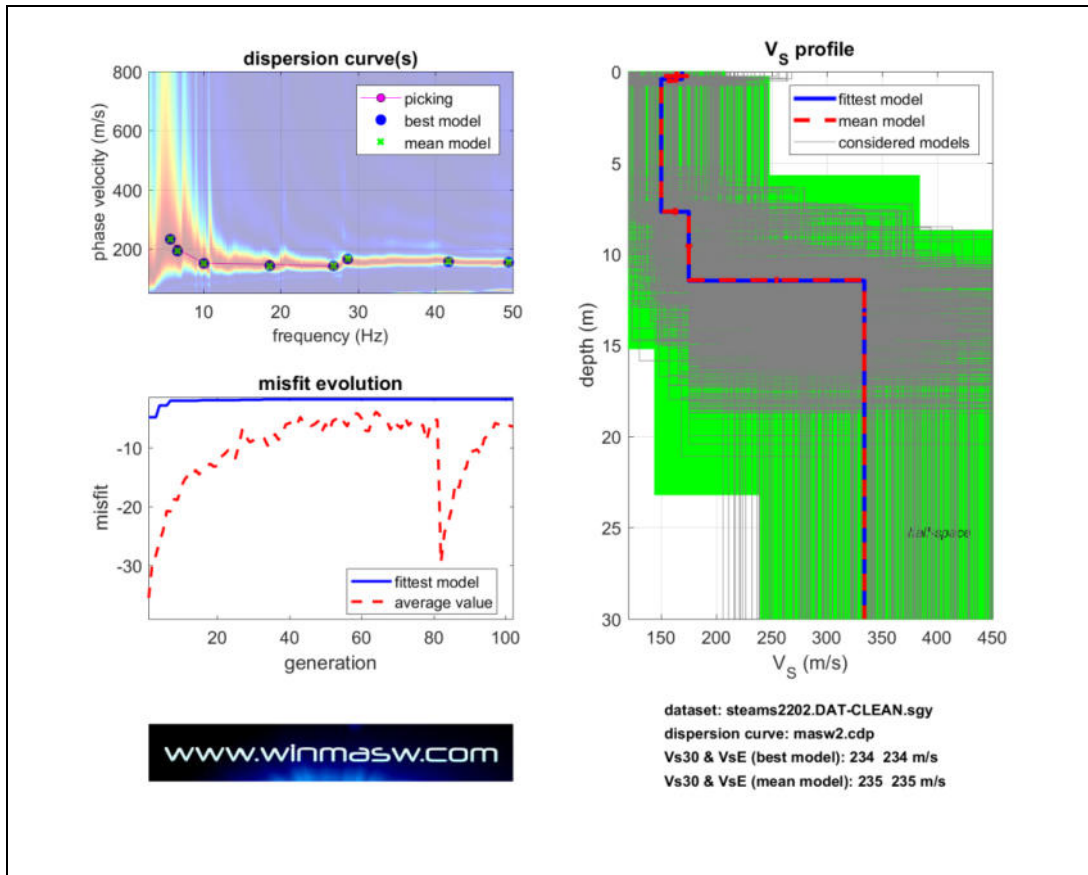


Figura 9 – Modelli di velocità calcolati per la MASW2.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

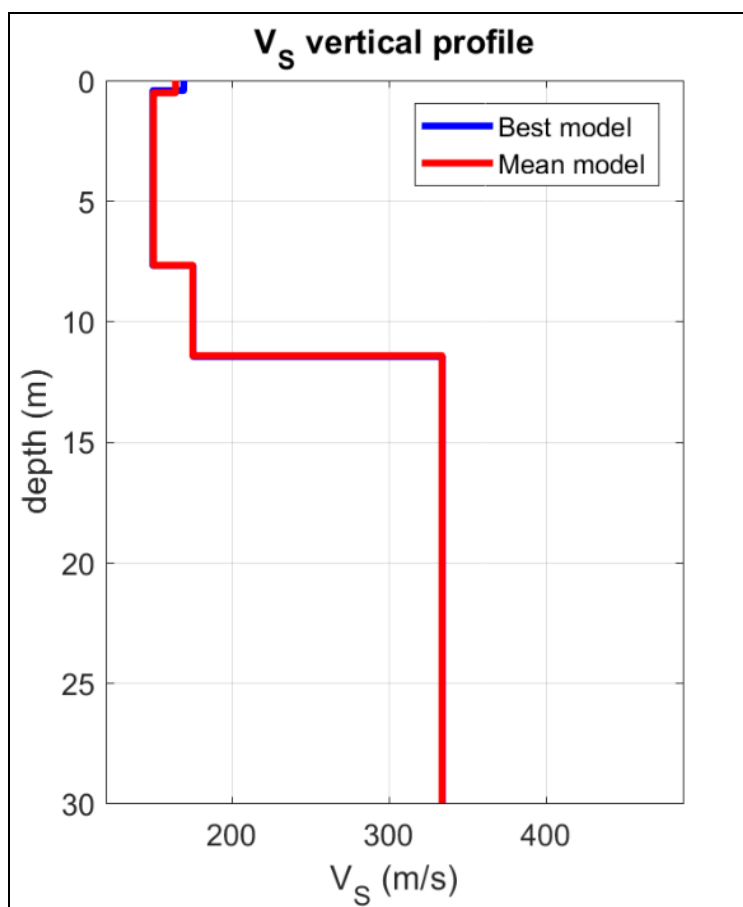


Figura 10 – Modello sismo-stratigrafico della MASW2.

Elaborazione dei dati della MASW3

Il passo di campionamento con il quale sono stati registrati i sismogrammi è stato pari a 0.125 ms, 2 ms e 0.500 ms ed il sismogramma analizzato è quello con passo campionamento pari a 0.125 ms e offset pari a 5 metri di distanza dal primo geofono.

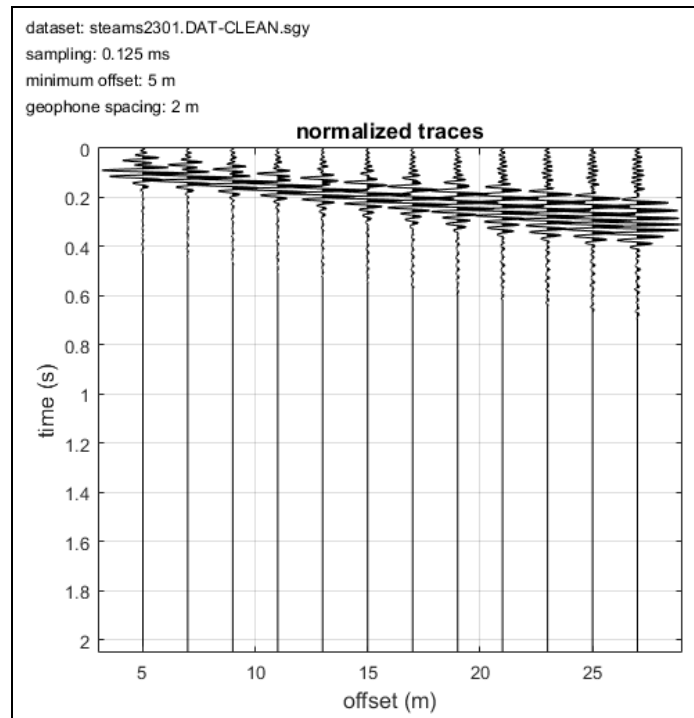


Figura 11 – Sismogramma della MASW3.

Dal sismogramma così ottenuto si è ricavato lo spettro delle velocità (diagramma velocità-frequenza) sul quale si individua la curva di dispersione.

Nelle figure successive si riportano i modelli sismo-stratigrafici calcolati evidenziando il modello “medio” e “migliore” con colori differenti.

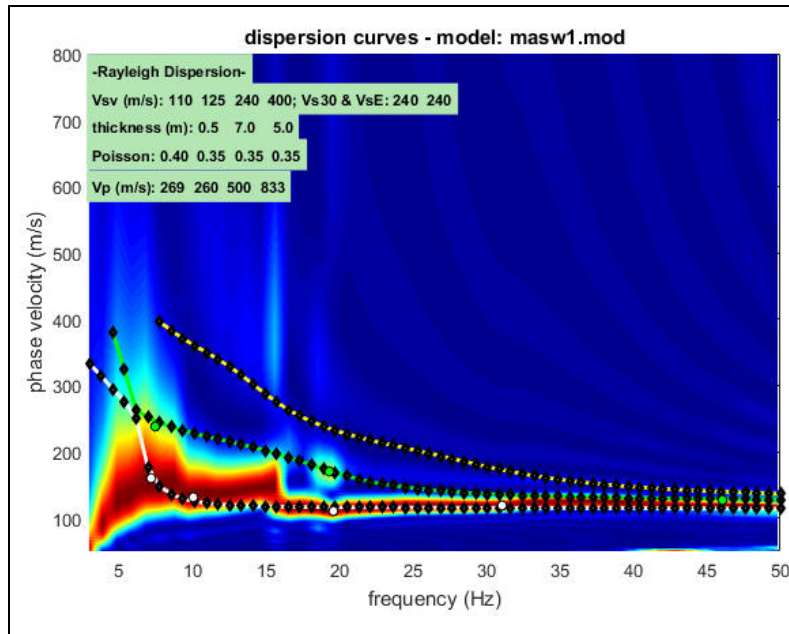


Figura 12 – Spettro di velocità della MASW3.

