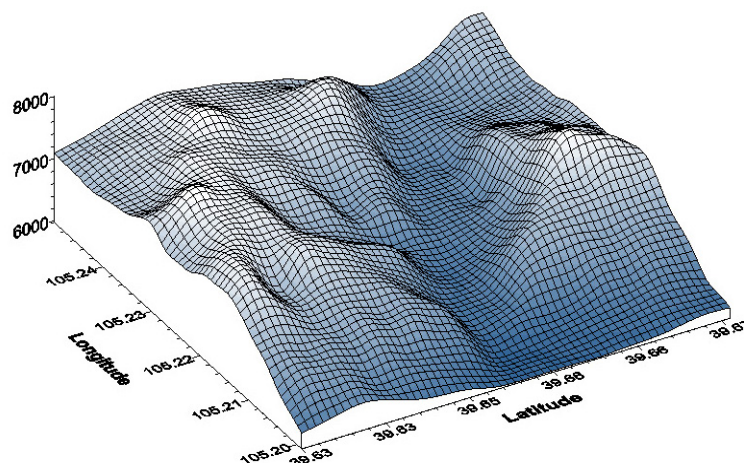


COMMITTENTE:
Ditta NEXTPower DEVELOPMENT ITALIA S.R.L.
Via San Marco, 21 - 20121 Milano
P.I. 11091860962

IMPIANTO FOTOVOLTAICO AD INSEGUITORI MONOASSIALI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, CON SISTEMA DI ACCUMULO (ENERGY STORAGE SYSTEM), SITO NEL COMUNE DI SULMONA (AQ) IN LOCALITÀ ACETONE, AVENTE POTENZA NOMINALE DI CIRCA 4MW E POTENZA RICHIESTA IN IMMISSIONE DI 2,99 MW ALLA TENSIONE RETE 20 KV, COMPRESIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE RICADENTI NELLO STESSO COMUNE DI SULMONA.

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA



Geol. Giuseppe Giannascoli

INDICE

PREMESSA	3
1. RELAZIONE GEOLOGICA	5
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
1.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	8
1.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO	12
1.4 ANALISI CARTOGRAFICA DEI VINCOLI TERRITORIALI	15
1.5 SISMICITA'	17
1.5.1 Sismicità storica	17
1.5.2 Zonazione e classificazione sismica	19
1.5.3 Sismo-tettonica e lineamenti sismici attivi	21
1.6 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	23
1.6.1 Successione litostratigrafica locale	23
1.6.2 Assetto stratigrafico locale	24
1.6.3 Assetto idrogeologico locale	25
2. RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA	26
2.1 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE IN SITO	26
2.1.1 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH	26
2.1.2 Prova sismica multicanale M.A.S.W.	28
2.1.3 Indagine di tomografia sismica 2D	29
2.2 MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO	31
2.3 MODELLAZIONE SISMICA	33
2.3.1 Categorie di sottosuolo	33
2.3.2 Condizioni topografiche	35
2.3.3 Pericolosità sismica locale	35
2.3.4 Microzonazione sismica di Livello 1	37
2.3.5 Analisi di stabilità del versante	38
3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	42
BIBLIOGRAFIA	

ALLEGATI

- 1) Report prove penetrometriche dinamiche continue DPSH
- 2) Report prove sismiche multicanale M.A.S.W.
- 3) Report indagini di tomografia sismica 2D
- 4) Analisi di stabilità del pendio
- 5) Documentazione fotografica

PREMESSA

Ad integrazione del progetto **“IMPIANTO FOTOVOLTAICO AD INSEGUITORI MONOASSIALI PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA, CON SISTEMA DI ACCUMULO (ENERGY STORAGE SYSTEM), SITO NEL COMUNE DI SULMONA (AQ) IN LOCALITÀ ACETONE, AVENTE POTENZA NOMINALE DI CIRCA 4MW E POTENZA RICHIESTA IN IMMISSIONE DI 2,99 MW ALLA TENSIONE RETE 20 KV, COMPRENSIVO DELLE OPERE DI RETE PER LA CONNESSIONE RICADENTI NELLO STESSO COMUNE DI SULMONA”**, è stato affidato al sottoscritto da parte della Ditta **NEXTPOWER DEVELOPMENT ITALIA S.R.L.**, l’incarico professionale di redigere una relazione geologica ed una relazione sulle indagini e modellazione sismica.

Il presente lavoro è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute:

- NELLA LEGGE REGIONALE 03 GIUGNO 2020, N. 7
(Modifiche e integrazioni alla Legge Regionale 11 Agosto 2011, n. 28 “Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche”);
- NELLA CIRCOLARE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI 21 GENNAIO 2019, N. 7
(Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018);
- NEL DECRETO MINISTERIALE DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 17 GENNAIO 2018
(Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”);
- NELLA LEGGE REGIONALE 11 AGOSTO 2011, N. 28
(Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche);
- NELL’ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 28 APRILE 2006, N. 3519
(Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone);
- NELL’ORDINANZA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 20 MARZO 2003, N. 3274 *(Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica).*

Al fine di pervenire alla definizione di un modello geologico di riferimento basato sulla conoscenza delle peculiarità litostratigrafiche, strutturali, geomorfologiche ed idrogeologiche e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio in cui si inserisce il sito di progetto, nonché caratterizzare sotto l’aspetto sismico l’area d’interesse, è stata adottata la seguente metodologia di indagine:

1. acquisizione di dati bibliografici e cartografici inerenti i terreni dell’area in esame;
2. sopralluogo e accurato rilievo geologico e geomorfologico di superficie;
3. esecuzione di n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;

4. esecuzione di n. 2 stendimenti sismici multicanale M.A.S.W.;
5. esecuzione di n. 2 indagini di tomografia sismica 2D;
6. esecuzione di verifiche di stabilità del pendio allo stato attuale, ossia in condizioni ante operam;
7. elaborazione ed interpretazione dei dati ottenuti e scrittura della presente.

Il presente fascicolo riunisce, in accordo con la normativa vigente, due “Relazioni specialistiche sui risultati sperimentali” corrispondenti alle indagini ritenute necessarie alla realizzazione dell'intervento in oggetto, e si compone delle seguenti sezioni:

1. Relazione geologica;
2. Relazione sulle indagini e modellazione sismica;
3. Considerazioni conclusive.

1. RELAZIONE GEOLOGICA

1.1. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area oggetto d'indagine ricade nel settore centrale della Regione Abruzzo all' interno del territorio comunale di Sulmona (AQ).

Nello specifico, il sito d'interesse si ubica ad una latitudine di 42°2'39.19"N e longitudine di 13°57'9.36"E, in Località Acetone, a circa 2 Km ad est dal centro abitato di Sulmona (AQ).

Cartograficamente risulta ricompreso all'interno della Tavoletta 146 II SE "Sulmona" della Carta Topografica dell'I.G.M, alla scala 1:25:000 (Fig. 1) e distinto in catasto al Foglio di mappa n. 52, particelle 81-103-151-152-155-158-234 del Comune succitato (Fig. 3).

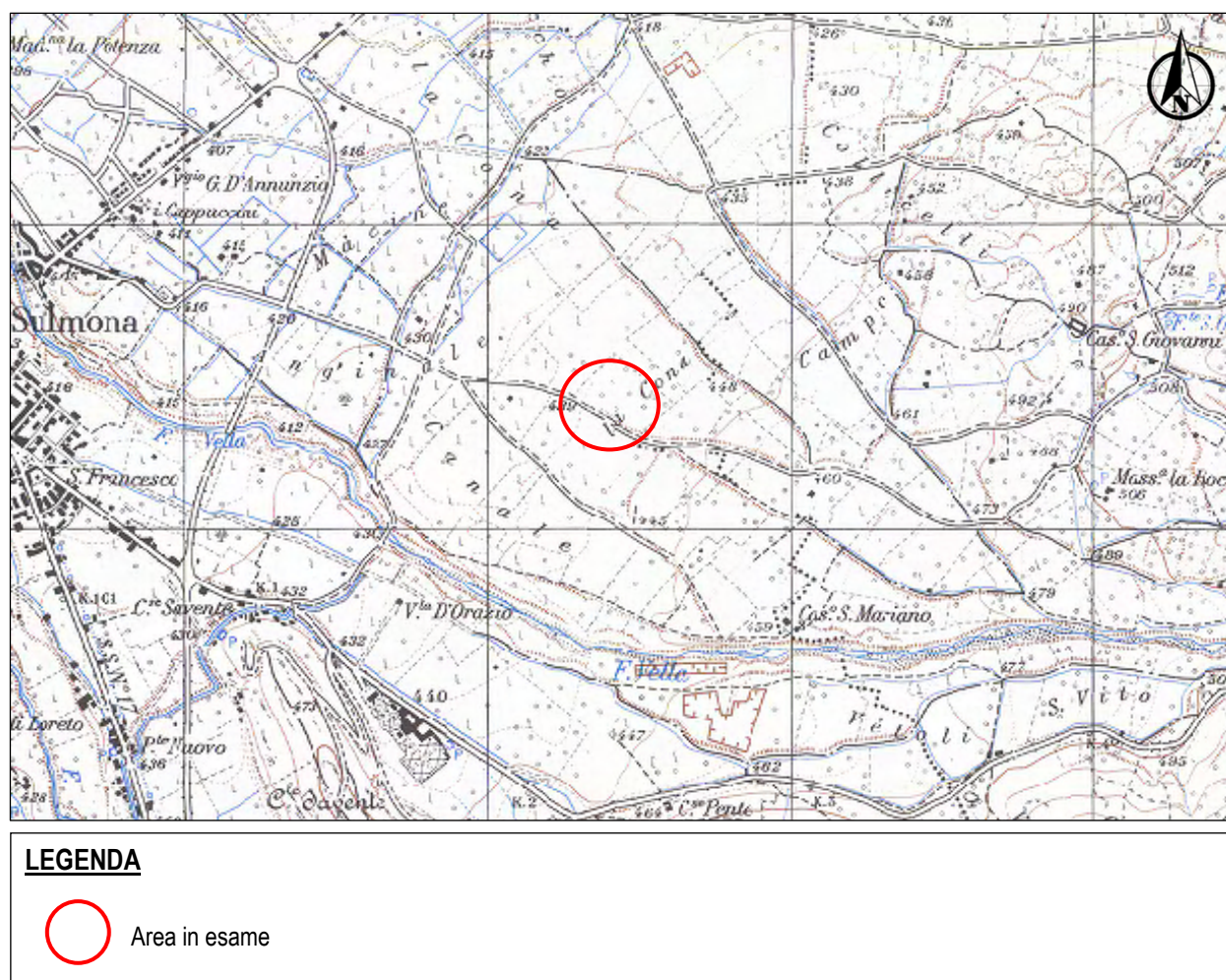


Fig. 1 - Stralcio della Carta Topografica dell'I.G.M, Tavoletta 146 II SE "Sulmona", scala 1:25.000.

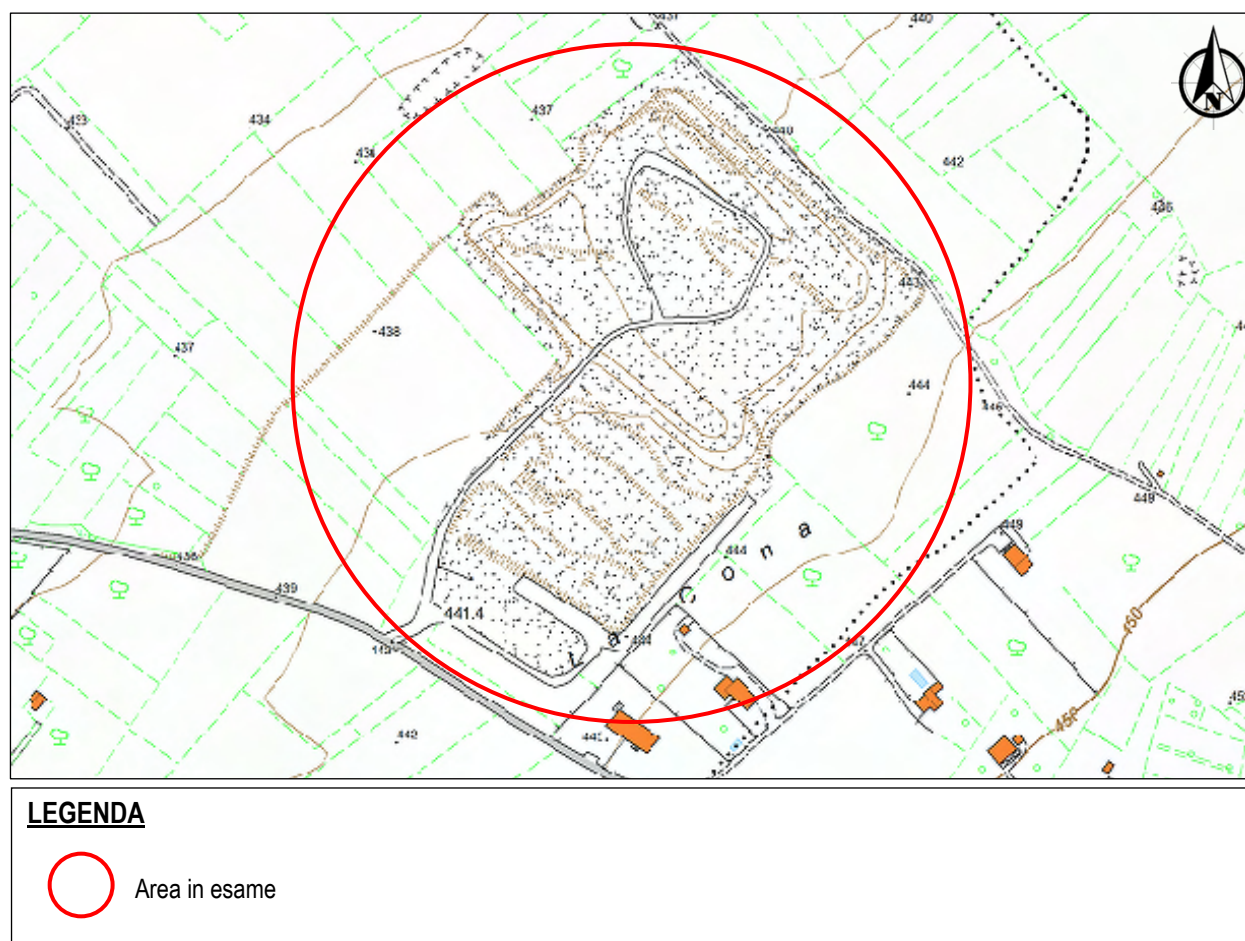


Fig. 2 - Stralcio della Carta Tecnica Regionale dell'area in esame, scala 1:5.000.



Fig. 3 - Stralcio Catastale dell'area in esame, Foglio 52 – Particelle 81-103-151-152-155-158-234.

1.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

La genesi dell'Appennino è il risultato di un processo geodinamico che ha interessato larga parte del Mediterraneo centrale. Essa è collocabile al termine del processo di convergenza delle placche Europea ed Africana durante la deformazione dei rispettivi margini originari.

L'Appennino laziale-abruzzese è organizzato in pila di falde che si sono tra loro accavallate per mezzo di un complesso sistema di sovrascorrimenti, sviluppatosi durante la fase compressiva neogenica. Successivamente, nel Plio-Pleistocene, la catena è stata dislocata dalla più recente tettonica estensionale lungo le preesistenti linee di debolezza di età giurassica, originando localmente una serie di bacini intramontani caratteristici di questo settore della catena appenninica. Le dorsali montuose presenti nell'area sono costituite da successioni carbonatiche di età meso-cenozoica, ascrivibili a facies di piattaforma, di soglia e transizione. Tali ambienti deposizionali si succedono nell'area progredendo rispettivamente da Ovest (dorsali dell'area fucense e del M. Sirente) verso Est (litotipi di transizione presenti nella dorsale del M. Genzana- M Greco). La presenza di ambienti deposizionali differenti è testimoniata dalla notevole variabilità litologica che si riscontra nelle diverse successioni carbonatiche, costituenti l'impalcatura delle principali dorsali montuose. Durante il Miocene superiore l'intera area è stata coinvolta nell'evoluzione del sistema orogenico dell'Appennino, caratterizzato in questo settore della catena da un sistema di sovrascorrimenti adriatico-vergenti a direzione NW-SE (Linea dell'alto Sangro - Giovenco, Linea Profluo-Tasso-Sagittario, Linea del M. Morrone-Gran Sasso). Tale meccanismo ha determinato la formazione di bacini di avanfossa, nei quali si sono depositate potenti successioni terrigene tortoniano-messiniane, arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee. A partire dal Pliocene superiore tutta la catena appenninica è stata interessata da eventi tettonici distensivi, il cui settore di influenza si è propagato progressivamente verso Est. Si sono generati importanti sistemi di faglie dirette che localmente hanno dato origine ai bacini intramontani appenninici. Queste depressioni sono state colmate da potenti successioni di depositi clastici continentali plio-quadernari, spessi diverse centinaia di metri, che mostrano una geometria asimmetrica, con il lato orientale caratterizzato da spessori maggiori di depositi.

Nella cartografia geologica del Servizio Geologico d'Italia Progetto CARG (Ispra, 2011), al Foglio 369 "Sulmona", scala 1:50.000 (Fig. 4), i terreni che affiorano nell'area in esame appartengono ai depositi continentali del Pleistocene medio-fineale ascrivibili al "*Sintema di Catignano*" (ACT), costituiti da depositi alluvionali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-siltosi alterati da suoli fersiallitici. Giacciono in discordanza angolare sul Sistema più antico.

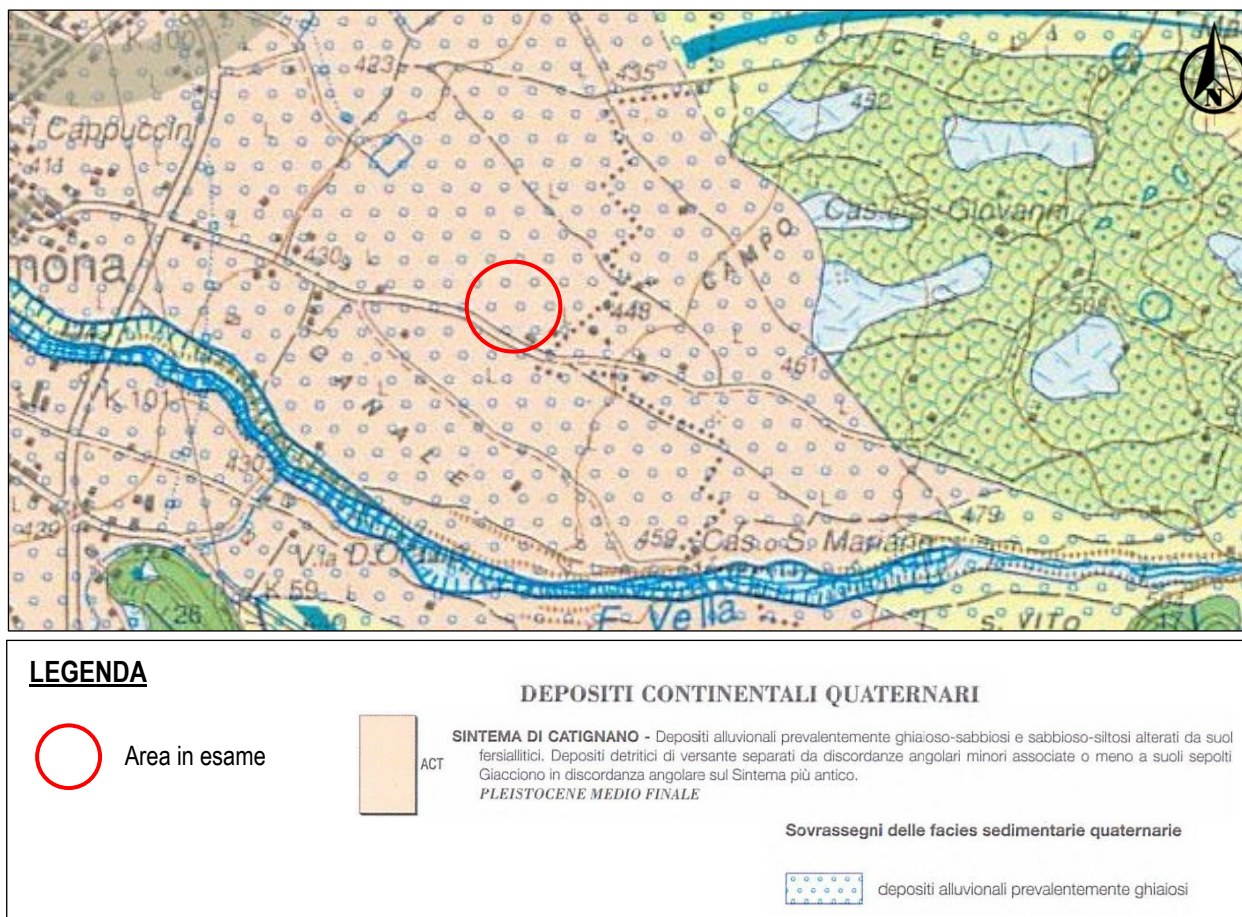
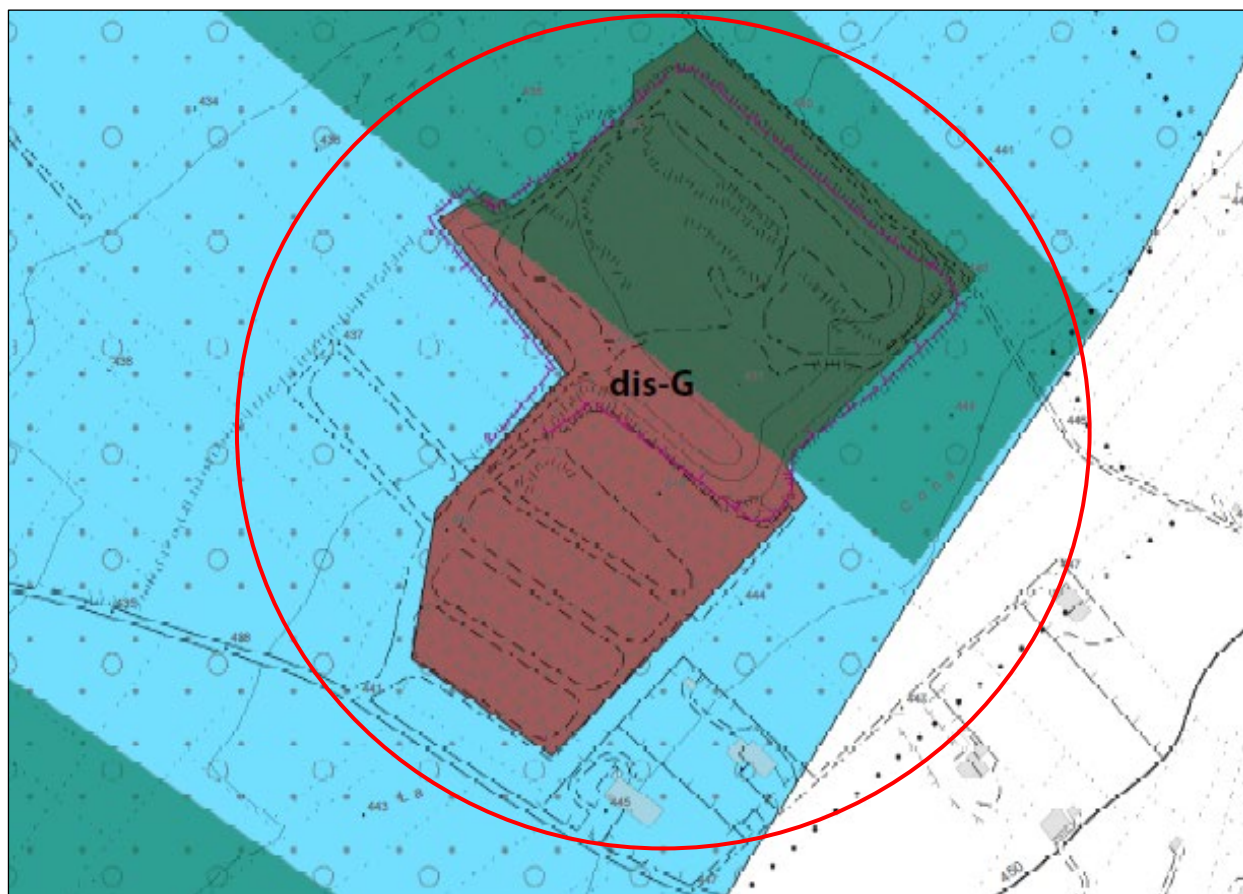



Fig. 4 - Stralcio Carta Geologica d'Italia, Foglio 369 "Sulmona", del Servizio Geologico d'Italia Progetto CARG.

