



CONSORZIO PER L'AREA
DI SVILUPPO INDUSTRIALE
DELLA PROVINCIA DI AVELLINO



PR CAMPANIA
FERS
2021-2027

PR CAMPANIA FERS 2021-2027

Lavori di realizzazione della condotta adduttrice e
del serbatoio idrico a servizio dell'area industriale
in località Valle Ufita del Comune di Flumeri

CUP D53G25000050006



PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

OPERATORE ECONOMICO - Servizi di ingegneria e consulenza



costructura
consulting

COSTRUTURA Consulting s.c.

Via Ramiro Marcone 105 - 83013, Mercogliano (AV)

Email: contatti@costructura.it – Tel. 0825 787611

PS_PROGETTO DELLE STRUTTURE

RELAZIONE GEOLOGICA

<i>Livello progettazione:</i> PFTE	<i>Elaborato n.</i> PS.01	<i>Codice Documento:</i> C486 WPG D01
<i>Data:</i> 19/06/2025	<i>REV.</i>	<i>Descrizione Modifica:</i>
<i>Redatto:</i> Dello Russo	<i>Approvato:</i> Sampietro	<i>Autorizzato:</i> Pellecchia

Coordinatore prestazioni specialistiche
Ing. Nicola SAMPIETRO

Responsabile del progetto
Ing. Francesco MONACO

OBIETTIVI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE



1 DATI GENERALI DELL'OPERA

Località: Flumeri (AV)

Altitudine: m. 625 s.l.m.

Azione della neve: Zona 2

Azione del vento: Zona 3

Destinazione e tipologia: Costruzione di un depuratore.

Ubicazione: L'area di studio si trova in una zona industriale del territorio di Flumeri (AV)
Figura 1 e 2.

Dimensioni area di studio: circa 14500 m²

Terreno di sedime: L'area di intervento è in piano e la stratigrafia è caratterizzata da terreni di origine sedimentaria depositi in ambiente marino o di transizione.

Carichi di esercizio: Cat. E3 – Ambienti ad uso industriale.

Vita nominale: 50 anni

Classe d'uso: III - coefficiente d'uso $c_u=1,5$

Categoria di sottosuolo: C

Categoria topografica: T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Smorzamento viscoso: $\xi = 5\%$

2 PREMESSA

Il sottoscritto Dott. Geologo Paolo Dello Russo, in qualità di socio della società cooperativa Costructura Consulting Soc. Coop., nel mese di Febbraio 2026, ha ricevuto l’incarico di redigere una relazione geologica e modellazione sismica per **“Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Depuratore Flumeri (AV)”**.

L’area oggetto di studio, è individuata in catasto terreni dal foglio n. 20 come particella n. 757 del Comune di Flumeri (AV).



Figura 1: In rosso l'area di studio, da Google Earth.

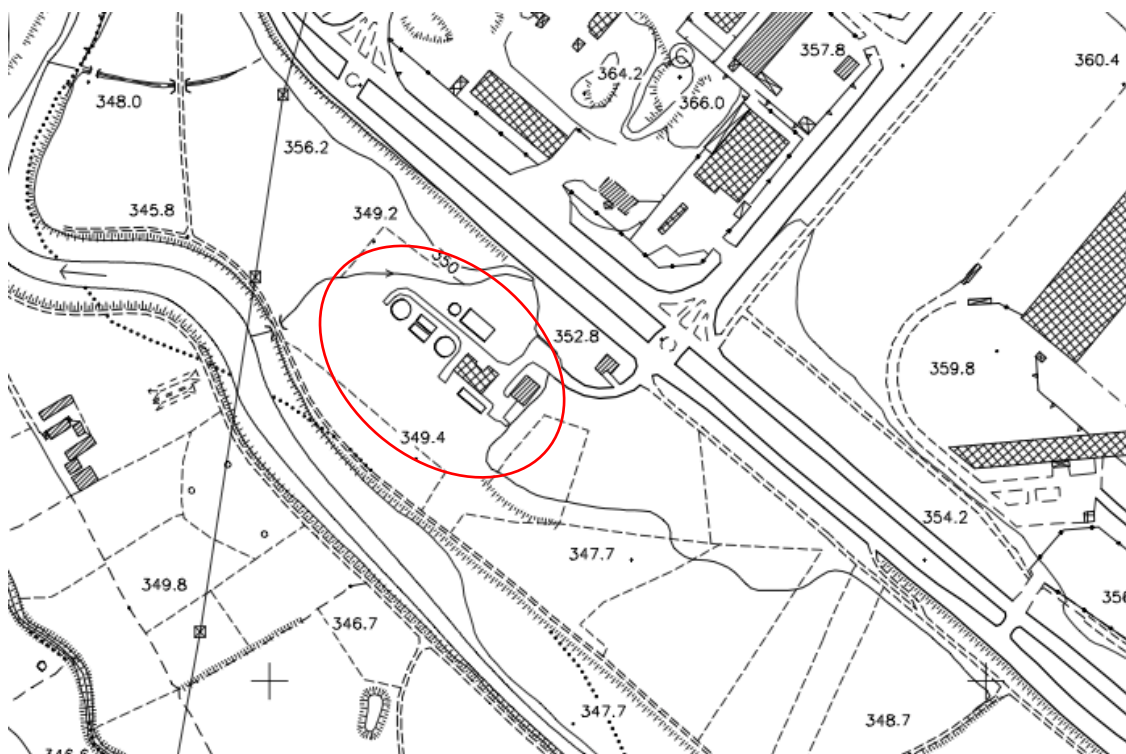


Figura 2: Area oggetto di studio, Stralcio del CTR 433103 1:5000.



Figura 3: Catastale con sovrapposizione ortofoto.

- D.M. 11/03/1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*";
- Norme di Attuazione relative al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della già Autorità di Bacino dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno;
- in ottemperanza alla normativa vigente relativa alla progettazione in zone sismiche;
 - D.M. 17/01/2018 e Circ. n. 617 del 02/02/2009;
 - Circolare 7619-STC del 08.09.10 relativa alle indagini geognostiche;
 - Circolare 7618-STC del 08.09.10 relativa alle analisi sulle terre e rocce.

La valutazione dell'azione sismica di progetto è stata eseguita con il software Geostru PS *Advanced* che produce grafici e parametri sulla pericolosità sismica di sito secondo quanto indicato al §3.2.2 dell'NTC18.

Per il presente studio, si è proceduto, per una conoscenza esatta del sito esaminato, a:

- un puntuale rilevamento geologico esteso ad un'ampia area;
- analisi dello studio geologico relativo al PUC del Comune, ed altri studi effettuati precedentemente nell'area;
- indagini geognostiche pregresse:
 - n. 5 sondaggi a carotaggio continuo;
 - n. 4 prelievi di campioni con rispettive analisi di laboratorio;
 - n. 1 prospezione sismica tipo MASW.

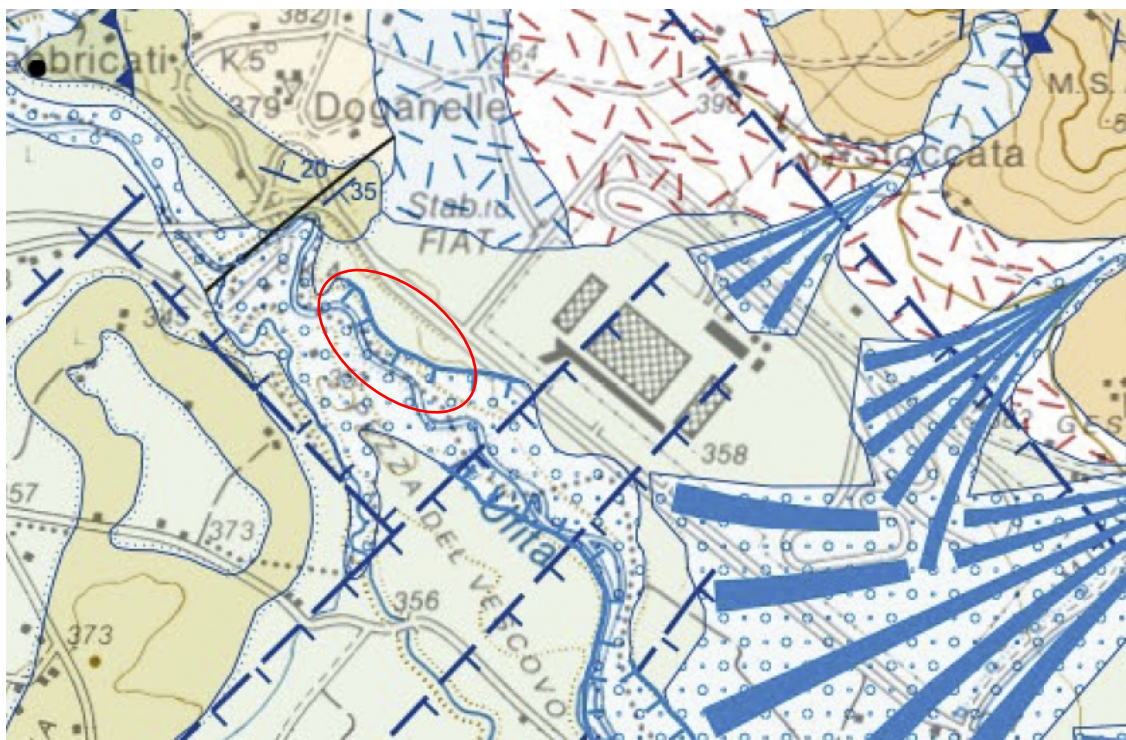
Verifica alla liquefazione

Al paragrafo 7.11.3.4 del DM del 17/01/18 viene definita la stabilità del sito di costruzione rispetto alla liquefazione indotta da eventi sismici utilizzati nella presente relazione.