Risultati della MASW3

Dallo spettro di velocità (figura 12) si osserva che la velocità di fase risulta dispersa nel piano velocità (m/s)-frequenza (Hz) in un intervallo compreso tra 5 Hz e 35 Hz.

La corrispondente velocità di fase apparente è compresa, rispettivamente, tra 150 m/s e 300 m/s (figura 12).

Nella figura n. 13 si riportano i profili delle Vs calcolati.

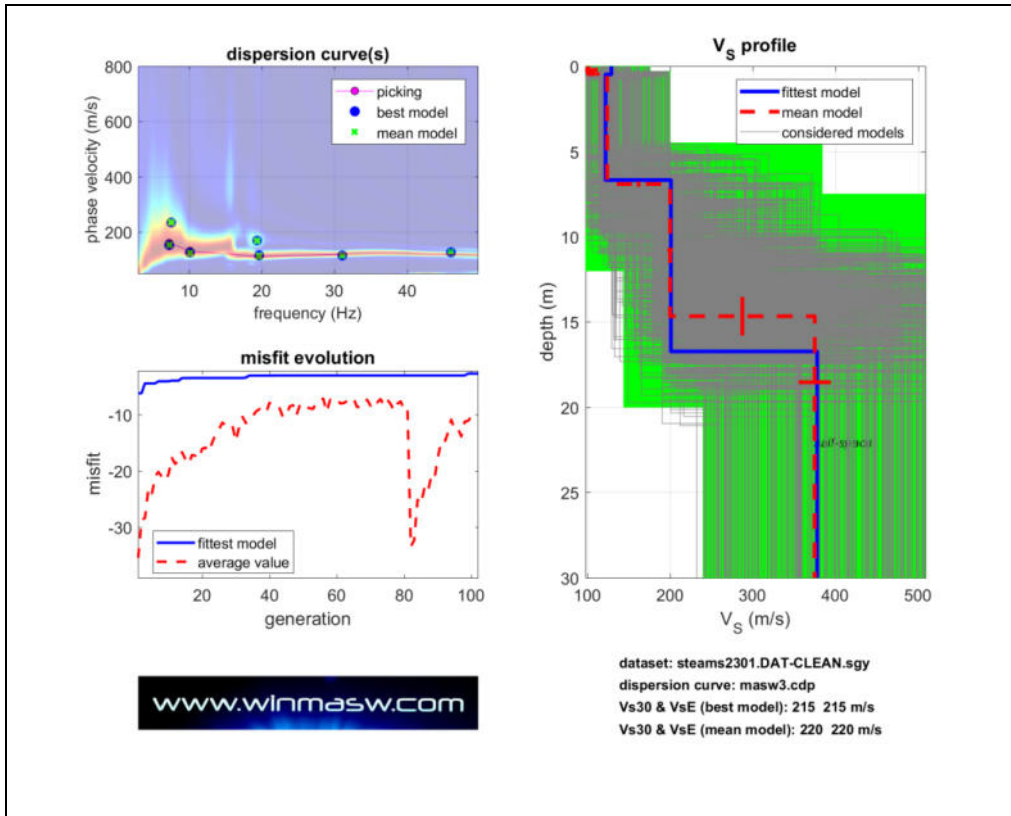


Figura 13 – Modelli di velocità calcolati per la MASW3.

Nella figura successiva si presenta una schematizzazione del profilo sismo-stratigrafico calcolato.

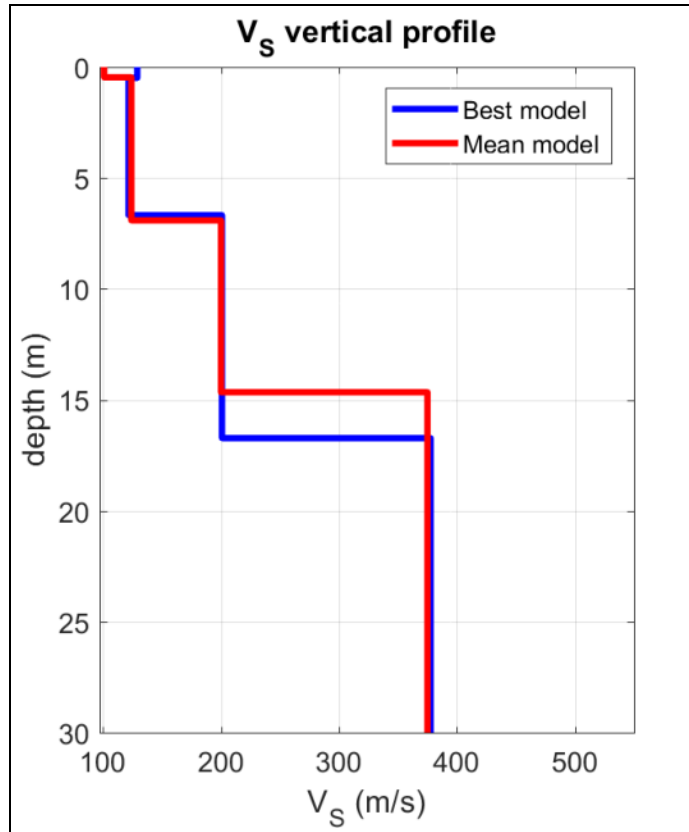


Figura 14 – Modello sismo-stratigrafico della MASW3.

Viterbo, lì 06 Aprile 2023

Geol. Roberto Troncarelli



ALLEGATO 1 – TABULATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE **(DYNAMIC PROBING)** **DPSH – DPM (... scpt ecc.)**

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α);
- avanzamento (penetrazione) δ ;

- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL);
- tipo MEDIO (DPM);
- tipo PESANTE (DPH);
- tipo SUPERPESANTE (DPSH).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i

valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_i \cdot N$$

Dove:

$$\beta_i = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M	peso massa battente.
M'	peso aste.
H	altezza di caduta.
A	area base punta conica.
δ	passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd}	resistenza dinamica punta (area A).
e	infissione media per colpo (δ/N).
M	peso massa battente (altezza caduta H).
P	peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = CN \cdot N_{60} \text{ con } CN = \sqrt{(Pa'/\sigma_{v0})} \quad CN < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \cdot (ER/60) \cdot C_S \cdot C_r \cdot C_d$$

ER/60 rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.

C_S parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).

C_d funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).

C_r parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981).

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (+ s)

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media (- s)

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{Spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $\sigma_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione $d = 1$ m.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

$$N_{spt\ corretto} = 15 + 0.5 \cdot (N_{spt} - 15)$$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito $< 38^\circ$.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito $< 38^\circ$).
- Schmertmann (1977)- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo $< 5\%$ a profondità < 5 m e con (%) di limo $> 5\%$ a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia.
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss (1978-1981) . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio Vs (m/s)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac (1971-1982) - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson (1983) - Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA (1983).
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u (min-max).
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con $N_c = 20$ e $Q_c/N_{spt} = 2$.
- Schmertmann (1975), C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher (1965), (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni (1982), valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson (1983) - Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975),- per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt < 30) medie e molli (Nspt < 4) e argille sabbiose (Nspt = 6-12).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

PROVA Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 08/03/2023
 Profondità prova 14,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	5	0,855	4,40	5,15	220,16	257,60
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	2	0,847	1,60	1,89	80,10	94,57
0,80	1	0,843	0,80	0,95	39,88	47,28
1,00	1	0,840	0,79	0,95	39,71	47,28
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	1	0,826	0,72	0,87	36,10	43,69
2,00	1	0,823	0,72	0,87	35,97	43,69
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	1	0,814	0,66	0,81	33,06	40,61
2,80	1	0,811	0,66	0,81	32,95	40,61
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	1	0,806	0,65	0,81	32,73	40,61
3,40	1	0,803	0,65	0,81	32,62	40,61
3,60	1	0,801	0,61	0,76	30,38	37,93
3,80	1	0,798	0,61	0,76	30,28	37,93
4,00	1	0,796	0,60	0,76	30,19	37,93
4,20	1	0,794	0,60	0,76	30,10	37,93
4,40	1	0,791	0,60	0,76	30,02	37,93
4,60	1	0,789	0,56	0,71	28,08	35,58
4,80	1	0,787	0,56	0,71	28,01	35,58
5,00	3	0,785	1,68	2,13	83,80	106,75
5,20	2	0,783	1,11	1,42	55,72	71,17
5,40	2	0,781	1,11	1,42	55,58	71,17
5,60	1	0,779	0,52	0,67	26,11	33,51
5,80	2	0,777	1,04	1,34	52,09	67,02
6,00	2	0,775	1,04	1,34	51,97	67,02
6,20	2	0,774	1,04	1,34	51,85	67,02
6,40	2	0,772	1,03	1,34	51,74	67,02
6,60	2	0,770	0,98	1,27	48,79	63,33
6,80	2	0,769	0,97	1,27	48,68	63,33
7,00	2	0,767	0,97	1,27	48,58	63,33
7,20	2	0,766	0,97	1,27	48,49	63,33
7,40	2	0,764	0,97	1,27	48,39	63,33
7,60	2	0,763	0,92	1,20	45,78	60,03
7,80	2	0,761	0,91	1,20	45,70	60,03
8,00	2	0,760	0,91	1,20	45,61	60,03
8,20	2	0,759	0,91	1,20	45,53	60,03
8,40	2	0,757	0,91	1,20	45,45	60,03
8,60	2	0,756	0,86	1,14	43,13	57,05
8,80	2	0,755	0,86	1,14	43,06	57,05
9,00	3	0,753	1,29	1,71	64,48	85,57
9,20	2	0,752	0,86	1,14	42,92	57,05
9,40	3	0,751	1,29	1,71	64,27	85,57
9,60	3	0,750	1,22	1,63	61,14	81,53
9,80	3	0,749	1,22	1,63	61,05	81,53