Dalla consultazione della Carta geologico-tecnica (Microzonazione Sismica di Livello 1, Foglio 2, del Comune di Sulmona (AQ), scala 1:5.000) si evince che l'area in esame si ubica in un contesto geologico generale nel quale affiorano terreni appartenenti all'Unità geologica continentale costituita da depositi di conoide alluvionale (conoide di Introdacqua, conoide del Morrone e conoide di Pacentro) del *Pleistocene superiore (at2-E5IIIc)*, rappresentati da ghiaie e detrito con clasti eterometrici, contenenti almeno fino a 2-3 m di diametro (conoide di Bagnaturo), con matrice sabbiosa, nei quali si intercalano livelli sabbiosi e di suoli rimaneggiati e livelli vulcanoclastici di colore grigiastro (spessore osservato 20 m, spessore complessivo potrebbe superare 70 m). Nello specifico, l'opera verrà realizzata all'interno di una zona costituita da terreni olocenici di origine antropica (es. riporti, colmate, strati archeologici etc.), inseriti in cave dismesse, con diverso grado di addensamento (*dis-G*) (Fig. 5 - 6). All'interno del sito, è inoltre presente un lineamento geomorfologico rappresentante un orlo di scarpata con altezza minore di 10 m.



LEGENDA

 Area in esame

Grado di consistenza
dei terreni coesivi:


- I - Estremamente consistente
- II - Molto consistente
- III - Consistente
- IV - Moderatamente consistente
- V - Poco consistente
- VI - Privo di consistenza

Caratteri tessiturali particolari

- a) frammenti lapidei di dimensioni maggiori
- b) frazione fine interstiziale non coesiva
- c) frazione fine interstiziale coesiva, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare
- d) presenza di abbondante materia organica dispersa o di livelli/lenti di torba e lignite

Caratteristiche Geomorfologiche

Elementi Lineari

 Orlo di scarpata < 10m.

 dis

 at2

 Conoide


Unità Geologiche Continentali

con indicazione delle Unità Litotecniche (U.L.)

DEPOSITO DI DISCARICA. Materiali eterogenei di discarica di inerti e/o di rifiuti solidi urbani con intercalazioni di livelli di detrito calcareo e suolo riportati. Lo spessore osservato è di circa 10 m ed è stimabile per un totale superiore a 20 m. Si individua nel settore orientale dell'area e costituisce il riempimento di cave dismesse. Età: Olocene (Attuale). U.L.: G.

DEPOSITO ALLUVIONALE TERRAZZATO (secondo ordine). Comprende depositi alluvionali affioranti lungo le valli del F. Vella, del F. Gizio e del F. Sagittario e depositi di conoide alluvionale (conoide di Introdacqua, conoide del Morrone e conoide di Pacentro). I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie calcaree, ben arrotondate con intercalazioni di lenti e livelli di sabbie. Lo spessore dei depositi è variabile da 10 a 20 m. I depositi di conoide alluvionale sono rappresentati da ghiaie e detrito con clasti calcarei eterometrici, contenenti elementi fino a 2-3 m di diametro (conoide di Bagnaturo), con matrice sabbiosa, nei quali si intercalano livelli sabbiosi e di suoli rimaneggiati e livelli vulcanoclastici di colore giallastro. Lo spessore osservato raggiunge i 20 m, mentre quello complessivo potrebbe superare i 70 m. Età: Pleistocene Superiore. U.L.: E5-IIIc; nella zona della Stazione ferroviaria U.L.: F3-V.

Unità Litotecniche

 E5 Sabbia-ghiaiosa.


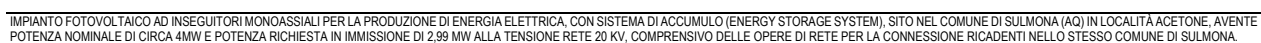
 G Terreni di origine antropica (es. riporti, colmate, strati archeologici etc.) con diverso grado di addensamento.

Fig. 5 - Stralcio della Carta geologico-tecnica, Microzonazione sismica di Livello 1 del Comune di Sulmona, Foglio 2, scala 1:5000.



1.3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO, IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

L'assetto geomorfologico locale deve la sua origine all'azione di processi erosivi e sedimentari guidati da variazioni del livello marino e dal progressivo adattamento del reticolo idrografico alle oscillazioni generate dal sollevamento tettonico regionale. L'espressione geomorfologica di tali processi è evidente negli alvei fluviali dove si manifestano le azioni morfologiche dei corsi d'acqua con processi di erosione, trasporto e sedimentazione, mentre, esondazioni e divagazioni fanno sì che il modellamento fluviale possa estendersi in aree molto vaste.

I processi erosivi e deposizionali assumono sviluppo ed importanza con la formazione a quote topografiche diverse, di estesi corpi sedimentari sub-pianeggianti definiti terrazzi alluvionali.

Nello specifico, il sito in oggetto si ubica ad una quota topografica che varia da circa 443 m s.l.m. e circa 433 m s.l.m., a circa 800 m a nord-est dalla sponda sinistra del Fiume Vella, sulla superficie del terrazzo alluvionale di II ordine del suddetto corso d'acqua. L'area risulta intensamente modificata da interventi antropici (Fig. 8), in quanto in precedenza era destinata alle funzioni di cava. Nel complesso l'intera area presenta una conformazione topografica sub-pianeggiante e priva, pertanto, di elementi morfologici degni di rilievo che possano avere, dunque, implicazioni nella stabilità globale del territorio (Fig. 7).

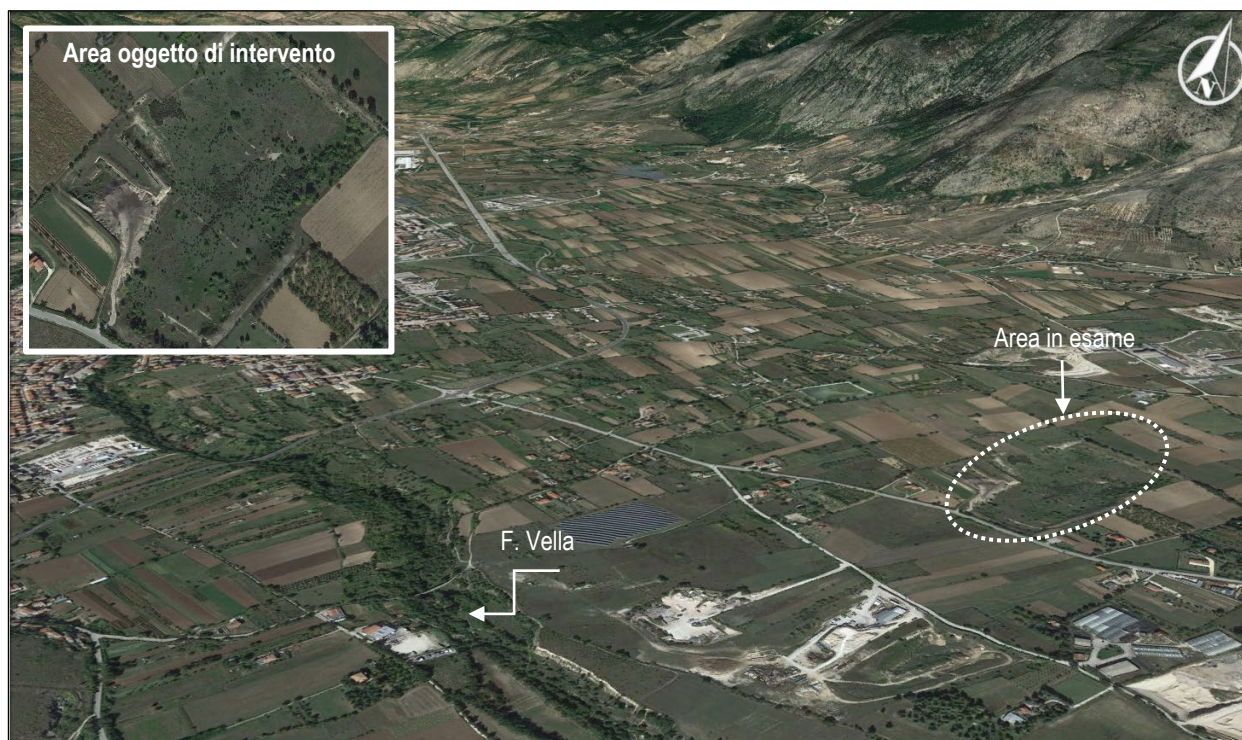


Fig. 7 – Foto aerea dell'area in esame. Fonte: Google Earth.



Fig. 8 – Foto panoramica dell'area in esame, scattata da Via Ancinale.

La lettura della Carta Geomorfologica del P.A.I. (Approvazione della I variante parziale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Fenomeni gravitativi e Processi erosivi, riferito ai bacini di rilievo regionale dell'Abruzzo e al territorio regionale ricompreso nel Bacino interregionale del fiume Sangro, G.U. n.194 del 20/08/2019, Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica della Regione Abruzzo), evidenzia come dell'area in esame sia situata all'interno di un graficismo areale indicante una conoide alluvionale allo stato "non attivo" (Fig. 9).

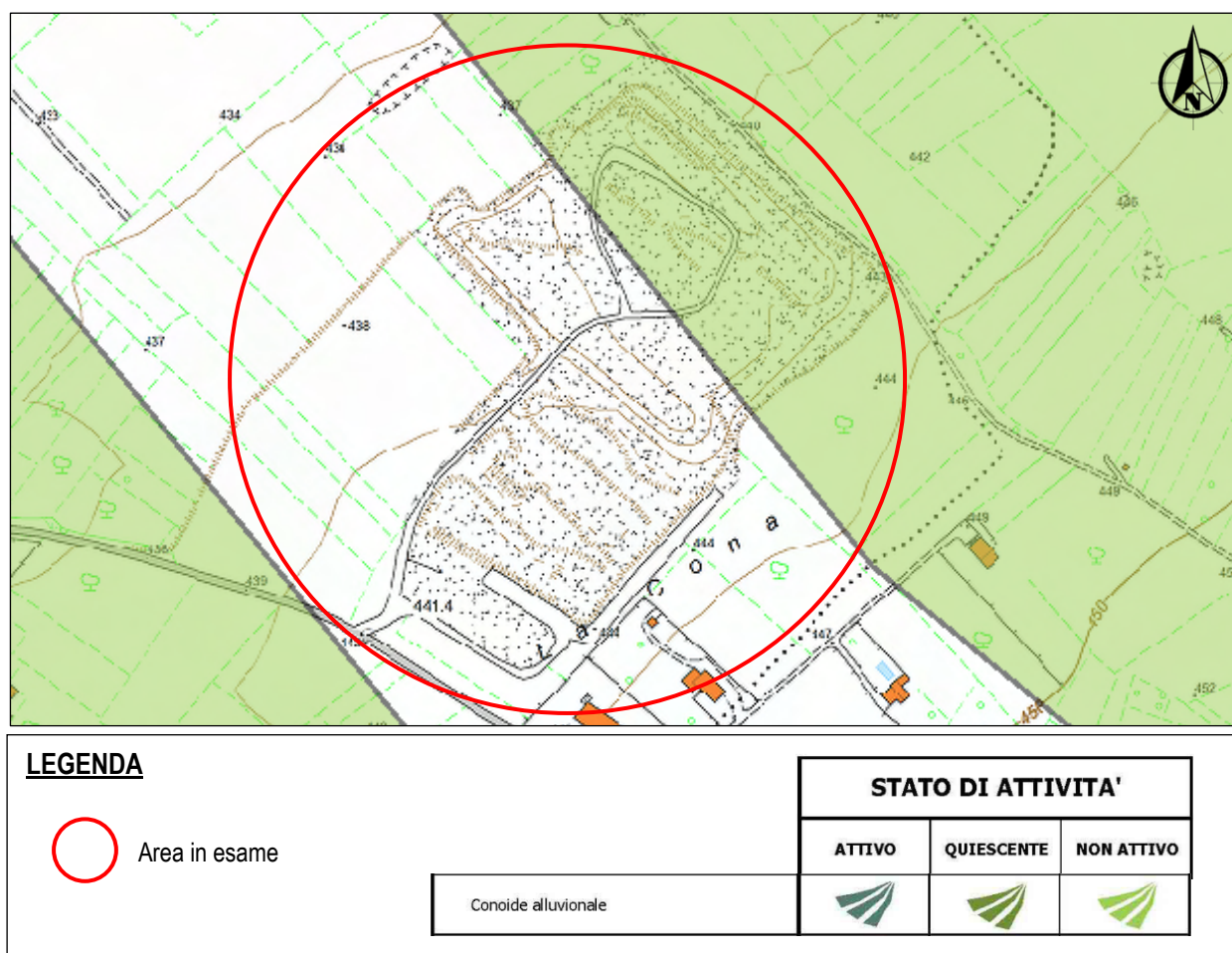


Fig. 9 – Stralcio della Carta Geomorfologica del P.A.I. sovrapposta a C.T.R. (Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica - Regione Abruzzo), scala 1:5.000.

Le condizioni dell'idrografia e dell'idrogeologia del territorio sono molto mutevoli in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e strutturali delle principali unità sedimentologiche affioranti. L'area in studio è posta alla destra idrografica del Fiume Vella, che, con andamento prevalente SE-NO nell'area di interesse, rappresenta in zona una delle vie preferenziali di drenaggio delle acque di ruscellamento superficiale.

Dal punto di vista idrogeologico, dalla consultazione della Carta dei Complessi Idrogeologici (Fig. 9), si evince che i terreni che affiorano nell'area in esame appartengono al *Complesso fluvio - lacustre (fl)*, costituito da depositi fluviali, anche terrazzati, e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi, da depositi palustri e lacustri prevalentemente argilloso-limoso-sabbiosi e da travertini (Olocene-Pliocene). Questo complesso risulta permeabile per porosità ed è caratterizzato da un grado di "permeabilità relativa" medio, anche se in realtà è variabile, anche in modo sostanziale, da zona a zona in funzione della granulometria dei depositi. La capacità ricettiva dell'acquifero fluvio-lacustre è complessivamente buona, sia nei confronti dell'alimentazione diretta (fenomeno, questo, molto facilitato dalla morfologia piatta degli affioramenti), sia nei confronti di quella indiretta proveniente dagli acquiferi adiacenti (solo nel caso in cui affiorano termini relativamente più permeabili). A causa della sostanziale caoticità che caratterizza la giacitura dei vari litotipi (con lenti più o meno estese e tra loro interdigitate a depositi con differente grado di permeabilità), la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo "falde sovrapposte" (appartenenti, quasi sempre, ad un'unica circolazione).

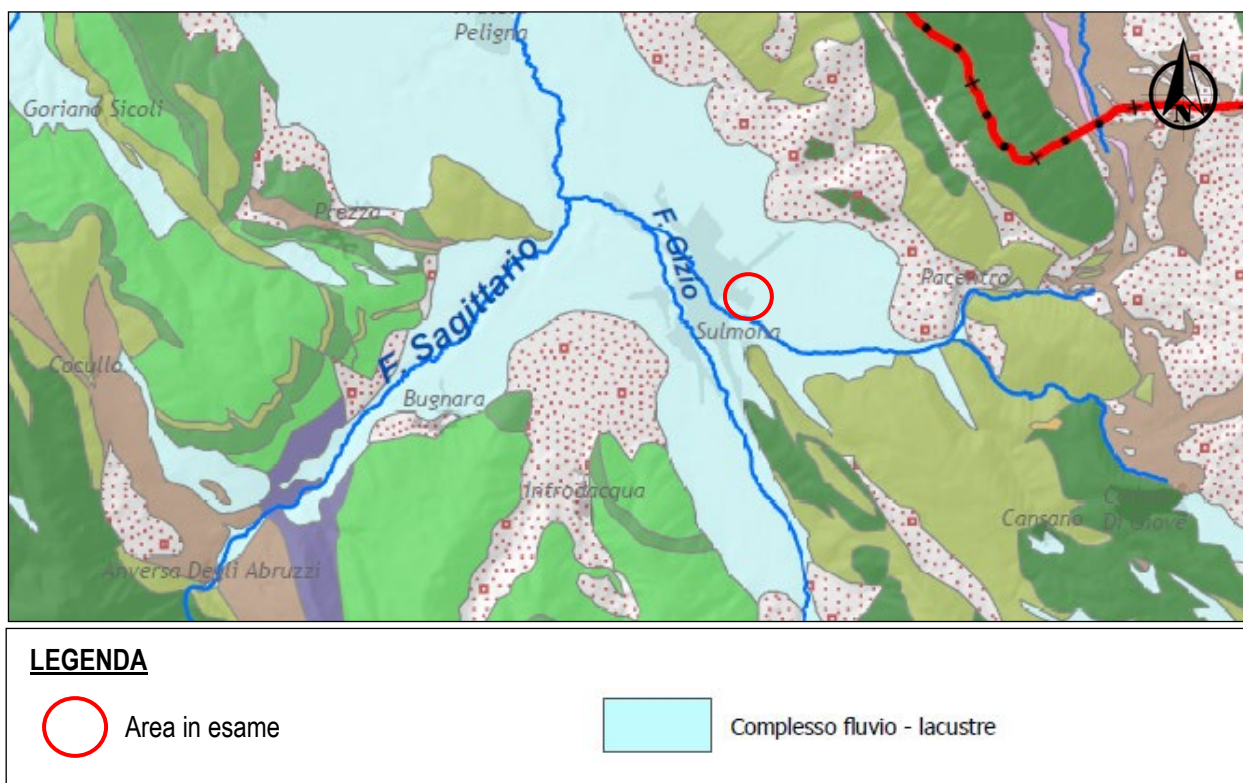


Fig. 9 - Carta dei Complessi Idrogeologici. Fonte: Piano di Tutela delle Acque della Regione Abruzzo – Servizio Acque e Demanio Idrico.

1.4. ANALISI CARTOGRAFICA DEI VINCOLI TERRITORIALI

La consultazione della Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I. (Approvazione della I variante parziale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico – Fenomeni gravitativi e Processi erosivi, riferito ai bacini di rilievo regionale dell'Abruzzo e al territorio regionale ricompreso nel Bacino interregionale del fiume Sangro, G.U. n.194 del 20/08/2019, Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica della Regione Abruzzo), mostra come l'area in esame non sia perimetrata tra quelle definite pericolose (Fig. 10).