Dalle suddette indagini sono state individuate le informazioni utili per i lavori in oggetto. Di seguito vengono riportate alcune considerazioni di carattere geologico e geotecnico relative all'area in esame ed i litotipi sui quali è impostata.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Flumeri (AV) è compreso nel foglio 433 (Ariano Irpino) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 e delle sue note illustrative, l'area di studio è imposta su depositi eluvio - colluviali: deposti in ambiente marino o di transizione (**b₂**).



COLTRE ELUVIO COLLUVIALE



b₂

Sabbie e limi bruni, talora con pomici e piroclastiti fini rimaneggiate e argillificate e livelli di ghiaie arrossate. Limi e argille nerastre con frammenti di strato calcareo-marnosi e arenacei e con subordinata frazione piroclastica. Localmente si rinvencono sabbie limose bruno-rossicce con concrezioni biancastre (caliche). Sedimenti mobilizzati prevalentemente da processi di dilavamento e deposti lungo i versanti e in paleoconche; depositi prodotti dalla degradazione in situ sui ripiani morfologici.

PLEISTOCENE SUP. ? - ATTUALE

SUBSISTEMA DEL F. UFITA



SFL₄

Ghiaie e ghiaie sabbiose addensate con livelli di sabbie limose e lenti ghiaiose; localmente pedogenizzate. Alluvioni terrazzate poste fino a + 25 - 30 m sul letto del fiume, depositi di conoidi torrentizie inattive e incise. Spessore circa 120 m. Nella conca di Grottaminarda i depositi alluvionali di SFL₄ includono alla base depositi fluvio-lacustri potenti oltre 100 m, non affioranti.

PLEISTOCENE SUP. - OLOCENE

Figura 4: Carta geologica 1:50.000 foglio 433-Ariano Irpino, in rosso l'area di studio.

4 COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.S.A.I.) è il sistema conoscitivo, normativo e tecnico-operativo attraverso il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d'uso del suolo e gli interventi riguardanti l'assetto idrogeologico del territorio di competenza.

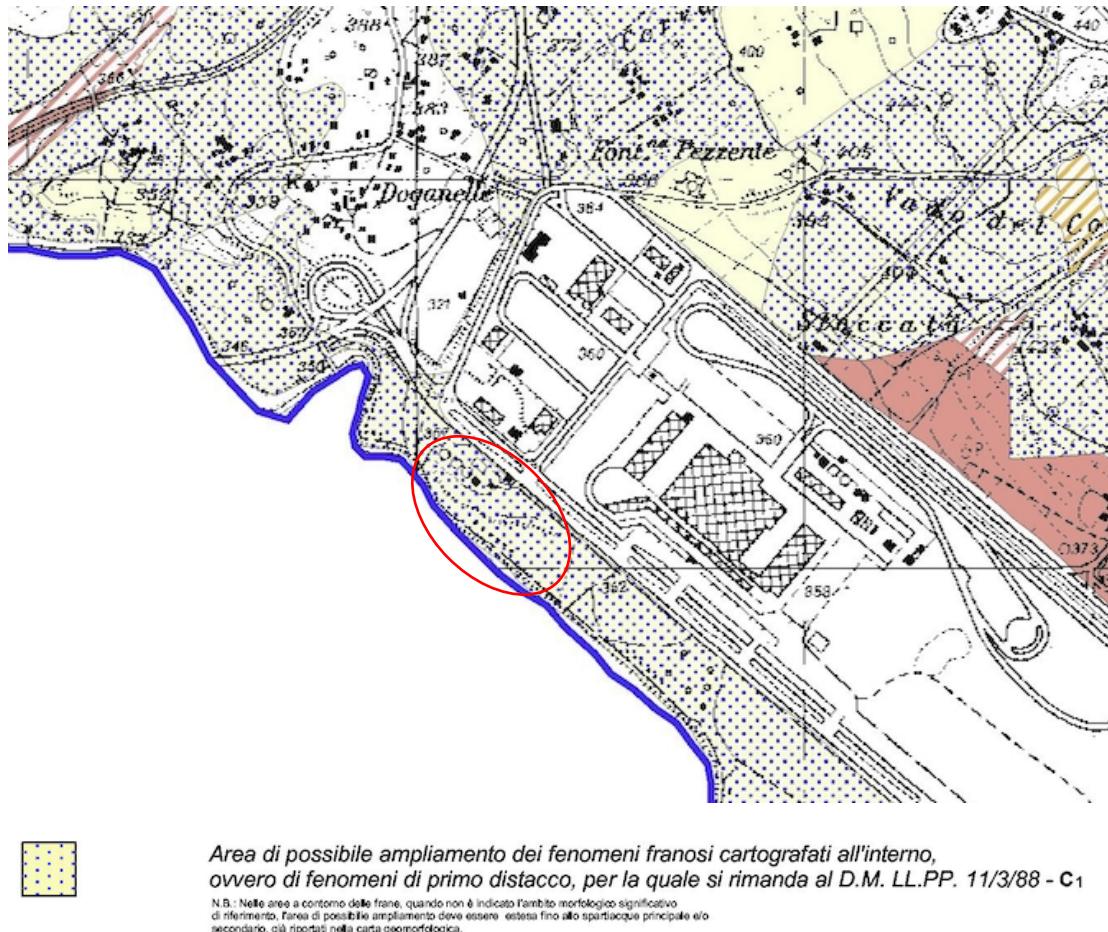


Figura 5: Stralcio della carta del Rischio frana-Flumeri, dell'ex Adb. Liri-Garigliano E Volturno, 1:25.000, in rosso l'area in oggetto.

Dalla carta della franosità dell'ex Adb dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, si evince che il sito in oggetto, **ricade in** "Aree di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 - C1.

5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La morfologia del territorio comunale di Flumeri è tipica delle zone collinari con versanti

poco acclivi e spesso culminanti con superfici spianate più o meno ampie, derivanti dai naturali processi morfogenetici che in passato hanno generato tali forme, successivamente smembrate sia dalle fasi tettoniche che dall'azione erosiva del reticolo idrografico. L'attuale morfologia, infatti, è strettamente legata agli agenti mio-pliocenici traslativi, alla successiva fase plio quaternaria essenzialmente distensiva, agli impulsi climatici quaternari ed alle caratteristiche litologiche dei terreni affioranti. La disomogeneità morfologica può riferirsi ad una erosione di tipo selettivo che ha variamente modellato il paesaggio a seconda della diversa costituzione litologica dei terreni affioranti.

L'area destinata al progetto è situata alla quota di ca. 357 m s.l.m. e viene a trovarsi in destra idrografica del Fiume Ufita. La morfologia dell'area assume un carattere pressoché pianeggiante e rappresenta il risultato dell'incessante azione di trasporto e di accumulo da parte dello stesso corso d'acqua.

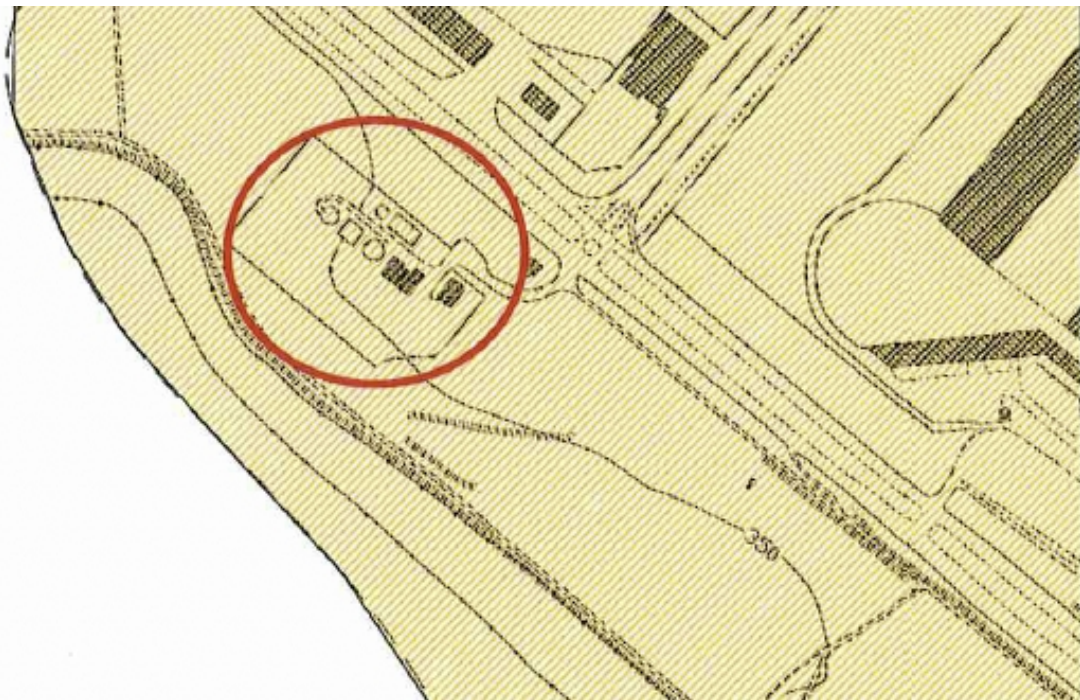


Figura 6: Stralcio della carta delle stabilità del PUC di Flumeri, in rosso l'area in oggetto.

L'assetto clivometrico evidenzia, nell'area di progetto, pendenze molto blande comprese tra 3% e 5% valori leggermente superiori si misurano ad una distanza tale da non influenzare la valutazione della scelta della categoria topografica in sede di determinazione dell'amplificazione sismica.

6 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'assetto idrografico superficiale del settore Sud del territorio è caratterizzato da un sistema gerarchizzato di aste fluviali lungo le quali si sviluppano lungo i versanti collinari con un certo parallelismo confluendo nel sottostante Fiume Ufita che rappresenta il corso d'acqua principale dell'intera Baronìa. Il regime idrografico attribuibile a tali corsi d'acqua è del tipo torrentizio stagionale con portate apprezzabili solo in occasione di eventi piovosi intensi.