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

10,00	4	0,748	1,63	2,17	81,28	108,71
10,20	4	0,747	1,62	2,17	81,16	108,71
10,40	5	0,746	2,03	2,72	101,30	135,88
10,60	4	0,744	1,55	2,08	77,27	103,80
10,80	3	0,743	1,16	1,56	57,87	77,85
11,00	3	0,742	1,16	1,56	57,79	77,85
11,20	3	0,741	1,15	1,56	57,71	77,85
11,40	4	0,740	1,54	2,08	76,84	103,80
11,60	5	0,739	1,84	2,48	91,78	124,15
11,80	4	0,738	1,47	1,99	73,32	99,32
12,00	5	0,737	1,83	2,48	91,52	124,15
12,20	5	0,736	1,83	2,48	91,40	124,15
12,40	4	0,735	1,46	1,99	73,02	99,32
12,60	4	0,734	1,40	1,90	69,90	95,21
12,80	3	0,733	1,05	1,43	52,35	71,41
13,00	3	0,732	1,05	1,43	52,28	71,41
13,20	3	0,731	1,04	1,43	52,20	71,41
13,40	4	0,730	1,39	1,90	69,50	95,21
13,60	3	0,729	1,00	1,37	49,98	68,57
13,80	3	0,728	1,00	1,37	49,91	68,57
14,00	3	0,727	1,00	1,37	49,84	68,57
14,20	4	0,726	1,33	1,83	66,35	91,43

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	3	3,01	Incoerente	0	14,81	18,44	4,44	1,47	4,41	
4,8	1	0,83	Incoerente	0	13,53	18,34	37,3	1,47	1,47	
14,2	2,91	1,59	Incoerente	0	14,81	18,44	135,32	1,47	4,28	

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	4,41	0,60	23,68	51,08	78,26	19,24
[2] -	1,47	4,80	0,97	24,5	26,51	10,79
[3] -	4,28	14,20	7,22	30,12	31,52	18,89

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof of 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	4,41	0,60	4,41	28,26	21,26	29,23	34,12	31,42	0	<30	23,13	28,32	31,78	24,39
[2] -	1,47	4,80	1,47	27,42	20,42	28,41	27,72	30,14	0	<30	19,7	27,44	20,92	20,42
[3] -	4,28	14,20	4,28	28,22	21,22	29,2	26,66	31,37	0	<30	23,01	28,28	26,45	24,25

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	4,41	0,60	4,41	---	3,46	---	---	---
[2] -	1,47	4,80	1,47	---	1,15	---	---	---
[3] -	4,28	14,20	4,28	---	3,36	---	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	4,41	0,60	4,41	---	3,58	3,07	5,66
[2] -	1,47	4,80	1,47	---	2,99	1,02	4,37
[3] -	4,28	14,20	4,28	---	3,56	2,98	5,60

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	4,41	0,60	4,41	Terzaghi-Peck 1948	13,77
[2] -	1,47	4,80	1,47	Terzaghi-Peck 1948	13,37
[3] -	4,28	14,20	4,28	Terzaghi-Peck 1948	13,75

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	4,41	0,60	4,41	Terzaghi-Peck 1948	18,38
[2] -	1,47	4,80	1,47	Terzaghi-Peck 1948	18,14
[3] -	4,28	14,20	4,28	Terzaghi-Peck 1948	18,37

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	4,41	0,60	4,41	(A.G.I.)	0,34
[2] -	1,47	4,80	1,47	(A.G.I.)	0,35
[3] -	4,28	14,20	4,28	(A.G.I.)	0,35

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	4,41	0,60	4,41	25,72	30,35
[2] -	1,47	4,80	1,47	9,16	15,51
[3] -	4,28	14,20	4,28	25,00	29,80

Velocità onde di taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	4,41	0,60	4,41	Ohta & Goto (1978) Limi	70,1
[2] -	1,47	4,80	1,47	Ohta & Goto (1978) Limi	88,58
[3] -	4,28	14,20	4,28	Ohta & Goto (1978) Limi	135,85

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	4,41	0,60	4,41	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	1,47	4,80	1,47	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	4,28	14,20	4,28	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	4,41	0,60	4,41		---
[2] -	1,47	4,80	1,47		---
[3] -	4,28	14,20	4,28		---

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

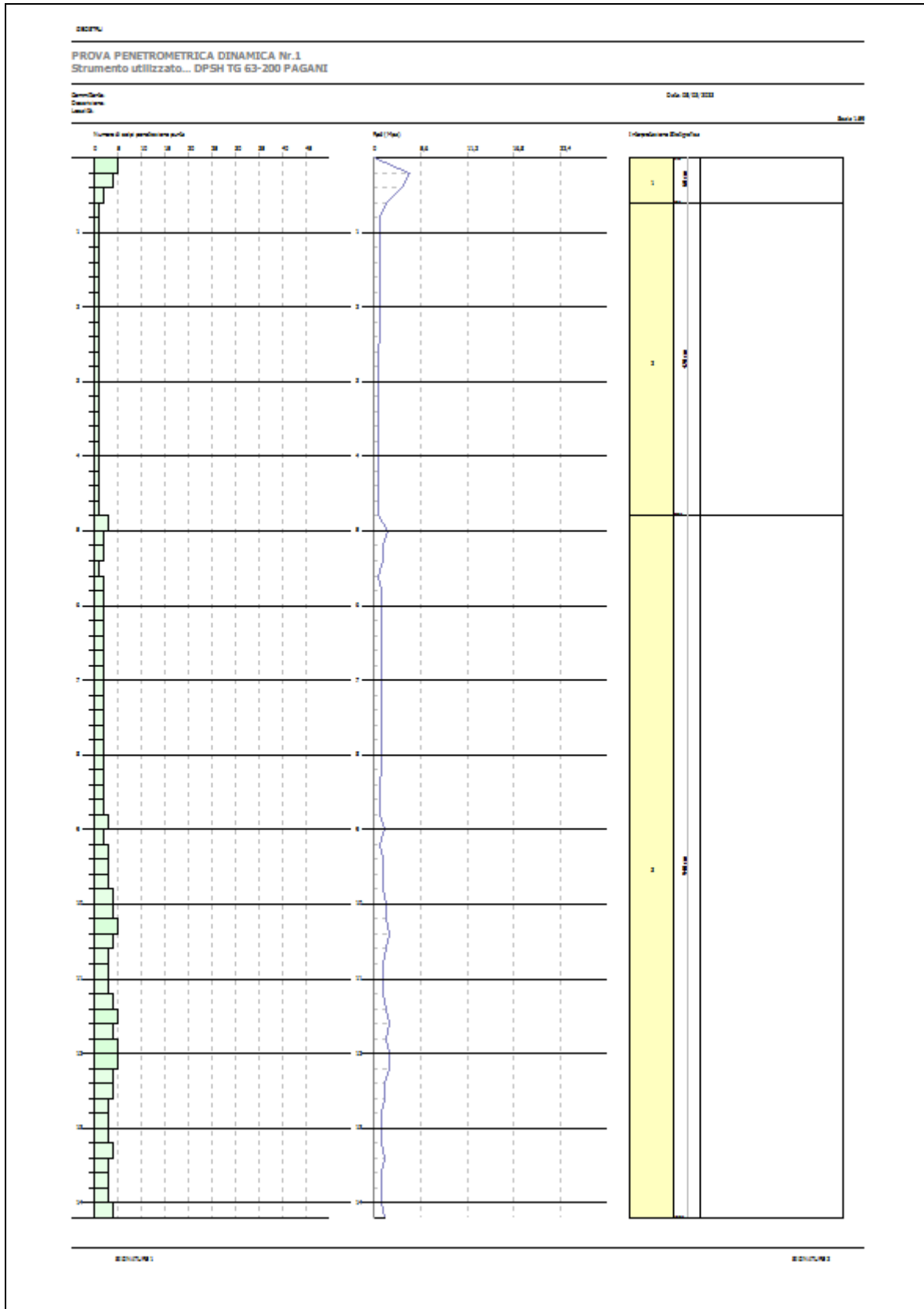
Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34