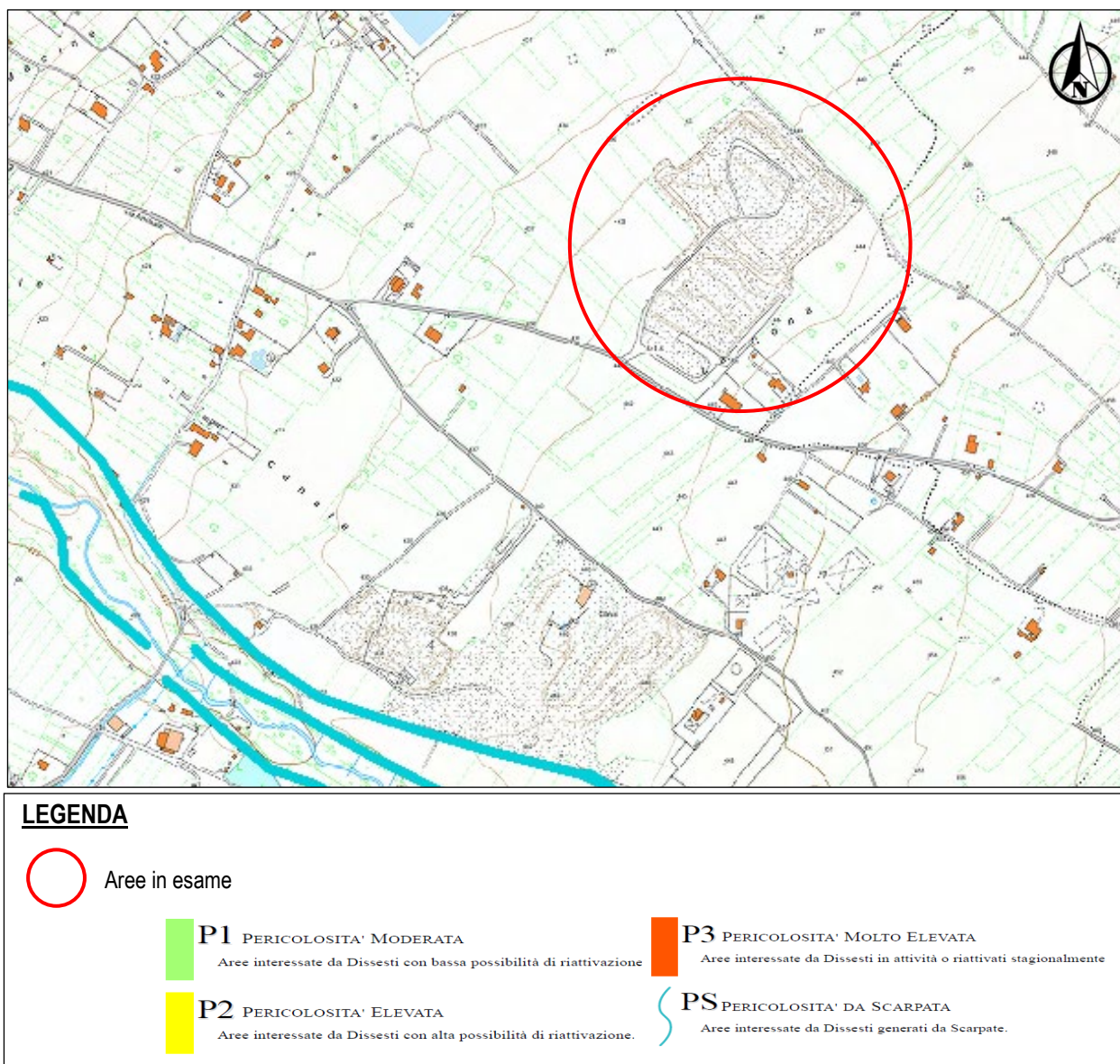


Fig. 10 – Stralcio della Carta della Pericolosità da Frana del P.A.I. sovrapposta a C.T.R. (Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica - Regione Abruzzo), scala 1:10.000.

Per quanto riguarda la pericolosità da inondazione, la lettura della Carta della Pericolosità Idraulica del Piano Stralcio Difesa Alluvioni - Bacini idrografici di rilievo regionale dell'Abruzzo (DCR 94/5 del 29/01/2008; BURA n°12 SPECIALE del 1/02/2008; e S.M.I.) non evidenzia, allo stesso modo, pericolosità alcuna (Fig. 11).

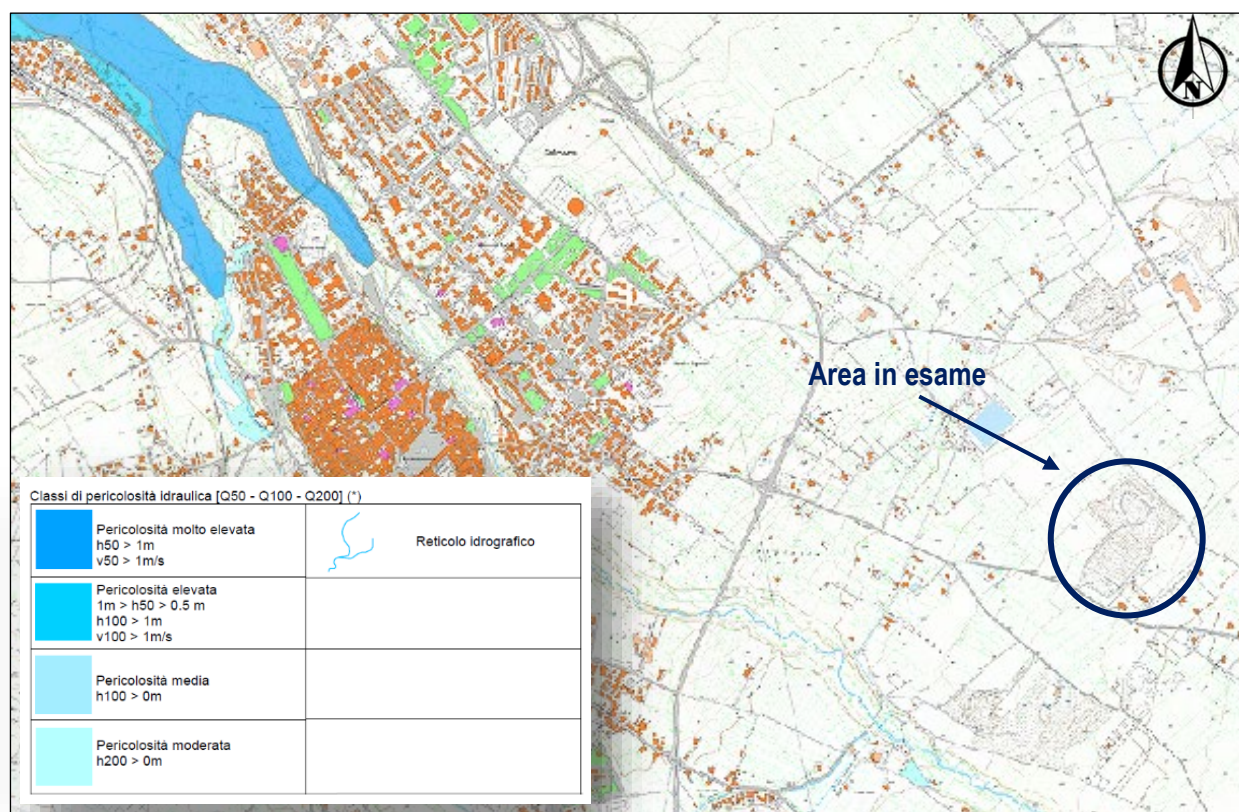


Fig. 11 – Stralcio della Carta di Pericolosità Idraulica del P.S.D.A. della Regione Abruzzo (Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica - Regione Abruzzo), scala 1:25.000.

La consultazione della Carta del Vincolo Idrogeologico (Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica della Regione Abruzzo) mostra come l'area d'interesse non sia ricompresa tra quelle perimetrate a Vincolo Idrogeologico (R.D. 30/12/23) (Fig. 12).

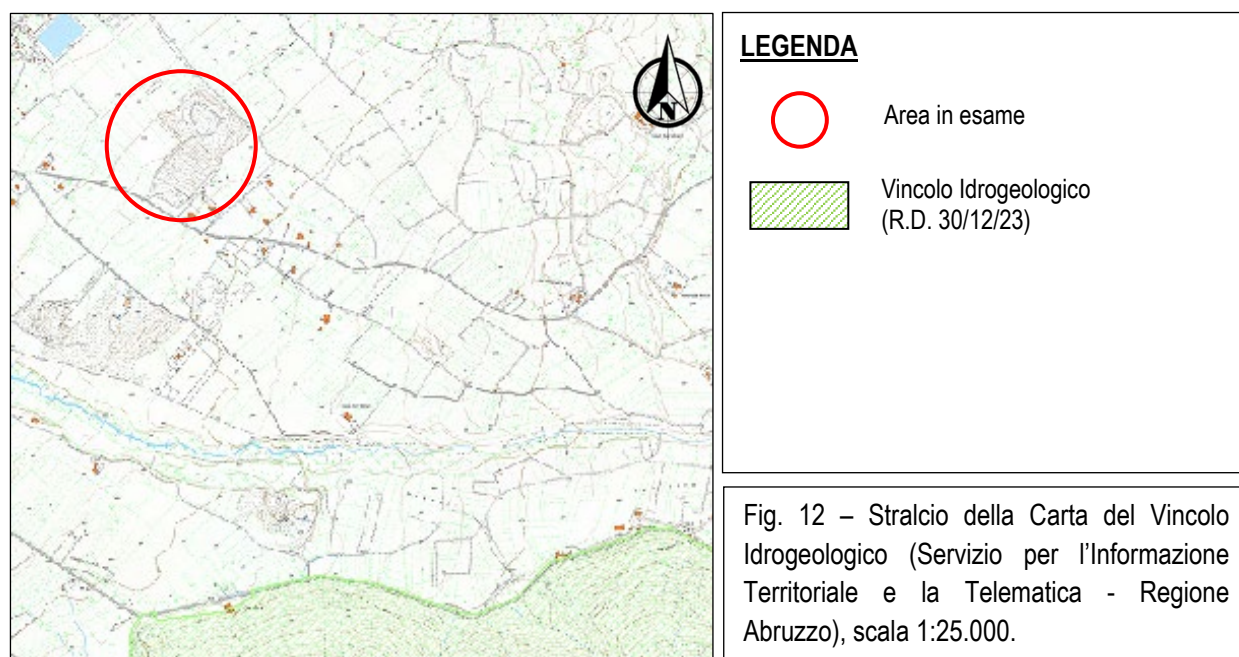


Fig. 12 – Stralcio della Carta del Vincolo Idrogeologico (Servizio per l'Informazione Territoriale e la Telematica - Regione Abruzzo), scala 1:25.000.

1.5. SISMICITA'

La Regione Abruzzo è stata storicamente interessata da numerosi e spesso intensi fenomeni sismici, interconnessi con l'assetto geologico e l'evoluzione geodinamica del sistema appenninico in distensione, e la fascia costiera adriatica in compressione sulla piattaforma apulo-adriatica. Pertanto, dal punto di vista sismico, la regione è caratterizzata da una serie di distretti sismogenetici distribuiti su più fasce parallele procedendo dai rilievi interni alla catena appenninica verso la costa adriatica. I più importanti sono rappresentati dall'Alta Valle del Fiume Aterno, dalla Piana del Fucino e dalla zona del Parco Nazionale d'Abruzzo, per il settore più interno; verso l'esterno invece emergono il fronte del Gran Sasso d'Italia, i Monti della Laga e la struttura della Maiella.

1.5.1 Sismicità storica

I seguenti dati di sismicità storica per il territorio comunale di Sulmona sono stati desunti dal database dell'I.N.G.V. DBMI15 (*Database Macrosismico Italiano utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15*).

Storia Sismica di Sulmona [42.047; 13.928] Numero di eventi: 66					
Intensità	Anno Me Gi	Area Epicentrale	NMDP	Io	Mw
8-9	1349 09 09	Maiella	4		
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
5	1693 03 24	Lazio-Molise	6	6-7	5.22
6-7	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
9-10	1706 11 03 13	Maiella	99	10-11	6.84
NC	1730 05 12 05	Valnerina	115	9	6.04
4-5	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
4-5	1830 12 29 11	Maiella	4	5-6	4.4
F	1841 02 21	Gargano	13	6-7	5.17
5	1841 06 10	Maiella	11	7	4.96
4	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8	5.38
5-6	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8	5.41
4-5	1885 04 10 01 44	Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57
NF	1887 01 27 02 45	Aquilano	30	5	4.17
F	1889 08 26 05 31	Castel di Sangro	5	4	4.2
4-5	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
4-5	1891 05 09 00 16	Val Roveto	41	5	4.42
3	1892 01 22	Colli Albani	81	7	5.14
F	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
6	1901 07 31 10 38 30.00	Sorano	76	7	5.16
4-5	1901 10 15 13 55 53.00	Alanno	10	5	4.22

4-5	1904 11 02 15 32 05.00	Marsica	44	5-6	4.54
7	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6	5.15
2	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1911 04 10 09 43	Colli Albani	79	6	4.74
4	1913 01 03 13 39 25.00	Marsica	44	5-6	4.53
8	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
F	1916 04 22 04 33	Aquilano	9	6-7	5.09
5	1917 01 03 01 35	Marsica	57		
5	1922 12 29 12 22 06.00	Val Roveto	119	6-7	5.24
5	1925 09 24 13 33 46.00	Molise occidentale	50	7	5.26
4	1926 12 18 21 07 20.00	Marsica	24	5	4.24
5	1927 10 11 14 45 08.00	Marsica	81	7	5.2
NF	1927 12 26 15 06 14.00	Colli Albani	38	7	4.89
4	1929 01 14 04 01	Monti della Meta	32	4-5	4.42
3	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
8	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5.9
3	1938 08 12 02 28 33.00	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
5-6	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
5	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
4	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
NF	1960 03 14 04 44	Marsica	40	7	4.72
NF	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4.44
3	1961 10 31 13 37	Reatino	84	8	5.09
NF	1967 12 03 21 29 59.00	Aquilano	32	5	4.37
4	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
5-6	1980 06 09 16 02 47.00	Aquilano	28	6	4.64
4	1980 06 14 20 56 50.00	Marsica	69	5-6	4.96
4-5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
6-7	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
6	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
6	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
2	1991 05 05 06 33 35.68	Aquilano	64	6	3.86
NF	1992 07 16 05 38 53.83	Chietino	107	5-6	4.22
4	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4-5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
3	2000 10 25 08 42 02.23	Marsica	57	5	3.9
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
5	2009 04 06 01 32 40.40	Aquilano	316	9-10	6.29
F	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
4-5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61

Me: mese; **Gi:** giorno; **NMDP:** numero di osservazioni macroscopiche; **Io:** intensità epicentrale; **Mw:** magnitudo momento.

Sempre con riferimento al territorio comunale di Sulmona il successivo diagramma illustra le intensità documentate e/o ricostruite per gli eventi sismici di maggior rilievo dall'anno 1000 all'anno 2016.

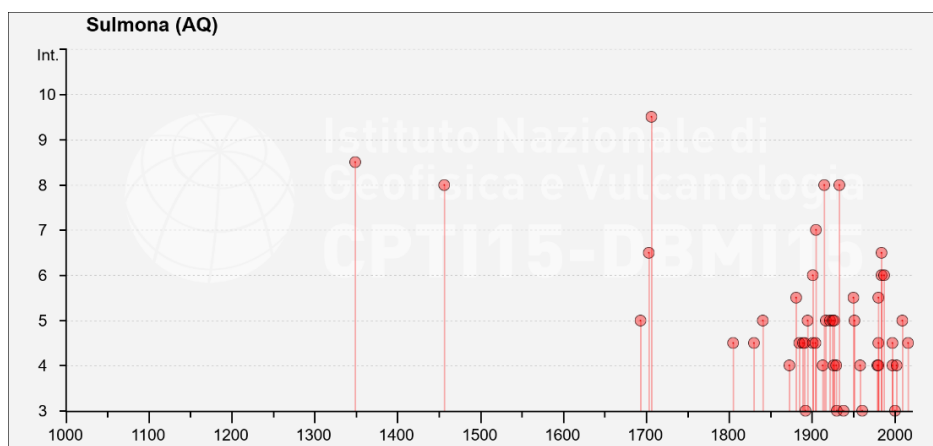


Fig. 13 – Massime intensità sismiche del Comune di Sulmona.

1.5.2 Zonazione e classificazione sismica

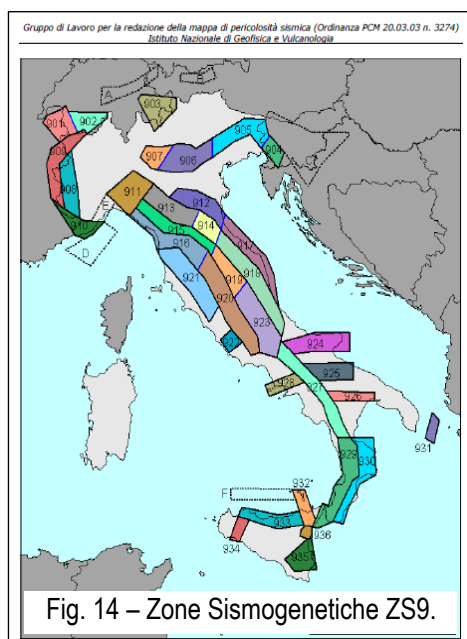


Fig. 14 – Zone Sismogenetiche ZS9.

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche denominata ZS9 (GRUPPO DI LAVORO, 2004), nella quale sono individuate 36 zone caratterizzate da diversi valori della Magnitudo momento massima (M_{wmax}).

La zonazione è stata effettuata tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno portato alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la Carta Nazionale delle Zone Sismogenetiche.

Nello specifico, l'area in esame ricade all'interno della Zona

Sismogenetica 923 "Appennino Abruzzese", alla quale viene attribuita un valore di magnitudo momento massima M_w di 7,06 (Fig. 14).

Sulla base del modello suddetto è stata elaborata la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004, recepita dall' Ordinanza P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) in cui, il territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone ciascuna individuata in base ai valori dell'accelerazione massima del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/sec, secondo la tabella seguente:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [a _g]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a _g]
1	0,25 < a _g ≤ 0,35g	0,35 g
2	0,15 < a _g ≤ 0,25g	0,25 g
3	0,05 < a _g ≤ 0,15g	0,15 g
4	≤ 0,05g	0,05 g

Le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di a_g intermedi rispetto a quelli riportati in tabella e intervallati da valori non minori di 0,025 g. Nello specifico, il Comune di Sulmona ricade in zona 1, anche in base all'ultimo aggiornamento del 2015. La permanenza nella suddetta categoria è riepilogata nella tabella seguente.

Codice ISTAT	Comune	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM 3274 (2003)	Classificazione sismica comuni italiani (2015)
66098	Sulmona	I	II	1	1

Per quanto riguarda la “pericolosità sismica di base” su *reticolo di riferimento* nell'*intervallo di riferimento* è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>). In particolare, il sito in esame è ricompreso nel territorio del Comune di Sulmona il quale presenta valori di pericolosità sismica, espressi in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), compresi tra 0,250 g e 0,275 g con probabilità di eccedenza dello scuotimento del 10% in 50 anni (Fig. 15).

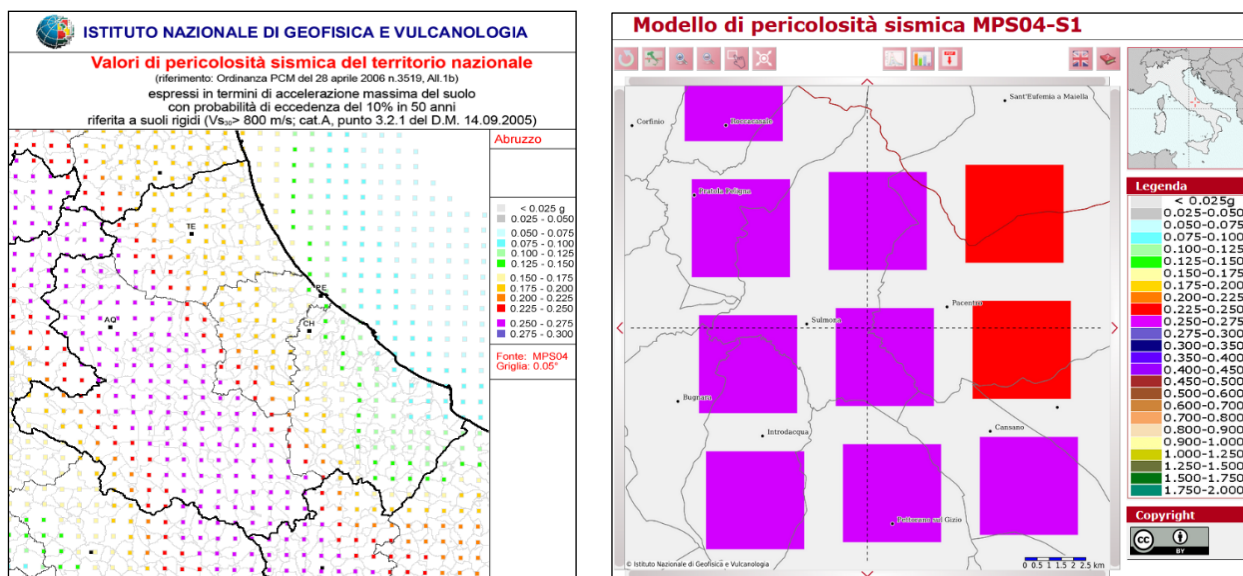


Fig. 15 - Valori di pericolosità sismica, con indicata l'area in esame (coordinate lat: 42.045, lon: 13.953), espressi in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b). Fonte: www.ingv.it.

Di seguito, si riportano i dati di disaggregazione dei contributi alla pericolosità sismica per intervalli di magnitudo (Mw) e distanza epicentrale (R), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti al nodo della griglia (coordinate lat: 42.034, lon: 13.961) più prossimo al sito d’interesse (Fig. 16).

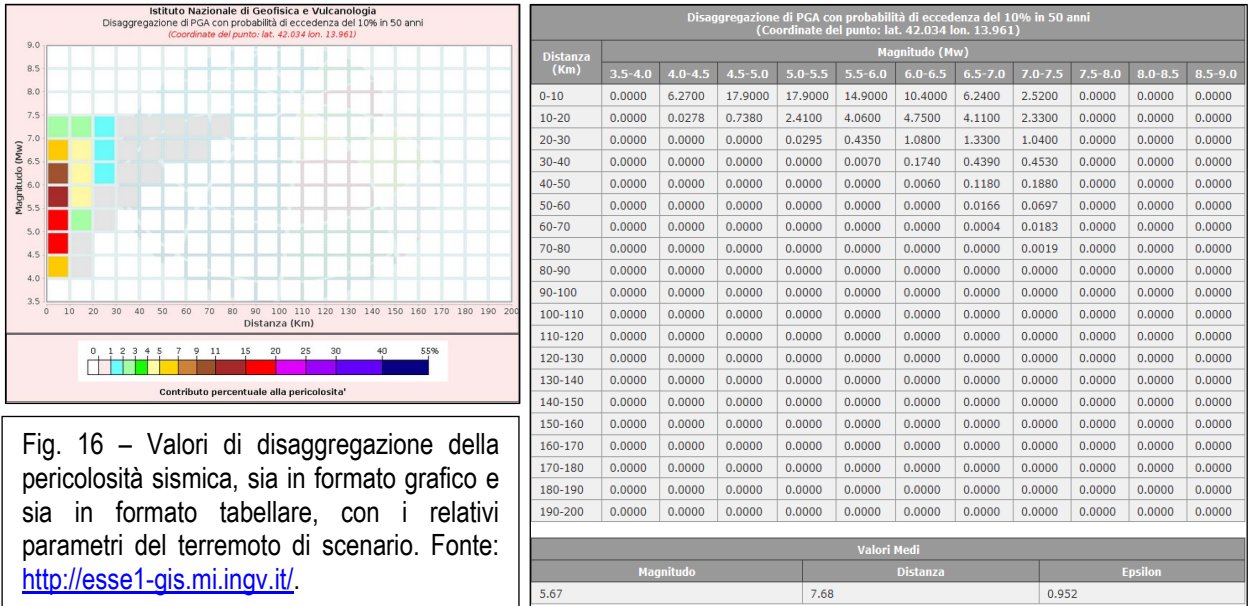


Fig. 16 – Valori di disaggregazione della pericolosità sismica, sia in formato grafico e sia in formato tabellare, con i relativi parametri del terremoto di scenario. Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Dalla sintesi di quanto precedentemente detto e in relazione al concetto di disaggregazione della pericolosità sismica, risulta che l’area in esame ricade in zona sismica 1, ad una distanza di 7,68 Km dal probabile epicentro di un terremoto con una Magnitudo momento attesa, in funzione delle Stato Limite analizzato, pari a 5,67 (*terremoto di scenario*).

1.5.3 Sismo-tettonica e lineamenti sismici attivi

I terremoti dell’area appenninica abruzzese sono associabili a faglie quaternarie, normali o trasversive, osservabili in superficie, ben definibili in termini di lunghezza, giacitura e cinematica e spesso caratterizzate da evidenze di attività nel Pleistocene superiore – Olocene, talvolta con evidenze dirette di dislocazione co-sismica superficiale in occasione di forti terremoti (es. Avezzano 1915).

Dalla consultazione del database dell’I.N.G.V. DISS 3.2.1 (Database of Individual Seismogenetic Sources), che fornisce un’istantanea della presenza di faglie considerate attive allo stato attuale, si evince che il lotto oggetto d’intervento ricade all’interno della “fascia” sismogenetica ITIS027 “*Sulmona Basin*”, alla quale viene attribuita una massima magnitudo Mw di 6,4 (Fig. 17).

Per quanto attiene alle faglie attive e capaci, che per definizione sono faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie, dall’interrogazione del database bibliografico del Servizio Geologico Italiano ITHACA (*Italy HAZard from CAPable faults*), risulta evidente come l’area in esame sia ricompresa in un settore di catena interessato dalla presenza di faglie considerate attive. Nello specifico il lotto d’interesse

si ubica a circa 1.5 Km a sud dalla faglia attiva denominata “M. Morrone” e a circa 4,9 Km a nord dalla faglia attiva denominata “Valle del Gizio”, tutte a carattere normale (Fig. 18).

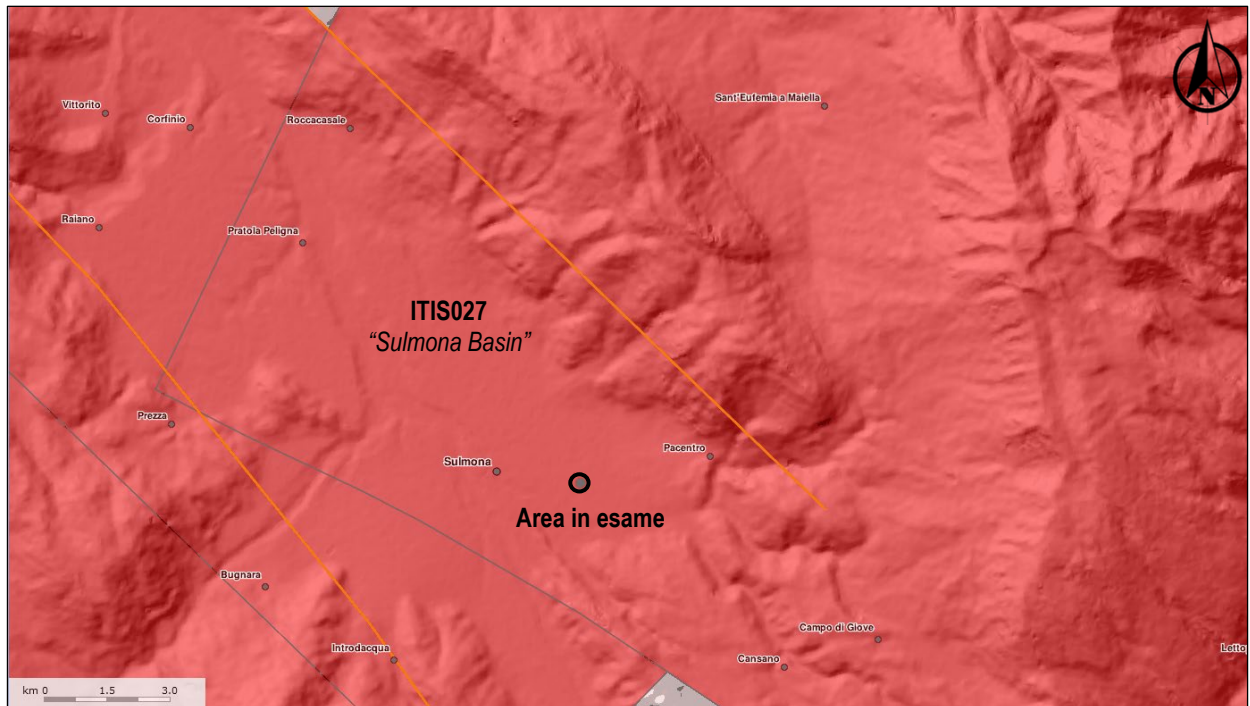


Fig. 17 – Distribuzione della sorgente sismogenetica ITIS027. Fonte DISS 3.2.1.

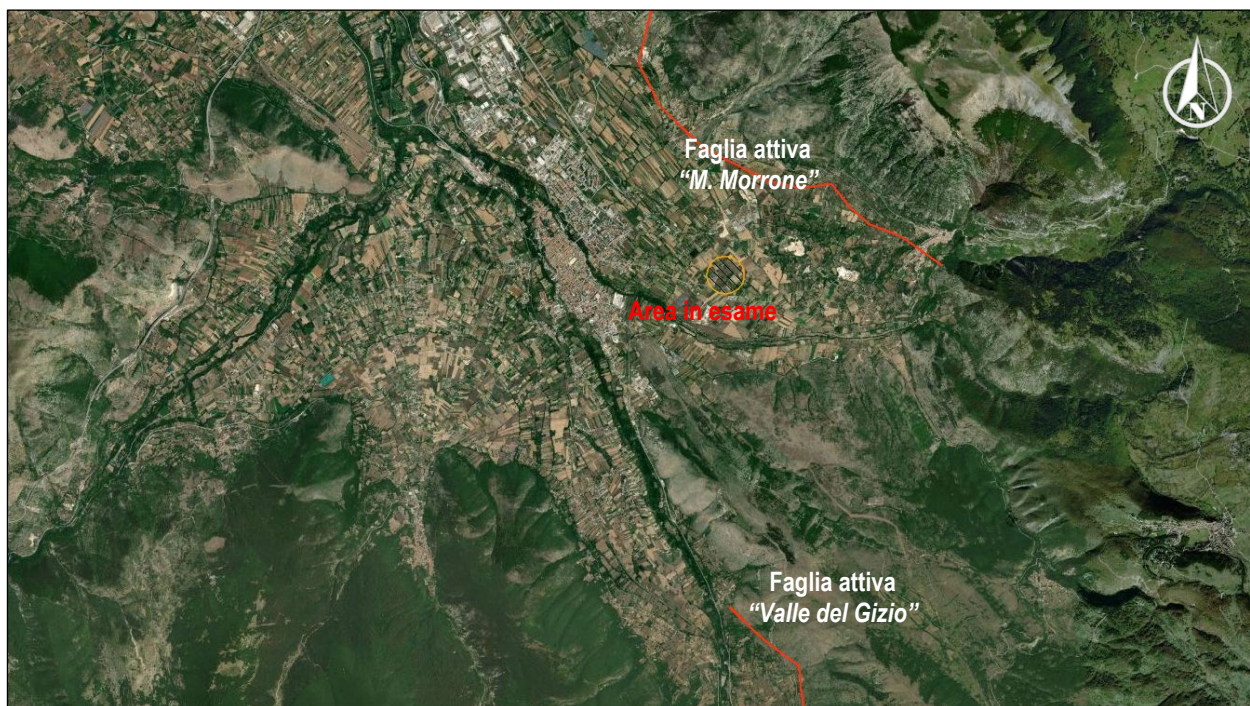


Fig. 18 – Distribuzione delle faglie capaci, linee in rosso. Fonte: Servizio Geologico Italiano ITHACA.

1.6. MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

1.6.1 Successione litostratigrafica locale

Le informazioni di carattere stratigrafico ricavate dalla raccolta di dati bibliografici e cartografici, unitamente all'interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche realizzate in sito, hanno permesso di schematizzare, dall'alto verso il basso, la seguente successione litostratigrafica:

STRATO A – Terreno vegetale e/o di riporto

da p.c. a 1,00 (monte) ÷ 5,50 (valle) m

Tale orizzonte, presente dal piano campagna attuale fino ad una profondità di circa 1,00 (monte) ÷ 5,50 (valle) m, rappresenta la porzione più superficiale della successione stratigrafica locale e risulta costituito da sabbia variamente limosa con clasti eterometrici.

STRATO B – Ghiaia sabbiosa

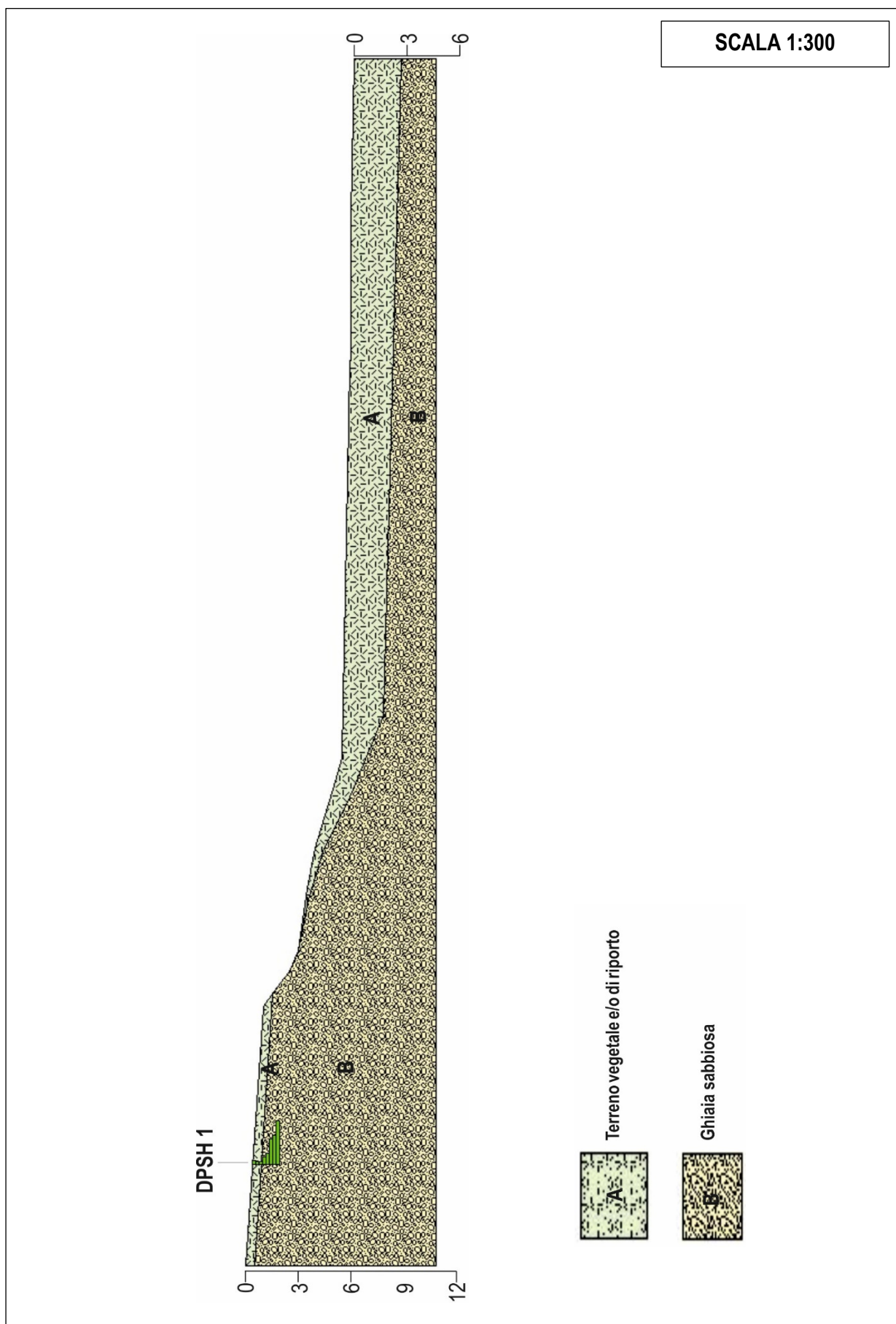
da 1,00 (monte) ÷ 5,50 (valle) m a 7,00 ÷ 8,00 m

Tale litotipo, presente al di sotto dello strato di terreno vegetale e/o di riporto, è costituito da terreni associabili ai depositi continentali del Pleistocene medio-fine del “*Sintema di Catignano*” (ACT). Dal punto di vista granulometrico, siamo in presenza di ghiaie eterometriche, da centimetriche a decimetriche, immerse in matrice sabbiosa.



Fig. 19 – Affioramento dello strato di ghiaie sabbiose nell'area di monte del sito oggetto di studio.

1.6.2 Assetto stratigrafico locale



1.6.3 Assetto idrogeologico locale

Durante la realizzazione delle indagini non sono state riscontrate manifestazioni idriche negli intervalli investigati. Tuttavia, non è da escludere la possibilità che accumuli idrici discontinui e di modesta entità possano formarsi, all'interno dei livelli più permeabili, in concomitanza di eventi meteorici di particolare intensità e/o durata.

2. RELAZIONE SULLE INDAGINI E MODELLAZIONE SISMICA

2.1. INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE IN SITO

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale, con conseguente determinazione dei parametri geotecnici, e per caratterizzare sotto il profilo sismico i terreni ivi presenti, in accordo con il progettista, sono state eseguite, in data 20/04/2021, sulla base delle esigenze logistiche dell'areale investigato, le seguenti categorie d'indagine:

- ☒ n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- ☒ n. 2 prove sismiche multicanale M.A.S.W.;
- ☒ n. 2 indagini di tomografia sismica 2D.

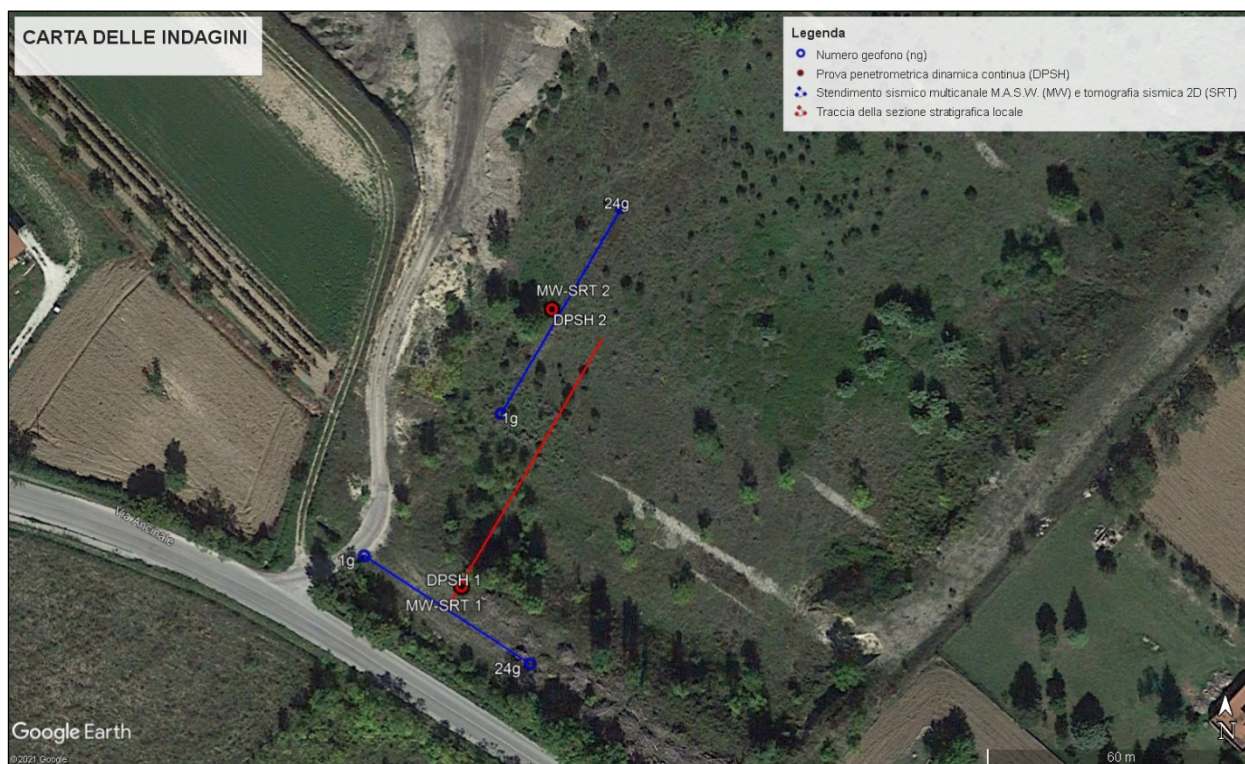


Fig. 20 – Carta con ubicazione delle indagini eseguite.

I dettagli delle metodologie d'indagine adottate e le strumentazioni impiegate sono descritti di seguito, mentre i risultati acquisiti sono documentati in allegato.

2.1.1 Prova penetrometrica dinamica continua DPSH

Nella presente campagna d'indagine sono state realizzate n. 2 prove penetrometriche dinamiche continue tipo DPSH, spinte fino alla profondità massima di 1,60 m (DPSH 1) e 6,00 m (DPSH 2) dal locale piano campagna. A tali profondità le prove si sono arrestate per rifiuto alla penetrazione della punta contraddistinto da N colpi > 50 per un avanzamento della punta di 20 cm.

Per l'esecuzione delle prove è stato utilizzato un penetrometro statico-dinamico mod. Pagani TG 63 - 200 kN di spinta, le cui caratteristiche tecniche sono riportate nella tabella seguente:

Dati tecnici penetrometro Pagani TG 63-200			
Peso della massa battente	63,5 Kg	Peso delle aste a metro	6,31 Kg/m
Altezza di caduta del maglio	0,75 m	Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg	Avanzamento punta	0,20 m
Diametro della punta conica	51,00 mm	Numero di colpi per punta	N(20)
Area di base della punta	20,43 cm ²	Angolo di apertura punta conica	60°
Lunghezza delle aste	1,00 m	Rivestimento/fanghi	Assente

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta infissa a percussione da un maglio provvisto di un apposito dispositivo di sganciamento automatico.

La misura dei colpi viene effettuata ogni 20 cm di affondamento della punta e, successivamente, rappresentata in un diagramma continuo di penetrazione che fornisce un profilo di resistenza espresso in numero di colpi per 20 cm di avanzamento della punta. La penetrazione dinamica della punta battuta sul terreno consente la misurazione dello stato di addensamento o consistenza dei litotipi attraversati tramite la determinazione della resistenza di rottura dinamica alla punta (Rpd):

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

dove:

e = infissione media per colpo (δ/N); M = peso massa battente (altezza caduta H); P = peso totale aste e sistema battuta.

Per mezzo dell'andamento della misura di colpi N con la profondità è possibile individuare la costituzione litologica per omogeneità degli orizzonti costituenti il sottosuolo investigato.

I valori ottenuti dalla prova correlati in valori equivalenti di N_{SPT} (attraverso il coefficiente teorico di energia $N_{SPT} = \beta_t N$), consentono di risalire alla stima dei principali parametri geotecnici del terreno.

Le prove eseguite presentano le caratteristiche elencate nella tabella seguente:

ID Prova	Coordinate (WGS84)		Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)
	Latitudine	Longitudine		
DPSH 1	42.044234°	13.952355°	442	1,60
DPSH 2	42.044817°	13.952600°	436	6,00

2.1.2 Prova sismica multicanale M.A.S.W.

Per la determinazione delle Vs nella presente campagna di indagini si è scelto di adottare la metodologia M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves). Difatti con la tecnica della sismica attiva si possono ottenere buoni risultati in termini di acquisizione dati, fino a frequenze che si aggirano intorno ai 10-15 Hz riuscendo a “fittare” con un certo grado di precisione la curva sperimentale registrata. Pertanto, la metodologia d’indagine ha permesso di caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni oggetto del presente studio, basandosi sulla misurazione e sull’analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato.

Strumentazione utilizzata

Per la realizzazione di n. 2 prospezioni sismiche M.A.S.W., è stata utilizzata una strumentazione le cui caratteristiche sono riportate di seguito:

- sismografo multicanale PASI GEA 24 con capacità di campionamento fino a 4000 microsec; sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break); filtri High Pass e Band Reject; “Automatic Gain Control”; convertitore A/D Sigma-Delta a 24 bit reali;
- 24 geofoni verticali (P) con periodo proprio di 4.5 Hz;
- massa battente pesante di 8 Kg.

Acquisizione dati e operazioni di campagna

L’acquisizione M.A.S.W. è stata condotta mediante uno stendimento lineare di geofoni superficiali. Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi elettrici, tramite appositi morsetti bipolari, si è proceduto all’acquisizione dei dati M.A.S.W.. Sono state realizzati alcune energizzazioni di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione. Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica M.A.S.W. in modo tale che, dopo ogni energizzazione (per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni) sul punto d’impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L’istante di tempo zero, ovvero il segnale d’inizio registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno. Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni posizionati sulla superficie topografica sono stati acquisiti dal sismografo tramite il quale, dopo una conversione analogico-digitale sono stati registrati nell’hard-disk del computer esterno al sismografo stesso.

Elaborazione dati

Per la caratterizzazione sismo-stratigrafica del sottosuolo i dati sperimentali acquisiti sono stati interpretati ed elaborati attraverso l'utilizzo di specifici programmi. L'analisi effettuata può essere ricondotta in quattro fasi:

- 1) trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K ;
- 2) individuazione delle coppie $f - k$ cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (Hz);
- 3) calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente, alcuni dei parametri degli strati che costituiscono il modello del suolo;
- 4) modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

Nello specifico sono state realizzate n.2 prospezioni sismiche M.A.S.W. le cui caratteristiche geometriche e di configurazione sono riportate nella tabella seguente:

ID Linea	Passo geofonico (m)	Numero geofoni	Lunghezza (m)	Sorgente (m)	Passo camp. (Hz)	Lung. tracce (s)
MW 1	2.00	24	46.00	4.00	1000	2.000
MW 2	2.50	24	57.50	5.00	1000	2.000

2.1.3 Indagine di tomografia sismica 2D

Per la ricostruzione bidimensionale di dettaglio del modello sismo-stratigrafico del sottosuolo, nonché evidenziare eventuali anomalie di velocità sismica dei terreni ivi presenti, sono stati realizzati n. 2 profili superficiali di sismica a rifrazione con tecnica tomografica.

Strumentazione utilizzata

La strumentazione utilizzata è la stessa impiegata per la realizzazione delle prospezioni sismiche M.A.S.W.

Acquisizione dati e operazioni di campagna

L'acquisizione è stata condotta mediante uno stendimento lineare di geofoni superficiali. Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e dopo il collegamento di questi ultimi ai cavi elettrici, per ogni acquisizione sono stati realizzati alcune energizzazioni di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del

sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione. Effettuata la taratura della strumentazione si è proceduto alla prospezione sismica in modo tale che, dopo ogni energizzazione (per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni) sul punto d'impatto prestabilito, si è acquisito e registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L'istante di tempo zero, ovvero il segnale d'inizio registrazione, è stato inviato allo strumento da uno shock-sensor (trigger) posto direttamente sul terreno.

Elaborazione dati

Le registrazioni sismiche acquisite sono state elaborate mediante l'utilizzo di specifici programmi. La procedura di interpretazione tomografica può essere suddivisa in 2 fasi:

- applicazione di una tecnica di pseudo-inversione bidimensionale che realizza per ogni geofono un profilo; continuo di velocità in funzione della profondità (metodo DELTA-T-V - GEBRANDE E MILLER, 1985), seguita dal calcolo di un profilo medio di "velocità-profondità" (media dei singoli profili di velocità alle profondità comuni) che, esteso lateralmente per tutta la lunghezza dello stendimento, consente la stima di un modello continuo monodimensionale di velocità in funzione della profondità (gradiente monodimensionale di velocità sismica);
- assumendo come dato di partenza il modello di velocità valutato in precedenza, si avvia il processo di inversione iterativo utilizzando un algoritmo tomografico che permette la ricostruzione della propagazione del fronte d'onda sismica, in maniera fisicamente significativa, attraverso una modellazione che utilizza il percorso dei raggi sismici.

Il modello calcolato viene in seguito comparato con il modello sperimentale e se l'adattamento è considerato soddisfacente, tale risultato viene ufficializzato, rappresentando il modello attraverso una mappa della distribuzione della velocità in funzione della profondità.

Nello specifico è stata realizzata n. 1 linea di tomografia sismica le cui caratteristiche geometriche e di configurazione sono riportate nella tabella seguente:

ID Linea	Passo geofonico (m)	Numero geofoni	Lunghezza (m)	Numero energizzazioni
SRT 1	2.00	24	54.00	5
SRT 2	2.50	24	67.50	5

2.2. MODELLAZIONE GEOLOGICO-TECNICA DEL SOTTOSUOLO

Le informazioni ricavate dall'interpretazione dei risultati delle indagini geotecniche realizzate in sito, hanno permesso di caratterizzare il sottosuolo dell'area in esame in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico. I valori caratteristici dei principali parametri geotecnici (coesione e angolo di attrito interno) riferiti alle unità litotecniche di riferimento sono stati determinati secondo il criterio di "stima ragionata e cautelativa" del valore del parametro dedotto dall'interpretazione dei risultati delle indagini effettuate.

Nello specifico, tali valori sono stati definiti sulla base dell'approccio bayesiano, adottando la seguente espressione correttiva (CHERUBINI E ORR, 1999):

$$x_K = x_m * (1 - CV/2)$$

dove:

$$x_m = (a + 4b + c) / 6; CV = (c - a) / (a + 4b + c)$$

a = valore minimo stimato; b = valore più probabile; c = valore massimo stimato.

Dalla sintesi dei dati ottenuti, si riporta di seguito il modello geologico-tecnico del sottosuolo dell'area in esame. I dati disaggregati relativi le prove penetrometriche sono resi in allegato.

MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO				
Unità Litotecniche di riferimento			Parametri geotecnici	
Unità	Descrizione litologica	Profondità dal p.c. (m)	Valori medi	Valori caratteristici
A	Terreno vegetale e/o di riporto	1,00 (monte) ÷ 5,50 (valle)	$\gamma_n = 1,65 \div 1,75 \text{ t/m}^3$ $C_u = 0,20 \div 0,40 \text{ kg/cm}^2$ $c' = 0,01$ $\Phi' = 21^\circ \div 22^\circ$ $E_d = 20 \div 40 \text{ kg/cm}^2$	$C_{uK} = 0,22 \text{ kg/cm}^2$ $c'_K = 0,01$ $\Phi'_K = 21,1^\circ$
B	Ghiaia sabbiosa	7,00 ÷ 8,00	$\gamma_n = 2,00 \div 2,10 \text{ t/m}^3$ $c' = 0,00$ $\Phi' = 31^\circ \div 33^\circ$ $E_s = 100 \div 150 \text{ kg/cm}^2$	$c'_K = 0,00$ $\Phi'_K = 31,2^\circ$
Falda: durante la realizzazione delle indagini non sono state riscontrate manifestazioni idriche negli intervalli investigati. Tuttavia, non è da escludere la possibilità che accumuli idrici discontinui e di modesta entità possano formarsi, all'interno dei livelli più permeabili, in concomitanza di eventi meteorici di particolare intensità e/o durata.				
Legenda: γ_n : Peso di volume naturale di terreno; C_u : Coesione non drenata; c' : Coesione drenata; Φ' : Angolo di resistenza al taglio; E_d : Modulo edometrico; E_s : Modulo elastico (o di Young); pedice K : indica i valori caratteristici.				

Tuttavia, occorre sottolineare che i valori caratteristici dei parametri geotecnici riportati nella suddetta tabella derivano dall'interpretazione, dello scrivente, dei risultati delle indagini eseguite in sito. Pertanto, non rappresentano un vincolo per il progettista, il quale potrà sempre individuare il valore che ritiene più opportuno in relazione alle scelte progettuali ed alle analisi e verifiche nei riguardi degli stati limite considerati.

2.3. MODELLAZIONE SISMICA

Per quel che riguarda la caratterizzazione sismica dell'area in esame, gli elementi fondamentali sono rappresentati dalla conoscenza accurata delle condizioni locali (caratteristiche stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e/o condizioni topografiche del territorio) che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante (Categoria "suolo A" della norma nazionale e dell' Eurocodice 8), o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale.

2.3.1. Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella sottostante, si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Categoria	Caratteristiche del sottosuolo
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 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</i> con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti 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 superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel caso specifico, l'identificazione della categoria di sottosuolo è stata effettuata in base ai valori della velocità delle onde sismiche di taglio in relazione alla profondità (V_s -z), ottenuti dalle indagini sismiche multicanale M.A.S.W. realizzate in sito. I risultati acquisiti sono riassunti nelle tabelle seguenti:

MW 1			
Denominazione Sismo-strati	Profondità dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità delle Vs (m/sec)
1	2.60	2.60	421
2	9.80	7.20	483
3	16.00	6.20	521
4	31.40	15.40	615
5	∞	∞	871

MW 2			
Denominazione Sismo-strati	Profondità dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità delle Vs (m/sec)
1	1.90	1.90	257
2	7.30	5.40	473
3	16.80	9.50	495
4	30.10	13.30	670
5	∞	∞	751

A partire dai modelli sismo-stratigrafici monodimensionali ottenuti, verificata l'assenza di significative e nette inversioni di velocità, è possibile calcolare il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), mediante la seguente espressione riportata nel D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni"):

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

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati.

La profondità del substrato H (in m) è definita come quella formazione costituita da roccia o da terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuta ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a questa profondità. Nello specifico, dato che la profondità H del substrato è superiore a 30 m, la velocità delle onde di taglio V_S è definita dal parametro $V_{S,30}$.

Pertanto, poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo risulta di 538 m/sec (MW 1) e di 519 m/sec (MW 2), si ritiene attribuire al suolo di fondazione la categoria di tipo B.

2.3.2. Condizioni topografiche

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Le supposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nello specifico, le condizioni topografiche sono riconducibili alla categoria T1.

2.3.3. Pericolosità sismica locale

Le azioni sismiche di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R . Le forme spettrali sono definite, nei modi previsti dalle NTC, per ciascuna delle probabilità di superamento PV_R nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Come definito al § 3.2 delle NTC2018, per i valori di **a_g** , **F_0** e **T_c^*** , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio

2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

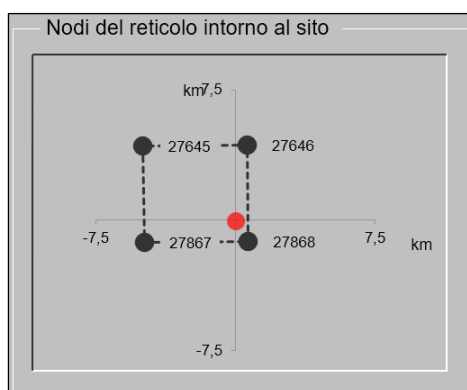
La risposta sismica di base sito-specifica va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche locali.

Pertanto, si riporta una risposta sismica locale basata sui seguenti dati di lavoro ipotizzati dallo scrivente. Risulta chiaro che in funzione di differenti ipotesi progettuali e con conseguenti differenti dati di lavoro, anche i valori di pericolosità sismica saranno diversi.

Sito in esame	Latitudine ^(*)	Longitudine ^(*)
Via Ancinale - Sulmona (AQ)	42,045196°	13,953494°

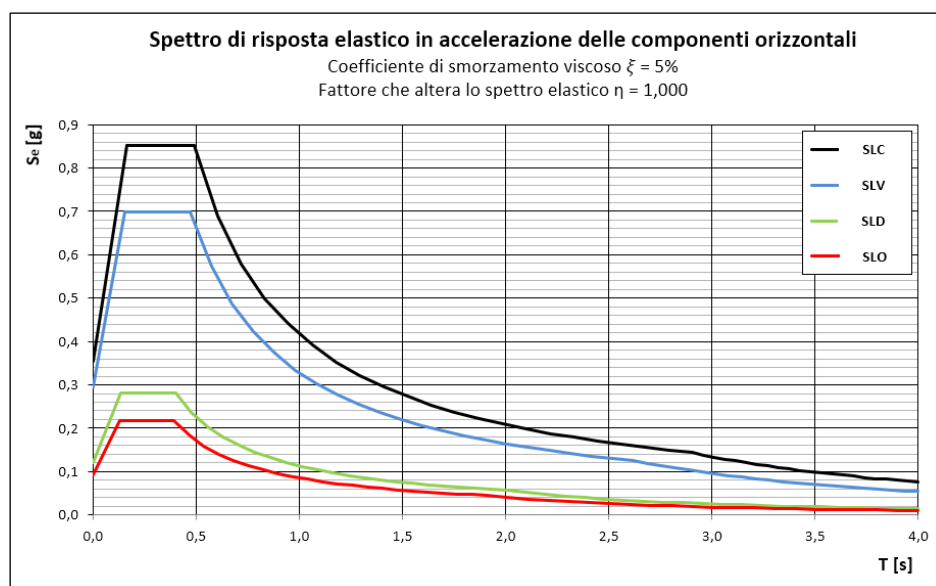
Dati di lavoro	
Classe d'uso	II
Vita nominale (V_N)	50 anni
Coefficiente d'uso (C_U)	1,0
Periodo di riferimento (V_R)	50 anni
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

(*) – Coordinate espresse in ED50.



I valori dei parametri degli spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali associati a ciascuno stato limite, determinati con il software “Azioni sismiche – Spettri di risposta ver. 1.03” disponibile sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (<http://www.consigliosuperiorelavoripubblici.it>), sono riassunti di seguito sia in formato tabellare sia in formato grafico.

Stato Limite	Prob. superame. [%]	Tr [anni]	Parametri indipendenti						Parametri dipendenti			
			a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	T_B [s]	T_C [s]	T_D [s]
SLO	81	30	0,077	2,367	0,276	1,200	1,423	1,000	1,200	0,131	0,393	1,907
SLD	63	50	0,101	2,326	0,284	1,200	1,414	1,000	1,200	0,134	0,402	2,003
SLV	10	475	0,255	2,362	0,346	1,159	1,360	1,000	1,159	0,157	0,470	2,620
SLC	5	975	0,326	2,402	0,363	1,086	1,347	1,000	1,086	0,163	0,489	2,905



L'accelerazione massima attesa in superficie (a_{\max}) può essere valutata con la relazione proposta dal D.M. 17.01.2018 (Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»):

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_S \cdot S_T) \cdot a_g$$

con S coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), mentre a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15° . Pertanto, per il sito in esame abbiamo i seguenti valori:

Stato Limite	SLO	SLD	SLV	SLC
a_{\max} [g]	0.092	0.121	0.296	0.355

2.3.4. Microzonazione sismica di Livello 1

Secondo la Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica con Frequenze Fondamentali di Vibrazione (Microzonazione Sismica di Livello 1, Foglio 2, del Comune di Sulmona (AQ), scala 1:5.000), il sito in esame ricade all'interno della "Zona stabile suscettibile di amplificazione locale" identificata con il codice "2030" (Fig. 21). Tale Zona risulta costituita da resti di attività antropica con spessore di 3-10 m, seguiti da ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose da poco a moderatamente addensate con livelli sabbioso-limosi e limoso-argillosi aventi spessore di 3-40 m; segue, verso il basso, uno strato di argille limose coesive con livelli torbosi ed intercalazioni ghiaioso-sabbiose da addensate a cementate che si interdigitano a brecce e conglomerati clasto-sostenuti (spessore affiorante 3-45 m). L'intera successione poggia su un substrato

geologico lapideo caratterizzato da calcari e calcari dolomitici in strati da medi a spessi, con valori di $V_s > 800$ m/s. Il sito oggetto di studio è inoltre ricompreso all'interno di una conoide alluvionale.

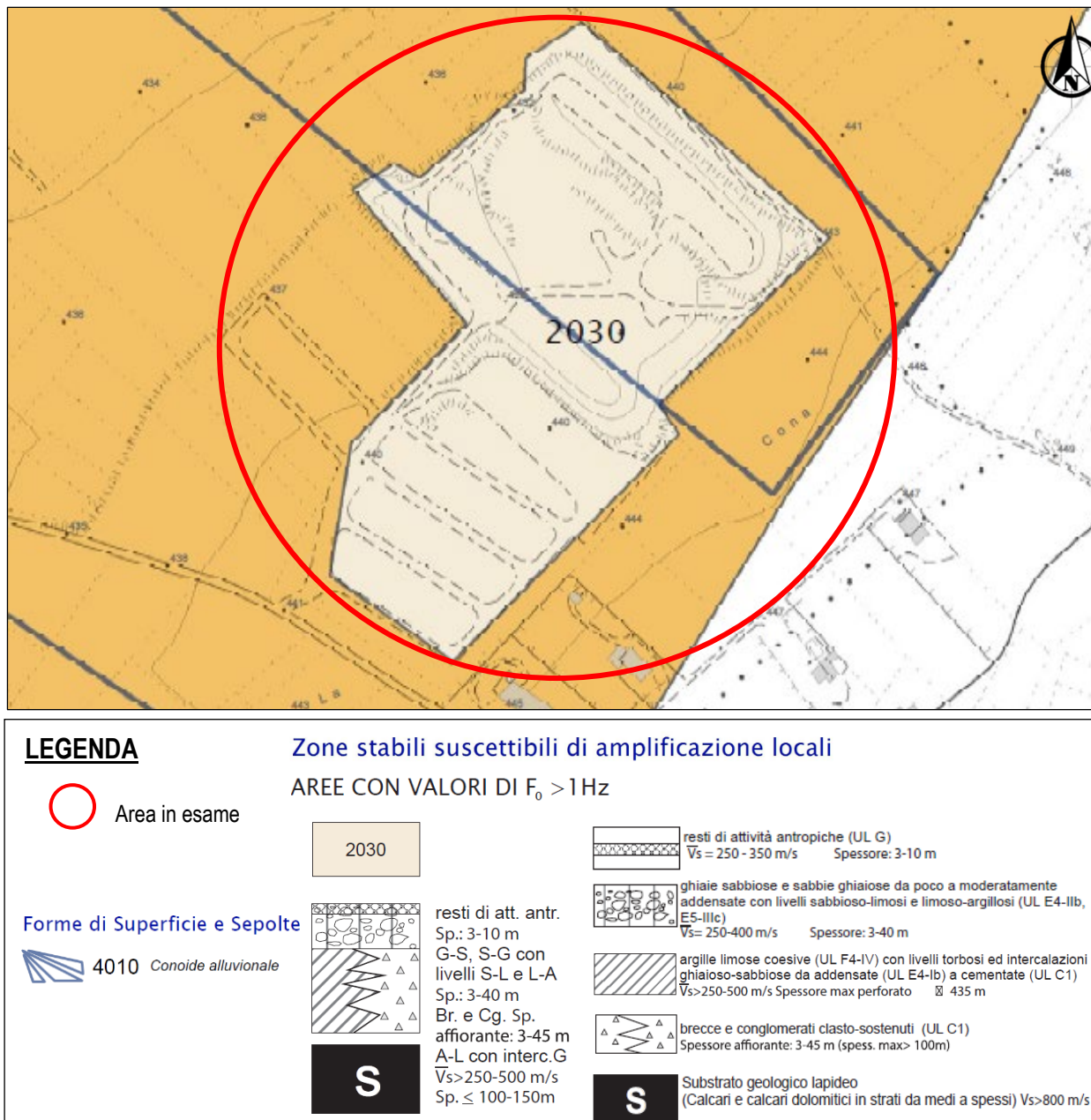


Fig. 21 - Stralcio della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica con Frequenze Fondamentali di Vibrazione (Microzonazione Sismica di Livello 1 del Comune di Sulmona), scala 1:5.000.

2.3.5. Analisi di stabilità del versante

Le verifiche di stabilità del pendio allo stato attuale, ossia in condizioni ante operam, sono state eseguite con il programma SLOPE della GEOSTRU lungo il tratto di versante sotteso agli interventi in progetto. La soluzione finale è ottenuta per via numerica attraverso un procedimento iterativo.

Modello del versante utilizzato

Il modello geologico-tecnico utilizzato per le verifiche è stato quello derivante dall'indagine bibliografica eseguita unitamente ai dati acquisiti dalla realizzazione di una campagna multidisciplinare di esplorazione del sottosuolo, consistita nell'esecuzione di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche.

Il profilo topografico utilizzato per le verifiche è quello fornito dal Geom. Daniele Masciulli di Chieti, nel quale viene evidenziato lo stato attuale dei luoghi.

I valori caratteristici (k) dei parametri geotecnici utilizzati nelle verifiche di stabilità sono quelli proposti nella seguente tabella:

Strato	Descrizione litologica	Peso di volume (Kg/m ³)	Peso di volume sat. (Kg/m ³)	Coesione drenata (Kg/cm ²)	Angolo di attrito (°)
A	Terreno vegetale e/o di riporto	1650	1750	0,01	21,1
B	Ghiaia sabbiosa	2000	2100	0,00	31,2

Tabella 1 – Modello geologico-tecnico utilizzato nel calcolo.

Descrizione e motivazione del modello di calcolo utilizzato

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative.

Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu).

Metodo di Bishop (1955)

Con il metodo di Bishop, utilizzato nella fattispecie per le verifiche di stabilità, non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi infatti tale metodica fu la prima a descrivere i problemi legati ai metodi più convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criterio di rottura}$$
$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di ΔX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $\Delta X = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

Valutazione dell'azione sismica

La stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica viene verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza. Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze: $F_H = K_x W$; $F_v = K_y W$. Essendo F_H e F_v rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio; W peso concio; K_x coefficiente sismico orizzontale; K_y coefficiente sismico verticale.

Risultati dell'analisi di stabilità

Per la verifica di stabilità del versante ante-operam, oltre ai parametri di cui alla tabella 1, sono state considerate:

- ✓ condizioni drenate in termini di tensioni efficaci;
- ✓ combinazione 2 dell'Approccio progettuale 1 (A2 + M2 + R2) tenendo conto, in condizioni statiche (non sismiche), dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II delle NTC2018, per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le resistenze globali, mentre in condizioni sismiche, ponendo

pari a 1 i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC2018) e impiegando un effetto di risposta sismica locale considerando una categoria di sottosuolo tipo B ed una categoria topografica T1, con S_T che assume un valore pari a 1,00;

✓ falda acquifera assente.

Le analisi finali hanno evidenziato come nel tratto di versante preso in esame, allo stato attuale, si generino superfici di potenziale scorrimento con valore minimo del fattore di sicurezza F_s pari a 1,39 e 1,26; superiore alle condizioni di equilibrio limite.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini effettuate in sito hanno evidenziato un sottosuolo caratterizzato dalla presenza di un primo strato, fino a circa 1,00 (monte) ÷ 5,50 (valle) di profondità dall'attuale piano campagna, rappresentato da terreno vegetale e/o di riporto, dalle scadenti proprietà fisico-meccaniche, seguito da uno strato di ghiaie eterometriche, da centimetriche a decimetriche, immerse in matrice sabbiosa, associabile ai depositi continentali del Pleistocene medio-finale del "*Sintema di Catignano*" (ACT)

Durante la realizzazione delle indagini non sono state riscontrate manifestazioni idriche negli intervalli investigati. Tuttavia, non è da escludere la possibilità che accumuli idrici discontinui e di modesta entità possano formarsi, all'interno dei livelli più permeabili, in concomitanza di eventi meteorici di particolare intensità e/o durata.