Le precipitazioni atmosferiche, concentrate in massima parte nel periodo ottobre - maggio e caratterizzate da una pluviometria media annua di circa 1050 mm (dati del servizio idrografico), defluiscono sia attraverso la rete stradale, nonché attraverso ciò che rimane del reticolo idrografico esistente (fossi jemali), parzialmente obliterato dall'azione antropica, di tipo sub parallelo - dendritico, a densità media, a regime torrentizio e profilo concavo, con alvei incanalati e regressivi.

L'assetto idrogeologico, e di conseguenza la circolazione idrica del sottosuolo, è il derivato di vari fattori litologici e morfo-strutturali influenzanti le geometrie e i rapporti spaziali degli ammassi, dotati di permeabilità differenziate. In tale ambito, la circolazione idrica sotterranea è sostanzialmente condizionata dal deflusso idrico superficiale dato dal F. Ufita e dai suoi tributari sia in destra che in sinistra orografica.

Su tali basi, le dinamiche di portata idraulica del corso d'acqua, sia a carattere stagionale che episodico (piene o alluvionamenti), influenzano notevolmente i deflussi idrici sotterranei sia in termini di portata freatica sia in termini di direzionalità del deflusso stesso. È inoltre da sottolineare la peculiare ubicazione del sito anche in ragione di una particolare condizione locale che vede, a fronte dell'andamento del Fiume Ufita, anche il possibile differente assetto idrodinamico delle falde afferenti alle due opposte sponde. In particolare si evince come a livello locale in destra orografica sussiste la dorsale su cui sono ubicati i centri abitati di Flumeri, Castel Baronìa e San Nicola Baronìa, mentre in sinistra idrografica la dorsale su cui insistono i centri abitati di Frigento e Sturno.

L'assetto idrogeologico locale è stato ricostruito attraverso l'analisi dei dati litologici, idrogeologici e geofisici relazionati al modello geologico tecnico precedentemente illustrato.

L'assetto geo-litologico, nonché la non comune condizione idrologica locale, definisce un quadro abbastanza articolato della circolazione idrica sotterranea nell'area, principalmente per ciò che attiene alle possibili direzionalità ed ai possibili ambiti di alimentazione della falda stessa, condizionata soprattutto dai depositi alluvionali, ghiaiosi, sabbiosi - pelitici, affioranti nell'area oggetto di indagine.

7 INDAGINI IN SITO PREGRESSE E CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI

Nell' area sono stati effettuati:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 4 prelievi di campioni con rispettive analisi di laboratorio;
- n. 1 prospezione sismica attiva tipo MASW.

Di seguito l'ubicazione di tale indagine:



Figura 7: Ubicazione indagini.

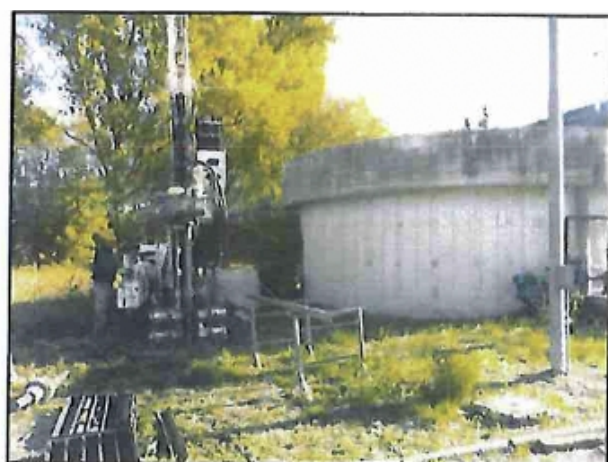
7.1 SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

Tra il 12 e il 13 ottobre 2017 sono stati effettuati, nel comune di Flumeri (AV), cinque sondaggi con la tecnica del carotaggio continuo ad andamento verticale utilizzando il carotiere semplice 101mm e i rivestimenti 127mm, la perforatrice utilizzata è stata una CMV MK420 D (a normativa CE).

Di seguito i risultati dei sondaggi.

- *SONDAGGIO S1*

Il sondaggio S1 è stato effettuato il giorno 12/10/2017, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'3.17"N - LON. 15° 6'30.77"E**) ed è stato spinto fino alla profondità di -15,00m dal P.C.



Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 10,0



Cassetta 3; da m 10,0 a m 15,0

Figura 8: Ubicazione sondaggio continuo e cassette S1.

Relazione geologica e modellazione sismica per la caratterizzazione del terreno di fondazione per "Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Depuratore Flumeri (AV)"

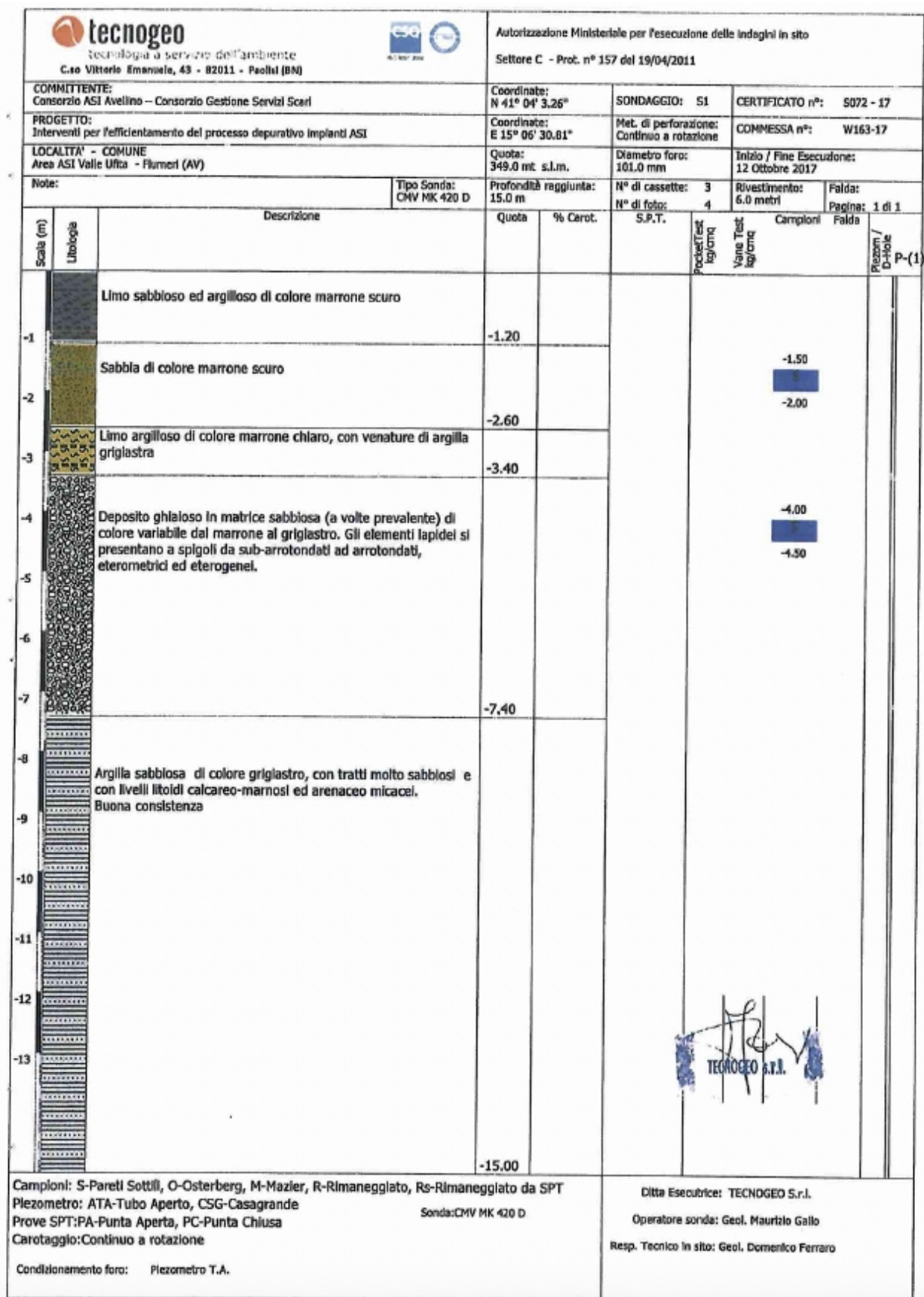


Figura 9: Stratigrafia sondaggio S1.

- *SONDAGGIO S2*

Il sondaggio S2 è stato effettuato il giorno 12/10/2017, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'3.59"N - LON. 15° 6'28.94"E**) ed è stato spinto fino alla profondità di -15,00m dal P.C.



Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 10,0



Cassetta 3; da m 10,0 a m 15,0

Figura 10: Ubicazione sondaggio continuo e cassette S2.