PROVA Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 08/03/2023
 Profondità prova 12,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	16	0,805	13,27	16,49	663,28	824,33
0,40	13	0,801	10,73	13,40	536,33	669,77
0,60	7	0,847	5,61	6,62	280,35	330,99
0,80	3	0,843	2,39	2,84	119,63	141,85
1,00	2	0,840	1,59	1,89	79,42	94,57
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	1	0,826	0,72	0,87	36,10	43,69
2,00	1	0,823	0,72	0,87	35,97	43,69
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	1	0,814	0,66	0,81	33,06	40,61
2,80	4	0,811	2,64	3,25	131,80	162,43
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	2	0,806	1,31	1,62	65,46	81,22
3,40	2	0,803	1,30	1,62	65,25	81,22
3,60	2	0,801	1,22	1,52	60,75	75,86
3,80	2	0,798	1,21	1,52	60,57	75,86
4,00	2	0,796	1,21	1,52	60,39	75,86
4,20	1	0,794	0,60	0,76	30,10	37,93
4,40	1	0,791	0,60	0,76	30,02	37,93
4,60	1	0,789	0,56	0,71	28,08	35,58
4,80	1	0,787	0,56	0,71	28,01	35,58
5,00	1	0,785	0,56	0,71	27,93	35,58
5,20	1	0,783	0,56	0,71	27,86	35,58
5,40	1	0,781	0,56	0,71	27,79	35,58
5,60	1	0,779	0,52	0,67	26,11	33,51
5,80	1	0,777	0,52	0,67	26,05	33,51
6,00	1	0,775	0,52	0,67	25,99	33,51
6,20	1	0,774	0,52	0,67	25,93	33,51
6,40	1	0,772	0,52	0,67	25,87	33,51
6,60	1	0,770	0,49	0,63	24,39	31,66
6,80	1	0,769	0,49	0,63	24,34	31,66
7,00	1	0,767	0,49	0,63	24,29	31,66
7,20	4	0,766	1,94	2,53	96,98	126,66
7,40	4	0,764	1,94	2,53	96,79	126,66
7,60	3	0,763	1,37	1,80	68,67	90,04
7,80	3	0,761	1,37	1,80	68,54	90,04
8,00	2	0,760	0,91	1,20	45,61	60,03
8,20	3	0,759	1,37	1,80	68,30	90,04
8,40	2	0,757	0,91	1,20	45,45	60,03
8,60	3	0,756	1,29	1,71	64,69	85,57
8,80	2	0,755	0,86	1,14	43,06	57,05
9,00	2	0,753	0,86	1,14	42,99	57,05
9,20	3	0,752	1,29	1,71	64,37	85,57
9,40	3	0,751	1,29	1,71	64,27	85,57
9,60	2	0,750	0,82	1,09	40,76	54,35
9,80	3	0,749	1,22	1,63	61,05	81,53

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

10,00	3	0,748	1,22	1,63	60,96	81,53
10,20	4	0,747	1,62	2,17	81,16	108,71
10,40	4	0,746	1,62	2,17	81,04	108,71
10,60	3	0,744	1,16	1,56	57,96	77,85
10,80	4	0,743	1,54	2,08	77,16	103,80
11,00	4	0,742	1,54	2,08	77,06	103,80
11,20	4	0,741	1,54	2,08	76,95	103,80
11,40	4	0,740	1,54	2,08	76,84	103,80
11,60	4	0,739	1,47	1,99	73,42	99,32
11,80	3	0,738	1,10	1,49	54,99	74,49
12,00	2	0,737	0,73	0,99	36,61	49,66
12,20	3	0,736	1,10	1,49	54,84	74,49

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,8	7,67	7,62	Incoerente	0	17,36	18,93	6,94	1,47	11,27	
7	1,29	0,9999999	Incoerente	0	13,73	18,34	56,45	1,47	1,9	
12,2	3,12	1,72	Incoerente	0	14,91	18,44	137,78	1,47	4,59	

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	11,27	0,80	42,4	80,3	100	35,73
[2] -	1,9	7,00	2,38	25,63	26,88	12,09
[3] -	4,59	12,20	8,09	31,01	32,44	19,73

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	11,27	0,80	11,27	30,22	23,22	31,16	34,67	34,15	39,24	<30	28	30,38	39,88	30,01
[2] -	1,9	7,00	1,9	27,54	20,54	28,53	27,24	30,33	0	<30	20,34	27,57	22,42	21,16
[3] -	4,59	12,20	4,59	28,31	21,31	29,29	26,73	31,5	0	<30	23,3	28,38	26,96	24,58

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	11,27	0,80	11,27	23,50	8,84	13,11	25,94	12,88
[2] -	1,9	7,00	1,9	---	1,49	---	---	---
[3] -	4,59	12,20	4,59	---	3,60	---	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	11,27	0,80	11,27	6,63	4,96	7,85	8,66
[2] -	1,9	7,00	1,9	---	3,08	1,32	4,56
[3] -	4,59	12,20	4,59	---	3,62	3,20	5,73

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Peso Unità di Volume
--	------	--------------	-------------------	--------------	----------------------

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

		(m)	presenza falda		(KN/m³)
[1] -	11,27	0,80	11,27	Terzaghi-Peck 1948	14,65
[2] -	1,9	7,00	1,9	Terzaghi-Peck 1948	13,43
[3] -	4,59	12,20	4,59	Terzaghi-Peck 1948	13,80

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	11,27	0,80	11,27	Terzaghi-Peck 1948	18,92
[2] -	1,9	7,00	1,9	Terzaghi-Peck 1948	18,17
[3] -	4,59	12,20	4,59	Terzaghi-Peck 1948	18,40

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	11,27	0,80	11,27	(A.G.I.)	0,33
[2] -	1,9	7,00	1,9	(A.G.I.)	0,35
[3] -	4,59	12,20	4,59	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	11,27	0,80	11,27	62,12	53,85
[2] -	1,9	7,00	1,9	11,65	18,14
[3] -	4,59	12,20	4,59	26,70	31,10

Velocità onde di taglio

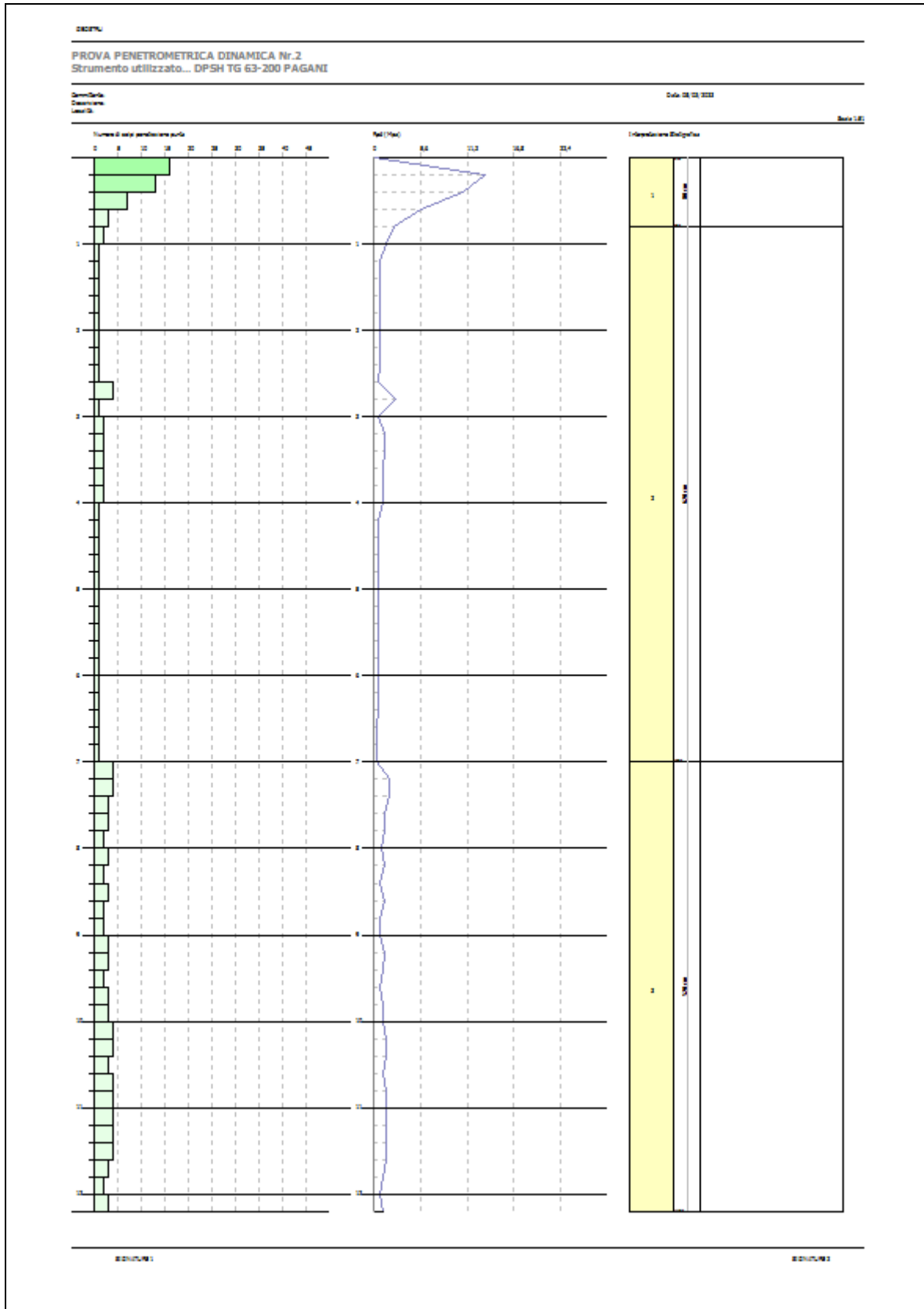
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	11,27	0,80	11,27	Ohta & Goto (1978) Limi	87,16
[2] -	1,9	7,00	1,9	Ohta & Goto (1978) Limi	99,41
[3] -	4,59	12,20	4,59	Ohta & Goto (1978) Limi	137,78