L'analisi della Carta della Pericolosità del P.A.I. mostra come l'area in esame non sia ricompresa tra quelle definite pericolose.

Per quanto riguarda la pericolosità da inondazione, la lettura della Carta della Pericolosità Idraulica del P.S.D.A. evidenzia come l'area in esame non sia perimetrata tra quelle definite pericolose.

Ai fini della definizione dell'azione sismica i risultati della prova sismica eseguita consentono di attribuire al suolo di fondazione la categoria di tipo B, mentre dalle analisi topografiche è possibile assegnare all'area una categoria topografica T1.

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica con Frequenze Fondamentali di Vibrazione, il sito in esame ricade all'interno della "Zona stabile suscettibile di amplificazione locale" identificata con il codice "2030"

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti.

Pianella, Maggio 2021

il tecnico incaricato

Geol. Giuseppe Giannascoli

BIBLIOGRAFIA

Ascione A., Cinque A., Miccadei E., Villani F. (2008) – *The Plio-Quaternary uplift of the Apennine Chain: new data from the analysis of topography and river valleys in Central Italy*. *Geomorphology*, 102, pp. 105 – 118.

Cosentino D., Cipollari P., Marsili P., Scrocca D. (2010) – *Geology of the central Apennines: a regional review*. In Beltrando M., Peccerillo A., Mattei M., Conticelli S., Doglioni C. Eds. *The Geology of Italy, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition 36: paper 11*.

D'Alessandro L., Miccadei E., Piacentini T. (2003b) – *Morphostructural elements of central-eastern Abruzzi: contributions to the study of the role of tectonic on the morphogenesis of the Apennine chain*. In "Uplift and erosion: driving processes and resulting landforms", International workshop, Siena, September 20 – 21, 2001. *Quaternary International*, 101 - 102C, pp. 115 – 124, Elsevier Science Ltd and INQUA, Oxford U.K.

Di Nisio Catia (2008) – *Relazione geologica e idrogeologica per la realizzazione di una fossa Imhoff in via Santa Caterina, nel Comune di Sulmona (AQ)*.

DISS Working Group (2015) – *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Gruppo di lavoro (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*. Rapporto Conclusivo del Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

ISPRA Servizio geologico d'Italia (2011) – *Cartografia Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto GARG)*. http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/369_SULMONA/Foglio.html

ISPRA Servizio geologico d'Italia – *Dataset of the ITHACA (Italy HAZard from CApable faults) project*. <http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/#>

Patacca E., Scandone P. (2007) – *Geology of the Southern Apennines*. *Boll. Soc. Geol. It. Spec Issue CROP-04*, 7, pp. 75-119.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>

ALLEGATO 1

Report prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

Committente: Geol. Giuseppe Giannascoli Descrizione: Campo fotovoltaico Localita': Sulmona (AQ)	
---	--

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
Profondita' 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 °

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

PROVA ...DPSH 1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 20-04-2021

Profondita' prova 1.60 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	4	0.855	33.22	38.87	1.66	1.94
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	8	0.843	65.56	77.74	3.28	3.89
1.00	12	0.840	90.59	107.88	4.53	5.39
1.20	28	0.736	185.33	251.72	9.27	12.59
1.40	32	0.683	196.44	287.68	9.82	14.38
1.60	48	0.630	271.66	431.51	13.58	21.58

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
1	6	56.56	1.5	9.02	Strato
1.6	36	323.63	1.5	54.14	Strato

PROVA ...DPSH 2

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Prova eseguita in data 20-04-2021

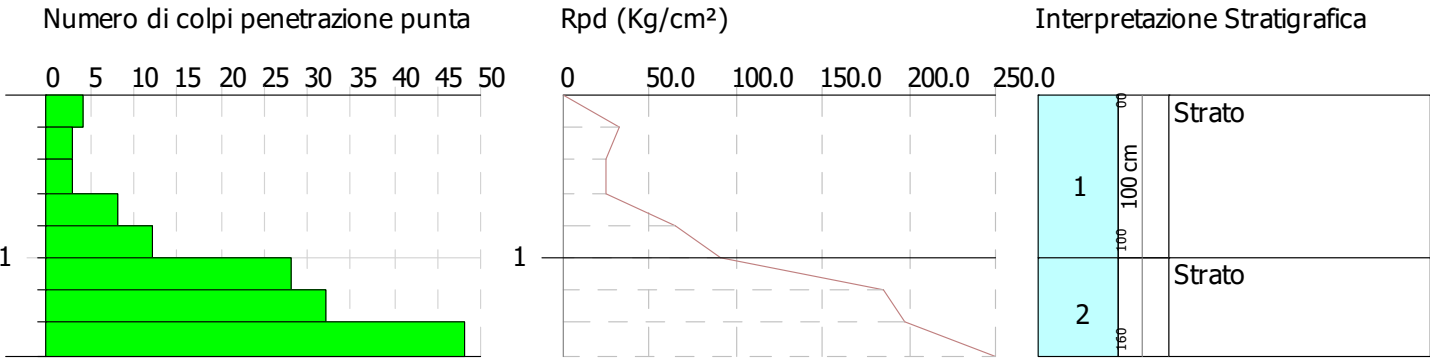
Profondita' prova 6.00 m

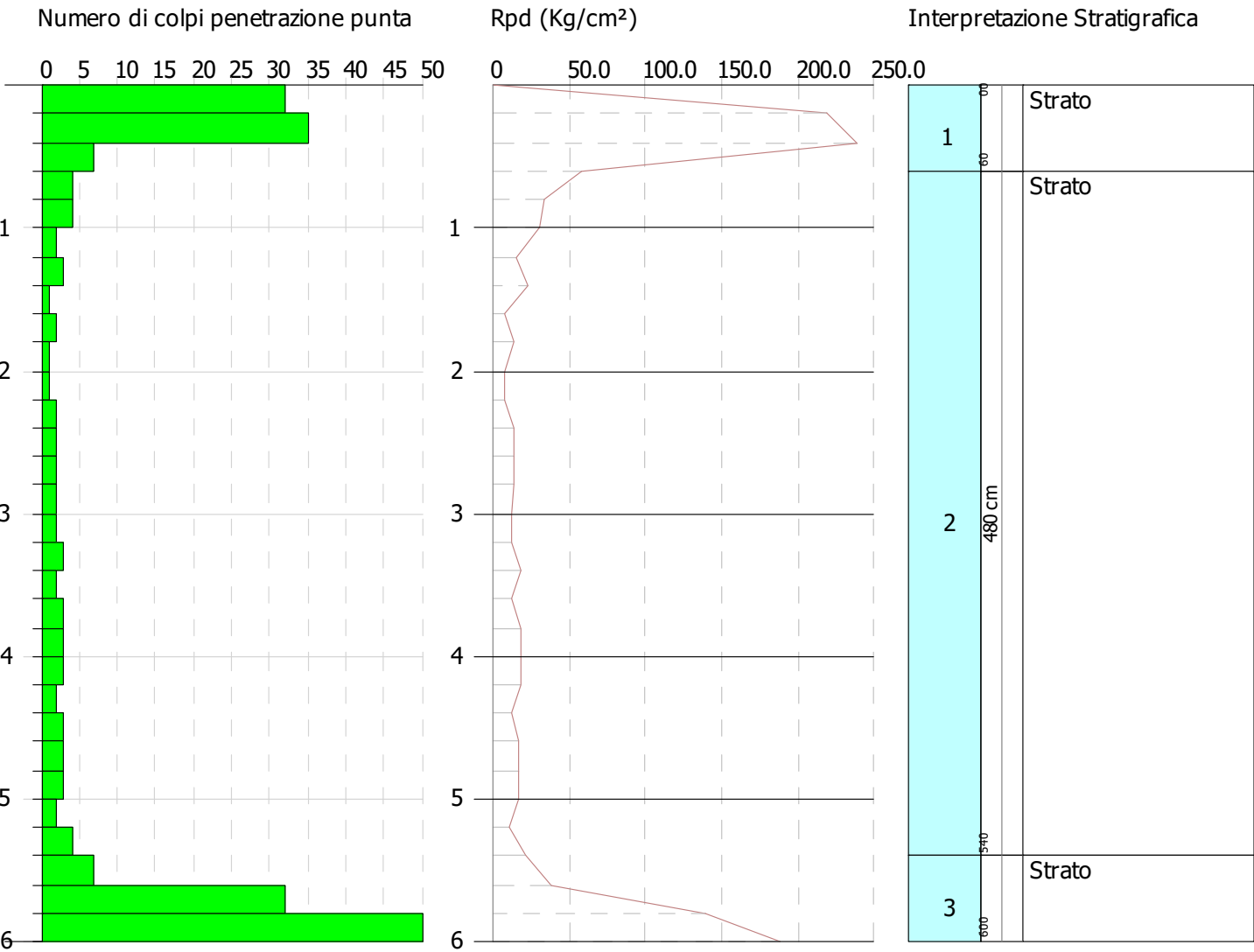
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	32	0.705	219.12	310.97	10.96	15.55
0.40	35	0.701	238.35	340.12	11.92	17.01
0.60	7	0.847	57.62	68.02	2.88	3.40
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	2	0.836	15.04	17.98	0.75	0.90
1.40	3	0.833	22.46	26.97	1.12	1.35
1.60	1	0.830	7.46	8.99	0.37	0.45
1.80	2	0.826	14.86	17.98	0.74	0.90
2.00	1	0.823	6.88	8.36	0.34	0.42
2.20	1	0.820	6.86	8.36	0.34	0.42
2.40	2	0.817	13.67	16.73	0.68	0.84
2.60	2	0.814	13.62	16.73	0.68	0.84
2.80	2	0.811	13.57	16.73	0.68	0.84
3.00	2	0.809	12.65	15.64	0.63	0.78
3.20	2	0.806	12.60	15.64	0.63	0.78
3.40	3	0.803	18.84	23.46	0.94	1.17
3.60	2	0.801	12.52	15.64	0.63	0.78
3.80	3	0.798	18.73	23.46	0.94	1.17
4.00	3	0.796	17.53	22.02	0.88	1.10
4.20	3	0.794	17.48	22.02	0.87	1.10
4.40	2	0.791	11.62	14.68	0.58	0.73
4.60	3	0.789	17.38	22.02	0.87	1.10
4.80	3	0.787	17.33	22.02	0.87	1.10
5.00	3	0.785	16.29	20.75	0.81	1.04
5.20	2	0.783	10.83	13.83	0.54	0.69
5.40	4	0.781	21.61	27.67	1.08	1.38
5.60	7	0.779	37.73	48.42	1.89	2.42
5.80	32	0.627	138.85	221.35	6.94	11.07
6.00	50	0.575	188.19	327.01	9.41	16.35

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm ²)	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	24.67	239.71	1.5	37.1	Strato
5.4	2.46	19.69	1.5	3.7	Strato
6	29.67	198.93	1.5	44.62	Strato





ALLEGATO 2

Report prove sismiche multicanale M.A.S.W.

PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.

COMMITTENTE: Geol. Giuseppe Giannascoli		Località	Campo Fotovoltaico – Sulmona (AQ)
COORDINATE (WGS84)	Lat. 42.044221°	Data acquisizione	20/04/2021
	Lon. 13.952599°		
PROGETTO:			

CENNI SULLA TEORIA M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves)

La metodologia **M.A.S.W.** (Multichannel Analysis of Surface Waves), è un tipo di indagine sismica attiva, non invasiva, finalizzata alla determinazione delle onde di taglio Vs attraverso la propagazione delle onde di superficie, ovvero le onde Love e le Rayleigh. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

La tecnica si basa sul principio secondo cui le varie componenti (frequenze) del segnale, viaggiano ad una velocità che dipende dalle caratteristiche del mezzo, ovvero il fatto che lunghezze d'onda diverse, viaggiano a velocità diversa. Nello specifico, le lunghezze d'onda più ampie sono influenzate dalla parte più profonda mentre le piccole lunghezze d'onda dipendono dalle caratteristiche della parte più superficiale. Questo comportamento viene definito dispersione in frequenza ed è alla base dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie, in quanto le diverse frequenze interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche degli strati attraversati. La curva di dispersione sperimentale rientra generalmente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30 – 50 m, in funzione della rigidità del suolo stesso.

La tecnica consiste nella registrazione delle onde di Rayleigh formatesi successivamente all'impatto di una sorgente verticale, generalmente la classica martellata, o da un cannoncino. Tali onde vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale che invieranno il segnale al sismografo.

STRUMENTI E METODOLOGIE

SISMOGRAFO

Per l'acquisizione dati della presente indagine è stato utilizzato un sismografo modello PASI GEA 24 le cui caratteristiche sono riportate di seguito:

- **Conversione dati:** Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali;
- **Intervallo campionamento:** -fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can;
- **Lunghezza acquisizione:** 27500 campioni @ 24 can. (+aux);
- **Guadagno Preamp.:** 0/52 dB, selezionabile via software;
- **Stacking:** Numero di stacking illimitato;
- **Impedenza di ingresso:** 2M Ω // 22Nf;
- **Range Dinamico:** 144dB (sistema); >117db (istantaneo, misurato @1ksps);
- **Distorsione:** 0.007% @16kHz;
- **Trigger:** geofono starter, starter piezoelettrico. Sensibilità del trigger regolabile via software;
- **Interfaccia comunicazione:** 1x USB 2.0 per PC esterno
- **Formato Dati:** SG2



GEOFONI

- **Frequenza:** 4.5 Hz;
- **Tipo:** verticale;
- **Lunghezza cavo:** 1.00 m;
- **Puntale:** Acciaio da 75 mm;
- **Basetta:** Alluminio.

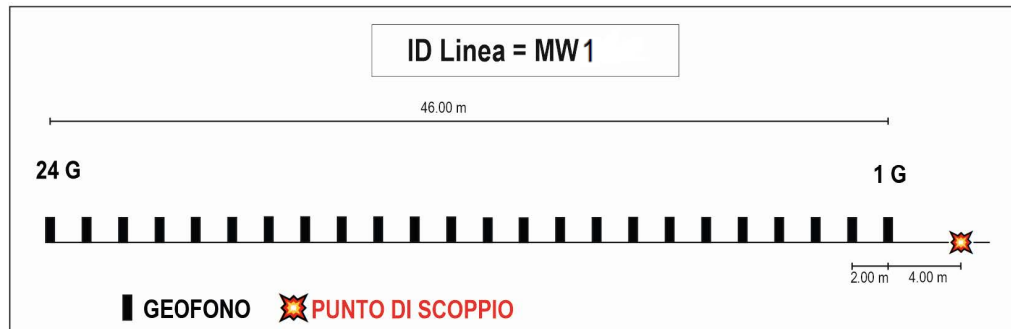


SISTEMA ENERGIZZANTE

- Come sistema energizzante è stata utilizzata una mazzetta da 8 kg.

PROCEDURE D'ACQUISIZIONE

L'acquisizione è stata condotta tramite uno stendimento lineare di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, spazati 2.0 metri e con offset di 4 metri, per una lunghezza totale di 54.0 metri dalla sorgente al geofono n° 24.



Geometria d'acquisizione

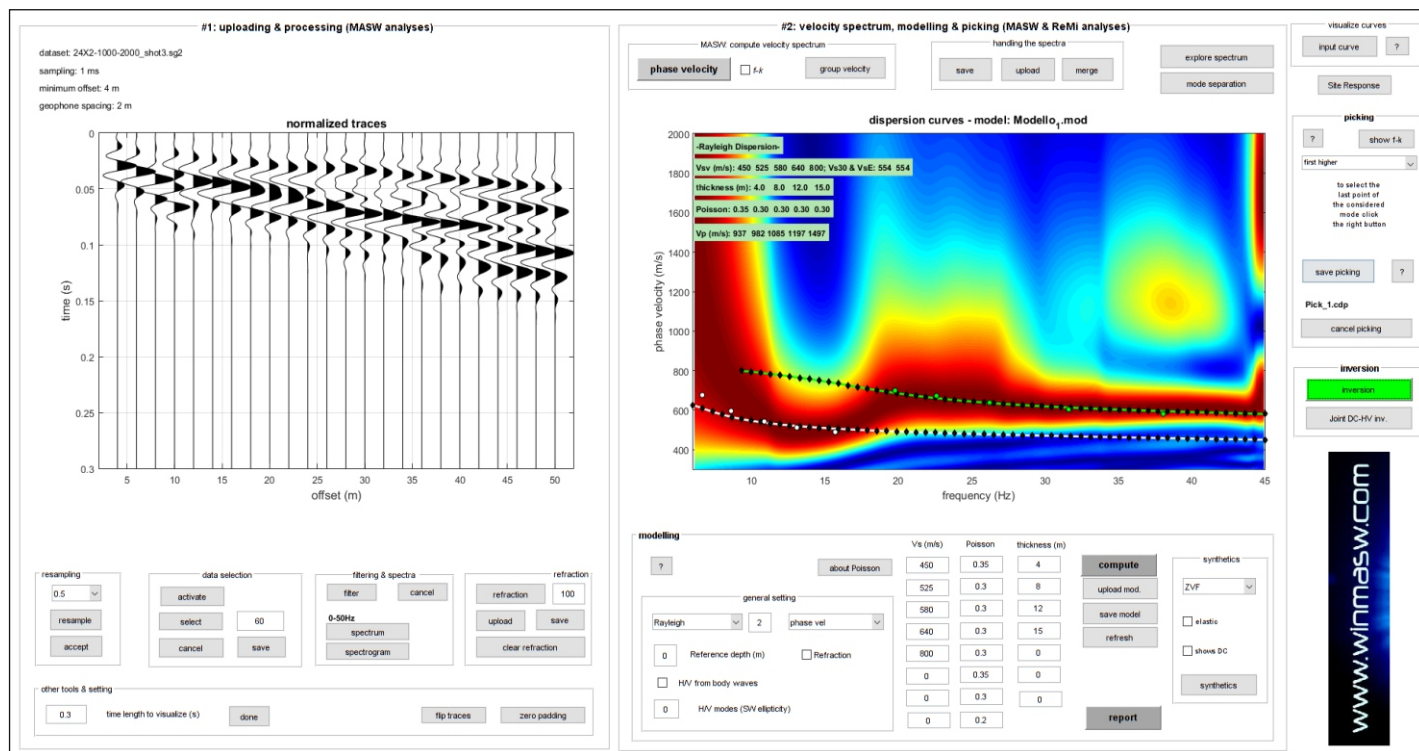
Effettuata la taratura dello strumento si è proceduto, tramite l'utilizzo di una massa battente dal peso di 8 kg, all'innesco del trigger che, nell'istante dello scoppio, ha iniziato a registrare. A seconda delle caratteristiche dei litotipi investigati si è proceduto con diversi stacking (sommatoria di più segnali) fino al raggiungimento del segnale desiderato.

Nello specifico è stata utilizzata una piastra di battuta solidale al terreno al fine di avere una resa ottimale del segnale.

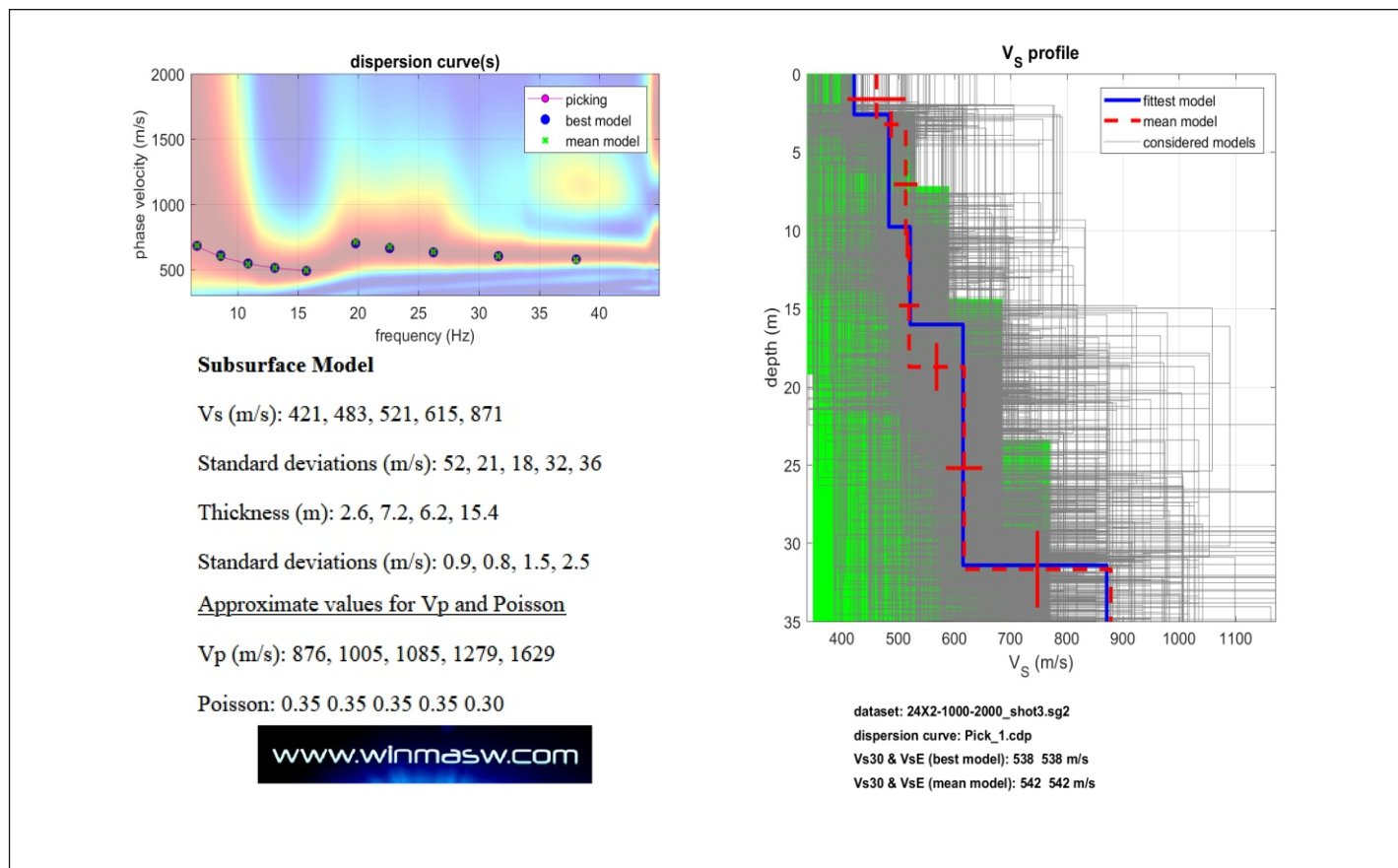
Elaborazione

Il trattamento e l'analisi dei dati ottenuti dalla procedura M.A.S.W., sono stati processati con il software WinMasw© della Eliosoft s.r.l. di Palmanova (UD), che applicando metodi di inversione matematica basati su algoritmi genetici, consente di ricavare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio. Si riportano di seguito i risultati di tale analisi.

COMMITTENTE: Geol. Giuseppe Giannascoli	Località	Campo Fotovoltaico - Sulmona (AQ)
ID LINEA: MW 1	Data acquisizione	20/04/2021



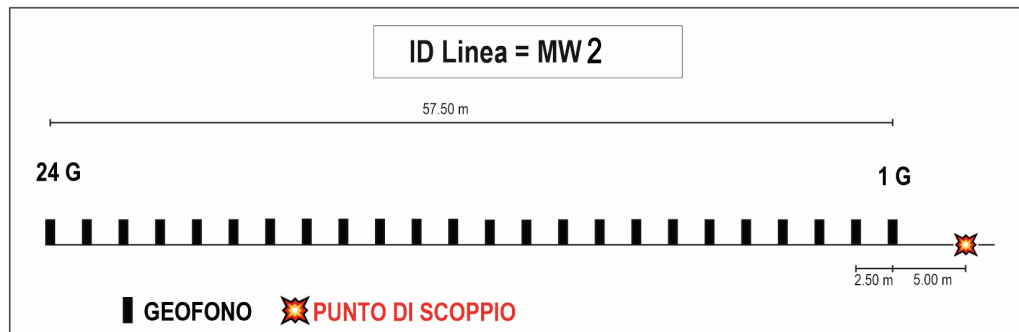
Tracce normalizzate, spettro delle velocità, modello sismostratigrafico di riferimento, relative curve di dispersione.



Spettro di velocità e relative curve di dispersione con indicato il picking (rosa), profilo verticale di Vs, modello di sottosuolo.

PROCEDURE D'ACQUISIZIONE

L'acquisizione è stata condotta tramite uno stendimento lineare di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, spazati 2.5 metri e con offset di 5 metri, per una lunghezza totale di 67.5 metri dalla sorgente al geofono n° 24.



Geometria d'acquisizione

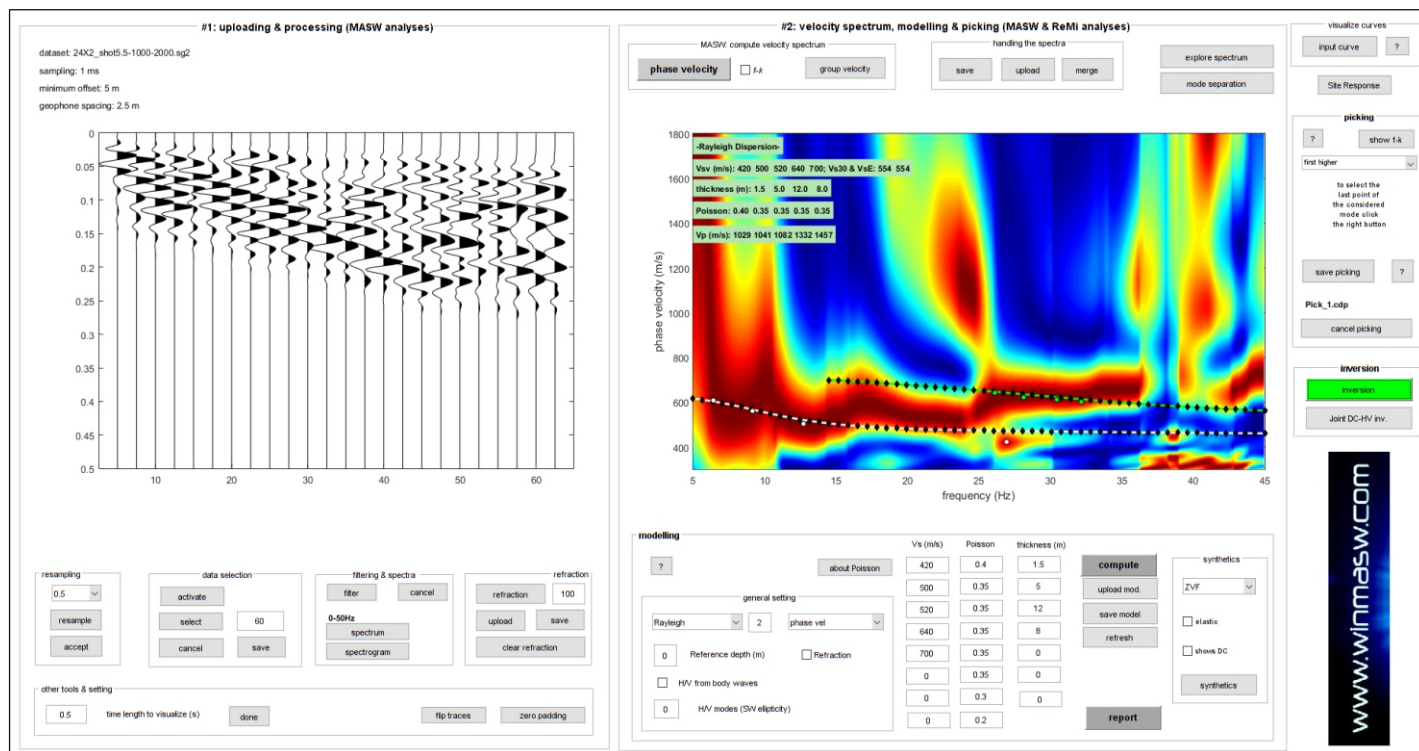
Effettuata la taratura dello strumento si è proceduto, tramite l'utilizzo di una massa battente dal peso di 8 kg, all'innesco del trigger che, nell'istante dello scoppio, ha iniziato a registrare. A seconda delle caratteristiche dei litotipi investigati si è proceduto con diversi stacking (sommatoria di più segnali) fino al raggiungimento del segnale desiderato.

Nello specifico è stata utilizzata una piastra di battuta solidale al terreno al fine di avere una resa ottimale del segnale.

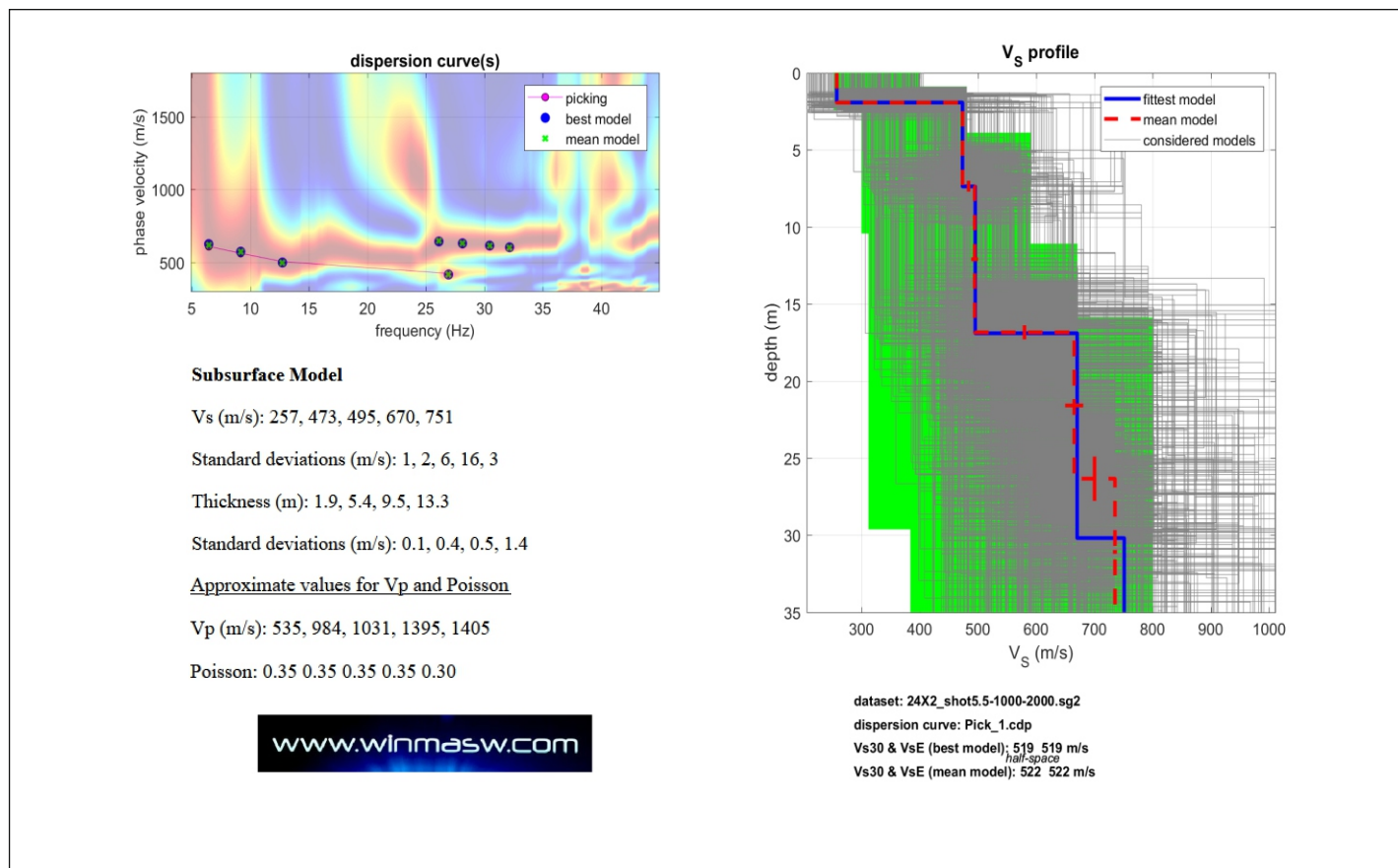
Elaborazione

Il trattamento e l'analisi dei dati ottenuti dalla procedura M.A.S.W., sono stati processati con il software WinMasw© della Eliosoft s.r.l. di Palmanova (UD), che applicando metodi di inversione matematica basati su algoritmi genetici, consente di ricavare il profilo verticale di velocità delle onde di taglio. Si riportano di seguito i risultati di tale analisi.

COMMITTENTE: Geol. Giuseppe Giannascoli	Località	Campo Fotovoltaico - Sulmona (AQ)
ID LINEA: MW 2	Data acquisizione	20/04/2021



Tracce normalizzate, spettro delle velocità, modello sismostratigrafico di riferimento, relative curve di dispersione.



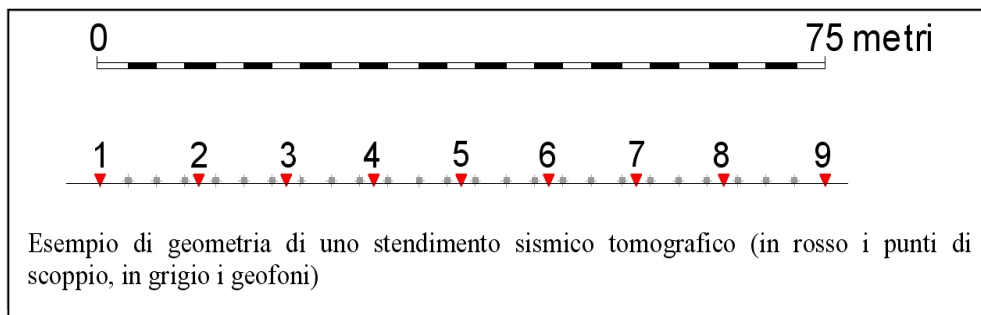
Spettro di velocità e relative curve di dispersione con indicato il picking (rosa), profilo verticale di Vs, modello di sottosuolo.

ALLEGATO 3

Report indagini di tomografia sismica 2D

TOMOGRAFIA SISMICA 2D

Per una ricostruzione bidimensionale di dettaglio delle caratteristiche meccanico-elastiche del sottosuolo e con lo scopo di evidenziare eventuali anomalie di velocità sismica dei terreni possono essere acquisiti profili superficiali di sismica a rifrazione con tecnica tomografica. Al fine di procedere ad elaborazione dati di tipo tomografico è necessario utilizzare numerosi punti di energizzazione (minimo n° 5 scoppi per linea sismica).



Le registrazioni sismiche vengono elaborate mediante un processo d'inversione per la ricostruzione della propagazione del fronte d'onda sismica. La procedura di interpretazione tomografica viene suddivisa in 2 fasi:

- applicazione di una tecnica di pseudo-inversione bidimensionale che realizza per ogni geofono un profilo continuo di velocità in funzione della profondità (metodo Delta-t-v - Gebrande e Miller, 1985), seguita dal calcolo di un profilo medio di "velocità-profondità" (media dei singoli profili di velocità alle profondità comuni), che, esteso lateralmente per tutta la lunghezza dello stendimento, consente la stima di un modello continuo monodimensionale di velocità in funzione della profondità (gradiente monodimensionale di velocità sismica);
- assumendo come dato di partenza il modello di velocità valutato in precedenza, si avvia il processo di inversione iterativo utilizzando un algoritmo tomografico che permette la ricostruzione della propagazione del fronte d'onda sismica, in maniera fisicamente significativa, attraverso una modellazione che utilizza il percorso dei raggi sismici.

Tale procedura consente di manipolare parecchie situazioni geologiche reali, quali distribuzioni discontinue della velocità sismica con brusche variazioni dei gradienti di velocità sia in senso verticale che laterale causate da zone di deformazione.

Il modello calcolato viene in seguito comparato con il modello sperimentale e se l'adattamento è considerato soddisfacente, sia dal punto di vista dell'errore matematico (residui temporali) sia considerando

eventuali informazioni note riguardo le caratteristiche fisiche del sottosuolo indagato (dati geologici, geognostici o di precedenti indagini geofisiche), tale risultato viene ufficializzato, rappresentando il modello attraverso una mappa della distribuzione della velocità in funzione della profondità.

Il controllo di qualità dei modelli sismostratigrafici è eseguito dalla diretta comparazione grafica tra i tempi di percorso valutati sperimentalmente e quelli calcolati dalla soluzione del modello. Per fornire informazioni sull'affidabilità del modello di velocità, viene anche considerata la copertura dei raggi sismici con la profondità lungo la sezione indagata.

RAPPORTO DI INDAGINE SRT 1

Di seguito si riportano i dati e le elaborazioni dell'indagine sismica a rifrazione condotta in sito.

Dati generali:

La base sismica condotta a corredo del presente studio è lunga 54.00 m, composta da n. 24 geofoni verticali con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.0 m.

Per eseguire l'indagine in oggetto sono state effettuate n. 5 energizzazioni sia all'interno che all'esterno della linea sismica, mezzo massa battente del peso di 8 Kg.

I segnali sono stati registrati da un sismografo mod. PASI GEA 24 con le seguenti caratteristiche tecniche:

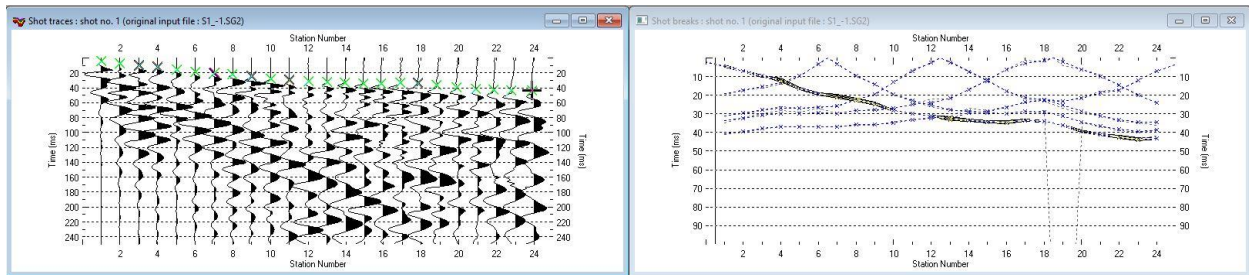
- ✓ capacità di campionamento dei segnali fino a 4000 microsec;
- ✓ filtri High Pass e Band Reject;
- ✓ "Automatic Gain Control";
- ✓ convertitore A/D a 24 bit reali;
- ✓ passo di campionatura pari a 1000 Hz;



Dati battute

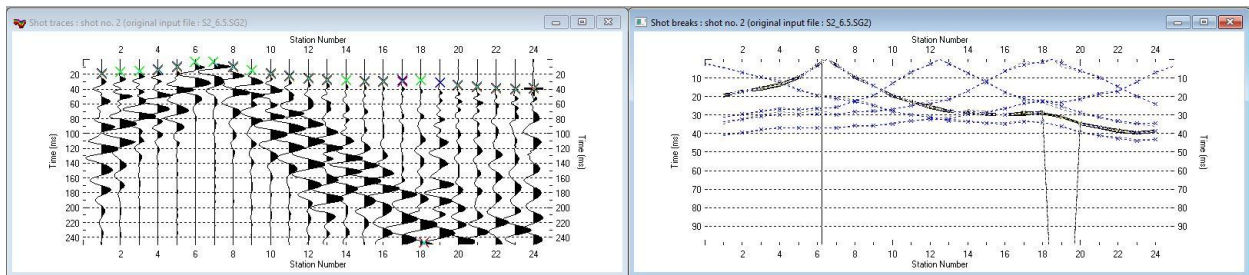
Battuta 1

Primi arrivi e dromocrone



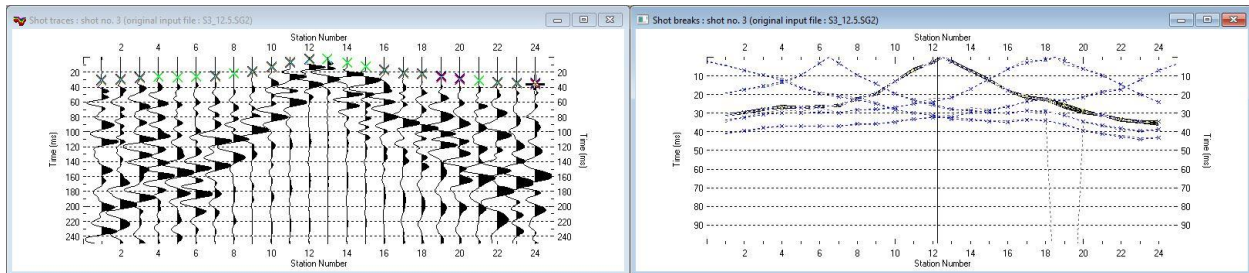
Battuta 2

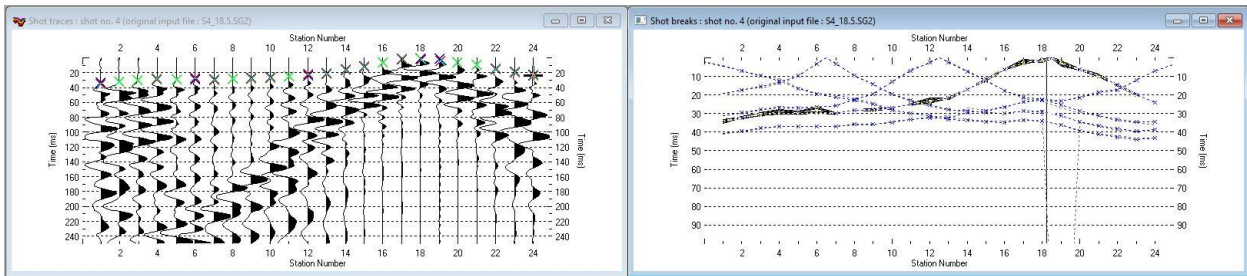
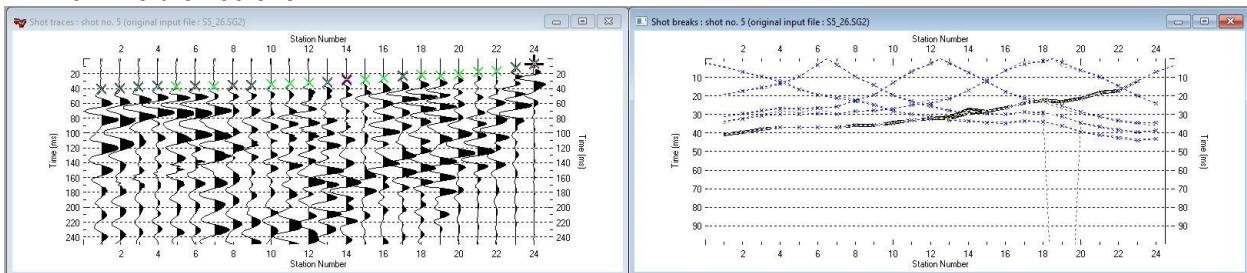
Primi arrivi e dromocrone



Battuta 3

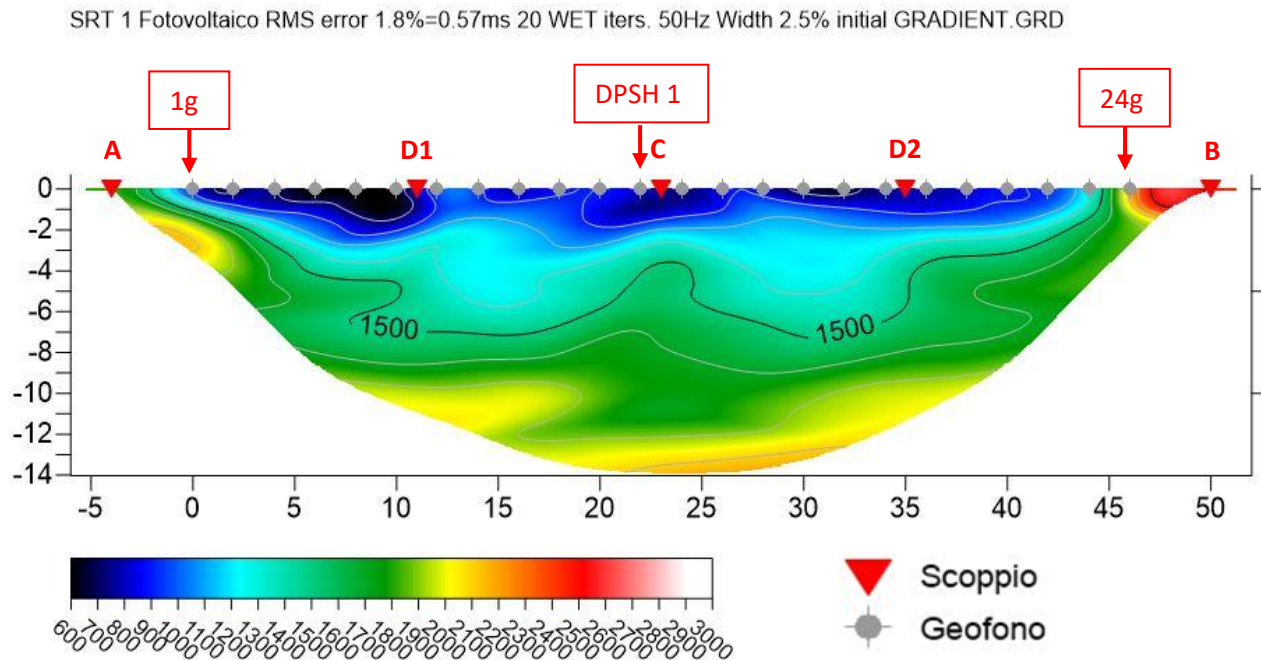
Primi arrivi e dromocrone



Battuta 4**Primi arrivi e dromocrone****Battuta 5****Primi arrivi e dromocrone**

Interpretazione tomografica con software Rayfract version 3.35

Di seguito è riportato un modello bidimensionale che rappresenta il risultato finale dello studio condotto rappresentato dalla relativa sezione sismo-stratigrafica ottenuta con la metodologia di inversione tomografica Smooth Inversion:



RAPPORTO DI INDAGINE SRT 2

Di seguito si riportano i dati e le elaborazioni dell'indagine sismica a rifrazione condotta in sito.

Dati generali:

La base sismica condotta a corredo del presente studio è lunga 67.50 m, composta da n. 24 geofoni verticali con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 2.5 m.

Per eseguire l'indagine in oggetto sono state effettuate n. 5 energizzazioni sia all'interno che all'esterno della linea sismica, mezzo massa battente del peso di 8 Kg.

I segnali sono stati registrati da un sismografo mod. PASI GEA 24 con le seguenti caratteristiche tecniche:

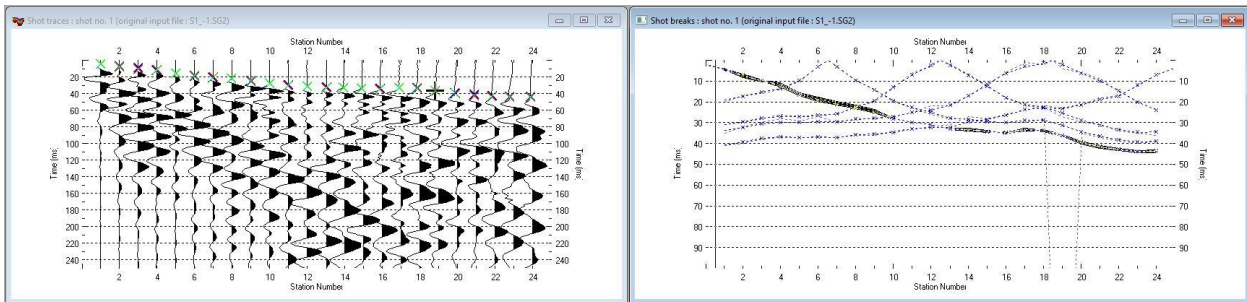
- ✓ capacità di campionamento dei segnali fino a 4000 microsec;
- ✓ filtri High Pass e Band Reject;
- ✓ "Automatic Gain Control";
- ✓ convertitore A/D a 24 bit reali;
- ✓ passo di campionatura pari a 1000 Hz;



Dati battute

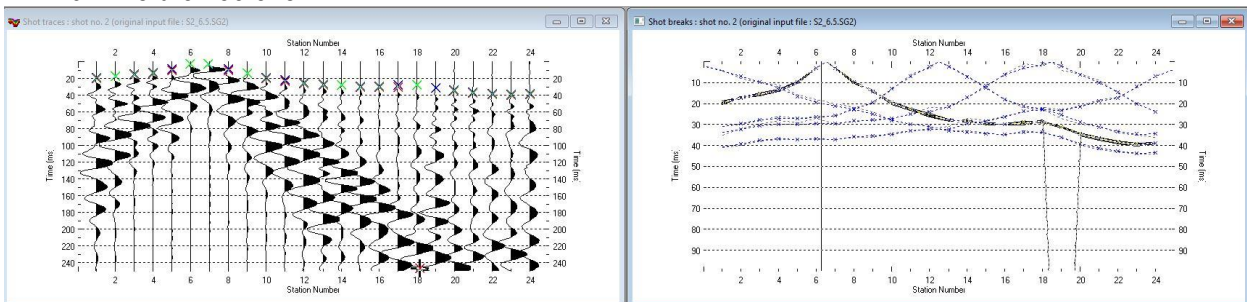
Battuta 1

Primi arrivi e dromocrone



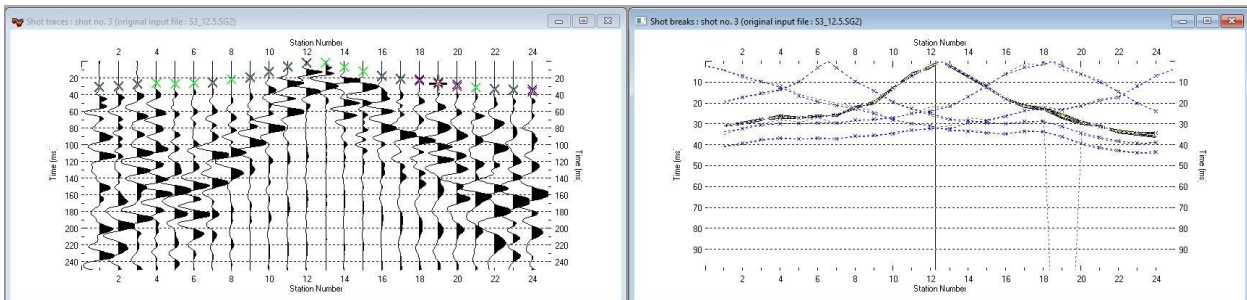
Battuta 2

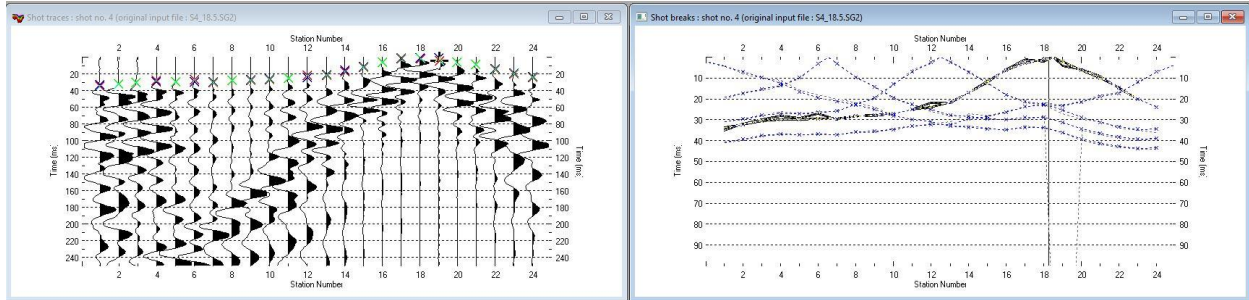
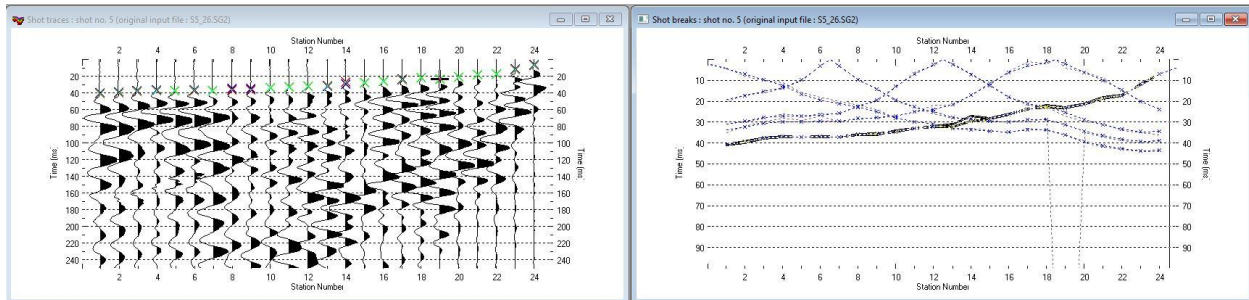
Primi arrivi e dromocrone



Battuta 3

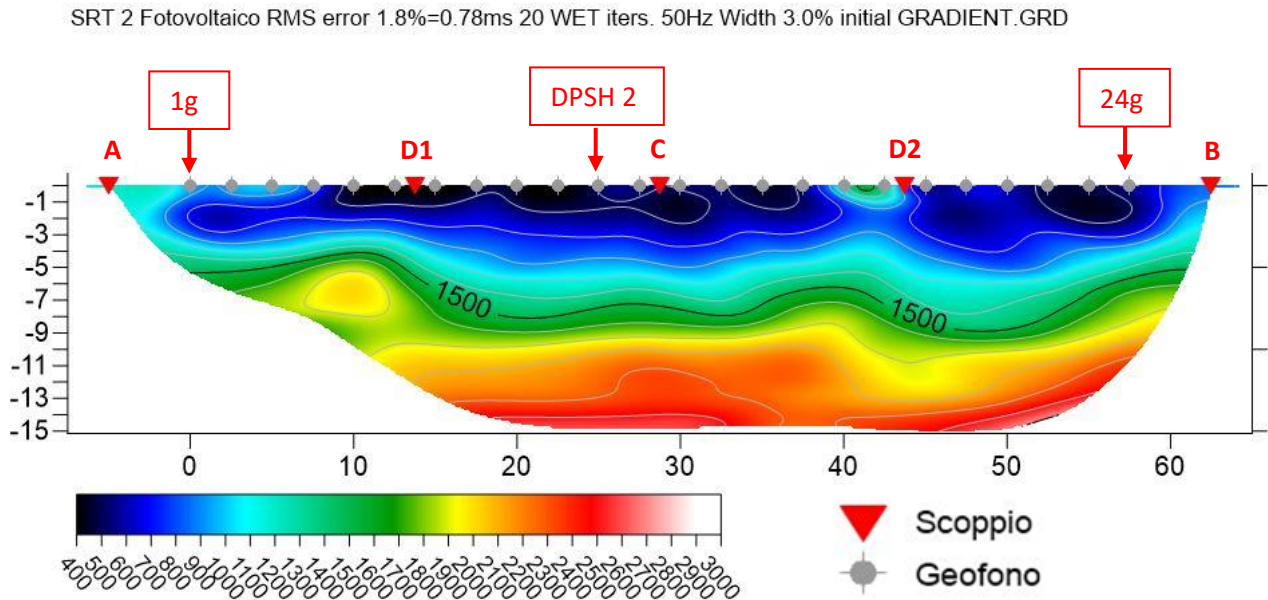
Primi arrivi e dromocrone



Battuta 4**Primi arrivi e dromocrone****Battuta 5****Primi arrivi e dromocrone**

Interpretazione tomografica con software Rayfract version 3.35

Di seguito è riportato un modello bidimensionale che rappresenta il risultato finale dello studio condotto rappresentato dalla relativa sezione sismo-stratigrafica ottenuta con la metodologia di inversione tomografica Smooth Inversion:



ALLEGATO 4

Analisi di stabilità del pendio

Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP (1955) – CONDIZIONI STATICHE

Zona	Loc. Acetone - Sulmona (AQ)
Lat./Long.	42,044219/13,9526
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	70,38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	43,06 m
Ascissa vertice destro superiore xs	91,53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	55,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,76	2,37	0,28
S.L.D.	50,0	0,98	2,33	0,28
S.L.V.	475,0	2,5	2,36	0,35
S.L.C.	975,0	3,2	2,4	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:	Stabilità dei pendii e Fondazioni
--------	-----------------------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,912	0,2	0,0186	0,0093
S.L.D.	1,176	0,2	0,024	0,012
S.L.V.	2,8983	0,28	0,0828	0,0414
S.L.C.	3,4775	0,28	0,0993	0,0496

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	13,73
2	18,29	14,18
3	34,48	14,18
4	34,95	14,21
5	80,52	15,18
6	84,18	16,18
7	87,53	17,18
8	90,91	18,18
9	95,54	19,18
10	102,79	20,19
11	105,13	21,19
12	106,49	22,19
13	107,84	23,19
14	109,19	24,18
15	124,06	25,19
16	139,03	26,15

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	8,34
2	75,66	10,42
3	85,64	14,47
4	90,95	17,18
5	96,8	19,02
6	102,79	20,19
7	105,13	21,19
8	106,49	22,19
9	107,69	23,08
10	139,03	25,15

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	0,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.01	21.1	1650	1750	A - Terreno vegetale e/o di riporto
2	0.00	31.2	2000	2100	B - Ghiaia sabbiosa

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,39
Ascissa centro superficie	91,53 m
Ordinata centro superficie	54,56 m
Raggio superficie	36,77 m

xc = 91,525 yc = 54,562 Rc = 36,769 Fs=1,392

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,16	-1,9	1,16	375,38	0,0	0,0	0,01	17,2	0,0	380,1	137,4
2	3,4	1,7	3,4	4143,88	0,0	0,0	0,01	17,2	0,0	4115,9	1007,4
3	1,23	5,3	1,23	2430,52	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	2371,3	750,2
4	3,34	8,9	3,38	7491,23	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	7224,6	2285,7
5	2,28	13,4	2,35	4517,2	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	4318,4	1366,2
6	1,63	16,5	1,7	2480,32	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	2365,2	748,3
7	2,34	19,8	2,49	3419,71	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	3262,9	1032,3
8	1,36	22,9	1,48	2744,18	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	2627,6	831,3
9	1,35	25,2	1,49	3794,22	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	3649,7	1154,7
10	4,73	30,6	5,49	11183,96	0,0	0,0	0,0	25,9	0,0	10946,6	3463,2

Analisi di stabilità dei pendii con: BISHOP (1955) – CONDIZIONI SISMICHE

Zona	Loc. Acetone - Sulmona (AQ)
Lat./Long.	42,044219/13,9526
Calcolo eseguito secondo	NTC 2018
Numero di strati	2,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	70,38 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	43,06 m
Ascissa vertice destro superiore xs	91,53 m
Ordinata vertice destro superiore ys	55,84 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	10,0
Numero di celle lungo y	10,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,76	2,37	0,28
S.L.D.	50,0	0,98	2,33	0,28
S.L.V.	475,0	2,5	2,36	0,35
S.L.C.	975,0	3,2	2,4	0,36

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,912	0,2	0,0186	0,0093
S.L.D.	1,176	0,2	0,024	0,012
S.L.V.	2,8983	0,28	0,0828	0,0414
S.L.C.	3,4775	0,28	0,0993	0,0496

Coefficiente azione sismica orizzontale	0,0828
Coefficiente azione sismica verticale	0,0414

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0,0	13,73
2	18,29	14,18
3	34,48	14,18
4	34,95	14,21
5	80,52	15,18
6	84,18	16,18
7	87,53	17,18
8	90,91	18,18
9	95,54	19,18
10	102,79	20,19
11	105,13	21,19
12	106,49	22,19
13	107,84	23,19
14	109,19	24,18
15	124,06	25,19
16	139,03	26,15

Vertici strato 1

N	X (m)	y (m)
1	0,0	8,34
2	75,66	10,42
3	85,64	14,47
4	90,95	17,18
5	96,8	19,02
6	102,79	20,19
7	105,13	21,19
8	106,49	22,19
9	107,69	23,08
10	139,03	25,15

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0
Favorevoli: Permanenti, variabili	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,0
Coesione efficace	1,0
Coesione non drenata	1,0
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm ²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Peso saturo (Kg/m ³)	Litologia
1	0.01	21.1	1650	1750	A - Terreno vegetale e/o di riporto
2	0.00	31.2	2000	2100	B - Ghiaia sabbiosa

Risultati analisi pendio [NTC 2018]

Fs minimo individuato	1,26
Ascissa centro superficie	83,07 m
Ordinata centro superficie	45,62 m
Raggio superficie	29,45 m


B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.


xc = 83,066 yc = 45,62 Rc = 29,451 Fs=1,262

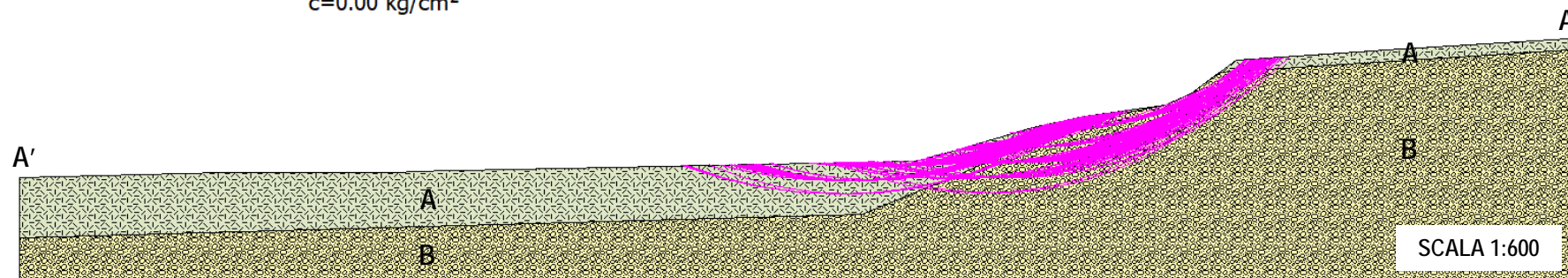
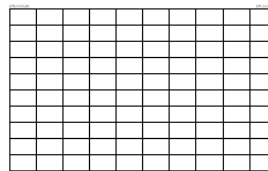
Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm ²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1,2	3,4	1,2	296,58	24,56	12,28	0,01	21,1	0,0	287,2	166,6
2	1,2	5,8	1,21	816,46	67,6	33,8	0,01	21,1	0,0	789,7	306,6
3	0,91	7,8	0,92	900,25	74,54	37,27	0,01	21,1	0,0	866,5	307,0
4	1,5	10,2	1,52	1892,73	156,72	78,36	0,01	21,1	0,0	1812,8	613,5
5	1,2	12,9	1,23	1766,41	146,26	73,13	0,01	21,1	0,0	1684,6	557,2
6	0,68	14,8	0,71	1058,06	87,61	43,8	0,01	21,1	0,0	1007,0	330,9
7	1,72	17,2	1,8	2499,55	206,96	103,48	0,01	21,1	0,0	2372,3	789,3
8	1,2	20,2	1,28	1392,63	115,31	57,65	0,01	21,1	0,0	1315,4	458,0
9	1,2	22,7	1,3	971,59	80,45	40,22	0,01	21,1	0,0	908,3	346,4
10	1,2	25,3	1,33	412,5	34,16	17,08	0,01	21,1	0,0	363,3	196,7

ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE - CONDIZIONI STATICHE

(Visualizzazione superfici con $1.30 < F_s < 3.00$)


 A - Terreno vegetale e/o di riporto
 $g=1650\text{Kg/m}^3$
 $g_s=1750\text{Kg/m}^3$
 $F_i=21.1^\circ$
 $c=0.01\text{ kg/cm}^2$


 B - Ghiaia sabbiosa
 $g=2000\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2100\text{Kg/m}^3$
 $F_i=31.2^\circ$
 $c=0.00\text{ kg/cm}^2$

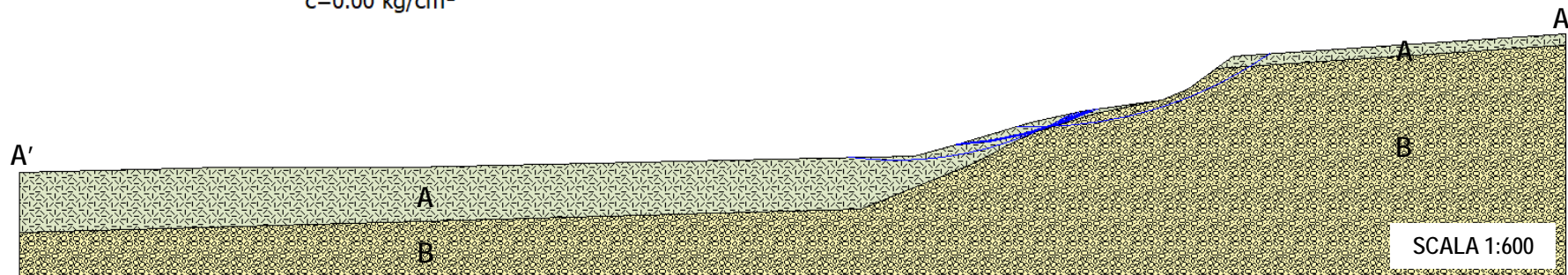
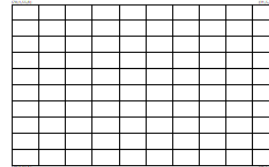


ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE - CONDIZIONI SISMICHE

(Visualizzazione superfici con $1.10 < F_s < 1.30$)

 A - Terreno vegetale e/o di riporto
 $g=1650\text{Kg/m}^3$
 $g_s=1750\text{Kg/m}^3$
 $F_i=21.1^\circ$
 $c=0.01\text{ kg/cm}^2$

 B - Ghiaia sabbiosa
 $g=2000\text{Kg/m}^3$
 $g_s=2100\text{Kg/m}^3$
 $F_i=31.2^\circ$
 $c=0.00\text{ kg/cm}^2$



ALLEGATO 5

Documentazione fotografica



Ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (DPSH 1)



Ubicazione prova penetrometrica dinamica continua (DPSH 2)



Ubicazione stendimento sismico multicanale M.A.S.W. (MW 1) e tomografia sismica 2D (SRT 1)



Ubicazione stendimento sismico multicanale M.A.S.W. (MW 2) e tomografia sismica 2D (SRT 2)