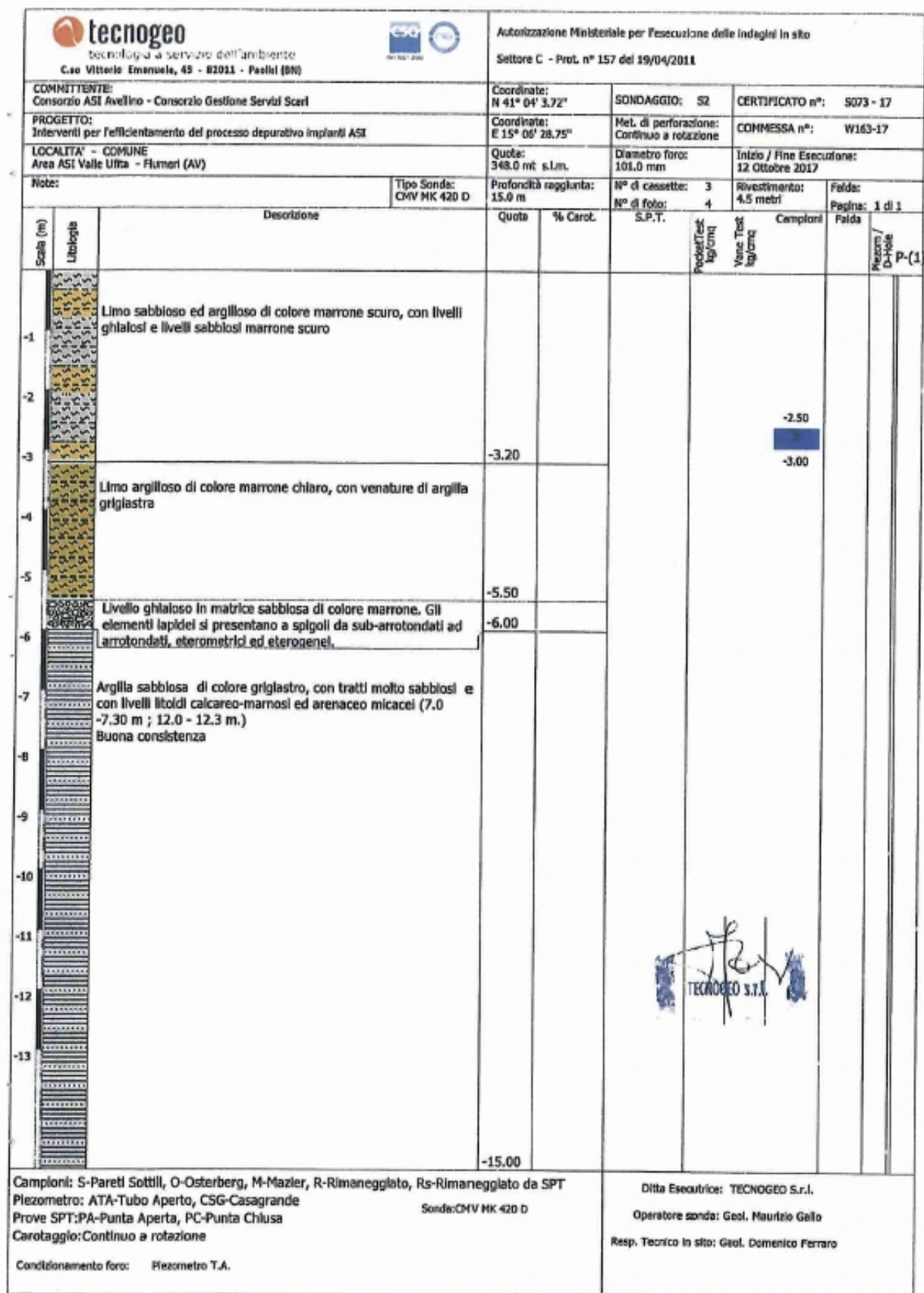


Figura 11: Stratigrafia sondaggio S2.

- *SONDAGGIO S3*

Il sondaggio S3 è stato effettuato il giorno 12/10/2017, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'2.05"N - LON. 15° 6'28.54"E**) ed è stato spinto fino alla profondità di -13,20m dal P.C.

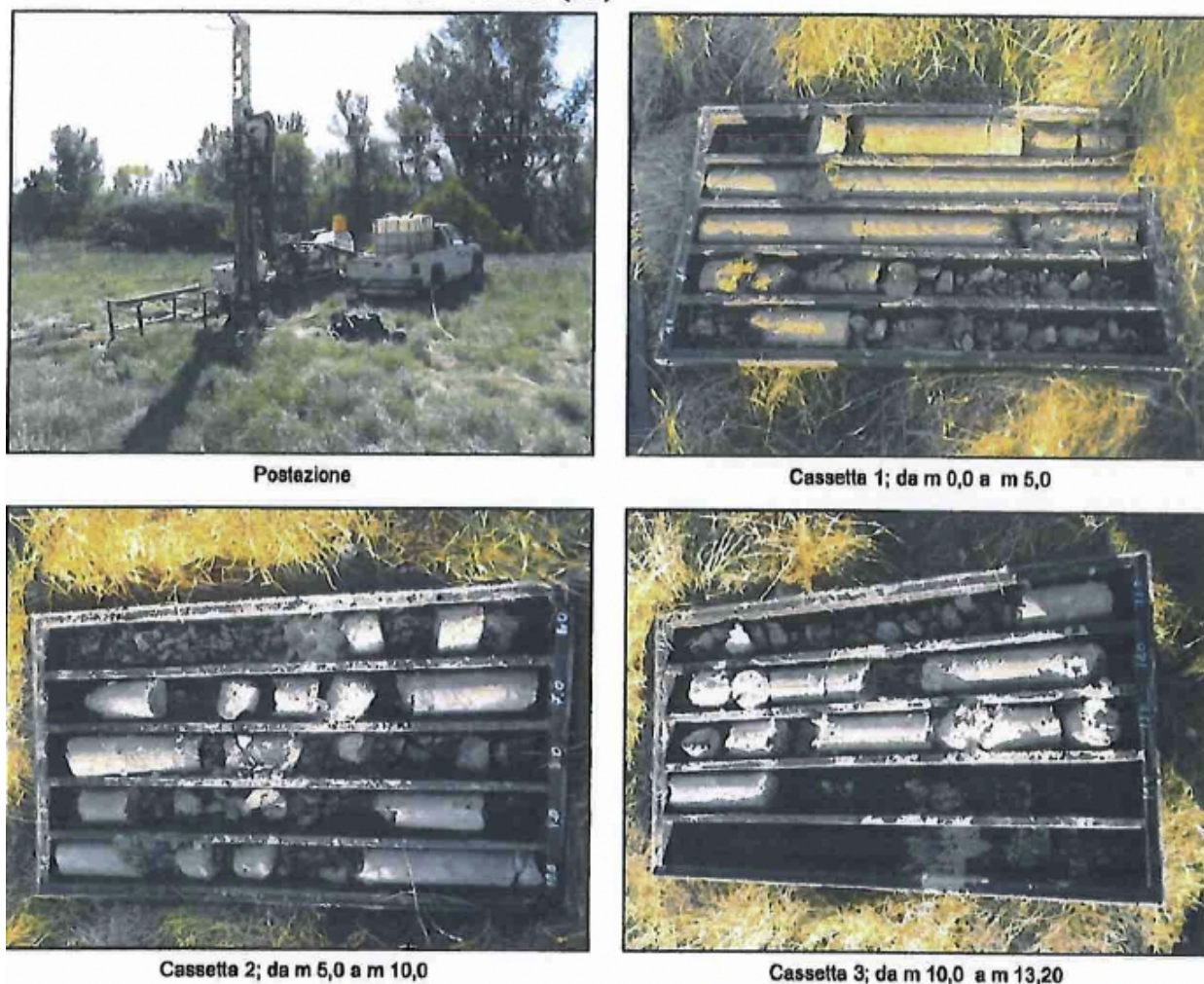


Figura 12: Ubicazione sondaggio continuo e cassette S3.

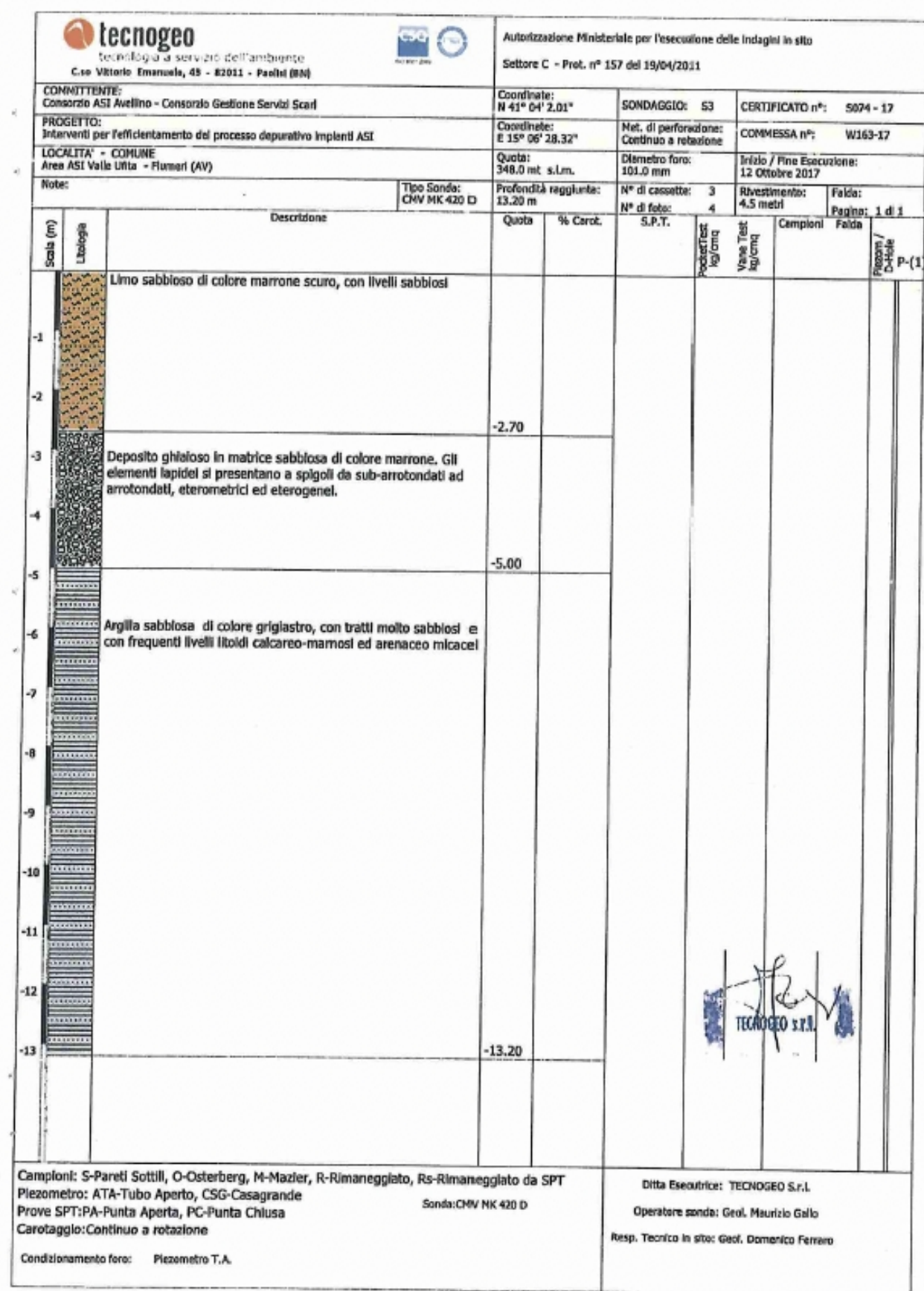


Figura 13: Stratigrafia sondaggio S3.