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	11,27	0,80	11,27	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	1,9	7,00	1,9	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	4,59	12,20	4,59	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	11,27	0,80	11,27		---
[2] -	1,9	7,00	1,9		---
[3] -	4,59	12,20	4,59		---



PROVA Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 08/03/2023
 Profondità prova 11,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	1	0,855	0,88	1,03	44,03	51,52
0,40	1	0,851	0,88	1,03	43,83	51,52
0,60	1	0,847	0,80	0,95	40,05	47,28
0,80	1	0,843	0,80	0,95	39,88	47,28
1,00	1	0,840	0,79	0,95	39,71	47,28
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	3	0,833	2,36	2,84	118,15	141,85
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	1	0,826	0,72	0,87	36,10	43,69
2,00	1	0,823	0,72	0,87	35,97	43,69
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	1	0,814	0,66	0,81	33,06	40,61
2,80	1	0,811	0,66	0,81	32,95	40,61
3,00	1	0,809	0,66	0,81	32,84	40,61
3,20	1	0,806	0,65	0,81	32,73	40,61
3,40	1	0,803	0,65	0,81	32,62	40,61
3,60	1	0,801	0,61	0,76	30,38	37,93
3,80	1	0,798	0,61	0,76	30,28	37,93
4,00	1	0,796	0,60	0,76	30,19	37,93
4,20	1	0,794	0,60	0,76	30,10	37,93
4,40	1	0,791	0,60	0,76	30,02	37,93
4,60	2	0,789	1,12	1,42	56,17	71,17
4,80	2	0,787	1,12	1,42	56,01	71,17
5,00	1	0,785	0,56	0,71	27,93	35,58
5,20	3	0,783	1,67	2,13	83,59	106,75
5,40	1	0,781	0,56	0,71	27,79	35,58
5,60	2	0,779	1,04	1,34	52,22	67,02
5,80	2	0,777	1,04	1,34	52,09	67,02
6,00	2	0,775	1,04	1,34	51,97	67,02
6,20	1	0,774	0,52	0,67	25,93	33,51
6,40	2	0,772	1,03	1,34	51,74	67,02
6,60	2	0,770	0,98	1,27	48,79	63,33
6,80	2	0,769	0,97	1,27	48,68	63,33
7,00	3	0,767	1,46	1,90	72,88	94,99
7,20	3	0,766	1,45	1,90	72,73	94,99
7,40	2	0,764	0,97	1,27	48,39	63,33
7,60	3	0,763	1,37	1,80	68,67	90,04
7,80	2	0,761	0,91	1,20	45,70	60,03
8,00	2	0,760	0,91	1,20	45,61	60,03
8,20	3	0,759	1,37	1,80	68,30	90,04
8,40	2	0,757	0,91	1,20	45,45	60,03
8,60	3	0,756	1,29	1,71	64,69	85,57
8,80	3	0,755	1,29	1,71	64,58	85,57
9,00	4	0,753	1,72	2,28	85,97	114,10
9,20	4	0,752	1,72	2,28	85,83	114,10
9,40	4	0,751	1,71	2,28	85,70	114,10
9,60	4	0,750	1,63	2,17	81,52	108,71
9,80	3	0,749	1,22	1,63	61,05	81,53

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

10,00	3	0,748	1,22	1,63	60,96	81,53
10,20	5	0,747	2,03	2,72	101,45	135,88
10,40	6	0,746	2,43	3,26	121,56	163,06
10,60	4	0,744	1,55	2,08	77,27	103,80
10,80	4	0,743	1,54	2,08	77,16	103,80
11,00	4	0,742	1,54	2,08	77,06	103,80
11,20	4	0,741	1,54	2,08	76,95	103,80

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
4,4	1,14	0,9899999	Incoerente	0	13,63	18,34	29,99	1,47	1,68	
6,8	1,83	1,25	Incoerente	0	14,02	18,34	76,8	1,47	2,69	
11,2	3,41	1,92	Incoerente	0	15,1	18,53	126,84	1,47	5,01	

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1,68	4,40	3,71	27,14	29,92	11,43
[2] -	2,69	6,80	5,28	28,28	29,28	14,41
[3] -	5,01	11,20	10,27	33,29	34,57	20,86

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1,68	4,40	1,68	27,48	20,48	28,47	28,41	30,23	0	<30	20,02	27,5	22,37	20,8
[2] -	2,69	6,80	2,69	27,77	20,77	28,75	27,13	30,68	0	<30	21,35	27,81	24,66	22,33
[3] -	5,01	11,20	5,01	28,43	21,43	29,4	27,05	31,67	0	<30	23,67	28,5	28,15	25,01

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1,68	4,40	1,68	---	1,32	---	---	---
[2] -	2,69	6,80	2,69	---	2,11	---	---	---
[3] -	5,01	11,20	5,01	---	3,93	---	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1,68	4,40	1,68	---	3,03	1,17	4,46
[2] -	2,69	6,80	2,69	---	3,24	1,87	4,90
[3] -	5,01	11,20	5,01	---	3,70	3,49	5,92

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	1,68	4,40	1,68	Terzaghi-Peck 1948	13,40
[2] -	2,69	6,80	2,69	Terzaghi-Peck 1948	13,54
[3] -	5,01	11,20	5,01	Terzaghi-Peck 1948	13,85

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	1,68	4,40	1,68	Terzaghi-Peck 1948	18,15
[2] -	2,69	6,80	2,69	Terzaghi-Peck 1948	18,24
[3] -	5,01	11,20	5,01	Terzaghi-Peck 1948	18,43

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	1,68	4,40	1,68	(A.G.I.)	0,35
[2] -	2,69	6,80	2,69	(A.G.I.)	0,35
[3] -	5,01	11,20	5,01	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	1,68	4,40	1,68	10,38	16,83
[2] -	2,69	6,80	2,69	16,16	22,44
[3] -	5,01	11,20	5,01	28,99	32,81

Velocità onde di taglio

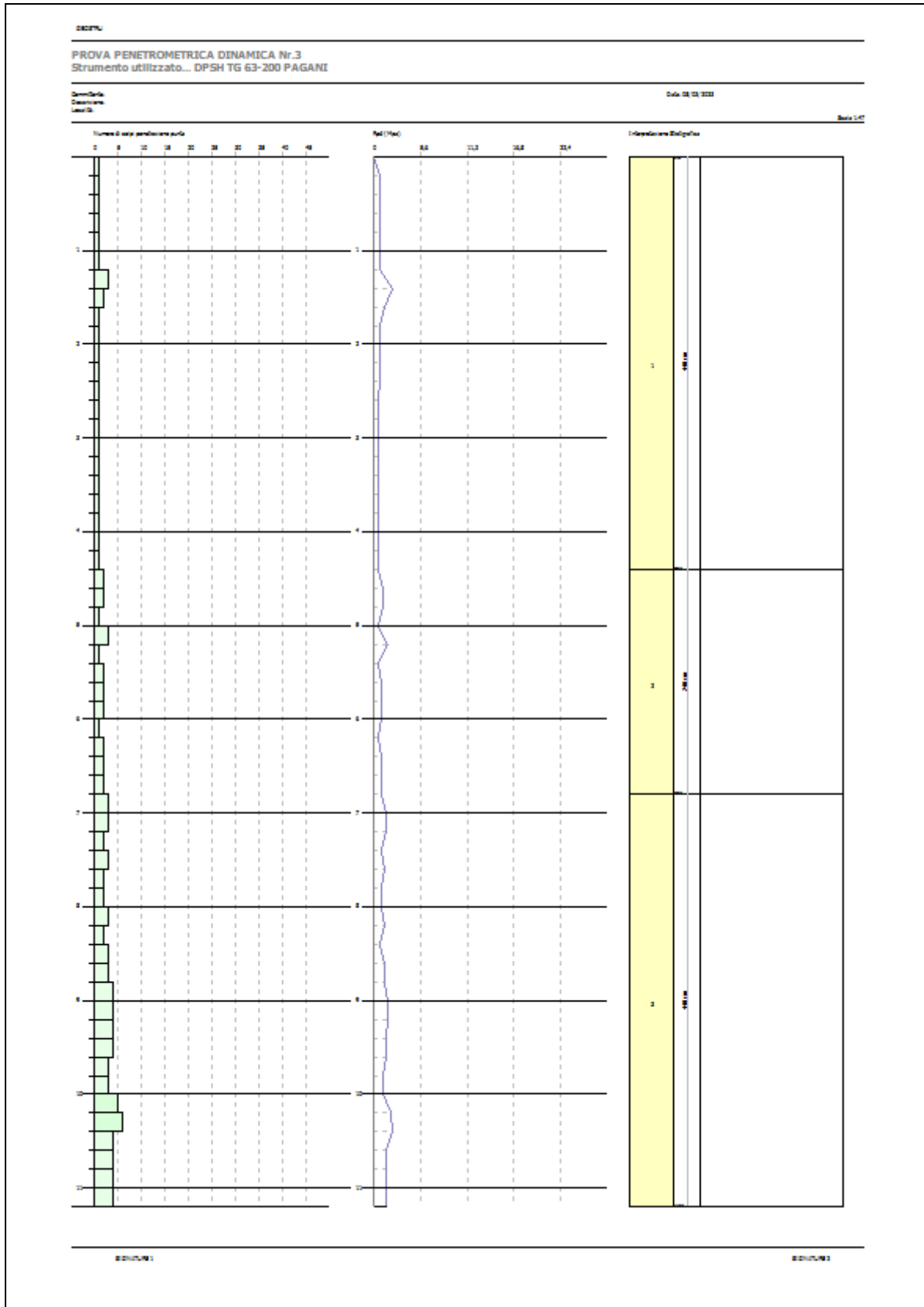
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	1,68	4,40	1,68	Ohta & Goto (1978) Limi	87,13
[2] -	2,69	6,80	2,69	Ohta & Goto (1978) Limi	113,21
[3] -	5,01	11,20	5,01	Ohta & Goto (1978) Limi	138,15

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	1,68	4,40	1,68	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	2,69	6,80	2,69	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	5,01	11,20	5,01	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	1,68	4,40	1,68		---
[2] -	2,69	6,80	2,69		---
[3] -	5,01	11,20	5,01		---



PROVA Nr.4

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 08/03/2023
 Profondità prova 6,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	9	0,855	7,93	9,27	396,28	463,69
0,40	8	0,851	7,01	8,24	350,66	412,17
0,60	5	0,847	4,01	4,73	200,25	236,42
0,80	2	0,843	1,60	1,89	79,75	94,57
1,00	1	0,840	0,79	0,95	39,71	47,28
1,20	1	0,836	0,79	0,95	39,54	47,28
1,40	1	0,833	0,79	0,95	39,38	47,28
1,60	1	0,830	0,72	0,87	36,25	43,69
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	1	0,823	0,72	0,87	35,97	43,69
2,20	1	0,820	0,72	0,87	35,83	43,69
2,40	2	0,817	1,43	1,75	71,41	87,39
2,60	3	0,814	1,98	2,44	99,19	121,82
2,80	5	0,811	3,30	4,06	164,75	203,04
3,00	8	0,809	5,25	6,50	262,71	324,86
3,20	13	0,756	7,98	10,56	399,09	527,90
3,40	14	0,753	8,57	11,37	428,32	568,51
3,60	12	0,801	7,29	9,10	364,52	455,16
3,80	7	0,798	4,24	5,31	211,99	265,51
4,00	6	0,796	3,62	4,55	181,16	227,58
4,20	4	0,794	2,41	3,03	120,42	151,72
4,40	7	0,791	4,20	5,31	210,13	265,51
4,60	11	0,789	6,18	7,83	308,92	391,41
4,80	4	0,787	2,24	2,85	112,03	142,33
5,00	3	0,785	1,68	2,13	83,80	106,75
5,20	2	0,783	1,11	1,42	55,72	71,17
5,40	2	0,781	1,11	1,42	55,58	71,17
5,60	2	0,779	1,04	1,34	52,22	67,02
5,80	2	0,777	1,04	1,34	52,09	67,02
6,00	3	0,775	1,56	2,01	77,96	100,53
6,20	7	0,774	3,63	4,69	181,49	234,57

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	6,5	6,49	Incoerente	0	16,87	18,83	5,06	1,47	9,56	
2,6	1,5	1,33	Incoerente	0	13,83	18,34	23,95	1,47	2,2	
4,6	8,7	6,76	Incoerente	0	17,85	19,02	55,63	1,47	12,79	
6,2	3,12	2,15	Incoerente	0	14,91	18,44	85,41	1,47	4,59	

TERRENI INCOERENTI
Densità relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	9,56	0,60	39,2	74,89	100	32,01

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

[2] -	2,2	2,60	8,5	32,05	36,1	12,98
[3] -	12,79	4,60	35,38	66,71	67,14	38,83
[4] -	4,59	6,20	12,6	35,9	36,77	19,73

Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerh of 1956	Meyerh of (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerh of (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	9,56	0,60	9,56	29,73	22,73	30,68	35,09	33,5	0	<30	26,97	29,87	38,51	28,83
[2] -	2,2	2,60	2,2	27,63	20,63	28,62	29,34	30,46	0	<30	20,74	27,66	24,96	21,63
[3] -	12,79	4,60	12,79	30,65	23,65	31,58	30,36	34,7	37,34	30-32	28,85	30,84	39,09	30,99
[4] -	4,59	6,20	4,59	28,31	21,31	29,29	27,77	31,5	0	<30	23,3	28,38	28,99	24,58

Modulo di Young (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	9,56	0,60	9,56	---	7,50	11,13	---	---
[2] -	2,2	2,60	2,2	---	1,73	---	---	---
[3] -	12,79	4,60	12,79	25,03	10,03	14,87	27,06	13,63
[4] -	4,59	6,20	4,59	---	3,60	---	---	---

Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	9,56	0,60	9,56	---	4,62	6,66	7,91
[2] -	2,2	2,60	2,2	---	3,14	1,53	4,69
[3] -	12,79	4,60	12,79	7,53	5,27	8,91	9,32
[4] -	4,59	6,20	4,59	---	3,62	3,20	5,73

Peso unità di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[1] -	9,56	0,60	9,56	Terzaghi-Peck 1948	14,44
[2] -	2,2	2,60	2,2	Terzaghi-Peck 1948	13,47
[3] -	12,79	4,60	12,79	Terzaghi-Peck 1948	14,83
[4] -	4,59	6,20	4,59	Terzaghi-Peck 1948	13,80

Peso unità di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
[1] -	9,56	0,60	9,56	Terzaghi-Peck 1948	18,79
[2] -	2,2	2,60	2,2	Terzaghi-Peck 1948	18,20
[3] -	12,79	4,60	12,79	Terzaghi-Peck 1948	19,04
[4] -	4,59	6,20	4,59	Terzaghi-Peck 1948	18,40

Modulo di Poisson

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] -	9,56	0,60	9,56	(A.G.I.)	0,34
[2] -	2,2	2,60	2,2	(A.G.I.)	0,35
[3] -	12,79	4,60	12,79	(A.G.I.)	0,33

Sede legale: VITERBO - Via Monte Cervino, 12 cap 01100

Sedi operative: VITERBO - Via Piave n. 15A cap 01100 Tel. 0761.304872 Fax 0761.322944

ROMA - Via Bradano n. 3C cap 00199 Tel. 06.4440681 Fax 06.45503014

email info@geovitsas.it PEC geovitsas@pec.it website www.geovitsas.it

C.F. e P. IVA 01416400560 - CCIAA 85435 - Tribunale Viterbo Reg. Soc. 9499/93

Attestazione SOA N. 6132/63/01 - Certificazioni ISO 9001:2015 - 14001:2015 - 45001:2018 EA Code 28-34

[4] -	4,59	6,20	4,59	(A.G.I.)	0,34
-------	------	------	------	----------	------

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Ohsaki (Sabbie pulite)	Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982)
[1] -	9,56	0,60	9,56	53,22	48,70
[2] -	2,2	2,60	2,2	13,38	19,84
[3] -	12,79	4,60	12,79	69,97	58,17
[4] -	4,59	6,20	4,59	26,70	31,10