- *SONDAGGIO S4*

Il sondaggio S4 è stato effettuato il giorno 13/10/2017, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'1.20"N - LON. 15° 6'29.88"E**) ed è stato spinto fino alla profondità di -15,00m dal P.C.



Figura 14: Ubicazione sondaggio continuo e cassette S4.

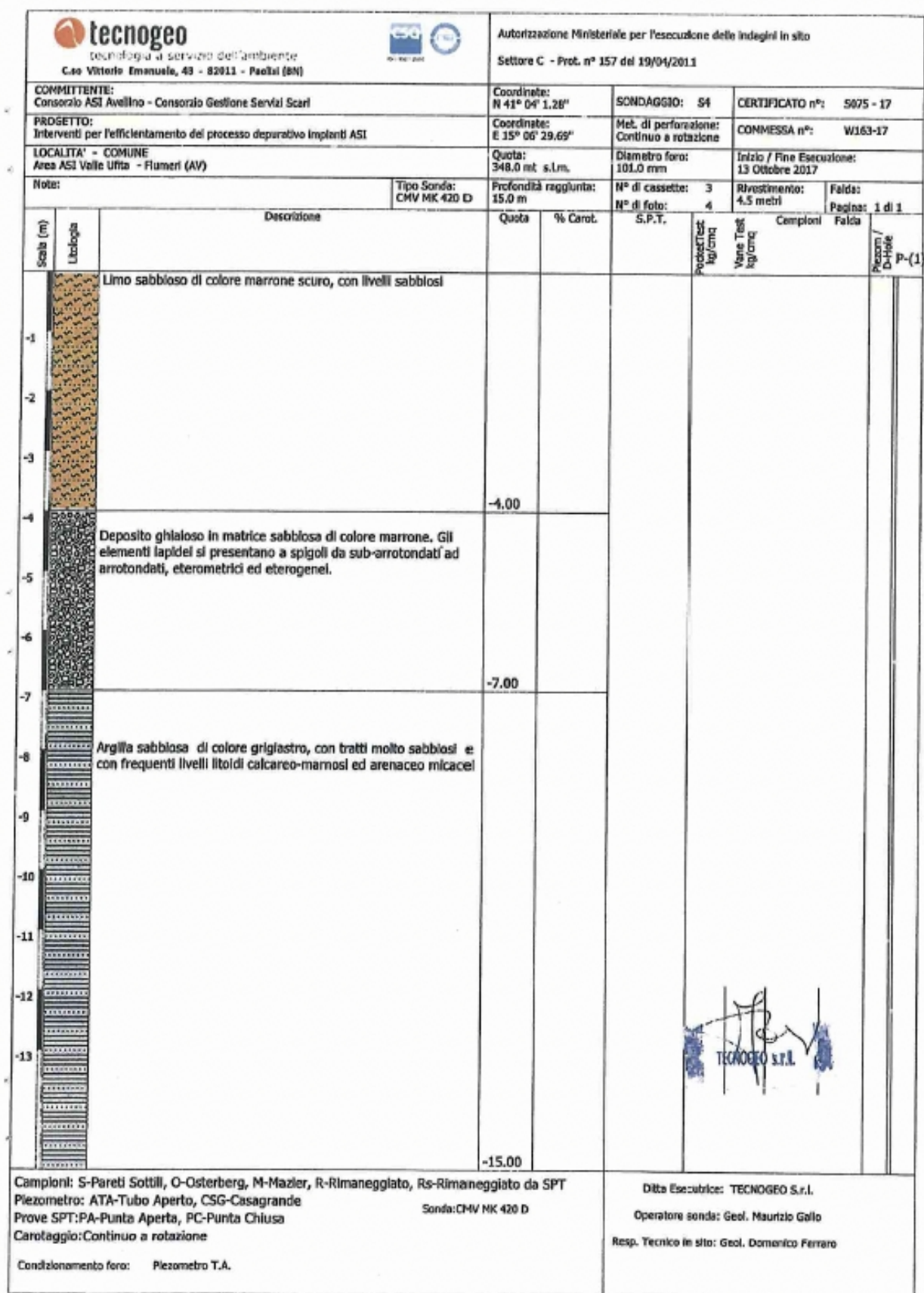


Figura 15: Stratigrafia sondaggio S4.

- *SONDAGGIO S5*

Il sondaggio S5 è stato effettuato il giorno 13/10/2017, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'1.98"N - LON. 15° 6'34.07"E**) ed è stato spinto fino alla profondità di -14,00m dal P.C.



Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 10,0



Cassetta 3; da m 10,0 a m 14,0

Figura 16: Ubicazione sondaggio continuo e cassette S5.

Relazione geologica e modellazione sismica per la caratterizzazione del terreno di fondazione per "Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Depuratore Flumeri (AV)"

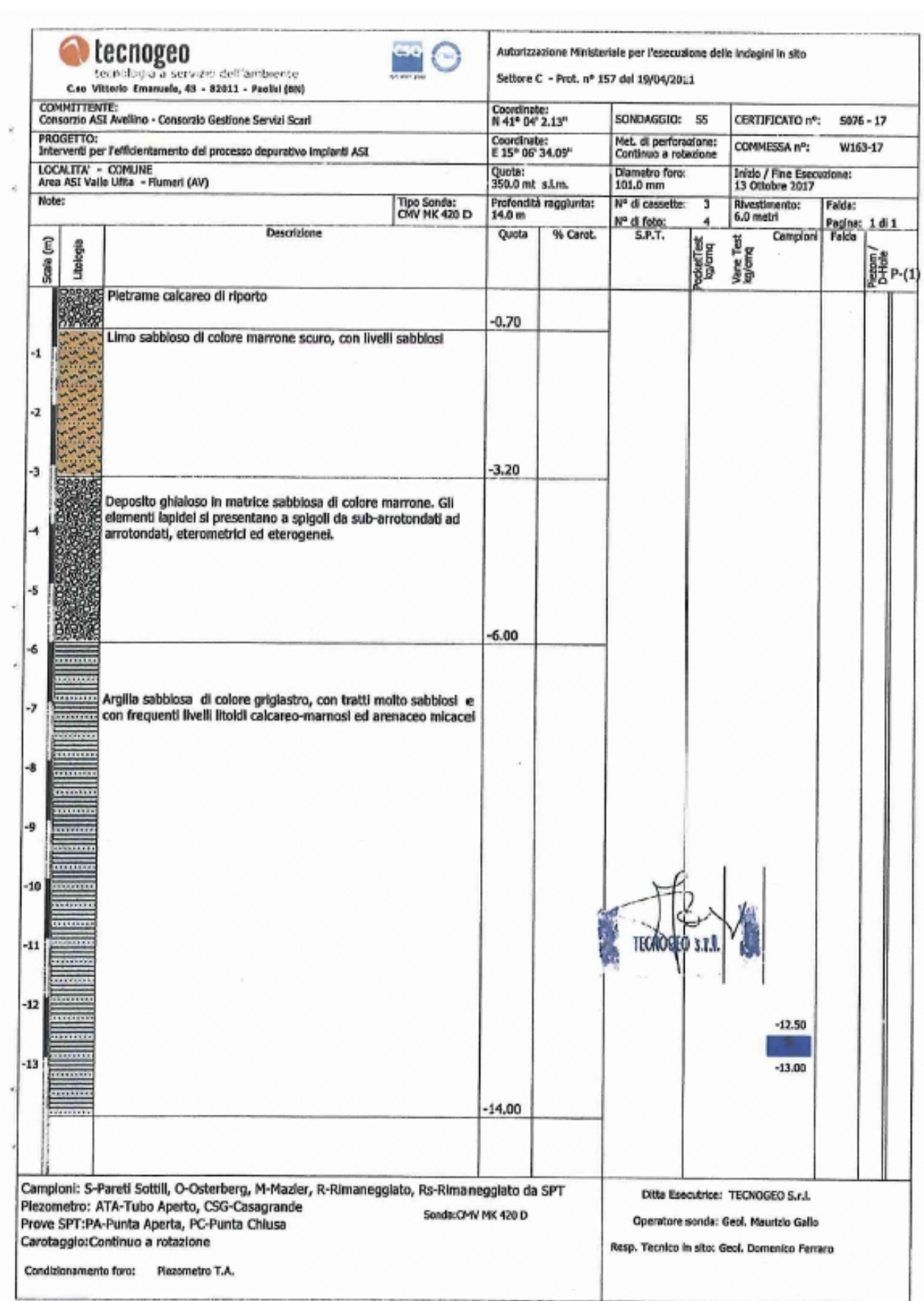


Figura 17: Stratigrafia sondaggio S5.

PARAMETRI GEOTECNICI									
	SPESSORE	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA		
n°		Dr	ϕ'	Ed	Ysat	Yd	C'	Ed	Litologia
1	0,00 - 0,90	11	25	48	1,75	1,26	0,03	-	Limo sabbioso
2	0,90 - 3,00	18	26	65,2 6	1,93	1,89	0,09	-	Deposi alluvionali "Lenti sabbiose con intervalli ghiaiosi"
3	3,00 - 7,00	21	22	89,7 3	1,96	1,91	0,27	-	Limi sabbiosi con livelli ghiaiosi
4	7,00 - 15,00	34	20		2,17	2,14	0,30	-	Argilla sabbiosa
				104					

Dr % = densità relativa; **ϕ'** (°) = angolo di attrito; **Ed** (Kg/cm²) = modulo edometrico; **C'** (Kg/cm²) = coesione; **Ysat**, **Yd** (t/m³) = peso di volume saturo e secco.

8 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO DI COSTRUZIONE MASW

Sono state effettuate una prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) per definire la frequenza di risonanza del terreno di fondazione per la redazione della relazione sulla modellazione sismica di sito inerente ai lavori in oggetto, (coordinate geografiche del sito **LAT. 41° 4'1.57"N - LON. 15° 6'28.96"E**), nel territorio comunale di Flumeri (AV), al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto (D.M. 17 gennaio 2018).

8.1 MASW

Le indagini geofisiche basate su misure di propagazione delle onde elastiche hanno lo scopo di definire, tramite differenti metodiche e metodologie di analisi, modelli stratigrafici del sottosuolo ad una o più dimensioni spaziali. Nello specifico le sequenze stratigrafiche così prodotte sono caratterizzate dalla variazione dei parametri geo-dinamici (sismostratigrafie) che, data la loro corrispondenza con le proprietà litologiche e litotecniche dei terreni, attribuiscono alle indagini geofisiche un efficace mezzo esplorativo del sottosuolo. Inoltre, la determinazione di sequenze sismo-stratigrafiche basate sulla velocità delle onde di taglio (V_s) ottempera a quanto previsto dall'attuale normativa nazionale riguardante le costruzioni in zona sismica (OPCM 3274 e succ., NTC 2005 e succ. e DM 14 gennaio 2008).

In generale, nella sismica attiva le onde sono prodotte tramite una massa battente o scoppio in un punto sorgente (shot) e registrate da un sismografo, in punti lontani dalla sorgente, tramite rilevatori del moto al suolo (geofoni); la disposizione geometrica dei geofoni e dei punti di shot è definita come linea sismica o array lineare. La sismica passiva, invece, si differenzia per la non generazione diretta di onde ma si avvale del moto vibratorio del terreno comunque presente a causa di sorgenti naturali (moto ondoso, vento ecc.) e prodotte dall'attività antropica.

Le modalità di acquisizione variano a seconda della metodologia utilizzata e in funzione della successiva elaborazione dei dati. Tali metodologie sono caratterizzate da specifiche disposizioni della linea sismica (sia superficiale che in foro), dalla durata dell'acquisizione (finestra temporale). e dal passo di campionamento impiegato.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "ECHO 24/2010" a 24 canali dotato di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea delle tracce sismiche sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi filtri sia in ingresso che a posteriori, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee (vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc..) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale in maniera differenziata per ogni canale.



Figura 18: Strumentazione utilizzata.

La gestione del sismografo avviene tramite software proprietario e installato su laptop, tramite il quale è possibile gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero di canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione fillraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione in tempo reale del segnale su tutti i geofoni attivi;
- visualizzazione del accelerogramma con misura dei tempi di arrivo;
- esecuzione operazioni di somma di ulteriori accelerogrammi;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è utilizzata una mazza del peso di 8 kg ed una piastra di battuta di alluminio,

Il geofoni verticali rivelano la variazione di velocità di oscillazione al suolo (nel caso specifico in direzione verticale) prodotta dal passaggio delle onde sismiche Iramite lo spostamento relativo smorzato di una massa inerziale rispetto all'involucro esterno solidale con il terreno. Tale spostamento induce una variazione del campo elettro-magnetico che si traduce in variazione del potenziale elettrico che è la grandezza effettivamente rilevata. Il rapporto tra

l'oscillazione reale del suolo e quella della massa inerziale in funzione delle frequenze del moto è definita dalla curva caratteristica del geofono; in tale curva, la frequenza caratteristica definisce il limite inferiore al disopra del quale il rapporto di oscillazione tra il suolo e la massa inerziale è pari ad 1.

Sono stati utilizzati geofoni (GEO SPACE LT) verticali con frequenza caratteristica di 4.5 Hz e di 10 Hz.

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Reyleigh, che viaggiano ad una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Reyleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D, Aki, K and Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase o di gruppo apparente delle onde di Reyleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi forniscono informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo consente generalmente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenza compreso tra 5Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW elaborato con software MASW 2007 consiste in tre fasi (Roma, 2002):

- calcolo della velocità di fase, o curva di dispersione, apparente sperimentale;
- calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale e la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e vengono fatti variare lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2002; Roma, 2001; Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

In genere, quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compreso tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresenta una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

- Acquisizione ed elaborazione dati

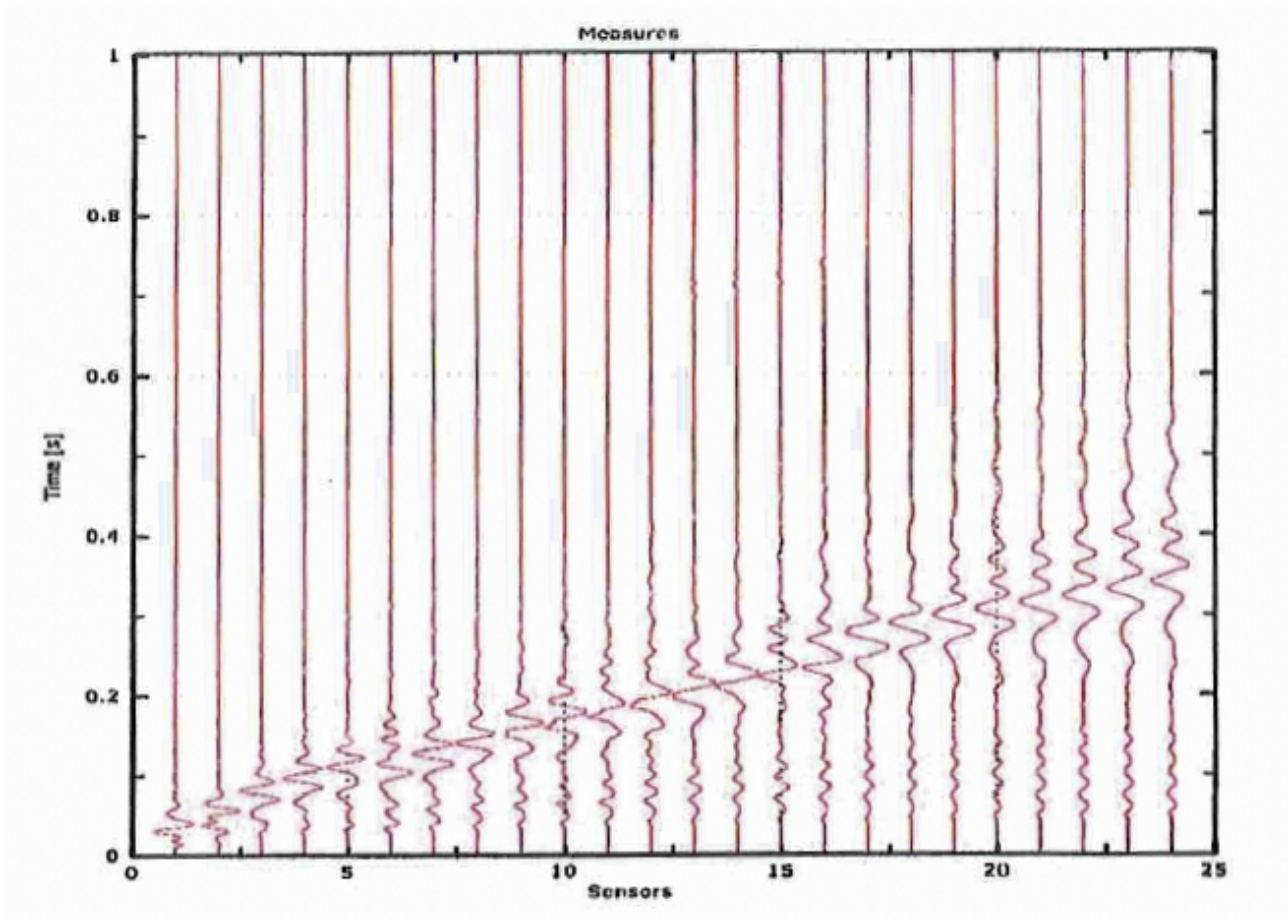


Figura 19: Grafico dei tempi di arrivo delle onde dell'indagine Sismica MASW.