Velocità onde di taglio

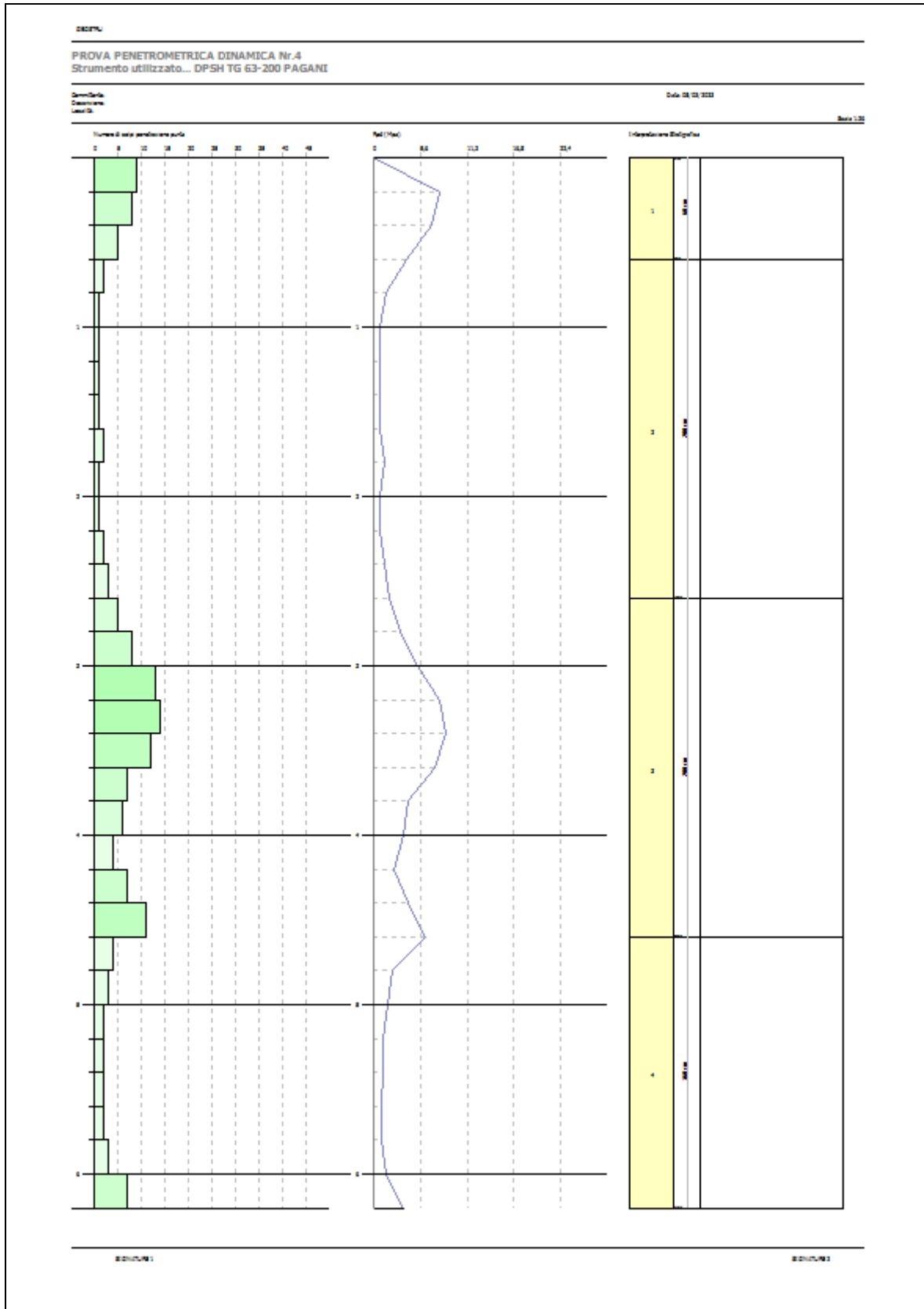
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] -	9,56	0,60	9,56	Ohta & Goto (1978) Limi	80,14
[2] -	2,2	2,60	2,2	Ohta & Goto (1978) Limi	85,85
[3] -	12,79	4,60	12,79	Ohta & Goto (1978) Limi	136,14
[4] -	4,59	6,20	4,59	Ohta & Goto (1978) Limi	123,3

Liquefazione

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs Liquefazione
[1] -	9,56	0,60	9,56	Seed e Idriss (1971)	--
[2] -	2,2	2,60	2,2	Seed e Idriss (1971)	--
[3] -	12,79	4,60	12,79	Seed e Idriss (1971)	--
[4] -	4,59	6,20	4,59	Seed e Idriss (1971)	--

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] -	9,56	0,60	9,56		---
[2] -	2,2	2,60	2,2		---
[3] -	12,79	4,60	12,79		---
[4] -	4,59	6,20	4,59		---



ALLEGATO 2 – TABULATI PROVE SISMICHE MASW

REPORT MASW1

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: steams1102.DAT-CLEAN.sgy
minimum offset (m): 6
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.5
Dispersion curve: masw1.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	66	0.3	75
5.4	144	3	240
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	176	0.8	200
14.4	384	8	640
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: E:\INDAGINI DA ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw1

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.072
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -28.2685
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -24.7994
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -24.6879
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -24.819
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -25.1325
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -21.7483
-5.39258
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -19.7366
-5.31929
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -18.6616
-5.19982
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -17.9061
-5.19982
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -18.5399
-5.19982

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -18.5002
-5.19982
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -17.0997
-5.17185
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -17.237
-5.17185
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -13.8409
-5.17185
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -12.1547
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -11.0689
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -10.199
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -8.9857
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -8.8997
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -8.4013
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -10.9024
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -9.7885
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -10.4831
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -8.7187
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -9.8732
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -9.0065
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.1926
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.0981
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -7.048
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -7.9162
-4.7978
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -8.2468
-4.7667
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -7.639
-4.7667
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -8.1277
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -7.2067
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -8.5001
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -8.2944
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -8.2717
-4.7602

Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -8.2295
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -8.395
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -8.0295
-4.7602
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -7.6861
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -8.4889
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -9.0237
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -8.4534
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -9.9518
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -10.0041
-4.41864
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -7.74
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -8.6982
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -10.2552
-4.41864
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -10.1248
-4.41864
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -8.4393
-4.4186
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -8.1143
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -10.1814
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -9.4881
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -9.927
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -10.1266
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -9.3269
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -9.0572
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -8.0095
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -7.8539
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -7.0959
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -7.0798
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -7.7108
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -7.404
-4.3549

Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -8.9038
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -9.9055
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -10.2971
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -9.1665
-4.3549
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -8.5413
-4.338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -8.8877
-4.338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -7.3428
-4.338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -7.406
-4.338
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -7.2553
-4.3274
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -6.8332
-4.3274
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -6.6587
-4.3274
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -7.1845
-4.3274
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -7.796
-4.3274
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -10.2809
-4.3087
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -9.6701
-4.3087
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -10.3405
-4.3087

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -30.5366
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -29.3725
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -22.5883
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -18.8221
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -18.4174
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -16.8412
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -16.906
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -14.8214
-2.99922

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -15.1703
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -13.906
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -13.6259
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -14.0271
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -13.0324
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -11.8069
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -11.8232
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -11.0641
-2.99922
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -9.882
-2.8984
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -9.6519
-2.8984
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -9.9126
-2.8984
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -10.5052
-2.89842
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -10.7916
-2.88242

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 53 129 258 218
Thickness (m): 0.63 7 10

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 20

RESULTS
#####

Dataset: steams1102.DAT-CLEAN.sgy
Analyzed curve: masw1.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 59 127 277 211
Standard deviations (m/s): 10 2 29 11

Thickness (m): 0.6 6.9 9.0
 Standard deviations (m): 0.1 0.1 0.5

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 123 264 577 395
 Density (gr/cm3): 1.55 1.73 1.92 1.83
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 5 28 147 81

Fundamental mode

Mean model
 frequency (Hz) VR(m/s)
 5.82185 189.6133
 9.15256 129.0187
 14.2411 112.4625
 22.1053 107.1605

==o== SECTION#4

=====
 BEST MODEL

Vs (m/s): 53 129 258 218
 thickness (m): 0.632817 6.96109 10.3847

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 110 269 537 408
 Density (gr/cm3): 1.52 1.74 1.90 1.84
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.09 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 4 29 127 87

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model
 F(Hz) VR(m/s)
 5.82185 188.446
 9.15256 129.7278
 14.2411 112.9846
 22.1053 106.2463

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 13 m

Inversion quality: very good

Vs5 (mean model): 111 111 m/s

Vs5 (best model): 109 109 m/s

Vs20 (mean model): 176 176 m/s

Vs20 (best model): 173 173 m/s

Vs30 (mean model): 186 186 m/s

Vs30 (best model): 186 186 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "E:\INDAGINI DA ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw1".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 20
Vs5 for the best model: 109 109
Vs30 for the best model: 186 186

REPORT MASW3

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: steams2202.DAT-CLEAN.sgy
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.5
Dispersion curve: masw2.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	78	0.3	93
5.4	144	3	240
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	208	0.8	248
14.4	384	8	640
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: E:\INDAGINI DA ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw2

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -35.6096
-4.88459
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -29.6506
-4.88459
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -28.3552
-4.88459
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -26.0024
-2.88516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -24.1652
-2.88516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -20.8238
-2.88516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -20.9039
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -18.812
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -18.954
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -16.6984
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -15.446
-2.07479

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -14.7089
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -15.0469
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -13.8734
-2.07479
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -14.5974
-2.03734
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -13.779
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -13.2775
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -12.7887
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -13.2584
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -13.1907
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -11.6424
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -11.147
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -10.5061
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -10.4647
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -11.8592
-1.97494
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -9.6735
-1.9588
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -6.8077
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.2307
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -9.1465
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -8.8062
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -8.313
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -8.5097
-1.9107
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -8.4643
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -9.7261
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -8.3035
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -7.7788
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -8.7062
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -7.7581
-1.8447

Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -6.1009
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -5.9145
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -5.5321
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -6.2444
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -4.864
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -5.8275
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -5.767
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -6.3757
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -6.0693
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -5.545
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -7.3179
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -6.0553
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -7.2664
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -5.512
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -5.1914
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -6.1573
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -5.6433
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -6.4037
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -4.9449
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -4.2869
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -4.2833
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -5.1012
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -7.1345
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -7.2369
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -5.0135
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -3.9796
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -4.5619
-1.8447

Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -4.8634
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -5.4442
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -6.994
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -5.4844
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -6.2879
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -6.7705
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -4.863
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -6.2513
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -5.699
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -6.1386
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -6.1304
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -6.2096
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -8.8861
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -6.348
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -5.2567
-1.8447
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -5.3288
-1.8447

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -29.5354
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -24.4086
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -22.7637
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -20.3074
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -15.988
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -16.8484
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -14.0324
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -13.4853
-1.84465

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -10.7996
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -10.6406
-1.84465
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -10.3551
-1.84427
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -11.1632
-1.84427
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -8.5092
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -8.0385
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -7.5139
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -5.876
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -6.1116
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.4187
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -6.0277
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -6.2969
-1.8443
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -6.5158
-1.8443

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 169 150 175 334
Thickness (m): 0.42 7.3 3.8

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 159

RESULTS
#####

Dataset: steams2202.DAT-CLEAN.sgy
Analyzed curve: masw2.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====
MEAN MODEL

Vs (m/s): 164 150 175 334
Standard deviations (m/s): 11 0 3 2

Thickness (m): 0.5 7.2 3.8
 Standard deviations (m): 0.1 0.2 0.2

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 341 312 364 625
 Density (gr/cm3): 1.79 1.77 1.81 1.94
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 48 40 55 216

Fundamental mode

Mean model
 frequency (Hz) VR(m/s)
 5.72933 233.1967
 6.65453 192.8707
 10.0778 150.3805
 18.5896 142.1253
 26.8238 141.7752

First higher mode

Mean model
 28.6742 165.7271
 41.7195 156.5894
 49.4911 154.4332

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 169 150 175 334
 thickness (m): 0.42042 7.2667 3.779

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 352 312 364 625
 Density (gr/cm3): 1.80 1.77 1.81 1.94
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 51 40 55 216

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model
 F(Hz) VR(m/s)
 5.72933 232.4697
 6.65453 192.3155
 10.0778 150.4866
 18.5896 142.3506

26.8238 142.0195

First higher mode)
best model

28.6742 165.6803

41.7195 156.5793

49.4911 154.4252

Vs5 (mean model): 151 151 m/s

Vs5 (best model): 151 151 m/s

Vs20 (mean model): 204 204 m/s

Vs20 (best model): 204 204 m/s

Vs30 (mean model): 235 235 m/s

Vs30 (best model): 234 234 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "E:\INDAGINI DA

ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw2".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 159

Vs5 for the best model: 151 151

Vs30 for the best model: 234 234

REPORT MASW3

Analyzing Phase velocities

==o== SECTION#1

dataset: steams2301.DAT-CLEAN.sgy
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.125
Dispersion curve: masw3.cdp
Number of individuals: 80
Number of generations: 81

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing Phase Velocities

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	66	0.3	75
4.2	144	3	240
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	176	0.8	200
11.2	384	8	640
Adopted Poisson values:	0.35	0.35	0.35
		0.3	

Output folder: E:\INDAGINI DA ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw3

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -35.4341
-6.1579
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -28.7093
-6.1579
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -28.3142
-4.40522
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -23.3556
-4.40522
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -24.3499
-4.40522
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -20.9279
-4.40522
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -20.1286
-4.03717
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -20.9815
-4.03717
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -21.7095
-4.03717
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -20.5698
-4.03717
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -17.6462
-3.9193

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -18.7343
-3.9193
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -18.0602
-3.9193
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -16.5942
-3.45626
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -17.8667
-3.45626
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -18.7179
-3.45626
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -17.1087
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -17.2985
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -17.7977
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -16.0222
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -15.8035
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -16.5512
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -14.9029
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -13.4142
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -12.5929
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -11.3611
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -11.9021
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -11.5103
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -11.9514
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -14.6537
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -12.1477
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -10.3498
-3.44369
Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -11.4741
-3.36786
Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -10.6139
-3.00958
Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -10.2125
-3.00958
Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -9.4188
-3.0096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -8.9769
-3.0096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -9.0976
-3.0096

Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -9.6341
-3.0096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -7.8396
-3.0096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -8.4717
-3.0096
Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -8.3198
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -8.8199
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -10.3786
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -10.1746
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -8.5132
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -8.2635
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -10.0798
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -8.3491
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -7.9718
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -8.6553
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -8.8256
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -8.9493
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -7.6334
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -7.2925
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -7.1203
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -9.487
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -7.3452
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -7.2072
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -7.0122
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -7.9757
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 62; average & best misfits: -7.9005
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 63; average & best misfits: -7.5985
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 64; average & best misfits: -7.351
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 65; average & best misfits: -7.0244
-2.999

Optimizing Vs & Thickness - generation: 66; average & best misfits: -8.6259
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 67; average & best misfits: -8.4746
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 68; average & best misfits: -8.4737
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 69; average & best misfits: -7.2836
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 70; average & best misfits: -8.3673
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 71; average & best misfits: -7.2981
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 72; average & best misfits: -7.8078
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 73; average & best misfits: -7.2008
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 74; average & best misfits: -8.2924
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 75; average & best misfits: -7.3034
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 76; average & best misfits: -8.0784
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 77; average & best misfits: -9.2547
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 78; average & best misfits: -8.0146
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 79; average & best misfits: -7.6031
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 80; average & best misfits: -9.1221
-2.999
Optimizing Vs & Thickness - generation: 81; average & best misfits: -8.8297
-2.999

Forcing the search space

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -33.3748
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -32.2813
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -25.0985
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -25.8652
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -23.1302
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -23.8896
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -21.0264
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -21.4662
-2.99899

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -17.6453
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -14.7467
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -14.9243
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -13.2206
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.8325
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -12.6071
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -12.4383
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -13.8536
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -11.1992
-2.99899
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -11.0732
-2.66726
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -10.3293
-2.66726
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -10.3012
-2.66726
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -10.8269
-2.66726

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 129 122 201 378
Thickness (m): 0.49 6.2 10

Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3

Number of models considered to calculate the average model: 44

RESULTS
#####

Dataset: steams2301.DAT-CLEAN.sgy
Analyzed curve: masw3.cdp

==o== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

=====

MEAN MODEL

Vs (m/s): 101 124 200 375
Standard deviations (m/s): 12 1 3 19

Thickness (m): 0.5 6.4 7.7
 Standard deviations (m): 0.1 0.2 1.1

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 210 258 416 702
 Density (gr/cm3): 1.68 1.73 1.84 1.97
 Vp/Vs ratio: 2.08 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 17 27 74 277

Fundamental mode

Mean model

frequency (Hz)	VR(m/s)
7.20965	151.8983
10.0778	124.2576
19.6073	113.9783
31.0797	112.6847

First higher mode

Mean model

7.4872	235.2446
19.3297	168.9611
46.0679	127.9555

==o== SECTION#4

=====

BEST MODEL

Vs (m/s): 129 122 201 378
 thickness (m): 0.486804 6.18815 10.0492

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus
 Vp (m/s): 269 254 418 707
 Density (gr/cm3): 1.74 1.72 1.84 1.97
 Vp/Vs ratio: 2.09 2.08 2.08 1.87
 Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.30
 Shear modulus (MPa): 29 26 74 281

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
7.20965	152.4188
10.0778	125.8791
19.6073	115.3199
31.0797	115.0252

First higher mode)
best model
7.4872 233.6995
19.3297 168.9769
46.0679 126.3292

Vs5 (mean model): 121 121 m/s
Vs5 (best model): 123 123 m/s

Vs20 (mean model): 183 183 m/s
Vs20 (best model): 177 177 m/s

Vs30 (mean model): 220 220 m/s
Vs30 (best model): 215 215 m/s

==o== SECTION#6

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

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 - Depositati 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 - Depositati 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.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Results saved in the folder "E:\INDAGINI DA ELABORARE\Geovit\2023\03_marzo\Latera\masw3".

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 44

Vs5 for the best model: 123 123

Vs30 for the best model: 215 215

ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE

FOTOGRAFICA



Foto 1: Esecuzione prova penetrometrica DPSH1



Foto 2: Esecuzione prova penetrometrica DPSH2.



Foto 3: Esecuzione prova penetrometrica DPSH3



Foto 4: Esecuzione prova penetrometrica DPSH4



Foto 5: Esecuzione prova geofisica MASW1



Foto 6: Esecuzione prova geofisica MASW2



Foto 7: Esecuzione prova geofisica MASW3