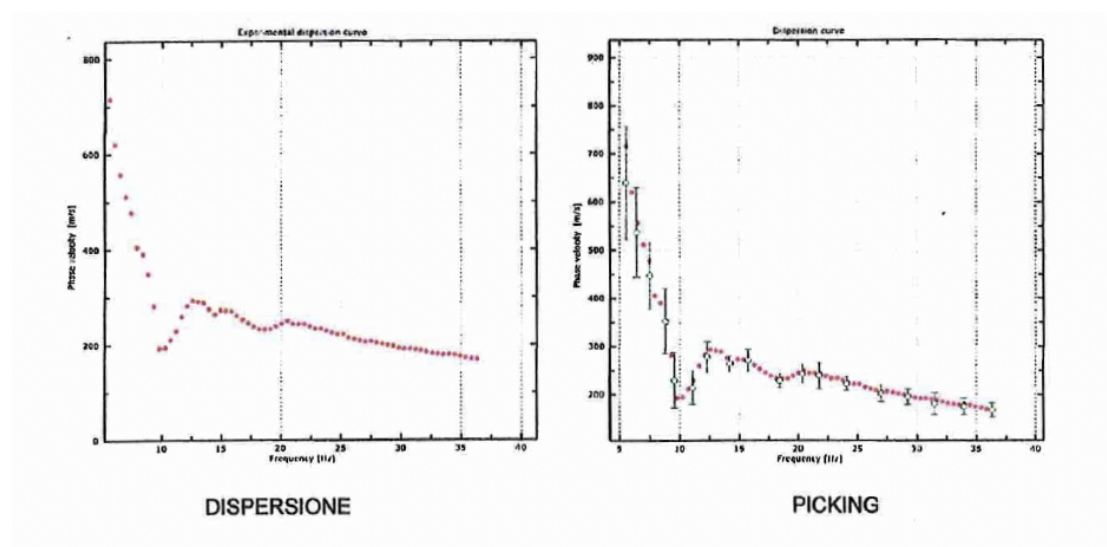


Figura 20 Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

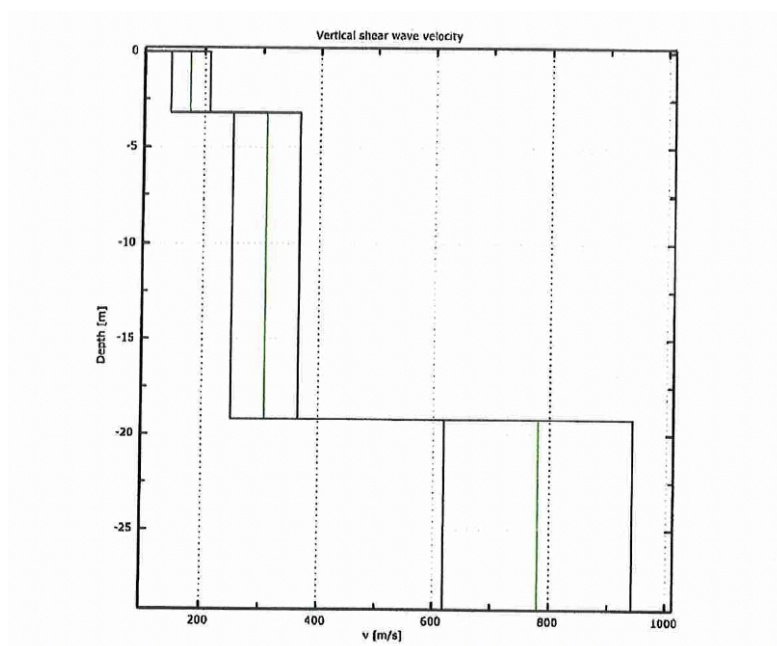


Figura 27: Profilo verticale V_s m/s in relazione alla profondità.

La $V_{s_{eq}}$ è pari a 356 m/s

Di seguito i dati ottenuti dall'elaborazione dei dati:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	3,20	16	0.3	175
2	3,20	16,00	16	0.3	307
3	19,20	15,80	18	0.3	780

Tabella 3: tabella dei risultati ottenuti con la tecnica MASW.

Di seguito si riporta la tabella con i differenti tipi di profilo:

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

Tabella 4: Categorie Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

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

Categoria topografica T1 = Pendii con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

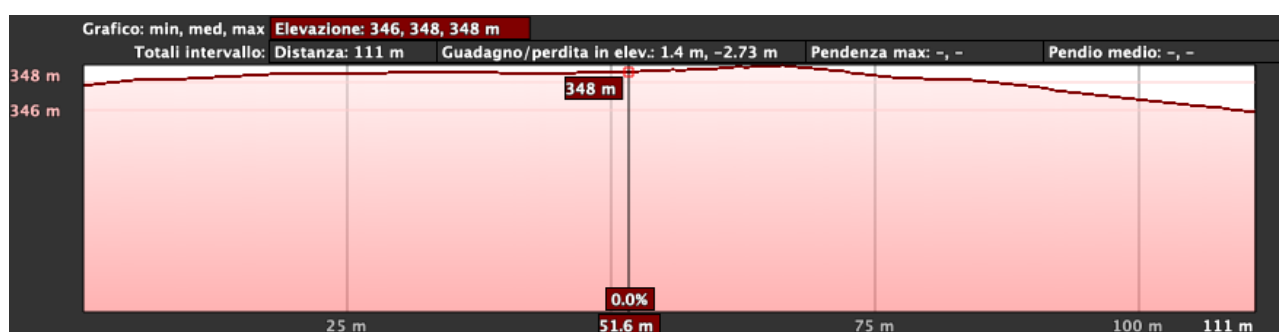


Figura 21: Sopra il pendio con pendenza $\leq 15^\circ$.

9 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per la definizione delle azioni sismiche sugli edifici, le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) 2008 e D.M. del 17 gennaio 2018 delineano e consigliano un approccio di tipo prestazionale per la progettazione delle strutture nuove e per la verifica di quelle esistenti. Tutto questo ha il fine di controllare il livello di danneggiamento della struttura a fronte delle sollecitazioni sismiche di intensità diversa che si possono verificare nel sito di riferimento. Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare e definite le relative probabilità di superamento, è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

In sostanza la risposta sismica locale è l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa di base (substrato o bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie. Per

una corretta valutazione della risposta sismica locale è quindi indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto. La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente, tramite l'utilizzo del software *Geostru PS Advanced* che produce grafici e parametri sulla pericolosità sismica di sito secondo quanto indicato al §3.2.2 dell'NTC18.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio (SLD – Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo (SLV – Stato Limite di Salvaguardia della Vita). In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione - $VN \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - **CU = 1,5** – Classe d'uso della costruzione **III**) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV). Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di suoli **C** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

Parametri sismici					
Lat. (ED50)	41.06809107	Long.(ED50)	15.10889988		
Classe dell'edificio	III. Costruzioni il cui uso preveda affo...				
Coefficiente d'uso Cu	1.5				
Vita nominale	50				anni
Interpolazione	Media ponderata				
	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	45	0.078	2.331	0.297
	Danno (SLD)	75	0.103	2.324	0.323
	Salvaguardia vita (SLV)	712	0.322	2.285	0.399
	Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.430	2.317	0.425
P1	Operatività (SLO)	45	0.079	2.331	0.294
	Danno (SLD)	75	0.104	2.318	0.323
	Salvaguardia vita (SLV)	712	0.322	2.278	0.396
	Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.429	2.317	0.420
P2	Operatività (SLO)	45	0.077	2.334	0.307
	Danno (SLD)	75	0.101	2.342	0.326
	Salvaguardia vita (SLV)	712	0.320	2.298	0.405
	Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.433	2.316	0.437
P3	Operatività (SLO)	45	0.078	2.329	0.294
	Danno (SLD)	75	0.104	2.316	0.324
	Salvaguardia vita (SLV)	712	0.322	2.282	0.398
	Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.430	2.320	0.423
P4	Operatività (SLO)	45	0.079	2.330	0.292
	Danno (SLD)	75	0.104	2.318	0.321
	Salvaguardia vita (SLV)	712	0.321	2.281	0.394
	Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.429	2.316	0.418
Periodo riferimento azione sismica					75
Calcola					

Figura 22: Spettri di risposta elastici per periodi di ritorno di riferimento per categoria di suolo C

(ag accelerazione orizzontale massima al sito; Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; TC valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale).

Relazione geologica e modellazione sismica per la caratterizzazione del terreno di fondazione per “Progetto di Fattibilità Tecnico Economica Depuratore Flumeri (AV)”

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0.078	2.331	0.297	1.500	1.570	1.000	1.500	1.000	0.156	0.467	1.912	0.117	0.273
SLD	1.5	0.103	2.324	0.323	1.500	1.520	1.000	1.500	1.000	0.164	0.492	2.012	0.155	0.359
SLV	1.5	0.322	2.285	0.399	1.260	1.420	1.000	1.260	1.000	0.189	0.566	2.886	0.405	0.926
SLC	1.5	0.430	2.317	0.425	1.100	1.390	1.000	1.100	1.000	0.197	0.591	3.321	0.473	1.097
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.5	0.078	2.331	0.297	1	1.570	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.069
SLD	1.5	0.103	2.324	0.323	1	1.520	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.045	0.104
SLV	1.5	0.322	2.285	0.399	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.246	0.562
SLC	1.5	0.430	2.317	0.425	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.381	0.883
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	1.5	0.078	2.331	0.297	1.500	1.570	1.000	1.500	1.000	0.156	0.467	1.912	0.117	0.273
SLO verticale	1.5	0.078	2.331	0.297	1.500	1.570	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.029	0.069
SLD orizzontale	1.5	0.103	2.324	0.323	1.500	1.520	1.000	1.500	1.500	0.164	0.492	2.012	0.155	0.240
SLD verticale	1.5	0.103	2.324	0.323	1.500	1.520	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.045	0.069
SLV orizzontale	1.5	0.322	2.285	0.399	1.260	1.420	1.000	1.260	1.500	0.189	0.566	2.886	0.405	0.617
SLV verticale	1.5	0.322	2.285	0.399	1.260	1.420	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.246	0.375
SLC orizzontale	1.5	0.430	2.317	0.425	1.100	1.390	1.000	1.100	1.500	0.197	0.591	3.321	0.473	0.731
SLC verticale	1.5	0.430	2.317	0.425	1.100	1.390	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.381	0.589

Tabella 5: Parametri e punti dello spettro di risposta.

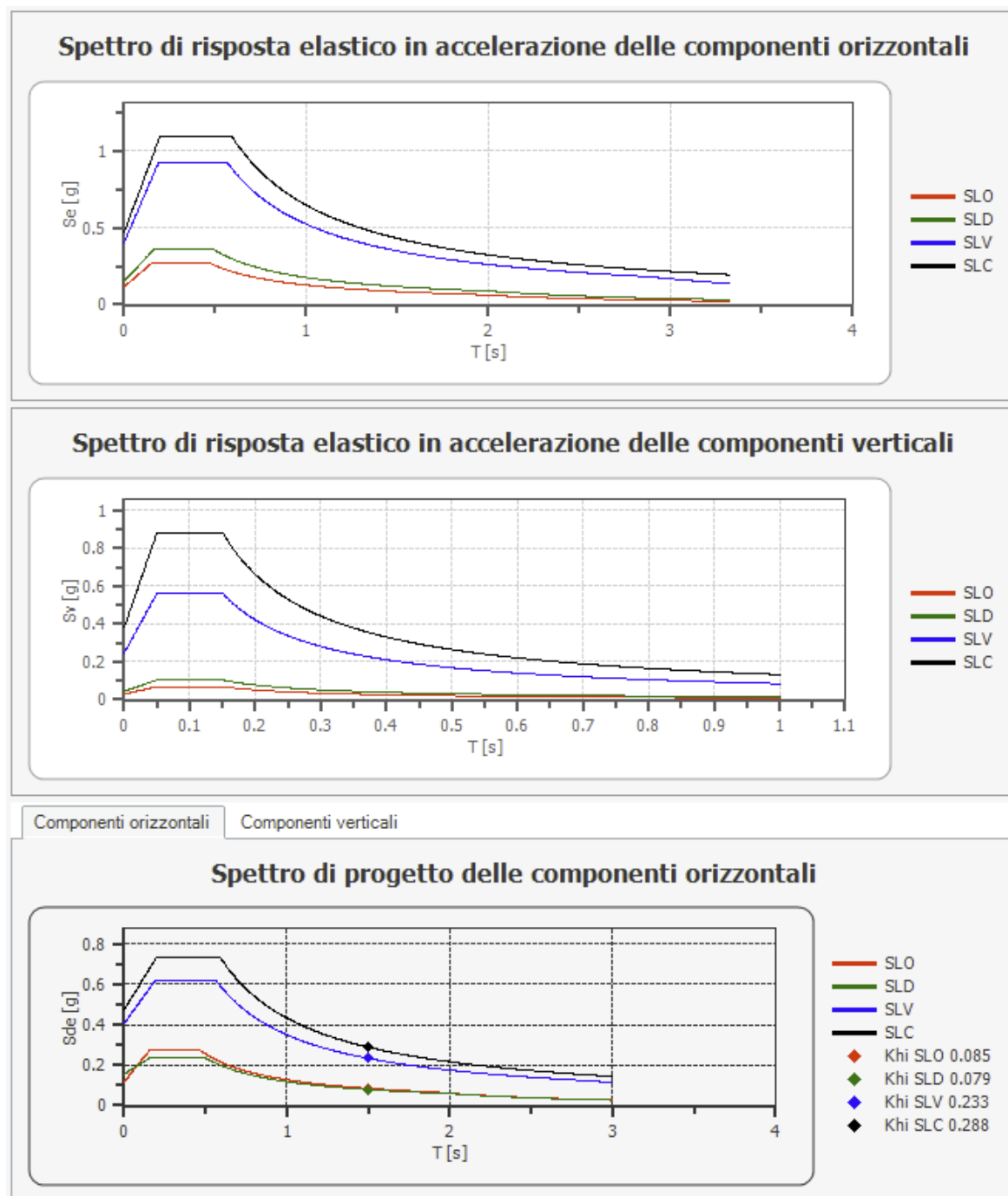


Figura 23: Spettri di risposta elastici.

10 CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Flumeri (AV), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in II categoria (media sismicità), $a_g=0,25g$.

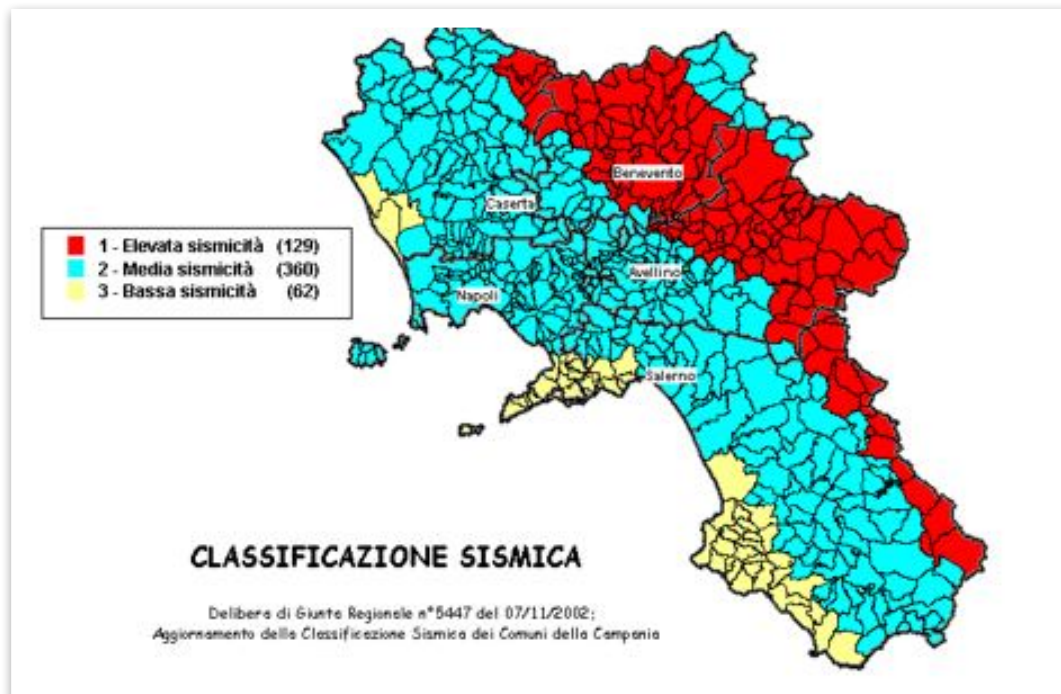


Figura 37: Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. - Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; - Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; - Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), indica che il territorio comunale di Flumeri (AV) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra **0.250 e 0.275** (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto in categoria **C**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a:

Prospezione sismica	V_{Seq} (m/s)
MASW n. 1	[356]

Tabella 8: Valori di V_{Seq} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

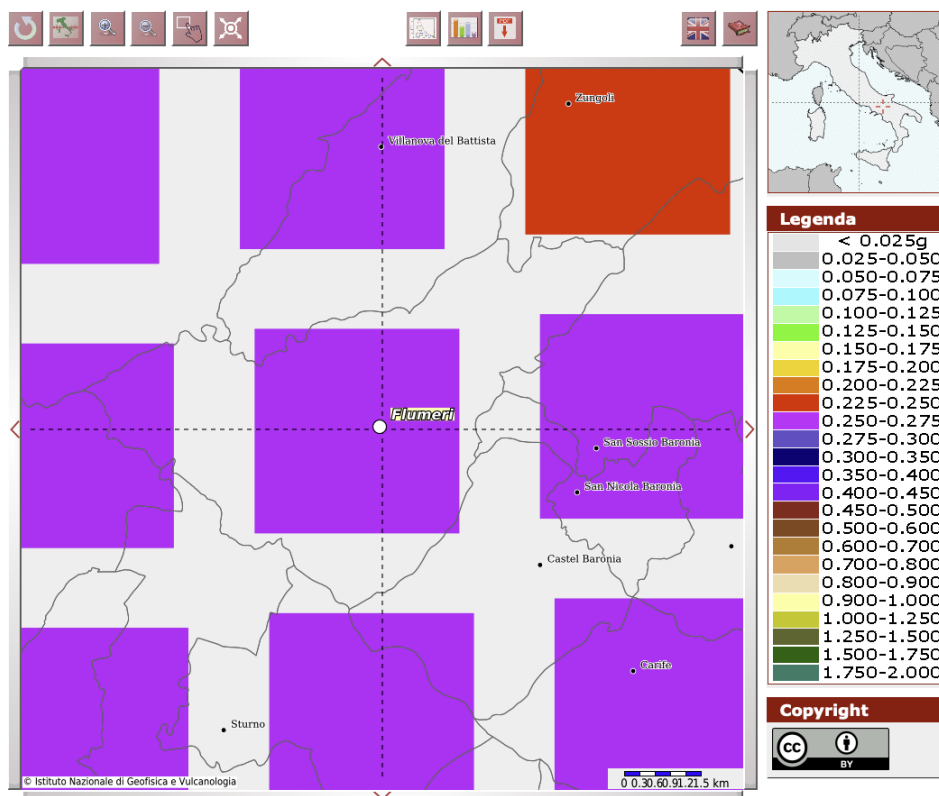


Figura 38: Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018) -Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

In funzione della categoria di suolo **C** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- **Vita nominale della costruzione** - $VN \geq 50$ anni;
- **Coefficiente d'uso della costruzione** - $CU = 1,5$;
- **Classe d'uso della costruzione** IV.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e $Se [g]$ (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a

a_g SLD	a_g SLV	$Se [g]$ SLD	$Se [g]$ SLV
[0,103]	[0,322]	[0,359]	[0,926]

Tabella 9: Valori massimi di a_g e $Se [g]$ relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $VN \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $CU = 1,5$ – Classe d'uso della costruzione III; smorzamento 5%.

Di seguito si riportano i valori di VS per i sismostrati riscontrati dalle prospezioni sismiche.

Sismostrato	Profondità (m)	VS (m/s) acquisizione n.1	SPESSORE STRATO (m)
1	0,00 - 3,20	175	3,20
2	3,20 - 19,20	307	16,00
3	19,20 - 35,00	780	15,80

Tabella 10: Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.

Sulla base degli elementi acquisiti nei paragrafi precedenti, è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- da un punto di vista geologico, l'area di studio è imposta su depositi di origine sedimentaria deposti in ambiente marino o di transizione (**b₂**)
- le caratteristiche fisico-meccaniche **sono riportate nel capitolo indagini in sito.**
- Dalle indagini geognostiche si evince che i terreni sono di natura prevalentemente argilloso-sabbiosa, questo non comporta interferenze con la realizzazione dell'opera oggetto di studio, pertanto, **può essere esclusa anche dalla verifica alla liquefazione.**
- La categoria dei **suoli di fondazione** con un **Vseq pari a 356 m/s è C;**
- I valori massimi di *ag* (accelerazione orizzontale massima al suolo) e *Se* [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra TB e TC), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) sono:
 - **ag SLD:** 0,103 - **ag SLV:** 0,322 - **Se(ag) SLD:** 0,359 - **Se(ag) SLV:** 0,926.
- Dai sopralluoghi effettuati e dalle caratteristiche del substrato è da escludere la presenza di cavità sotterranee significative.

In conclusione, da un punto di vista geologico, morfologico e idrogeologico, il sito in questione risulta idoneo ad accogliere gli interventi in progetto.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

MERCOGLIANO, 12/02/2026

Dott. Geologo Paolo Dello Russo
(O.R.G. n.2765)

Allegati

CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO