

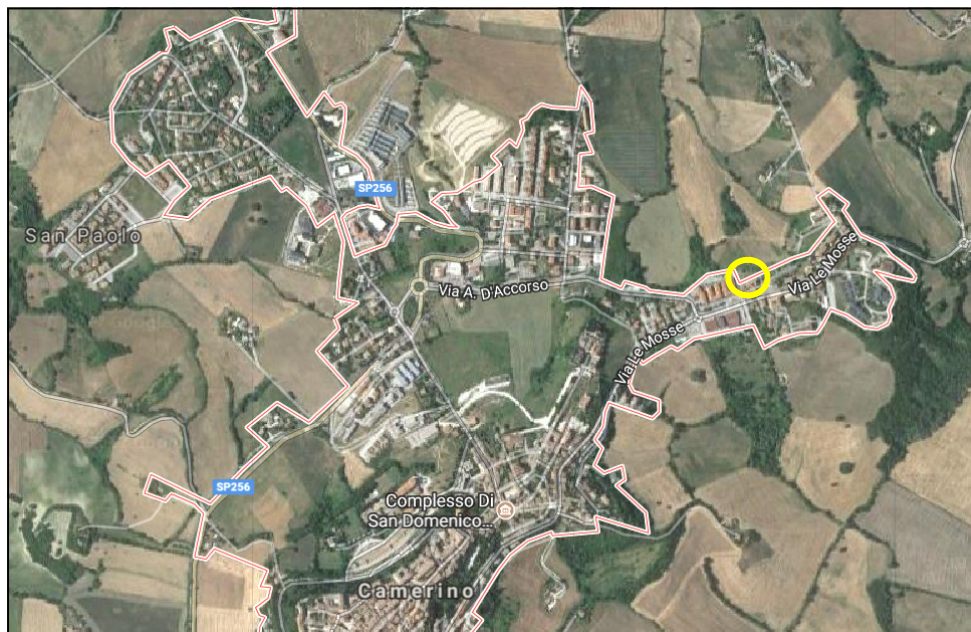
Comune di Camerino

Provincia di Macerata



PROGETTO DI VARIANTE AL P.R.G.

art. 26 L.R. n. 34 del 5.08.1992 e art. 2 L.R. n. 19 del 16.08.2001



1. **MODELLAZIONE GEOLOGICA**
2. **MODELLAZIONE SISMICA**
3. **MODELLAZIONE GEOTECNICA**
4. **ANALISI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA**

[NTC2018]

[D.P.R. 328/01] - art. 41 comma 1 lettera E

[P.A.I.] - N.T.A.

Richiedenti

FABRIZIO BOLDRINI

Geologo Specialista

Dr. Fabio ROSSI

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE



CAMERINO - MARZO 2019

**AMBIENTE
GEOBIOLOGIA
GEOLOGIA APPLICATA**

STUDIO ELLERRE

Dr. Fabio Rossi - Geologo specialista (Albo sezione A) - cell. 335/6745527

SEDE LEGALE: Via Adige 26 63821 Porto Sant'Elpidio (FM) - 0734/993476

SEDE OPERATIVA:

Viale Matteotti n. 156 62012 Civitanova Marche (MC) - tel. 0733-814818

CONTATTI

www.studioellerre.com

info@studioellerre.com

PEC: fabiorossi65@pec.it

INDICE

I. PREMESSA E PRASSI D'INDAGINE.....	3
II. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO	6

PARTE PRIMA: RELAZIONE e MODELLAZIONE GEOLOGICA

1. NOTE DI GEOLOGIA	8
2. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA ED IDROGEOLOGIA	8
4. LITOLOGIA E MECCANICA TERRENI (PARAMETRI MEDI)	9

PARTE SECONDA: RELAZIONE e MODELLAZIONE GEOLOGICA

5. Rischio sismico e pericolosità geologiche	11
5.1 premessa	11
6. azione sismica (NTC2018)	12
6.1 classificazione sismica del suolo	12
6.2 valori di pericolosità sismica	13
7. analisi stabilità di versante	13
8. STIMA ANALITICA PERICOLOSITÀ DELL'AREA	15
8.1 premessa	15
8.2 metodo HAZARD	15

PARTE TERZA: ANALISI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

9.1 Premessa	17
9.2 Caratterizzazione urbanistica	17
9.3 Impatto dell'opera sul sistema ambientale e territoriale	17
9.4 PARERE TECNICO E MISURE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO	18

ALLEGATI

- [ALLEGATO 1]: COROGRAFIA
- [ALLEGATO 2]: STRALCIO TAVOLA RISCHIO P.A.I.
- [ALLEGATO 3]: PLANIMETRIA GENERALE
- [ALLEGATO 4]: CARTA CLIVOMETRICA
- [ALLEGATO 5]: CARTA LITOTECNICA
- [ALLEGATO 5A]: CARTA GEOMORFOLOGICA
- [ALLEGATO 6]: CARTA DELLE CLASSI DI RISCHIO SISMICO
- [ALLEGATO 6A]: LOGS TEST IN SITO E GEOSISMICA E SLOPE STABILITY MODEL
- [ALLEGATO 7]: CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA
- [ALLEGATO 8]: CARTA DELLE CLASSI DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE
- [[ALLEGATO 9]: CARTA DI SINTESI DELLA FATTIBILITÀ
- [ALLEGATO 10]: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

I. PREMESSA E PRASSI DI INDAGINE

Su incarico della ditta Fabrizio Boldrini, nella presente relazione sono esposti i risultati relativi l'indagine geologico-tecnica per il progetto di "Variante al P.R.G. di area sita in località Le Mosse nel Comune di Camerino (MC).

Nello specifico essa concerne la trasformazione di una porzione del Piano Particolareggiato di iniziativa privata denominato "PP8, sito in Via Le Mosse, destinata a "Zona per attrezzature ricettive e di ristoro (F4)" di cui all'art. 17 delle NTA del vigente PRG, a "Zona edificabile di espansione (C)" di cui all'art. 24 delle citate NTA, mediante trasferimento parziale della capacità edificatoria dei lotti nn. 17, 18, 19 e 20 della sub lottizzazione PL4d della Lottizzazione PL4 sita in località San Paolo, approvata con Delibera di Consiglio comunale n. 21 del 17/06/2013 e non ancora attuata. La cubatura da trasferire è pari a circa mc 7.000,00. I terreni situati in località San Paolo sono di proprietà della Ditta Conedil di Boldrini Fabrizio mentre quelli siti in via Le Mosse sono di proprietà della ditta Fabbriconi Simonetta. Il nuovo piano di lottizzazione sarà denominato PL17

L'intero lavoro è stato redatto in conformità con quanto previsto da:

- *NTC2018 Testo Unitario Norme Tecniche per le Costruzioni per programmi e progetti edilizi in zona sismica.*
- *Eurocodice n. 8 (1998) Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (anno 2003).*
- *N.T.A. del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*
- *P.P.A.R., P.R.G.*

Il valore di $A(g)$, accelerazione orizzontale al suolo espressa come frazione della accelerazione di gravità (g), nella zona di progetto risulta pari a:

ZONA	$A(g)$ d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme tecniche)	$A(g)$ con probabilità di superamento della soglia pari al 10% in 50 anni
2	0,25	0,15÷0,25

All'uopo è stata adottata la seguente metodologia di indagine:

1. ricerca dei dati disponibili (indagini geologiche da progetto esecutivo effettuate in lotti limitrofi o geologicamente correlabili, cartografia e relazione geologico-tecnica della I e II Fase del P.R.G. adeguato al P.P.A.R. - L.R. 26/1987, prescrizioni di rischio tratteggiate dall'Autorità di Bacino Regionale nel P.A.I. e dalla Provincia di Macerata nel P.T.C.);
2. rilievo geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio delle aree in oggetto e d'influenza adiacenti in scala 1:500;
3. studio geologico del terreno mediante il reperimento di prove penetrometriche, di definizione geotecnica e verifica meccanica dei litotipi riscontrati.
4. studio "geo-sismico" del terreno mediante prospezione sismiche.
5. esplorazione geognostica del sottosuolo tramite sondaggi geognostici eseguiti con macchine a rotazione, per il riconoscimento geolitologico dei terreni immergenti.

Il corpo della Relazione Geologica è distinto in due sezioni.

Nella prima sezione abbiamo:

1. L'inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area di progetto;
2. La tassonomia "geologico-litotecnica" e "geomeccanica media (Fm)" dei terreni;
3. La verifica di stabilità dei versanti (chart analysis), secondo le metodologie più appropriate con relativi tabulati, grafici e rappresentazioni (ove necessaria e/o significativa);
4. I logs attinenti ai saggi geognostici ed alle prove penetrometriche con relativo censimento e mappatura.
5. Le sezioni geologico-tecniche.

Nella seconda sezione abbiamo:

1. La «Zonazione di fattibilità» per l'area oggetto di progetto, con identificazione della compatibilità dell'intervento con le condizioni di dissesto ed il livello di rischio esistente nell'area.

▪ La legge urbanistica della Regione Marche individua differenti livelli di pianificazione urbanistica, distinti per i contenuti delle analisi territoriali e coordinati tra loro in modo che ciascun livello costituisca il quadro di riferimento per quelli di livello inferiore, secondo uno «schema a cascata».

Nel presente lavoro si è pertanto tenuto conto dell'Ordinamento Nazionale (NTC2018), Regionale e Provinciale (L.R. n. 26/87, D.P.G.R. 14 settembre 1989, circolari nn. 4/88, 14/90 e 15/90, prescrizioni di rischio redatte dall'Autorità di Bacino Regionale nel P.A.I. e dalla Provincia di Macerata nel P.T.C.), dei Regolamenti Comunali, delle N.T.d.A. contenute nel P.R.G. adeguato al P.P.A.R. del Comune di Camerino.

All'uopo, data la natura specialistica del presente lavoro, è stata prodotta una cartografia progettuale in scala di dettaglio che rivela le attitudini delle singole unità di terreno riscontrate, con particolare riferimento all'assetto geologico, geomorfologico, reologico, idrogeologico e geodinamico dell'area di progetto e contenente la classificazione puntuale dei terreni ai fini della loro utilizzazione come risorsa naturale.

La documentazione per questa sezione della Relazione Geologica contiene:

1. **Stralcio P.A.I.** Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico.
2. **Carta Clivometrica.** La carta è stata realizzata secondo lo schema generale che un progressivo incremento di pendenza corrisponde ad un presumibile aumento del grado d'instabilità di un versante. All'uopo sono state adottate 4 (quattro) classi di pendenze: I $\leq 10\%$; II $10 \div 20\%$; III $20 \div 30\%$; IV $\geq 30\%$ laddove, secondo quanto previsto dal P.P.A.R., per pendenze superiori al 30% è precluso qualsiasi intervento edilizio.
3. **Carta Geo-Litotecnica e Carta Geomorfologica.** I rilevamenti di campagna in scala 1:500, stereoscopici di aeroriprese e le indagini dirette in sito (saggi geognostici e test geomeccanici), hanno reso possibile l'agnizione di unità litologiche precipue, classificandole sulla base della tipologia, spessore e comportamento geomeccanico, reologico, geoidrologico e geodinamico, in funzione della tessitura, dello stato d'aggregazione particellare e del grado

d'alterazione del litotipo. La legenda proposta distingue i terreni superficiali riscontrati in differenti unità e sub-unità.

4. **Carta di Microzonazione sismica.** Per l'ottimizzazione del programma progettuale, si è prodotta una carta di «Microzonazione analitica» con relativa distribuzione delle accelerazioni sismiche orizzontale $A(g)$ e delle velocità (V_s) delle onde S di taglio, nella quale si ricapitolano i dati analitici effettivamente riscontrati per: accelerazione sismica orizzontale di picco [$A_{max}(g)$] e di progetto [$A_e(g)$]; Velocità di propagazione delle onde S mediata nei primi 30 m di profondità [V_{s30}] ed andamento della microzonazione correlati alla classificazione sismica dei suoli secondo lo schema previsto dalle NTC. La sintesi, attuata secondo il principio della sovrapposizione degli effetti, contempla 5 classi attitudinali di rischio: R1) zona priva di amplificazione; R2) zona di bassa amplificazione; R3) zona di moderata amplificazione; R4) zona di amplificazione; R5) zona di elevata amplificazione.
5. **Carte sinottiche delle “Pericolosità geologica” e “Classi di Rischio Sismico”.** Poiché l'area oggetto di studio ricade in zona sismica 2, a norma della L. n. 64/1974 s.m.i. (Circolari Regione Marche nn. 14 e 15 del 1990, Delibera n.1287/97 e segnalazioni del P.T.C.) e delle NTC2018, l'analisi di tutti caratteri in precedenza elencati è stata integrata con valutazioni sulla «pericolosità geologica» e sul «rischio sismico». Per un'ottimale critica si è applicato il principio della sovrapposizione degli effetti, sia in riferimento ai meccanismi sorgenti dei terremoti sia alle possibili amplificazioni delle onde telluriche in coincidenza di scenari e forme sfavorevoli.
6. **Carta di sintesi della fattibilità geologica per la previsione urbanistica.** La cartografia di fattibilità geologica o di «Vincolo e Penalità» assume una funzione di cerniera fra il progetto urbanistico e l'analisi esecutiva, in quanto consente di avere una visione mirata e circostanziata delle diverse penalità geologico-ambientali riscontrate nell'area di progetto. Il territorio analizzato è stato suddiviso in 3 (tre) differenti classi attitudinali estensive [con “V” = Vincolo].
 - V1) aree prive di vincoli;
 - V2) aree con prescrizioni;
 - V3) aree vincolate.

Data la natura specialistica del presente lavoro è stato adottato tale canone così da avere una visione mirata e circostanziata delle diverse penalità e vincoli riscontrati nell'area di progetto.

Tutte le carte di sintesi allegate si autocommentano tramite legenda a fianco delle mappe.

II. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CLIMATICO

L'area di progetto è geograficamente localizzata nella sezione C.T.R. n. 313050 dell'ortofotocarta in scala 1:10.000 della Regione Marche (Cfr. Allegato 1).

Dal punto climatologico l'area può essere inserita, secondo la classificazione adottata dal Köppen, che suddivide la Regione Marche in 3 tipi climatici principali, nel tipo "Continente fresco", caratteristico delle zone montuose ed alto collinari, contraddistinto da inverni freddi, dove si registrano di continuo temperature al disotto dello zero ed estati mediamente calde ed asciutte, durante le quali, specie nei mesi di luglio ed agosto, le temperature possono anche raggiungere i $28^{\circ}\div 30^{\circ}$. L'escursione termica è significativa, con punte annuali che superano $18^{\circ}\div 20^{\circ}$.

Dal punto di vista pluviometrico, l'area in esame si caratterizza per picchi in corrispondenza delle stagioni intermedie, in accordo con quanto accade nelle altre regioni dell'Italia centrale (Pinna 1978, Moisiello e Piccinini, 1982, Enea-OGS, 1987, L'Ambiente fisico delle Marche VV.AA., 1993). Le precipitazioni risultano condizionate dalle altitudini; i massimi di piovosità si registrano in corrispondenza dei rilievi montuosi, a quote superiori a 1000 m di altitudine, con massimi nella tarda stagione autunnale (novembre-dicembre) e con valori anche superiori a 1300 mm annuali. In linea di trend, si osserva che le precipitazioni tendono a regredire gradualmente al diminuire della distanza dall'entroterra, indipendentemente dalla quota.

La macrozona in oggetto, prettamente urbana, ubicata lungo il crinale di spartiacque del bacino idrografico del fiume Potenza, mostra precipitazioni annue comprese attorno a 850 mm.

Per quanto attiene al soleggiamento, in assenza comunque di dati temporali significativi (ENAEA-OGS 1987), si assiste, previa le "normali" variazioni stagionali, ad una progressiva crescita dei valori di irradiazione solare al calare della latitudine, in conseguenza del progressivo e minore l'angolo di incidenza solare.

Il territorio di progetto, per la sua collocazione geografica e topografica, mostra un modesto irraggiamento solare.

PARTE PRIMA: MODELLAZIONE GEOLOGICA

1. INTRODUZIONE

L'area in esame presenta una situazione geologico geomorfologica tipica delle zone di altro strutturale della successione miocenica umbro-marchigiano-romagnola, caratterizzata da diffusi affioramenti della cosiddetta formazione di Camerino, contraddistinta da 3 litofacies:

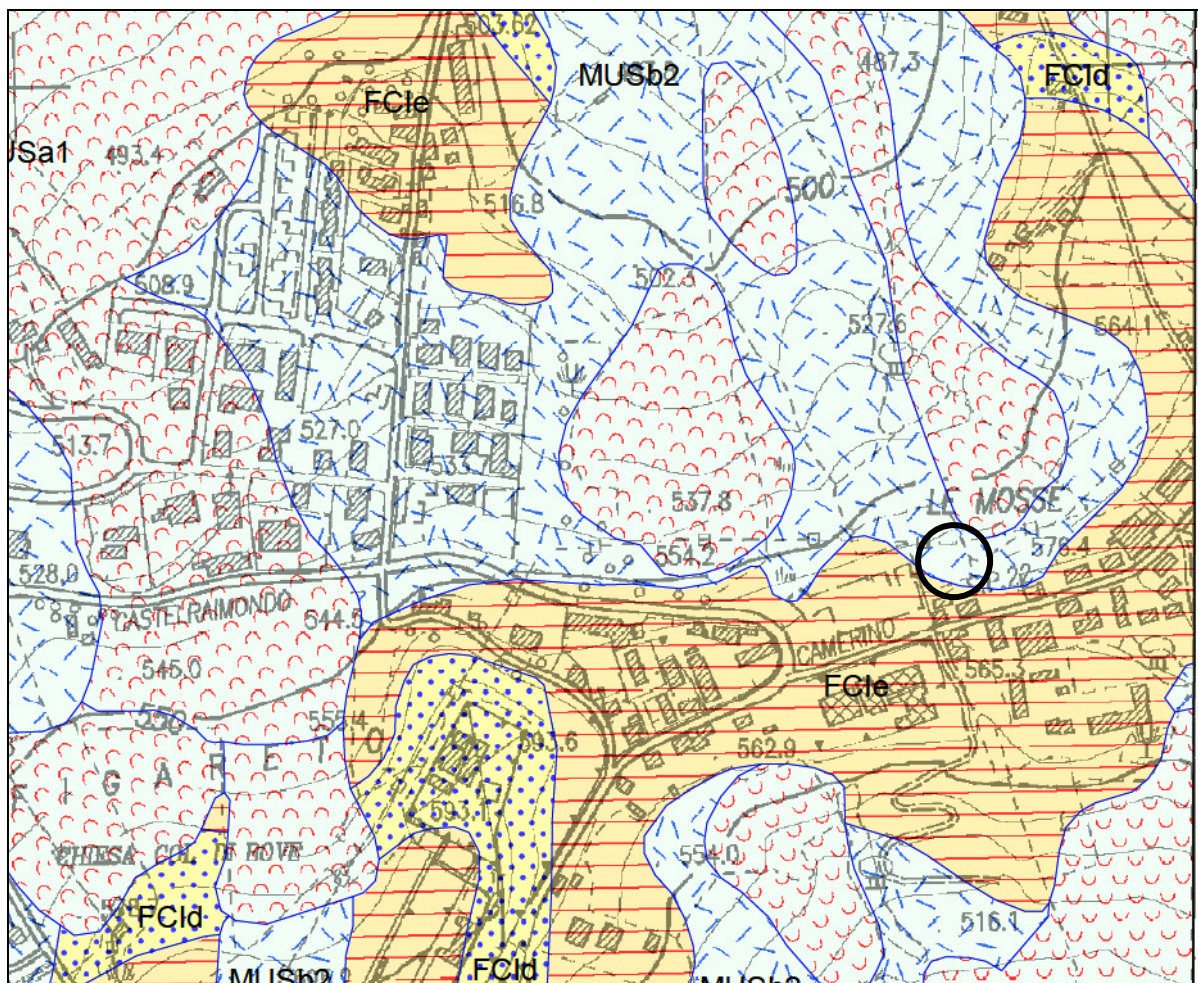
- arenacea
- arenaceo/pelitica
- pelitico/arenacea

L'area di progetto si caratterizza per la persistenza della litofacies pelitico/arenacea, composta da argille marnose stratificate a sabbie.

La suddetta formazione è in talune zone, specie in fondovalle, ammantata da cospicua coltre eluvio colluviale prevalentemente limosa argillosa e limosa sabbiosa argillosa, con spessori da pochi decimetri fino sopra i 10÷15 metri.

Al contatto tra la coltre ed il substrato si posso instaurare livello di scollamento, e dunque frane di diversa tipologia, a seguito di circolazione idrica, lame d'acqua e forte pendenza topografica.

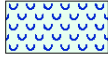
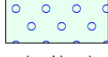
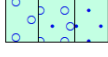
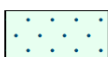
L'unità in questione è costantemente ricoperta da spessori di materiale di riporto, più o meno cospicui a secondo dell'antropizzazione dell'area, che si pone in continuità stratigrafica.



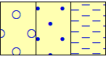
DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

SINTEMA DEL MUSONE

(OLOCENE)

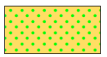
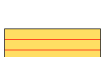
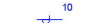
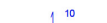
	MUSa1	Frane in evoluzione
	MUSa1q	Frane senza indizi di evoluzione
	MUSb2	Depositi eluvio-colluviali
	MUSb	Depositi alluvionali attuali ghiaie, ghiaie sabbiose
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati a) ghiaie, ghiaie sabbiose b) ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie c) sabbie, sabbie ghiaiose
	MUSg2a	Depositi di spiaggia attuale a) ghiaie, ghiaie sabbiose b) ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie
	MUSg2b	Depositi di spiaggia antica sabbie, sabbie ghiaiose

SINTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)

	MT1a	Depositi di versante
	MT1bn	Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SUCCESSIONE UMBRO-MARCHIGIANO-ROMAGNOLA

SUCCESSIONE MIOCENICA

	FC1c	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FC1d	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenaceo-pelitica Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FC1e	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies pelitico-arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
		Contatto stratigrafico e/o litologico
		Faglia
		Sovrascorrimento principale
		Stratificazione diretta
		Stratificazione orizzontale diretta
		Stratificazione verticale con indicazione della polarità
		Stratificazione rovesciata
		Asse di piega asimmetrica
		Asse di piega

2. TOPOGRAFIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

L'area di variante al P.R.G. è ubicata in loc. Le Mosse, zona urbana ubicata al margine settentrionale dell'abitato di Camerino.

La zona risulta in fase di espansione ed antropizzata, e caratterizzata dalla presenza di diffuse abitazioni ad uso civile intervallate da taluni manufatti commerciali, tutti pressoché allineati lungo la principale arteria di comunicazione.

Nello specifico, l'area sede del progetto (Cfr. Allegato 1 - Corografia e 2 - Stralcio P.A.I.), è posizionata lungo la sezione apicale di un versante relativamente ampio, concavo ed esposto a nord, alla quota di circa 560m s.l.m., che degrada con pendenze progressivamente crescenti verso il fosso di Sperimento che incide la locale successione stratigrafica miocenica.

Nel complesso il tratto di pendice in intervento mantiene la tipica morfologia e fisionomia del rilievo collinare marchigiano interno, con deboli ondulazioni nell'ambito di pendenze differenziate (anche significative), lineamenti che si ripetono in altri tratti del versante relazionato.

La cartografia geologica e geomorfologica da CaRG e Aquater accertano l'esistenza al limite esterno della zona di progetto di una modesta condizione di disequilibrio (Cfr. Allegato 5A). Simili rilievi sono presenti anche nel P.A.I. (Cfr. Allegato 4: Stralcio Tavola Rischio P.A.I. ed Allegato 5A), sebbene la forma gravitativa indicata sia di dimensioni sensibilmente ridotte rispetto a quella fotografata dal CaRG.

Nello specifico, la testata (corona) della forma gravitativa superficiale di tipo P2- R3, catalogata con la sigla F-16-0622, interferisce con il lembo estremo dell'area interessata dal progetto di variante urbanistica (Cfr. Allegato 2 e ed Allegato 5A).

Nelle aree a pericolosità P1 e P2, **in base al comma 5), art. 12 delle N.T.A. del P.A.I., sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto del D.M. LL.PP. 11.03.1988 s.m.i. (ora NTC2018).**

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi dell'Art. 12 delle N.T.A. del P.A.I., laddove le indagini condotte in ottemperanza alla legislazione vigente sono state volte a dimostrare la compatibilità dell'intervento con le condizioni di dissesto ed il livello di pericolosità esistente.

L'esame delle foto aeree, il rilievo geomorfologico di dettaglio e le indagini geognostiche reperite ed eseguite NON hanno confermato simili osservazioni, non consentendo allo stato attuale ed in condizioni statiche l'identificazione di forme di rischio nell'ambito dell'area di progetto e/o in zona buffer.

Al fine di confermare quanto sopra è stata prodotta una cartografia geomorfologica areale con relativa documentazione fotografica (Cfr. Allegato 5A) e redatta la presente relazione tecnica.

Le risultanze esposte fanno ritenere l'area in parola non subordinata a processi geomorfologici in grado d'inficiarne la stabilità.

2.2 Idrologia. L'area si caratterizza per l'assenza di fossi minori a distanza sintomatica, laddove l'idrologia della macrozona territoriale è condizionata dal fosso di Sperimento, che scorre con un andamento rettilineo a valle e circa 500ml in direzione settentrionale dell'area di progetto. Si riscontrano anche fossetti minori, finanche non significativi, ad una distanza minima dall'area di progetto variabile da 75ml a ad 85 m.

Si rappresenta che il fossetto in sinistra idrografica è pressoché obliterato per almeno i primi 30÷35 ml per i continui abbancamenti di terreno correlati all'urbanizzazione dell'area e realizzazione degli edifici di epoca precedente.

■ **Considerato comunque il franco esistente con il suddetto corso d'acqua principale e la distanza dallo stesso, non sussistono problematiche idrologiche**

2.3 Idrogeologia. La composizione litologica e tessiturale dei litotipi riscontrati NON favorisce l'instaurarsi della falda acquifera.

Le analisi precipue eseguite nel sito ed il materiale tecnico reperito hanno confermato simili valutazioni, non evidenziando nelle colonne stratigrafiche elaborate manifestazioni idriche, fatta eccezione per maggiore umidità e/o circoscritte manifestazioni idriche al contatto tra la coltre ed il substrato nei periodi di forte piovosità.

➔ **In relazione a quanto sopra, rapportato al progetto, non sussistono problematiche di fattibilità idrogeologica.**

4. LITOLOGIA E MECCANICA MEDIA TERRENI (PARAMETRI FM)

Le puntuali indagini effettuate sul terreno hanno consentito di accertare differenti litologie, distinte per qualità mineralogiche, tessiturali, granulometriche e geomeccaniche.

La classificazione delle differenti unità accertate è stata eseguita seguendo di base lo schema indicato dalla Circolare della Regione Marche n. 14 del 28 agosto 1990, distinguendo i depositi in base alle genesi.

La tassonomia geologico-tecnica dei litotipi rilevati è stata definita come segue.

▪ **[Unità litotecnica D0]** È composto da materiale eterogeneo di colore variegato, terroso in matrice limosa argillosa sabbiosa, sostanza vegetale, organica e grossolana (laterizi, mattoni ecc.). Simile unità rappresenta il risultato del rimaneggiamento antropico del suolo. Lo spessore del complesso è molto variabile, dal metro sin sopra i 3m nelle zone sub-pianeggianti antropizzate e di accumulo. *Scadenti e/o sovradimensionate e/o non significative le qualità geotecniche e reologiche.*

[Unità litotecniche F1a-Ef1 / E2] - Litotipi B. Il complesso è composto da limi e sabbie destrut-urati in amalgama ad argille lamellari. Trattasi di un'unità di superficie propriamente eluvio-colluviali, eteropica e lentiforme, di grossezza irregolare sia arealmente che verticalmente. Lo spessore dell'unità tende progressivamente a crescere da monte a valle, risultando comunque sempre superiore a 2,5÷3,0 metri. Sufficienti le qualità reologico-geotecniche, sebbene lo stato di addensamento/consolidamenti sia influenzato dalle circolazione idrica superficiale.

UNITÀ LITOTECNICHE: F1a-Ef1 / E2 - Litotipi B					
PESO DI VOLUME	DENSITÀ RELATIVA	MODULO POISSON	ANGOLO D'ATTRITO	MODULO ELASTICO	N _{SPT}
γ (G/CM ³)	D _R (%)	ν (-)	ϕ (°)	E _s (KG/CM ²)	(-)
1,78 ÷ 1,86	39 ÷ 52	0,35 ÷ 0,34	27,2 ÷ 29,8	100 ÷ 148	8,6 ÷ 14,1
COESIONE DRENATA	LIQUEFACIBILITÀ	COSTANTE QUIETE	ANGOLO EFFICACE	MODULO DI TAGLIO	
C' (KG/CM ²)	F _s (-)	K ₀ (-)	ϕ' (°)	G ₀ (KG/CM ²)	
0,08 ÷ 0,13	1,85 ÷ 3,96	0,46 ÷ 0,44	22,8 ÷ 25,0	483 ÷ 689	

UNITÀ LITOTECNICHE DEL SUBSTRATO:

Sedimenti a grana finissima.

F1 - Litotipi C. Argille marnose mioceniche di colore grigio sottilmente stratificate a sabbie grigio-rossastre, passanti ad argille marnose grigio-azzurre massive, plumbee a frattura concoide. Il litotipo si presenta alterato e decompresso nella sezione apicale, laddove il grado d'alterazione decresce con l'aumentare della profondità di riscontro e della relativa tensione di confinamento. Medio alto il grado di sovraconsolidazione e più che buone le qualità geomeccaniche e reologiche.

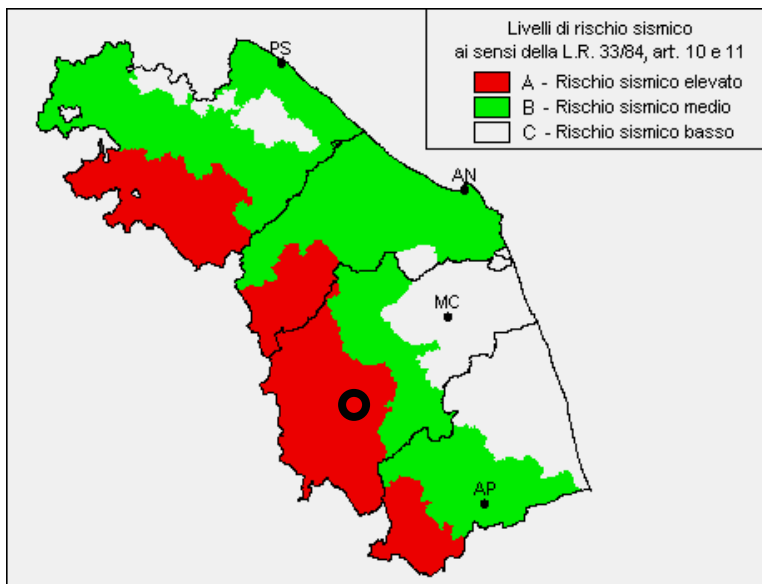
UNITÀ LITOTECNICA (F1e): facies E2a					
PESO DI VOLUME	RAPPORTO OCR	MODULO POISSON	COES. NON DRENATA	MODULO EDOMETRICO	N _{SPT}
γ (G/CM ³)	OCR (-)	ν (-)	C _u (KG/CM ²)	E _s (KG/CM ²)	(-)
1,91 ÷ 1,92	1,14 ÷ 2,07	0,34 ÷ 0,33	1,62 ÷ 1,68	106 ÷ 107	20,8
ANGOLO EFFICACE	LIQUEFACIBILITÀ	COSTANTE QUIETE	COESIONE DRENATA	MODULO DI TAGLIO	
ϕ' (°)	F _s (-)	K ₀ (-)	C' (KG/CM ²)	G ₀ (KG/CM ²)	
22,3 ÷ 26,4	15,2 ÷ 64,9	0,45 ÷ 0,43	0,20 ÷ 0,21	934 ÷ 975	

UNITÀ LITOTECNICA (F1e): facies E2b					
PESO DI VOLUME	RAPPORTO OCR	MODULO POISSON	COES. NON DRENATA	MODULO EDOMETRICO	NSPT
γ (G/CM ³)	OCR (-)	ν (-)	C _u (KG/CM ²)	E _s (KG/CM ²)	(-)
2,00÷2,04	1,64÷2,72	0,29	3,50÷4,12	182÷232	47,5÷54,8
ANGOLO EFFICACE	LIQUEFACIBILITÀ	COSTANTE QUIETE	COESIONE DRENATA	MODULO DI TAGLIO	
ϕ' (°)	F _s (-)	K ₀ (-)	C' (KG/CM ²)	G ₀ (KG/CM ²)	
30,4÷31,3	> 260	0,38	0,44÷0,51	1751÷1989	

PARTE SECONDA: RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA

5. RISCHIO SISMICO E PERICOLOSITÀ GEOLOGICHE

5.1 Premessa. La normativa sismica italiana, alla luce dell'avvicinarsi di molteplici terremoti, ha subito una sensibile evoluzione. La Regione Marche, in attuazione delle leggi nazionali, ha prodotto nuove norme tendenti alla riduzione del rischio sismico (L.R. 33/84). Sulla base degli artt. 10 e 11 dell'anzidetta legge, la Regione Marche ha emanato nell'agosto del 1990 le circolari nn. 14 e 15 ascrisse rispettivamente al P.P.A.R. ed alla pericolosità sismica. Le indagini richieste dalla L.R. 33/84 sono indi finalizzate alla valutazione del rischio sismico alla scala delle scelte del piano urbanistico, che incidono su tutto l'assetto urbano.



Nel particolare, la circolare 15/90 classifica e raggruppa i comuni marchigiani in tre livelli di rischio sismico: (A) alto, (B) medio e (C) basso.

Il comune di CAMERINO incluso nel livello "A": Alto Rischio Sismico.

Con *rischio sismico R* si indica il probabile danno che un determinato sito può subire in occasione di un sisma. In maniera analitica può essere espresso come il prodotto della pericolosità sismica **P**, della vulnerabilità sismica **V** e della quantificazione economica delle realtà danneggiate **Q**, ovvero: $R = P \times V \times Q$. La pericolosità sismica può essere direttamente riferita alla vibrazione che un sito può subire durante un evento tellurico, mentre la vulnerabilità definisce lo stato di conservazione del patrimonio edilizio e delle strutture sociali potenzialmente rese inattive dal terremoto. Il parametro relativo alla quantificazione delle realtà danneggiate è di non semplice valutazione, in quanto comprendente oltre a edifici o strutture produttive con relativo detrimento di redditività anche le vite umane ed i valori artistici e culturali.

A determinare il rischio sismico concorrono, in misura diversa, alcuni fattori quali:

- I. la *pericolosità sismica*, cioè le caratteristiche del sisma atteso nella località e la sua probabilità di ricorrenza nel tempo di riferimento (tempo di ritorno);
- II. la *risposta sismica locale*, ovvero le diversificazioni del terremoto atteso in relazione a condizioni geologiche, geomorfologiche, reologiche e geotecniche locali valutabili a scala di dettaglio;
- III. la *vulnerabilità*, ovvero la predisposizione dei manufatti esistenti e di progetto a subire danni in caso di evento tellurico;
- IV. l'*esposizione al terremoto*, cioè la distribuzione delle attività localizzate nel territorio urbanizzato e/o infrastrutturato, nonché dei carico urbanistico inteso negli aspetti demografici e occupazionali, nelle specifiche articolazioni delle densità edilizie, della dotazione impiantistica e delle loro interconnessioni.

6. AZIONE SISMICA (NTC2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (Norme tecniche per costruzioni in zone sismiche), si è provveduto alla caratterizzazione preliminare, in assenza del progetto esecutivo, delle diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, tramite il discrimine delle differenti "Vs". Di seguito sono ricapitolati i valori prossimali delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio "Vs" per i vari litotipi rilevati, restituiti nel Cap. 4.

		Velocità onde di taglio (m/sec)
LITOTIPO di riferimento	Spessore (m)	"Vs30"
Velocità HVSR-1:	30.0	634,8
Velocità HVSR-2:	30.0	454,9
Velocità mediata:	30.0	544,85

- **Vs30** (m/sec). Velocità ponderale di propagazione delle onde di taglio S mediata nei primi 30 m di profondità nel sottosuolo

6.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO

Per classificare un sito da un punto di vista sismico è necessario conoscere le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. Nello specifico devono essere noti:

1. il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il *bedrock* o il *bedrock-like*, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (*bedrock*) o uno strato sciolto (*bedrock-like*) con velocità delle onde S nettamente maggiori ai livelli sovrastanti (in genere $V_s > 500$ m/s);
2. la velocità delle onde S negli strati di copertura;

La caratterizzazione può essere effettuata, utilizzando prove penetrometriche dinamiche o statiche conformabili all'SPT o attraverso la sismica a rifrazione.

L'Ordinanza della P.C.M. n. 3274 del 25 marzo 2003 e le NTC2018 aggiornano la normativa sismica vigente con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale di un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini d'incremento dell'accelerazione al suolo e propone una classificazione di un sito basata sulle tipologie di suolo del profilo stratigrafico che vengono individuate in relazione ai parametri di velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) mediate sui primi 30 metri di terreno, ovvero sulla base dei valori NSPT. Tali tipologie sono:

Per classificare un sito da un punto di vista sismico è necessario conoscere le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area indagata. Nello specifico devono essere noti:

1. il numero e lo spessore degli strati di copertura, cioè dei livelli sovrastanti il *bedrock* o il *bedrock-like*, intendendo con questi termini l'eventuale substrato roccioso (*bedrock*) o uno strato sciolto (*bedrock-like*) con velocità delle onde S nettamente maggiori ai livelli sovrastanti (in genere $V_s > 500$ m/s);
2. la velocità delle onde S negli strati di copertura;

La caratterizzazione può essere effettuata, utilizzando prove penetrometriche dinamiche o statiche conformabili all'SPT o attraverso la sismica a rifrazione.

L'Ordinanza della P.C.M. n. 3274 del 25 marzo 2003, le NTC2008 e le NTC2018, hanno aggiornato la normativa sismica vigente con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale di un valore di scuotimento sismico di riferimento espresso in termini d'incremento dell'accelerazione al suolo e propone una classificazione di un sito basata sulle tipologie di suolo del profilo stratigrafico che vengono individuate in relazione ai parametri di velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{s30}) mediate sui primi 30 metri di terreno.

Le tipologie, ai sensi delle NTC2018, sono:

- A. Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi** caratterizzati da valori di $V_{s30} \geq 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- B. Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà geomeccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 e 800 m/s;
- C. Deposit**i di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s;
- D. Deposit**i di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.;
- E. Terreni** con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. (con $V_{s30} > 800$ m/s).

Per le suddette categorie di sottosuolo le azioni sismiche sono definite dalle NTC2018 attraverso opportuni coefficienti da utilizzare per la determinazione degli spettri di risposta. In particolare in base alla categoria di sottosuolo si definiscono i coefficienti S_s (coefficiente di amplificazione stratigrafica) e C_c , che per sottosuolo di categoria A valgono 1, mentre per le altre categorie si calcolano in funzione dei parametri forniti in base alle coordinate geografiche del sito (A_g , F_0 e T_c^).*

Il fenomeno d'amplificazione sismica si accentua al decrescere di "Vs" alla stessa profondità.

In relazione alle puntuali indagini effettuate sul terreno, secondo la parametrizzazione di cui al Capitolo 4, con una velocità mediata delle onde di taglio pari a: $V_{s30} = 544,85$ m/sec, discerniamo una categoria di suolo: **"B"**.

6.2 VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Le NTC2018 definiscono i valori standard di salvaguardia A(g) (SLV) e relative variabili: operatività (SLO), danno (SLD) e collasso (SLC) calcolati su griglia con passo 0,02°, in relazione alle coordinate geografiche dell'area di riferimento (latitudine e longitudine) su base in scala 1:10.000.

Di seguito sono restituiti i valori specifici per il "sito di progetto" (Cfr. sotto - Computo parametri Stati Limite Sisma):

Via n°

Comune Cap

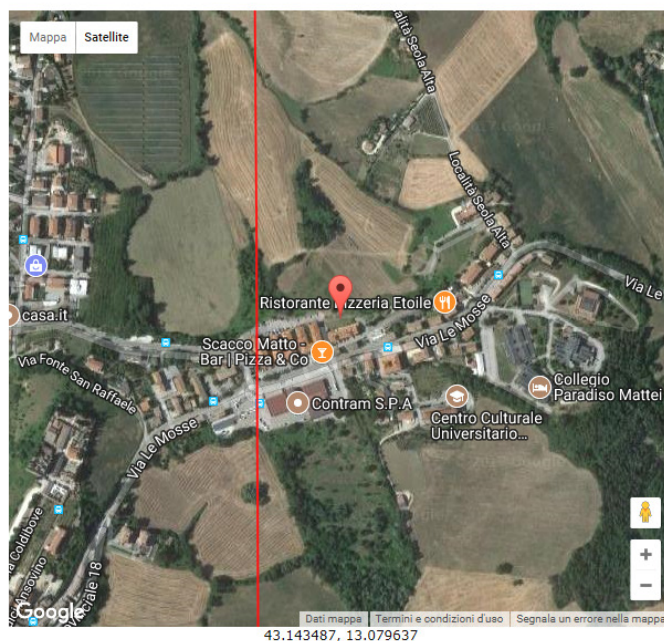
Provincia

WGS84 (°)

Latitudine

Longitudine

Isole



☒ Visualizza vertici della
maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.
(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

(1)* Coordinate WGS84 (°)
Latitudine Longitudine

(1)* Coordinate ED50 (°)
Latitudine Longitudine

Classe dell'edificio

Cu = 1

Vita nominale
(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)
Interpolazione

Stato Limite	Tr [anni]	a ₁ [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	30	0,064	2,449	0,276
Danno (SLD)	50	0,080	2,453	0,288
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,189	2,515	0,329
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,240	2,566	0,338
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

☐ Muri di sostegno ☐ Paratie

☒ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,15
Cc * Coeff. funz. categoria	1,42	1,41	1,37	1,37
St * Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,015	0,019	0,054	0,077
kv	0,008	0,010	0,027	0,039
Amax [m/s²]	0,755	0,942	2,221	2,703
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

manufatto	Coordinate	Longitudine	Latitudine
comparto in variante	WGS84	13,079638	43,143487
comparto in variante	ED50	13,080569	43,144444

comparto	Long.	Lat.	operatività (SLO)	danno (SLD)	salvaguardia (SLV)	collasso (SLC)
Le Mosse	-	-	0,064	0,080	0,189	0,240

PARTE TERZA: MODELLAZIONE GEOTECNICA

7. ANALISI STABILITÀ DEI VERSANTI

7.1. Premessa. Al punto 6.3 e relativi sottopunti delle NTC vengono specificate le indagini e le procedure di verifica di sicurezza agli SLU dei pendii naturali. Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento (potenziale e/o effettiva), dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.

Il livello di sicurezza “Fs” è espresso come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile (τ_s), presa con il suo valore caratteristico, e lo sforzo di taglio mobilitato (τ_m), lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale. Nel dettaglio si esplicita con la seguente relazione:

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m}$$

La letteratura tecnica accerta la persistenza di una testata di un movimento gravitativo di tipo P2 al margine esterno del perimetro esterno dell'area di progetto.

Il rilievo geomorfologico di superficie, i sondaggi meccanici e le prove penetrometriche NON hanno avallato siffatte valutazioni: NON sono stati difatti riconosciuti nell'area di progetto dei potenziali piani di debolezza capaci d'ingenerare superfici di slittamento epidermiche e/o (pseudo)deprese.

Parimenti, le caratteristiche reologiche e geomeccaniche dei litotipi rilevati risultano uniformi, più che discrete e crescenti con l'approfondimento (Cfr. Prg. 3)

L'assenza di falda idrica epidermica (Cfr. Prg. 2.2), la sub-orizzontalità o minima topografica dell'area di progetto (Cfr. Allegato 4: Carta Clivometrica) ed il riscontro della formazione a modesta profondità, rappresentano ulteriori vincoli alla completa stabilità dell'area di progetto.

7.2 Procedura. Sulla scorta di quanto sopra, al fine di ottemperare alle direttive di cui alle N.T.A. del P.A.I., si è proceduto alla verifica dello stato di stabilità del versante nella microzona di progetto, ciò allo scopo d'accertare se eventuali problematiche di *weakening, softening, rain hard, innalzamento della superficie piezometrica, eventi tellurici o altra fattispecie* possano disturbare la stabilità d'insieme della pendice.

Al punto 6.3 e relativi sottopunti delle NTC2018, vengono specificate le indagini e le procedure di verifica di sicurezza agli SLU dei pendii naturali. Le verifiche di sicurezza devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento (potenziale e/o effettiva), dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni interstiziali.

Il livello di sicurezza “Fs” è espresso come rapporto tra la resistenza la taglio disponibile (τ_s), presa con il suo valore caratteristico, e lo sforzo di taglio mobilitato (τ_m), lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale. Nel dettaglio si esplicita con la seguente relazione:

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m}$$

Nel metodi pseudostatici, la condizione di stato limite ultimo (SLU) viene riferita al cinemismo di collasso critico, caratterizzato quindi dal più basso valore del coefficiente di sicurezza “Fs”.

La verifica di stabilità è stata eseguita lungo la linea di massima pendenza, mentre i riscontri analitici, per accuratezza di previsione, sono stati attuati secondo i metodi del pendio indefinito e del pendio finito, in condizioni «ordinarie»-«sismiche» nel rispetto della normativa sismica vigente (NTC2018) - Cfr. Allegato 7A: *Slope stability models*.

I parametri geotecnici adottati sono quelli di progetto caratteristici (F_k), computati secondo quanto stabilito dalle NTC e sui cui verranno applicati i coefficienti parziali (CP) indicati nelle precedenti tabelle I e II, mentre i parametri sismici sono quelli ricavati dalla modellazione sismica del sito di progetto. La parametrizzazione si esplicita tramite:

Approccio 1: - Combinazione 2 (A2+M2+R2): verifiche geotecniche (GEO), con $R_2 = 1,10$

Parametro	Parametro coeff. parziale	Coefficiente parziale: “ γ_m ”	
		M1 statico / sismico	M2 statico / sismico
Tangente angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'} = 1,00 / 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25 / 1,25$
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'} = 1,00 / 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25 / 1,25$
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{cu} = 1,00 / 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40 / 1,40$
resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	$\gamma_{\gamma'} = 1,00 / 1,00$	$\gamma_{\gamma'} = 1,60 / 1,60$
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma_{\gamma'} = 1,00 / 1,00$	$\gamma_{\gamma'} = 1,00 / 1,00$

TAB. I - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Carichi	Effetto	Coefficienti parziali	A1 (STR) statico / sismico	A2 (GEO) statico / sismico
permanententi	favorevole	γ_{Q1}	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
	sfavorevole		1,30 / 1,00	1,00 / 1,00
Variabili	favorevole	γ_{Q1}	0,00 / 0,00	0,00 / 0,00
	sfavorevole		1,50 / 1,00	1,30 / 1,30

TAB. II - Coefficienti parziali per le azioni

Laddove le componenti orizzontali e verticale dell'azione sismica si ricavano da:

$$F_h = K_h \times W$$

$$F_v = K_v \times W$$

W = peso di volume del terreno potenzialmente instabile

7.3 PENDIO INDEFINITO

La metodica si applica quando la porzione di materiale coinvolto nella rottura è di modeste dimensioni rispetto all'altezza ed alla lunghezza del versante; in questo caso noi possiamo ipotizzare che la superficie di slittamento sia circa parallela alla superficie del terreno.

Per il computo sono state considerate le litologie che mostrano minima parametrizzazione geomeccanica in riferimento alla loro potenza. I valori più "bassi" si osservano nelle zone di contatto fra coltre e substrato alle seguenti profondità massime sul piano di campagna relativo:

surface	Profondità dal p.c. relativo (ml):	- 5,00	- 7,00				
----------------	------------------------------------	--------	--------	--	--	--	--

Per le verifiche di stabilità ci si è avvalsi di due distinte metodologie di calcolo: SKEMPTON modificato e LAMBE & WHITMAN [1957-1968] per le *condizioni statiche* e HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985] per *quelle dinamiche*, entrambe in funzione degli S.L.U., in quanto ritenute maggiormente significativi a definire le rispettive condizioni di approccio. Per ciascun metodo sono stati impiegati i parametri geotecnici sfavorevoli: «drenati» (stabilità a lungo termine).

7.3.1 Pendio in condizioni statiche "Fs": L'algoritmo che definisce il fattore di sicurezza statico Fs può essere scritto nella forma (SKEMPTON modificato e LAMBE & WHITMAN [1957-1968]) corretto allo stato limite ultimo (S.L.U.):

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m} = \frac{C'k + (\gamma k \cdot h - \gamma_w h_w) \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi' k}{\gamma k \cdot h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

Fs = fattore di stabilità statico;

Ck = coesione caratteristica del terreno (kN/mq);

φk = angolo di attrito caratteristico interno (gradi);

γk = peso di volume dl terreno (kN/mc);

m = γ_w · h_w = fattore idrologico (m = 0.0 per acqua assente);

β = pendenza media ponderale attuale del versante nel tratto previsto (gradi)

I risultati ottenuti sono stati schematizzati nella tabella seguente (Fs):

PARAMETRI DRENATI (CONDIZIONE SFAVOREVOLE)						
	H (PROFONDITÀ STRATO DEFORMABILE)					
(m)	-5,00	-700				
F_s	2,65	2,09				
F_{st}	1,82	1,49				

7.3.2 Pendio in condizioni sismiche "Fd": L'algoritmo che definisce il fattore di sicurezza dinamico Fd può essere scritto nella forma HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]

$$F_d = \frac{\tau_s}{\tau_m} = \frac{(C'k/\gamma k \cdot h) \cdot \sec \beta + [(1 - r_u) \cdot \cos \beta - (K_h \cdot \sin \beta)] \cdot \tan \phi' k}{\sin \beta + K_h \cdot \cos \beta}$$

β = *pendenza media ponderale attuale del versante nel tratto previsto (gradi)*

$$r_u = (\gamma_w \cdot h_w) / (\gamma \cdot h) \text{ «pore pressure ratio»}$$

$$K_h = A_{\max} \times \beta_s$$

coefficienti di spinta orizzontale e verticale locale (NTC2018)

$$F_h = K_h \times W$$

componente orizzontale e verticale dell'azione sismica (NTC2018)

I risultati ottenuti sono stati schematizzati nella tabella seguente (Fd):

PARAMETRI DRENATI (CONDIZIONE SFAVOREVOLE)						
	H (PROFONDITÀ STRATO DEFORMABILE)					
(m)	-5,00	-700				
Fd	2,54	2,00				
Fdf	1,74	1,43				

7.4 - COMMENTO ALLE VERIFICHE DI STABILITÀ VERSANTE

I risultati conseguiti autorizzano a ritenere il versante in condizioni di equilibrio e stabilità.

☞ I valori del fattore di stabilità statico (Fs), adottando i parametri geotecnici minimi sottesi, sono superiori a quelli fissati dalla normativa vigente in condizioni di analisi accurata dei dati di progetto: (Fs > 1,10).

☞ La situazione di stabilità è provata anche in condizioni transitorie dinamiche (Fd), dunque imponendo il coefficiente sismico orizzontale massimo "Kh", scaturito dalla "media ponderata" dei metodi di riscontro (NTC2018), le superfici di scorrimento attese verificano le *slides* tracciate, esibendo valori del fattore di sicurezza superiori a quello prescritto nelle disposizioni di legge in condizioni di analisi accurata dei dati di progetto: (Fd > 1,10) ed in ogni caso nettamente maggiori all'unità (Fd >> 1,00), dato che costituisce la soglia d'instabilità incondizionata.

☞ La situazione di stabilità è provata anche in presenza di falda (Fsf e Fdf), ovvero imponendo la persistenza di una falda idrica al contatto tra la coltre ed il substrato, sia in condizioni statiche sia sismiche.

8. STIMA ANALITICA PERICOLOSITÀ DELL'AREA

8.1 Premessa. Nel seguito, sulla base dei dati in possesso scaturiti dal rilievo areale e puntuale dell'area, ai sensi e per gli effetti dell'art. 12 delle N.T.A. del P.A.I. è stata effettuata una verifica analitica del livello di pericolosità del sito di progetto.

8.2 - Metodo "Hazard". Il metodo Hazard 1 (Riga, 2008) sintetizza analiticamente ed in modo tabulare tutte le variabili geologiche, geomorfologiche, idrologiche, idrogeologiche, uso del suolo, topografiche, geotecniche e sismiche del area di riferimento.

MICROZONAZIONE DI 2° LIVELLO	
LIVELLO DI PERICOLOSITA' PER FENOMENI DI AMPLIFICAZIONE	
COMUNE : CAMERINO	LOCALITA' : LE MOSSE
COMMITTENTE : Fabrizio Boldrini	DATA : settembre 2017
LAVORO : Lottizzazione Area	
STABILITA' DELL'AREA	FACIES LITOLOGICA
AREA	RIGIDITA' DI RIFERIMENTO (km/s.kN/mc) 18000
LITOLOGIA	NUMERO DI STRATI 4
USO DEL SUOLO	PROFONDITA' DELLA FALDA (m) 25
ACCLIVITA' (%)	RIGIDITA' SUPERFICIALE (km/s.kN/mc) 17527.341
GIACITURA	FATTORE DI AMPLIFICAZIONE -.4
CLASSE DI INSTABILITA'	INCREMENTO SISMICO .04
INSTABILITA' LIMITATA	
	CLASSE DI PERICOLOSITA' MOLTO BASSA
CARATTERISTICHE GEO-MORFOLOGICHE	
DISSESETI	Assenza di dissesti geomorfologici
MORFOTETTONICA	Area di crinale
ACQUE SUPERFICIALI	Area non interessata dal fenomeno
ACQUE PROFONDE	Falda idrica profonda
CONDIZIONI GEOTECNICHE	Sedimenti da medio a molto consistenti
FORMA DEL PENDIO	pendio Concavo
CLASSE DI PERICOLOSITA'	MOLTO BASSA

Calcolo della pericolosità finale	
Pericolosità finale	
Pericolosità	Prescrizioni
BASSA	AREA EDIFICABILE
Classe di utilizzo	
1	
Calcola	
Chiudi	
	VALUTARE L'AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

- Sulla base del computo l'area di progetto mostra una pericolosità finale: **BASSA**, risultando edificabile senza prescrizioni.

PARTE QUARTA: ANALISI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

9.1 - PREMESSA. L'analisi della fattibilità geologica (o di Vincolo e Penalità) rappresenta a tutti gli effetti il documento di sintesi dello studio condotto nel territorio, in quanto compendia le informazioni sulle qualità litologico-tecniche e reologiche dei sedimenti rilevati, sugli aspetti geomorfologici e sulla risposta sismica locale e che consente di definire il *“grado di vincolo geologico”* dell'area di progetto in relazione alla previsione urbanistica.

9.2 - CARATTERIZZAZIONE URBANISTICA. Il progetto di Variante al P.R.G., come indicato in premessa al Prg. I, riguarda un'area sita lungo via Le Mosse, nel comune di Camerino.

Nello specifico, il progetto concerne l'esame la trasformazione di una porzione del Piano Particolareggiato di iniziativa privata denominato “PP8, sito in Via Le Mosse, destinata a “Zona per attrezzature ricettive e di ristoro (F4)” di cui all'art. 17 delle NTA del vigente PRG, a “Zona edificabile di espansione (C)” di cui all'art. 24 delle citate NTA, mediante trasferimento parziale della capacità edificatoria dei lotti nn. 17, 18, 19 e 20 della sub lottizzazione PL4d della Lottizzazione PL4 sita in località San Paolo, approvata con Delibera di Consiglio comunale n. 21 del 17/06/2013 e non ancora attuata. La cubatura da trasferire è pari a circa mc 7.000,00. I terreni situati in località San Paolo sono di proprietà della Ditta Conedil di Bolchini Fabrizio mentre quelli siti in via Le Mosse sono di proprietà della ditta Fabbriconi Simonetta. Il nuovo piano di lottizzazione sarà denominato PL17.

9.3 - IMPATTO DELL'OPERA SUL SISTEMA AMBIENTALE E TERRITORIALE. Lo studio condotto ha consentito di definire quanto segue:

- I. **MODELLAZIONE SISMICA.** In riferimento alla modellazione sismica eseguita nel rispetto delle NTC2018, il sito di progetto può essere ricondotto ad una categoria di pericolosità sismica BASSA (Cfr. Cap. 6). L'area rientra in una classe di moderata amplificazione sismica (R2) per una categoria di sottosuolo “B” [Cfr. Allegato 7: Carta tematica di microzonazione sismica].
- II. **VERIFICA DI STABILITÀ** (Cfr. Cap. 7). Le verifiche di stabilità sono state eseguite in ottemperanza alle N.T.A. del P.A.I. secondo le procedure previste dalle NTC2018. I risultati conseguiti autorizzano a ritenere il versante relazionato in condizioni di equilibrio allo stato naturale (Cfr. Cap. 7 per i dettagli).
- III. **MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.** La modellazione del sito di progetto, condotta nel rispetto delle NTC2018, punto 6.2.1, ha consentito di specificare:
 - A. Nell'ambito della microzona progettuale la clivometria è minimale: trattasi di un'area antropizzata, da sub-pianeggiante a moderata pendenza topografica [Cfr. Allegato 4: Carta tematica clivometrica].
 - B. La potenza media dei sedimenti di copertura a grana medio-fine, litotipi di classe B (coltre eluvio-colluviale), è inferiore a 4 metri. Le qualità geotecniche dei litotipi di copertura “B” sono sufficienti e crescenti con la profondità. Il substrato marino argil-

loso marnoso (litotipi di classe C) è stato marcato a profondità relativa dal p.c. ed è dotato di qualità reologiche e geotecniche eccellenti, tutti caratteri che attestano la capacità dei terreni del sottosuolo di portare le fondazioni del manufatto che verrà realizzato, senza l'instaurarsi di processi di subsidenza e/o cedimenti assoluti e differenziali significativi [Cfr. Allegato 5: Carta tematica litotecnica].

C. In riferimento alle forme geologiche e geomorfologiche (Cfr. Allegato 5A):

- il rischio sismico del sito di progetto è di tipo: C(tipo 3)/S2-T0 [area poco esposta]. L'area rientra nelle zone ad alto rischio sismico (A) definite dalla Circolare Regione Marche n. 15 del 28.08.1990 con lineamenti (tipo 3). Trattasi di un'area di cresta con assenza di indizi di processi idromorfogenetici in atto e/o quiescenti e remote condizioni di pericolosità e fattori di esposizione facilmente rilevabili ed eliminabili (ruscellamento, soliflusso). la liquecibilità dei livelli a granulometria fine ($f_s > 1,30$) non è preventivabile. Rischio geodinamico minimo: zona di bassa amplificazione [Cfr. Allegato 6: Carta tematica rischio geo-sismico].
- La pericolosità geologica è uniforme e di tipo: P2 [area sottesa a rischi moderati]. [Cfr. Allegato 8: Carta tematica della pericolosità geologica].

IV. STIMA ANALITICA PERICOLOSITÀ DELL'AREA E RISCHIO FRANA. Al Cap. 8 del presente elaborato tecnico è stata effettuata tramite due diverse metodologie una stima analitica del livello di pericolosità dei siti di progetti. La valutazione è stata effettuata con il metodo HAZARD 1. Dall'analisi dei risultati le aree di progetto presentano un grado di pericolosità "BASSA", risultando edificabile senza prescrizioni significative.

9.4 - PARERE TECNICO E MISURE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

■ La previsione di **VIARIANTE** al P.R.G. per l'area di progetto è **ATTUABILE** senza prescrizioni significative, dichiarandone al contempo la compatibilità idrogeologica, di cui all'art. 13 della L. 2 febbraio 1974, commi 1° e 2° delle N.T.A. e s.m.i., nonché all'art. 13 del N.T.A. del P.A.I. approvato con D.C.R. n. 116 del 21.01.2004 ed alle NTC2018.

Le grandezze valutate e le analisi (territoriali ed analitiche) geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche condotte nel sito di progetto hanno dato risultati favorevoli. Lo scrivente studio tecnico, incaricato di redigere il presente elaborato, rappresenta che la variante al P.R.G. per l'area di comparto industriale è **ATTUABILE: zone "V1"** [Cfr. Allegato 9: Carta tematica: Sintesi della fattibilità geologica].

Indicazioni costruttive:

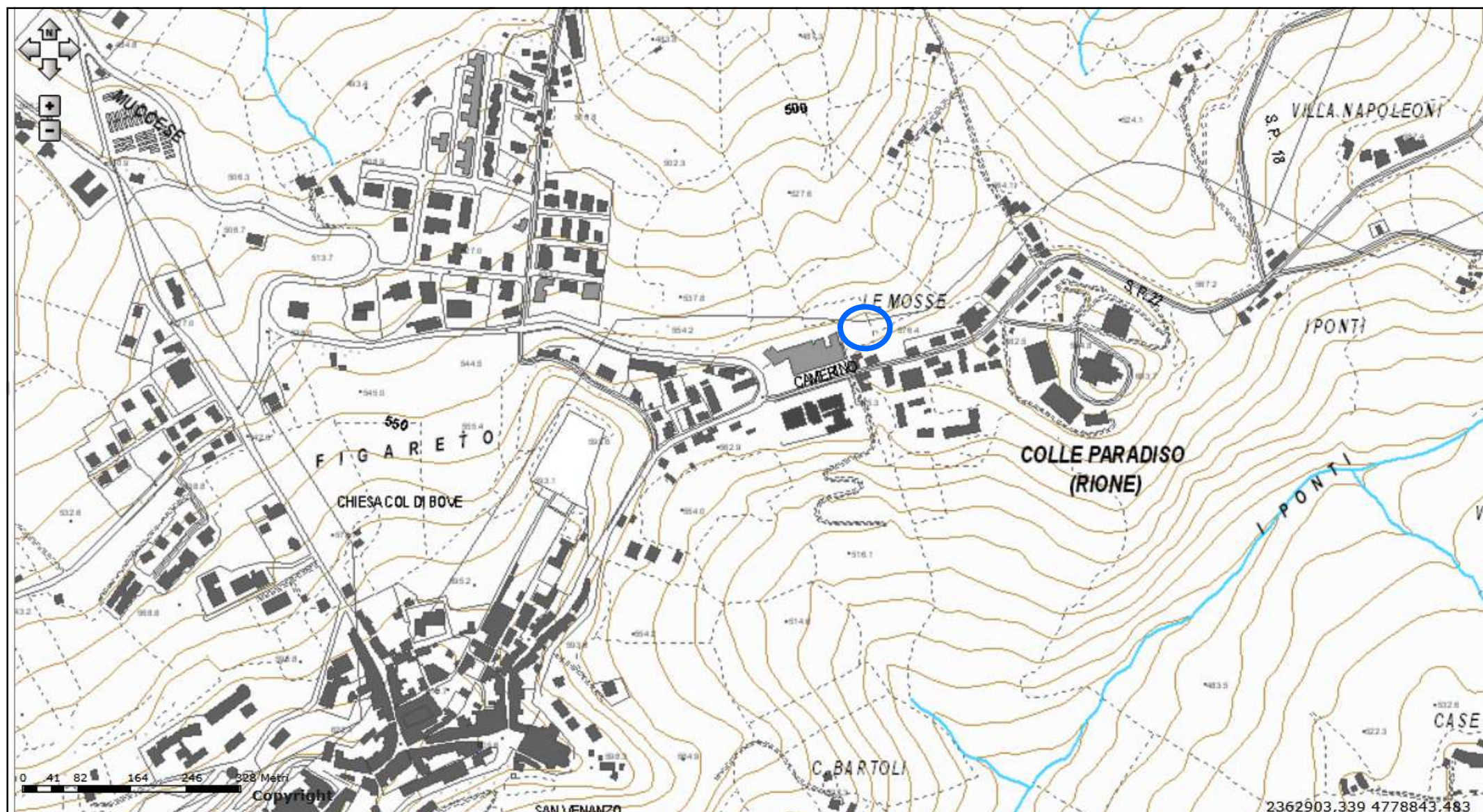
- I. Accorgimenti costruttivi in relazione al progetto esecutivo ed ai litotipi attraversati. In via preliminare, come previsto dalle NTC2018, in assenza dei progetti esecutivi, si rileva che per i fabbricati dovranno essere adottate fondazioni intelaiate a tecnologia profonda indiretta che prevedano il superamento delle litologie superficiali di copertura ed il riporto, indipendentemente dalla messa in opera di eventuali piani seminterrati, e dimensionate in funzione dei carichi di progetto permanenti ed accidentali + sismici.

- II. Mantenere di continuo un naturale grado d'umidità dei sedimenti fondali evitando il più possibile variazioni idrauliche al contorno (come la dispersione idrica dei pluviali, delle fogne ecc.), in quanto la reologia dei terreni superficiali (litotipi B) risente sensibilmente della circolazione idrica. Per le medesime motivazioni si dovranno evitare estese pavimentazioni impermeabili e/o drenaggi che potrebbero inficiare la filtrazione delle acque nel sottosuolo con ripercussioni sul tenore umido dei sedimenti di fondazione.
- III. In via preliminare NON sussistono problematiche di liquefacibilità. In ogni caso si dovrà valutare la tale parametro caso per caso secondo le metodiche di cui alle NTC2018 punto 7.11.3.4.2.

ALLEGATI

COROGRAFIA

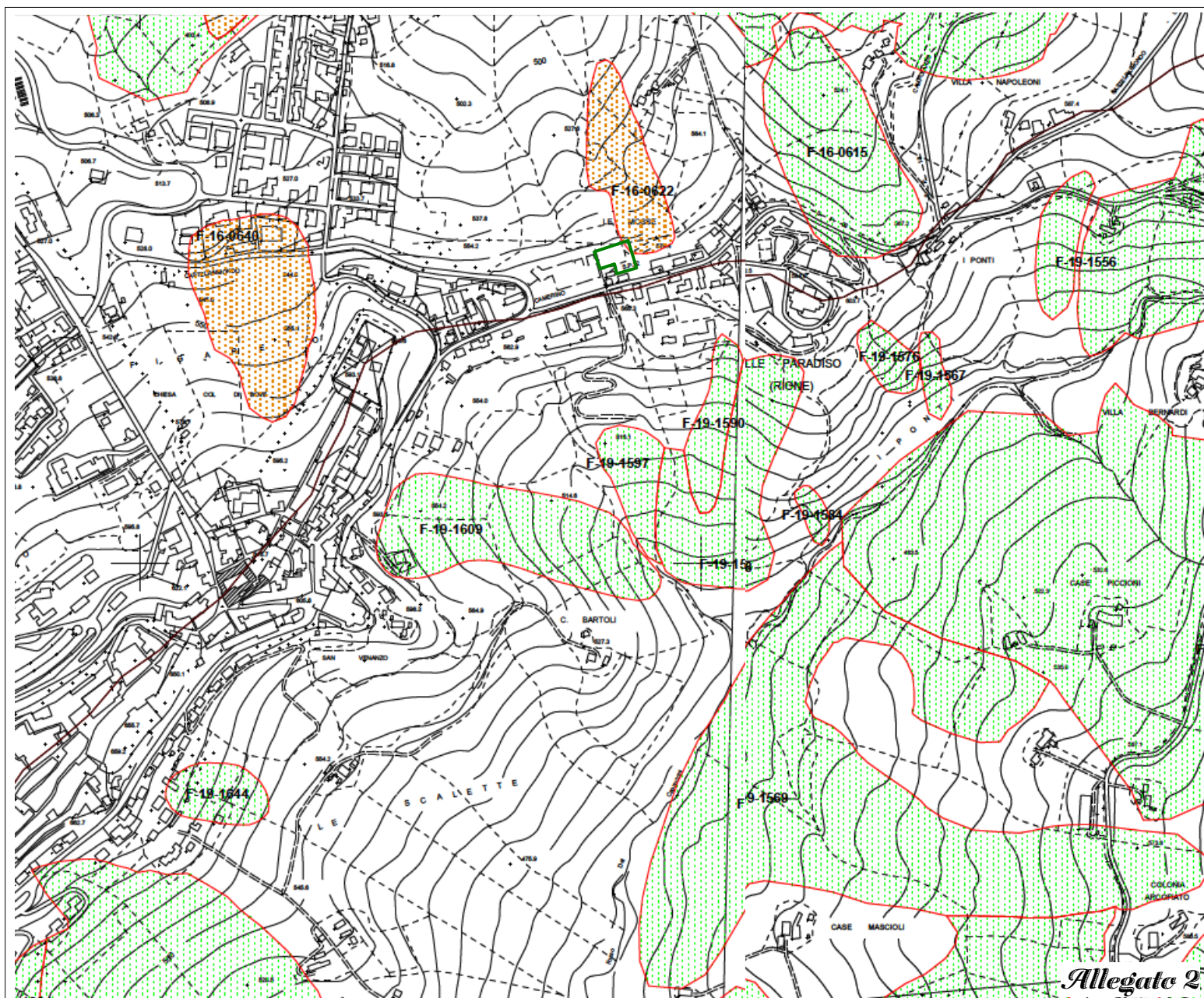
Sezione C.T.R. n. 313050



Scala 1:10.000

Allegato 1

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)



Aree a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga
(Codice V-xx-yyyy)

- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino Idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

— numero identificativo di bacino
Z - XX - YYYY
— numero progressivo fenomeno
— iniziale tipo di rischio

TAVOLE RI-56C

scala 1:10.000

**Aree a rischio
Idrogeologico**

Sezione 313050

Allegato 2

Planimetria progettuale scala 1:1.000

PUNTI DI INVESTIGAZIONE

Prove penetrometriche DPSH, DPH, SCPT



"e" = effettuate per il progetto

"r" = reperite per il progetto

Saggi geognostici SG



"e" = effettuate per il progetto

"r" = reperite per il progetto



Prova geosismica a stazione
singola HVSR



PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"

Carta tematica: **CLIVOMETRICA**

scala **1:1.000**



Allegato 4

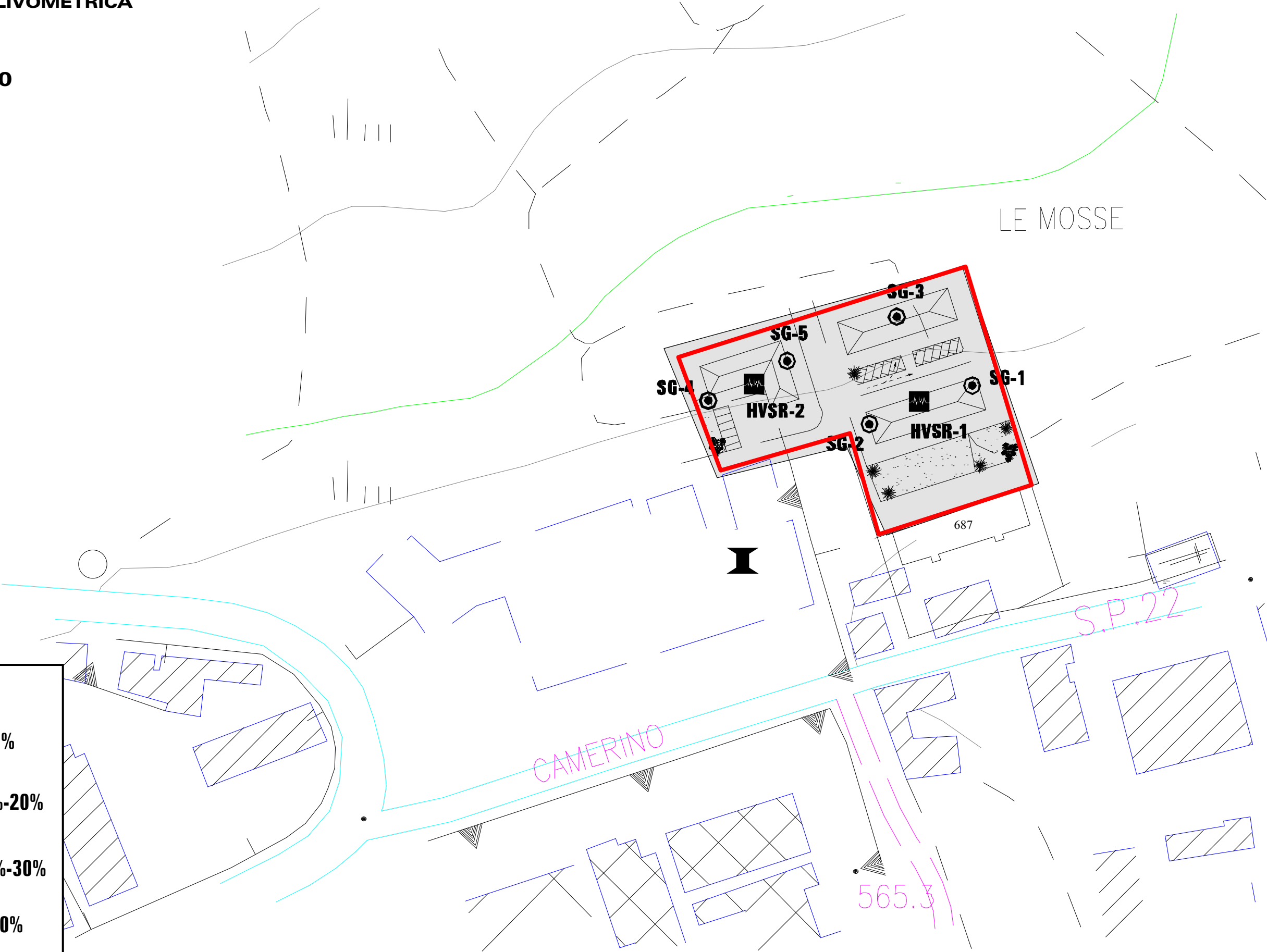
CLASSI DI PENDENZA

I: <10%

II: 10%-20%

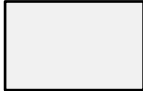
III: 20%-30%

IV: >30%

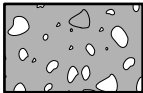


CARTA GEO-LITOTECNICA
zonazione geologico-tecnica

Litotipi (B). DEPOSITI di COPERTURA CONTINENTALI - Sedimenti eluvio-colluviali a grana fina composti da una amalgama limi argillosi sabbiosi (unità litotecnica F1a-Ef1) di colore variabile dal marrone al grigiastro, privi di struttura e tessitura interni, intercalati, sincroni e/o in eteropia a sedimenti detritico colluviali composti da limi sabbiosi argillosi marroni di media consistenza (E2) passanti a limi sabbiosi di colore avana-giallastro ricchi di inclusioni calcitiche ed inglobanti pezzame arenaceo e ghiaie sparse (E2c). Da sporadiche a diffuse le concrezioni calcitiche sotto forma di grumi eterometrici anche grossolani. Il grado di cementazione e/o di consistenza è variabile.

- **B1 - DEPOSITO DI COPERTURA**
(spessore minore di 4.00 m)
- **B2 - DEPOSITO DI COPERTURA**
(spessore compreso tra 4.00 m e 8.00 m)
- **B3 - DEPOSITO DI COPERTURA**
(spessore compreso tra 8.00 m e 10.00 m)
- **B4 - DEPOSITO DI COPERTURA**
(spessore maggiore di 10.00 m)

Litotipi (C). DEPOSITI ALLUVIONALI (E2) - Sedimenti alluvionali composti da limi eterogenei prevalentemente sabbiosi di colore variabile da avana a marrone, privi di inclusioni alloctone, passanti a limi sabbiosi con diffuse inclusioni ghiaiose e sabbie limose pulite con livelli argillosi grigiastri, fino a ghiaie eterometriche disperse in una copiosa matrice sabbiosa di colore ocraceo. Le varie unità sono eteropiche, lenticolari e reiterate nella colonna stratigrafica. Permeabilità medio alta.

- **C - DEPOSITO ALLUVIONALE**
(spessore non differenziato)

SUBSTRATO (Formazione marina).

Litotipo E. ARGILLE stratificate (Unità litotecnica F1-F1e). Argille ed Argille Marnose debolmente Sabbiose stratificate di consistenza medio alta, passanti ad argille azzurre plumbee e massive. Rapporto A/S >> 1.

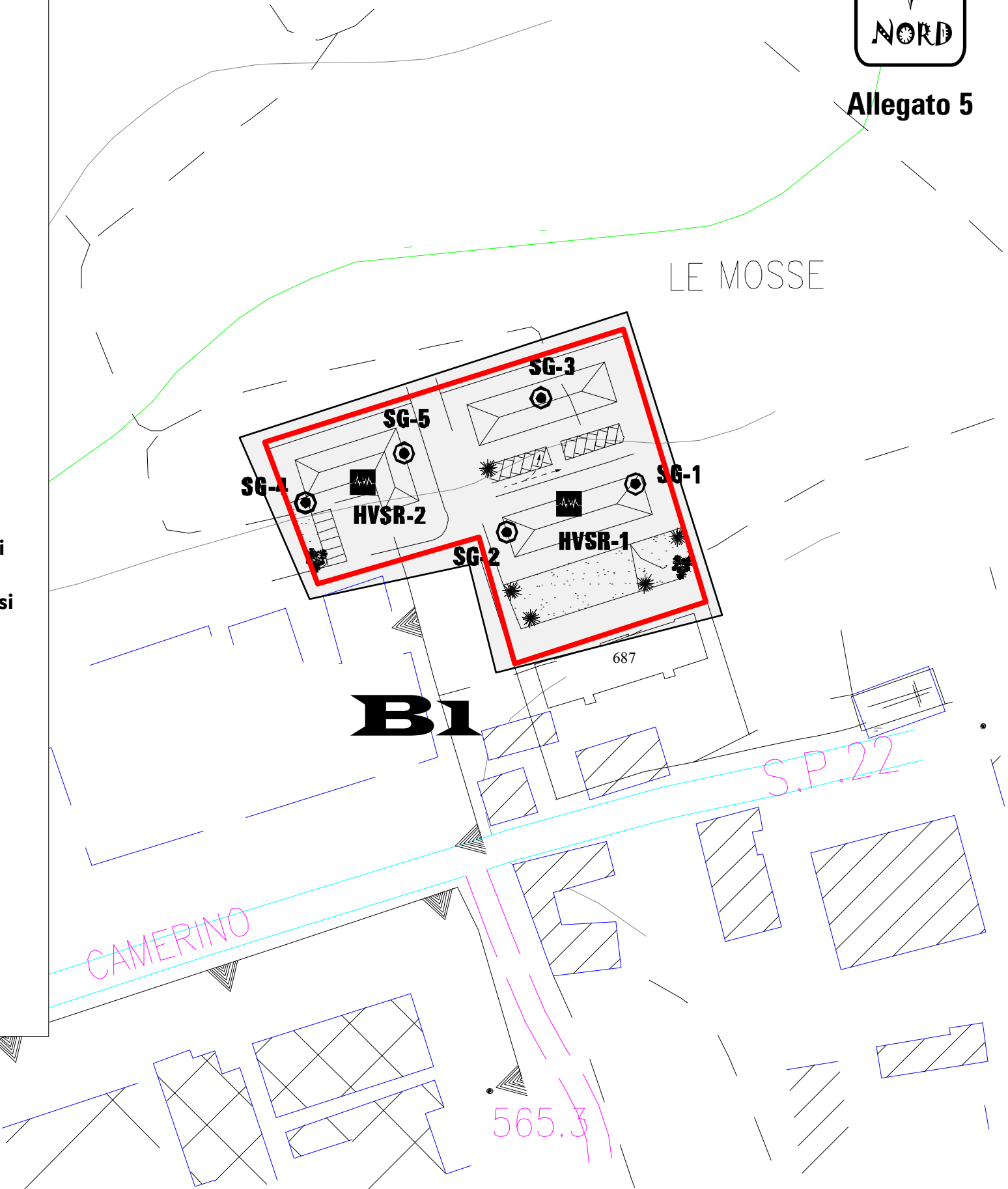
- **E2a - Facies Argillosa Sabbiosa stratificata**
- **E2b - Facies Argillosa massiva**

PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"
Carta tematica: LITOTECNICA

scala 1:1.000



Allegato 5

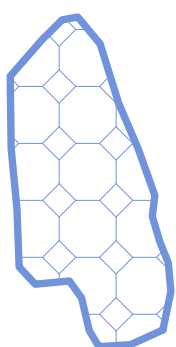


COLTRE **SUBSTRATO**
colluviale

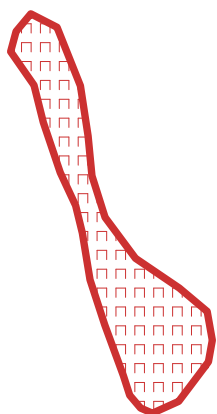
Scarpata antropica

fossetto di incisione

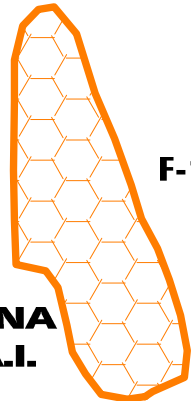
soliflusso



FRANA rilevata



FRANA CaRG



FRANA P.A.I.

F-16-0622 P2-R3

Allegato 5A

Carta Geomorfologica

scala 1:1.000

PUNTI DI INVESTIGAZIONE

Prove penetrometriche DPSH, DPH, SCPT



"e" = effettuate per il progetto

"r" = reperite per il progetto

Saggi geognostici SG

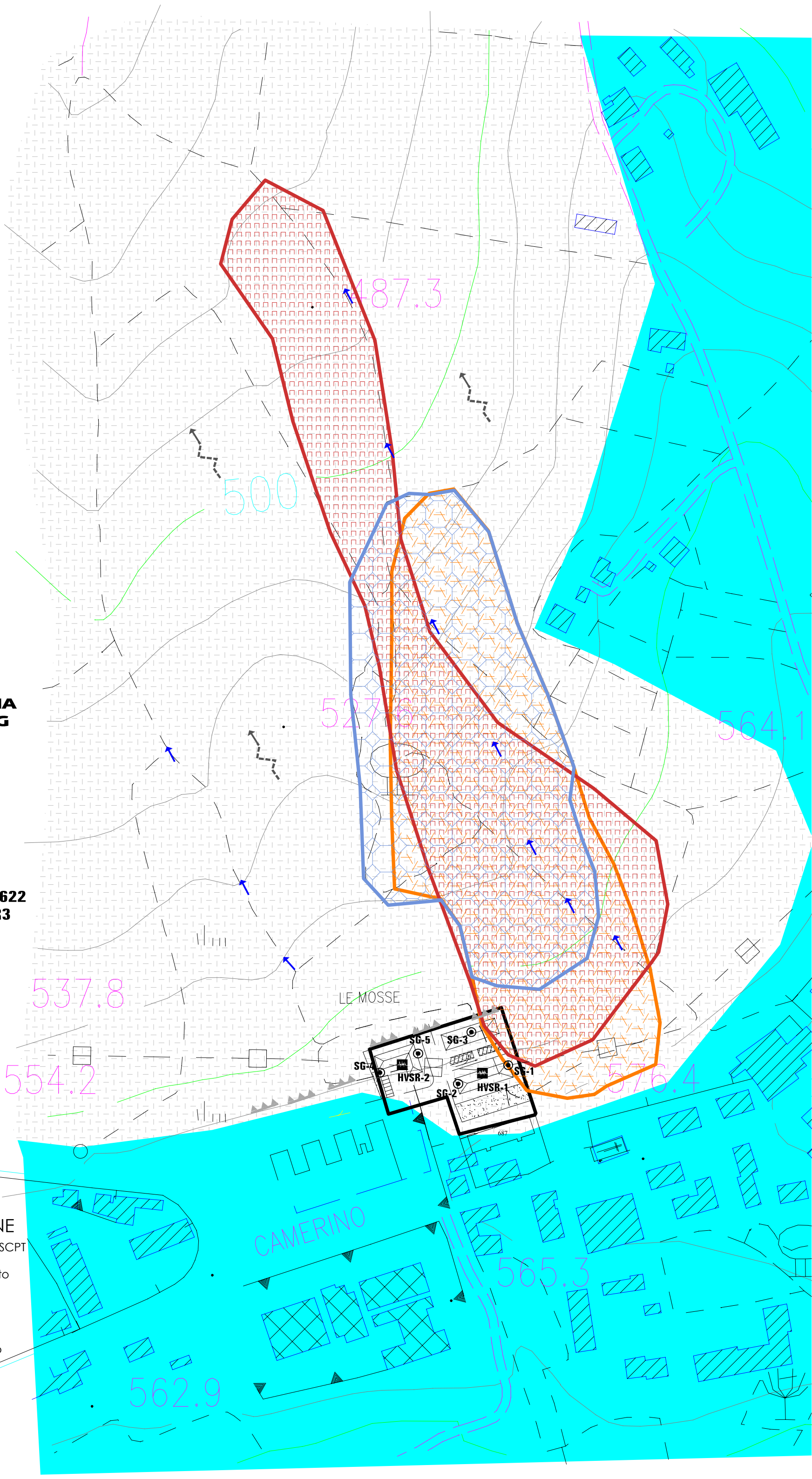


"e" = effettuate per il progetto

"r" = reperite per il progetto



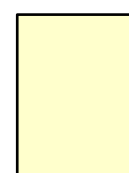
Prova geosismica a stazione singola HVSR



RISCHIO SISMICO: CARTA SINOTTICA

[SCENARIO ESTENSIVO]

[TIPOLOGIA PUNTUALE]



§1. AREA NON ESPOSTA. Assenza di condizioni di pericolosità geologica e di fattori di esposizione al rischio. Zona (sub)pianeggiante o a debole pendenza topografica, con morfologia uniforme e non subordinata ad indizi di processi idro-morfogenetici. Assenza di tipi e forme geologici ed idro-geomorfologici che fanno presumere amplificazioni dell'onda tellurica. Rischio geodinamico nullo: zona libera da amplificazioni



§2. AREA POCO ESPOSTA. Presenza di remote condizioni di pericolosità e fattori di esposizione facilmente rilevabili ed eliminabili (ruscellamento, soliflusso). Zone a geomorfologia di transizione ma con topografia uniforme e moderata pendenza, con scarpate sia naturali che antropiche di altezza limitata, ovvero zona sub-pianeggiante con differenziati volumi di alluvioni dense. Assenza di indizi di processi idromorfogenetici in atto e/o quiescenti. Rischi geologici, geomorfologici ed idrogeologici non presenti in condizioni statiche e remote in condizioni transitorie a seguito di sismi. Liquecibilità dei livelli a granulometria fine ($f_s > 1,30$) non preventivabili. Rischio geodinamico minimo: zona di bassa amplificazione



§3. AREA MEDIAMENTE ESPOSTA. Presenza di condizioni di pericolosità e fattori di esposizione al rischio rilevabili ed eliminabili con efficace bonifica ambientale e/o idonei sistemi costruttivi. Zona a morfologia di transizione con scarpate naturali ed antropiche a pendenza diversificata e di altezza sintomatica ($> 5,0$), ovvero zona sub-pianeggiante con differenziati volumi di alluvioni sciolte. Processi idromorfogenetici locali, temporanei ma di natura non estensiva. Rischi geologici, geomorfologici ed idrogeologici non presenti in condizioni statiche ma da verificare in condizioni transitorie. Potenziale liquecibilità dei livelli a granulometria fine ($f_s > 1,30$) prevedibili solo in coincidenza di sismi d'intensità elevata. Circolazione idrica iposuperficiale diffusa ma controllabile e regolabile. Rischio geodinamico medio: zona di moderata amplificazione



§4. AREA MOLTO ESPOSTA. Presenza di frequenti condizioni d'instabilità, manifeste o latenti, di difficile rilievo o pressoché ineliminabili: zone di incisione con displuvi ripidi caratterizzate da erosione per ruscellamento concentrato, aree di cresta e scarpate a pendenza elevata, con frane attive e/o quiescenti di natura mista. Aree interessate da linee di faglia e/o aree di fondovalle con cospicui spessori di sedimenti sciolti soggetti o erosione per scalzamento. Processi morfogenetici operanti già in condizioni statiche con accentuazione dei rischi geologici, geomorfologici ed idrogeologici in condizioni transitorie (sismi). Potenziale liquecibilità dei livelli di copertura a granulometria fine ($f_s < 1,30$) già in concomitanza di sismi di media intensità. Presenza di circolazione idrica sub-superficiale di difficile controllo e zone di esondazione manifeste. Rischio geodinamico medio-alto: zona di amplificazione



§5. AREA AD ELEVATO RISCHIO. Presenza di palesi e/o incipienti condizioni di pericolosità con marcati fattori di esposizione richiedenti subitanei interventi di protezione o correzione per la eliminazione o la mitigazione del rischio. Necessità di monitoraggio permanente dell'area. Rischio geodinamico elevato: zona di alta amplificazione

Classe - To

A. Assenza di forme e processi

Classe - T1

A. Versanti caratterizzati da movimenti franosi attivi, quiescenti o esposti a rischio frana

B. Versanti caratterizzati da palesi indizi d'instabilità superficiale

C. Versanti con copertura detritica subordinata da intensa erosione al piede

D. Versanti e pendici eccessivamente acclivi in rapporto alla reologia dei terreni di copertura, allo stato fisico del substrato ed alla condizioni di giacitura degli strati e della vegetazione.

E. Versanti caratterizzati da circolazione idrica superficiale e forme morfologiche epidermiche

Classe - T2

A. Aree di fondovalle con terreni incoerenti.

Alluvioni limoso argillose

Fa = 1,20 (per $H < 10$ m)

Fa = 1,50 (per $10 \text{ m} < H < 20$ m)

Fa = 1,70 (per $20 \text{ m} < H < 30$ m)

Alluvioni sabbioso ghiaiose

Fa = 1,10 (per $H < 10$ m)

Fa = 1,20 (per $10 \text{ m} < H < 20$ m)

Fa = 1,40 (per $20 \text{ m} < H < 30$ m)

B. Aree caratterizzate da terreni di fondazione con caratteristiche reologiche e geotecniche particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini sotto falda epidermica)
[Fa. Indagini specifiche per valutare la fattibilità di interventi di bonifica e consolidamento]

C. Aree di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

[Fa. Indagini specifiche per valutare la possibilità di cedimenti o costipamenti differenziali sotto sollecitazione sismica]

D. Aree di bordo e ciglio di scarpata di altezza $H > 5$ m: parete sub-verticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale, taglio di versante di natura antropica.

Fa = 1,20 (per $H < 10$ m)

Fa = 1,40 (per $10 \text{ m} < H < 20$ m)

Fa = 1,60 (per $20 \text{ m} < H < 30$ m)

Classe - T3

A. Aree di cresta rocciosa, cucuzzolo o dorsale.

Fa = 1,00 (rapp. $H/L < 0,10$)

Fa = 1,20 (rapp. $H/L 0,10-0,20$)

Fa = 1,40 (rapp. $H/L 0,20-0,30$)

Classe - T4

A. Aree di fondovalle con litotipi fluvio-lacustri e pedemontane di falda di detrito (conoide)

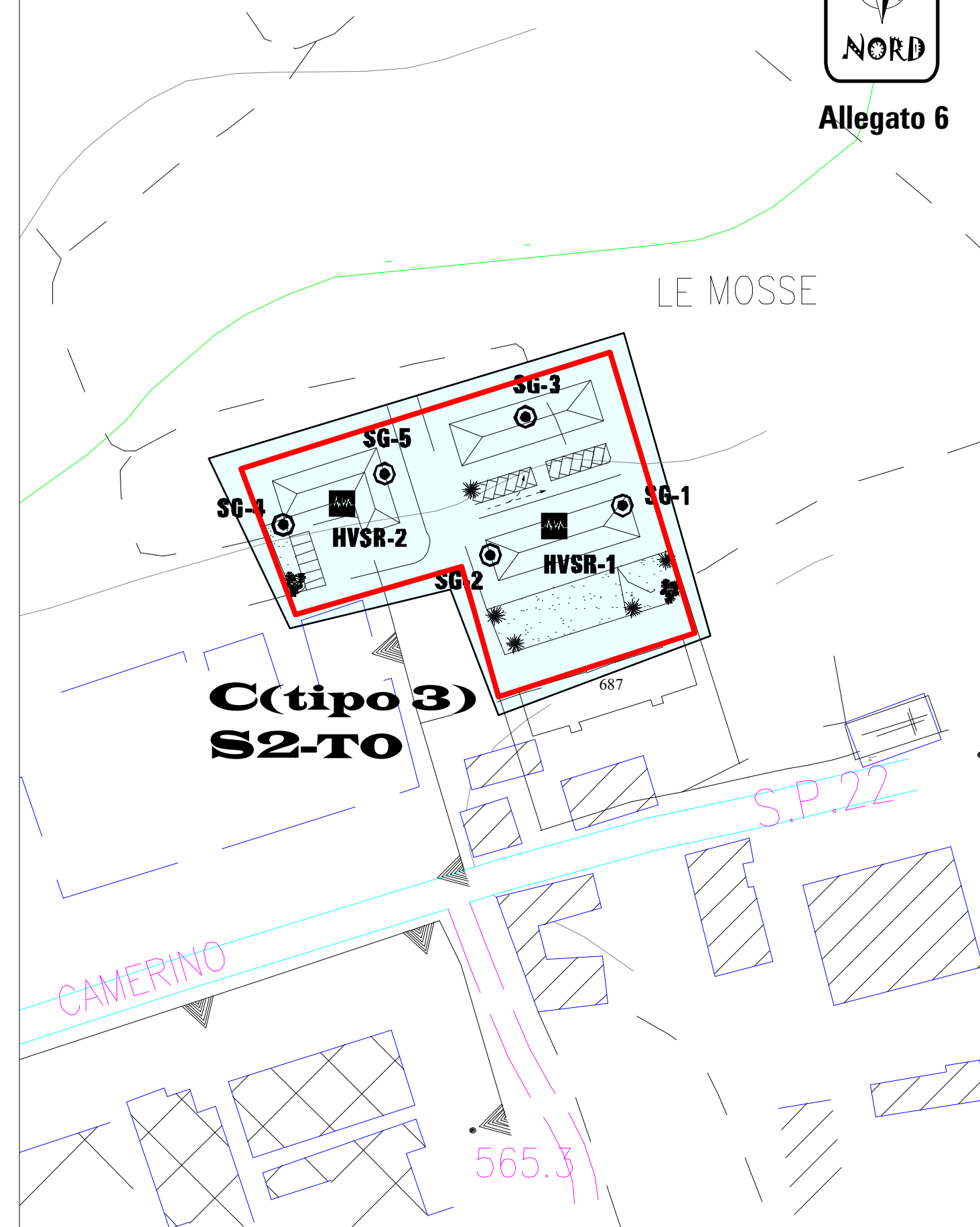
PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"

Carta tematica: Microzonazione livello 2

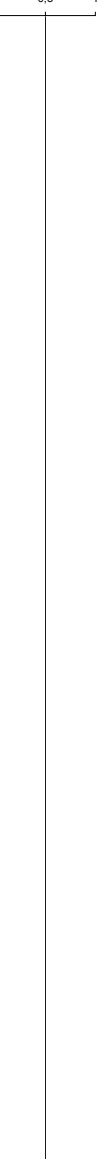
scala 1:1.000



Allegato 6



Committente: Sig. Fabrizio BOLDRINI		Località: Loc. le Mosse		Comune: Camerino		Prov. MC	
Quota bocca foro (m): - s.l.m. (medio)		Quota fondo foro: - [m]		Profondità Totale: 7,50		Rotazione meccanica n°	
Coordinate (long.): - GAUSS-BOAGA		Angolo rispetto alla verticale: 0 [°]		Direzione: Dr. F. Rossi		distruzione	
Coordinate (lat.): - GAUSS-BOAGA		Terminato il: 29/08/2017 esecuzione		Impresa: Maurizio		SG-1	
Data: 29/08/2017						Prof. Max = 30 m	

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo lito-stratigrafico	Carotaggio totale (% di recupero)	R.Q.D. %	Descrizione Litologica	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Pocket	NOTE	Strumentazione			
													Inclinometro	Piez. Tipo:	Quote	
			0				Terreno di riporto. Litotipo A Limi Sabbiosi Argillosi Marroni Litotipo B (colluvioni) Argille siltose grigie Litotipo C1 (Sub. Alt.) Argille Marnose azzurre Litotipo C2 (Sub. Int.)		D3		2,0 2,5 3,0 4,0					
			1													
			2													
			3													
			4					A2	D2	F1						
			5													
			6													
			7					A1	D1	F0						
			8													
			9													
			10													
			11													
			12													
			13													
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
			21													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													

TIPO DI DISCONTINUITA		TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO			
L = Contatto roccia-roccia liscio R = Contatto roccia-roccia ruvido I = Contatto roccia-roccia irregolare E = Contatto roccia-roccia striato A = Giunto aperto Ox = Giunto ossidato Ag = Giunto con argilla M = Giunto o faglia Mineralizzata J = Discontinuità principale			ϕ [mm]	DA	A
		RIVESTIMENTO	assente		
		FORO	600		

Compilato: Dr. Geologo Fabio ROSSI		data: 20 luglio 2017		Controllato:	
---	--	-----------------------------	--	--------------	--

ALTERAZIONE	DUREZZA	FRATTURAZIONE	Mod. Scavatore meccanico
A-1 Sana	D-1 Molto duro	F-0 Non fratturato	
A-2 Leggermente alterata	D-2 Duro	F-1 Poco fratturato	
A-3 Mediamente alterata	D-3 Mediamente duro	F-2 Fratturato	
A-4 Profondamente alterata	D-4 Poco duro	F-3 Molto fratturato	
A-5 Totalmente alterata e argillificata	D-5 Soffice	F-4 Estremamente fratturato	
		F-5 Terreno	

Quota Falda da p. c. - [m]	Quota Perforazione con corona diamantata da p. c. 7,50 [m]
------------------------------	---

Committente: Sig. Fabrizio BOLDRINI		Località: Loc. le Mosse		Comune: Camerino		Prov. MC	
Quota bocca foro (m): - s.l.m. (medio)		Quota fondo foro: - [m]		Profondità Totale: 7,50		Rotazione meccanica n°	
Coordinate (long.): - GAUSS-BOAGA		Angolo rispetto alla verticale: 0 [°]		Direzione: Dr. F. Rossi		distruzione	
Coordinate (lat.): - GAUSS-BOAGA		Terminato il: 29/08/2017 esecuzione		Impresa: Di Giacobbi		SG-2	
Data: 29/08/2017				Maurizio		Prof. Max = 30 m	

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo lito-stratigrafico	Carotaggio totale (% di recupero)	R.Q.D. %	Descrizione Litologica	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Pocket	NOTE	Strumentazione			
													Inclinometro	Piez. Tipo:	Quote	
			0				Terreno di riporto. Litotipo A Limi Sabbiosi Argillosi Marroni Litotipo B (colluvioni) Argille siltose grigie Litotipo C1 (Sub. Alt.) Argille Marnose azzurre Litotipo C2 (Sub. Int.)				4,0 4,5 5,0 3 2,5					
			1													
			2													
			3													
			4													
			5					A2	D2/3	F1						
			6													
			7													
			8					A1	D1	F0						
			9													
			10													
			11													
			12													
			13													
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
			21													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													

TIPO DI DISCONTINUITA		TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO			
L = Contatto rocci-roccia liscio R = Contatto roccia-roccia ruvido I = Contatto roccia-roccia irregolare E = Contatto roccia-roccia striato A = Giunto aperto Ox = Giunto ossidato Ag = Giunto con argilla M = Giunto o faglia Mineralizzata J = Discontinuità principale			Φ [mm]	DA	A
		RIVESTIMENTO	assente		
		FORO	600		

Compilato: Dr. Geologo Fabio ROSSI		data: 20 luglio 2017		Controllato:	
---	--	-----------------------------	--	--------------	--

ALTERAZIONE	DUREZZA	FRATTURAZIONE	Mod. Scavatore meccanico
A-1 Sana	D-1 Molto duro	F-0 Non fratturato	
A-2 Leggermente alterata	D-2 Duro	F-1 Poco fratturato	
A-3 Mediamente alterata	D-3 Mediamente duro	F-2 Fratturato	
A-4 Profondamente alterata	D-4 Poco duro	F-3 Molto fratturato	
A-5 Totalmente alterata e argillificata	D-5 Soffice	F-4 Estremamente fratturato	
		F-5 Terreno	

Quota Falda da p. c. - [m]	Quota Perforazione con corona diamantata da p. c. 7,50 [m]
------------------------------	---

Committente: Sig. Fabrizio BOLDRINI		Località: Loc. le Mosse		Comune: Camerino		Prov. MC	
Quota bocca foro (m): - s.l.m. (medio)		Quota fondo foro: - [m]		Profondità Totale: 13,00		Rotazione meccanica n°	
Coordinate (long.): - GAUSS-BOAGA		Angolo rispetto alla verticale: 0 [°]		Direzione: Dr. F. Rossi		distruzione	
Coordinate (lat.): - GAUSS-BOAGA		Terminato il: 29/08/2017 esecuzione		Impresa: Di Giacobbi		SG-3	
Data: 29/08/2017				Maurizio		Prof. Max = 30 m	

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo lito-stratigrafico	Carotaggio totale (% di recupero)	R.Q.D. %	Descrizione Litologica	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Pocket	NOTE	Strumentazione			
													Inclinometro	Piez. Tipo:	Quote	
			0		0	0	Terreno di riporto. Litotipo A									
			1													
			2				Limi Argillosi									
			3				Litotipo B1 (colluvioni)		D4		0,5					
			4				Limi Sabbiosi Argillosi				0,7					
			5				Litotipo B2 (colluvioni)		D3		2,0					
			6								2,5					
			7													
			8				Argille siltose grigie									
			9				Litotipo C1 (Sub. Alt.)	A2	D2	F1	3,0					
			10								3,5					
			11								4,0					
			12				Argille Marnose azzurre									
			13				Litotipo C2 (Sub. Int.)	A1	D1	F0						
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
			21													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													

TIPO DI DISCONTINUITA		TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO			
L = Contatto rocci-roccia liscio R = Contatto roccia-roccia ruvido I = Contatto roccia-roccia irregolare E = Contatto roccia-roccia striato A = Giunto aperto Ox = Giunto ossidato Ag = Giunto con argilla M = Giunto o faglia Mineralizzata J = Discontinuità principale			ϕ [mm]	DA	A
		RIVESTIMENTO	assente		
		FORO	600		

Compilato: Dr. Geologo Fabio ROSSI		data: 20 luglio 2017		Controllato:	
---	--	-----------------------------	--	--------------	--

ALTERAZIONE	DUREZZA	FRATTURAZIONE	Mod. Scavatore meccanico
A-1 Sana	D-1 Molto duro	F-0 Non fratturato	
A-2 Leggermente alterata	D-2 Duro	F-1 Poco fratturato	
A-3 Mediamente alterata	D-3 Mediamente duro	F-2 Fratturato	
A-4 Profondamente alterata	D-4 Poco duro	F-3 Molto fratturato	
A-5 Totalmente alterata e argillificata	D-5 Soffice	F-4 Estremamente fratturato	
		F-5 Terreno	

Quota Falda da p. c. - [m]	Quota Perforazione con corona diamantata da p. c. 11,00 [m]
------------------------------	--

Committente: Sig. Fabrizio BOLDRINI		Località: Loc. le Mosse		Comune: Camerino		Prov. MC	
Quota bocca foro (m): - s.l.m. (medio)		Quota fondo foro: - [m]		Profondità Totale: 11,00		Rotazione meccanica n°	
Coordinate (long.): - GAUSS-BOAGA		Angolo rispetto alla verticale: 0 [°]		Direzione: Dr. F. Rossi Di Giacobbi		n° SG-4	
Coordinate (lat.): - GAUSS-BOAGA		Terminato il: 29/08/2017 esecuzione		Impresa: Maurizio		Prof. Max = 30 m	
Data: 29/08/2017							

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo lito-stratigrafico	Carotaggio totale (% di recupero)	R.Q.D. %	Descrizione Litologica	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Pocket	NOTE	Strumentazione			
													Inclinometro	Piez. Tipo:	Quote	
			0		0	0	Terreno di riporto. Litotipo A									
			1		1,20		Limi Argillosi sabbiosi				0,6					
			2				Litotipo B1 (colluvioni)	D4			0,7					
			3								1,2					
			4													
			5		5,00		Limi Sabbiosi Argillosi				2,0					
			6				Litotipo B2 (colluvioni)	D3			2,5					
			7		7,00											
			8				Argille siltose grigie	A2	D2	F1	3,0					
			9				Litotipo C1 (Sub. Alt.)									
			10		9,00											
			11				Argille Marnose azzurre	A1	D1	F0						
			12				Litotipo C2 (Sub. Int.)									
			13													
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
			21													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													

TIPO DI DISCONTINUITA		TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO			
L = Contatto rocci-roccia liscio R = Contatto roccia-roccia ruvido I = Contatto roccia-roccia irregolare E = Contatto roccia-roccia striato A = Giunto aperto Ox = Giunto ossidato Ag = Giunto con argilla M = Giunto o faglia Mineralizzata J = Discontinuità principale			Φ [mm]	DA	A
		RIVESTIMENTO	assente		
		FORO	600		

Compilato: Dr. Geologo Fabio ROSSI		data: 20 luglio 2017		Controllato:	
---	--	-----------------------------	--	--------------	--

ALTERAZIONE		DUREZZA		FRATTURAZIONE		Mod. Scavatore meccanico	
A-1 Sana		D-1 Molto duro		F-0 Non fratturato			
A-2 Leggermente alterata		D-2 Duro		F-1 Poco fratturato			
A-3 Mediamente alterata		D-3 Mediamente duro		F-2 Fratturato			
A-4 Profondamente alterata		D-4 Poco duro		F-3 Molto fratturato			
A-5 Totalmente alterata e argillificata		D-5 Soffice		F-4 Estremamente fratturato			
				F-5 Terreno			

Quota Falda da p. c. - [m]	Quota Perforazione con corona diamantata da p. c. 11,00 [m]
------------------------------	--

Committente: Sig. Fabrizio BOLDRINI		Località: Loc. le Mosse		Comune: Camerino		Prov. MC	
Quota bocca foro (m): - s.l.m. (medio)		Quota fondo foro: - [m]		Profondità Totale: 8,00		Rotazione meccanica n°	
Coordinate (long.): - GAUSS-BOAGA		Angolo rispetto alla verticale: 0 [°]		Direzione: Dr. F. Rossi		distruzione	
Coordinate (lat.): - GAUSS-BOAGA		Terminato il: 29/08/2017 esecuzione		Impresa: Di Giacobbi		SG-5	
Data: 29/08/2017				Maurizio		Prof. Max = 30 m	

Falda [m]	Perdita d'acqua di circolazione	Corona diamant.	Profondità [m]	Profilo lito-stratigrafico	Carotaggio totale (% di recupero)	R.Q.D. %	Descrizione Litologica	Grado di alterazione	Grado di durezza	Grado di fratturazione	Pocket	NOTE	Strumentazione			
													Inclinometro	Piez. Tipo:	Quote	
			0		0	0	Terreno di riporto. Litotipo A									
			1													
			2													
			3													
			4				Limi Argillosi sabbiosi Lit. B1 (coll.)		D4		1,5					
			5				Limi sabbiosi argillosi Lit. B2 (coll.)		D3		0,6					
			6				Argille siltose grigie				0,8					
			7				Litotipo C1 (Sub. Alt.)	A2	D2	F1	1,5					
			8				Argille Marnose azzurre				1,8					
			9				Litotipo C2 (Sub. Int.)	A1	D1	F0	3,0					
			10													
			11													
			12													
			13													
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
			21													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													

TIPO DI DISCONTINUITA		TIPO E DIAMETRO DEL SONDAGGIO			
L = Contatto rocci-roccia liscio R = Contatto roccia-roccia ruvido I = Contatto roccia-roccia irregolare E = Contatto roccia-roccia striato A = Giunto aperto Ox = Giunto ossidato Ag = Giunto con argilla M = Giunto o faglia Mineralizzata J = Discontinuità principale			ϕ [mm]	DA	A
		RIVESTIMENTO	assente		
		FORO	600		

Compilato: Dr. Geologo Fabio ROSSI		data: 20 luglio 2017		Controllato:	
---	--	-----------------------------	--	--------------	--

ALTERAZIONE		DUREZZA		FRATTURAZIONE		Mod. Scavatore meccanico	
A-1 Sana		D-1 Molto duro		F-0 Non fratturato			
A-2 Leggermente alterata		D-2 Duro		F-1 Poco fratturato			
A-3 Mediamente alterata		D-3 Mediamente duro		F-2 Fratturato			
A-4 Profondamente alterata		D-4 Poco duro		F-3 Molto fratturato			
A-5 Totalmente alterata e argillificata		D-5 Soffice		F-4 Estremamente fratturato			
				F-5 Terreno			

Quota Falda da p. c. - [m]	Quota Perforazione con corona diamantata da p. c. 8,00 [m]
------------------------------	---

Allegato 6A

Logs sondaggi geognostici



MODELLAZIONE ANALISI GEOFISICA HVSr

PROVA SISMICA PASSIVA HVSr

PREMESSA. La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica. La prova, comunemente nota con il termine H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

In un sistema costituito da uno strato tenero (es. coperture) + semispazio rigido (es. bedrock), un'onda tenderà a rimanere intrappolata nello strato tenero per riflessioni multiple (alla superficie libera, di nuovo al bedrock ecc.) dando luogo a fenomeni di risonanza per lunghezze d'onda incidenti [$\lambda = n \times 4 \times H$]. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla legge:

$$f_{Hz} = n \times \frac{V_s}{4H}$$

Dove:

- n = 1, 3, 5, ecc. indica l'ordine del modo di vibrare (fondamentale, primo superiore ecc.)
- Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona
- H è lo spessore dello strato di riferimento

Nella maggior parte delle situazioni, a causa della attenuazione delle coperture, il solo modo visibile è il fondamentale.

Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un (micro)tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

L'Equazione riportata permette di comprendere come la tecnica H/V possa fornire indicazioni di carattere stratigrafico: a partire da una misura di microtremore che fornisce f, nota la Vs delle coperture, si può infatti stimare la profondità dei riflettori sismici principali o viceversa.

MODALITÀ DI ACQUISIZIONE. La misura di microtremore a stazione singola deve avere una durata commisurata alla frequenza di indagine di interesse. Nella già citata ipotesi che una misura di interesse ingegneristico ricada nell'intervallo 0.1-20 Hz, segue che un campionamento adeguato deve durare 15-20 min, in modo da poter analizzare il segnale su finestre di almeno 30 s di lunghezza e da avere almeno 20-30 finestre su cui effettuare una media, considerando anche che qualcuna potrà dover essere rimossa per la presenza di disturbi che alterano lo spettro medio. La frequenza di campionamento adeguata per questo tipo di prove non deve essere inferiore a 50 Hz, in modo da permettere una ricostruzione spettrale sino ad almeno 20 Hz. Lo strumento di misura va posto a diretto contatto col terreno e reso solidale con questo senza interfacce intermedie.

STRUMENTAZIONE. Le misure di microtremore a stazione singola a scopo di microzonazione sismica si effettuano per mezzo di sismometri (o tromometri) tricomponenti sufficientemente sensibili nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (0.1-20 Hz), corrispondenti alle frequenze dei modi di vibrare della maggior parte delle strutture in elevazione. Per definirsi sufficientemente sensibile, lo strumento deve essere in grado di rilevare segnale anche nei punti più silenziosi

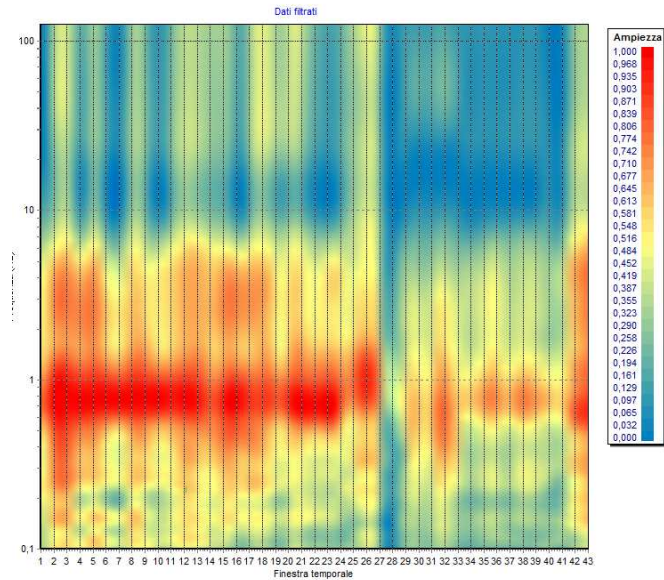
della superficie terrestre. Di fatto non esistono modelli statisticamente affidabili che descrivono il minimo del rumore di fondo su roccia in questa banda di frequenze poiché si tratta un intervallo di modesto interesse sismologico, che tradizionalmente si concentra su frequenze inferiori (per una revisione sui modelli comunemente usati si veda Castellaro-Mulargia, 2011).



ANALISI DEI DATI. Le serie temporali registrate nelle tre componenti del moto vengono analizzate secondo procedure spettrali di vario tipo (FFT, wavelet, ecc.) fino alla produzione delle curve H/V, dove H è la media di due componenti spettrali orizzontali ortogonali. Si rimanda a SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations, 2005) per uno dei possibili esempi di protocollo di analisi.

BIBLIOGRAFIA PRIMARIA. Berger, J., P. Davis, and G. Ekstrom, 2004. Ambient Earth Noise: a survey of the Global Seismic Network, J. Geophys. Res., 109, B11307 10.1029/2004JB003408. Bonnefoy-Claudet S., Köhler A., Cornou C., Wathelet M. e Bard P.-Y., 2008. Effects of Love waves on microtremor H/V ratio, Bull. Seism. Soc. Am., 98, 288 – 300. Castellaro S. e Mulargia F., 2009a. Vs30 estimates using constrained H/V measurements, Bull. Seism. Soc. Am., 99, 761-773. Castellaro S. e Mulargia F., 2009b. The effect of velocity inversions on H/V, Pure Appl. Geophys., 166, 567-592. Castellaro S. e Mulargia F., 2010a. How far from a building does the ground-motion free-field start? The cases of three famous towers and a modern building, Bull. Seism. Soc. Am., 100 (5A), doi: 10.1785/0120090188. Ohrnberger M., Scherbaum F., Krüger F., Pelzing R. e Reamer S.K., 2004. How good are shear wave velocity models obtained from inversion of ambient vibrations in the Lower Rhine Embayment (N.W. Germany)?, Boll. Geofis. Teorica Appl., 45, 215-232. Parolai S., Richwalski S., Milkereit C. e Fäh D., 2006. S-wave velocity profiles for earthquake engineering purposes for the Cologne area (Germany), Bull. Earthq. Eng. 4, 65–94. Kanai K., 1957. The requisite conditions for predominant vibration of round, Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ., 31, 457. Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, QR of RTRI, 30, 25-33. Nogoshi M., Igarashi T., 1970. On the propagation characteristics of microtremors., J. Seism. Soc. Japan, 23, 264-280. Peterson J., 1993. Observations and modeling of seismic background noise. U.S. Geol. Survey OpenFileReport 93322, 95 pp. Scherbaum, F., Hinzen, K.G. & Ohrnberger, M., 2003. Determination of shallow shear wave velocity profiles in the Cologne Germany area using ambient vibrations, Geophys. J. Int., 152, 597–612. SESAME Project (2005). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation, WP12, deliverable no. D23.12.

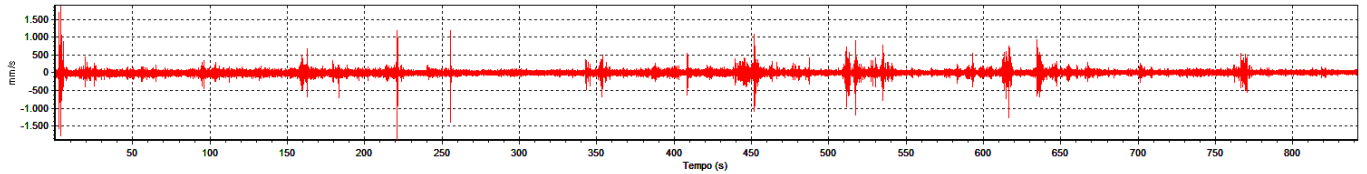
UNI



ACQUISIZIONE

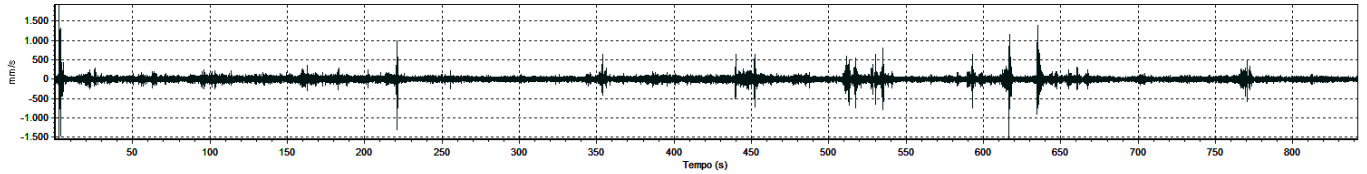
EW

COMPONENTE E-W



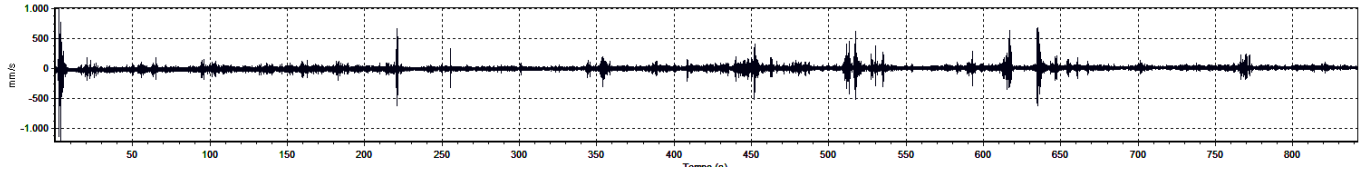
NS

COMPONENTE N-S



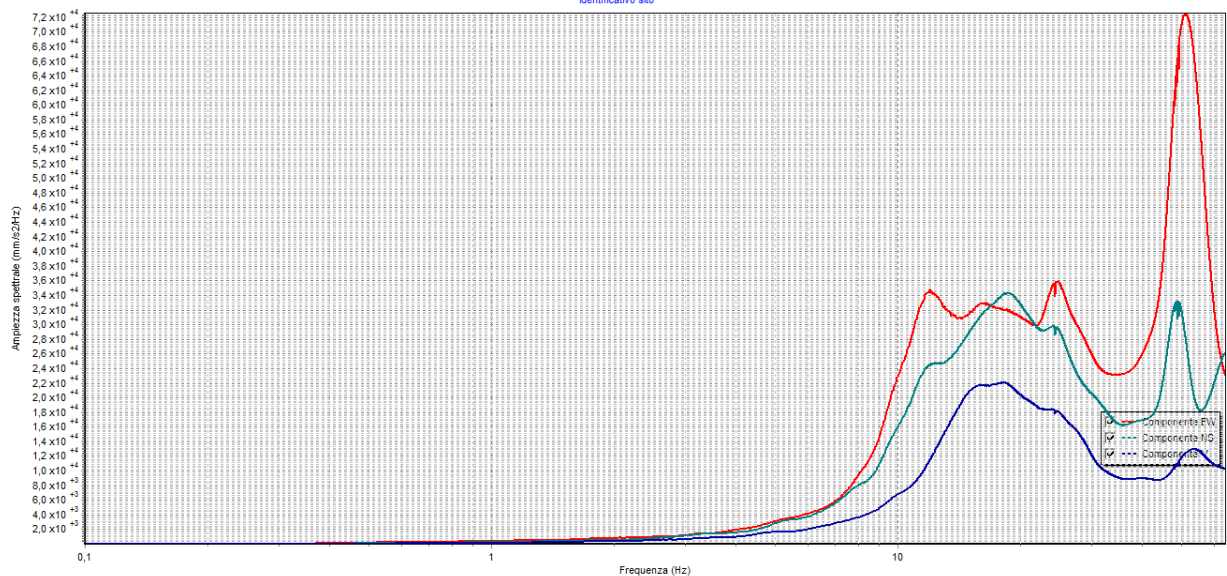
Z

COMPONENTE VERTICALE



ACCELERAZIONE

Identificativo sito



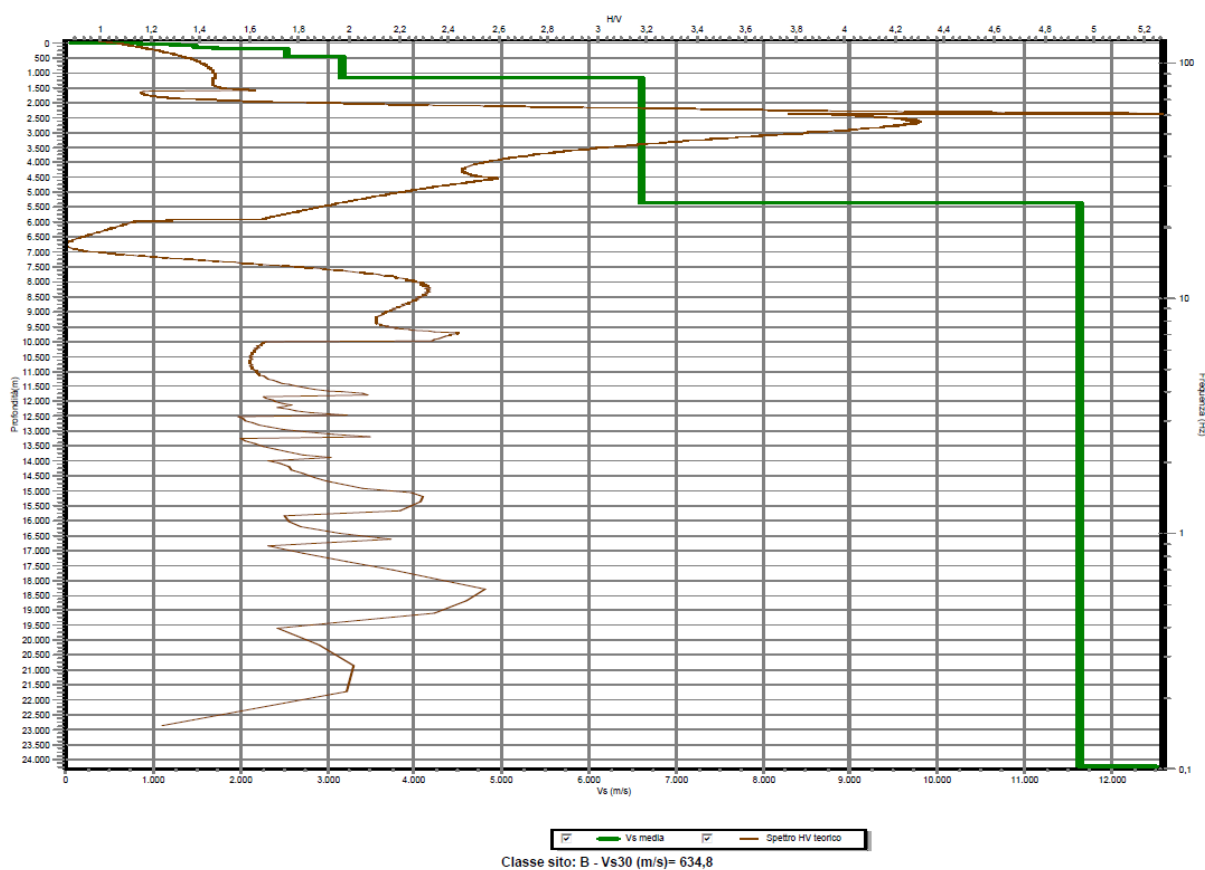
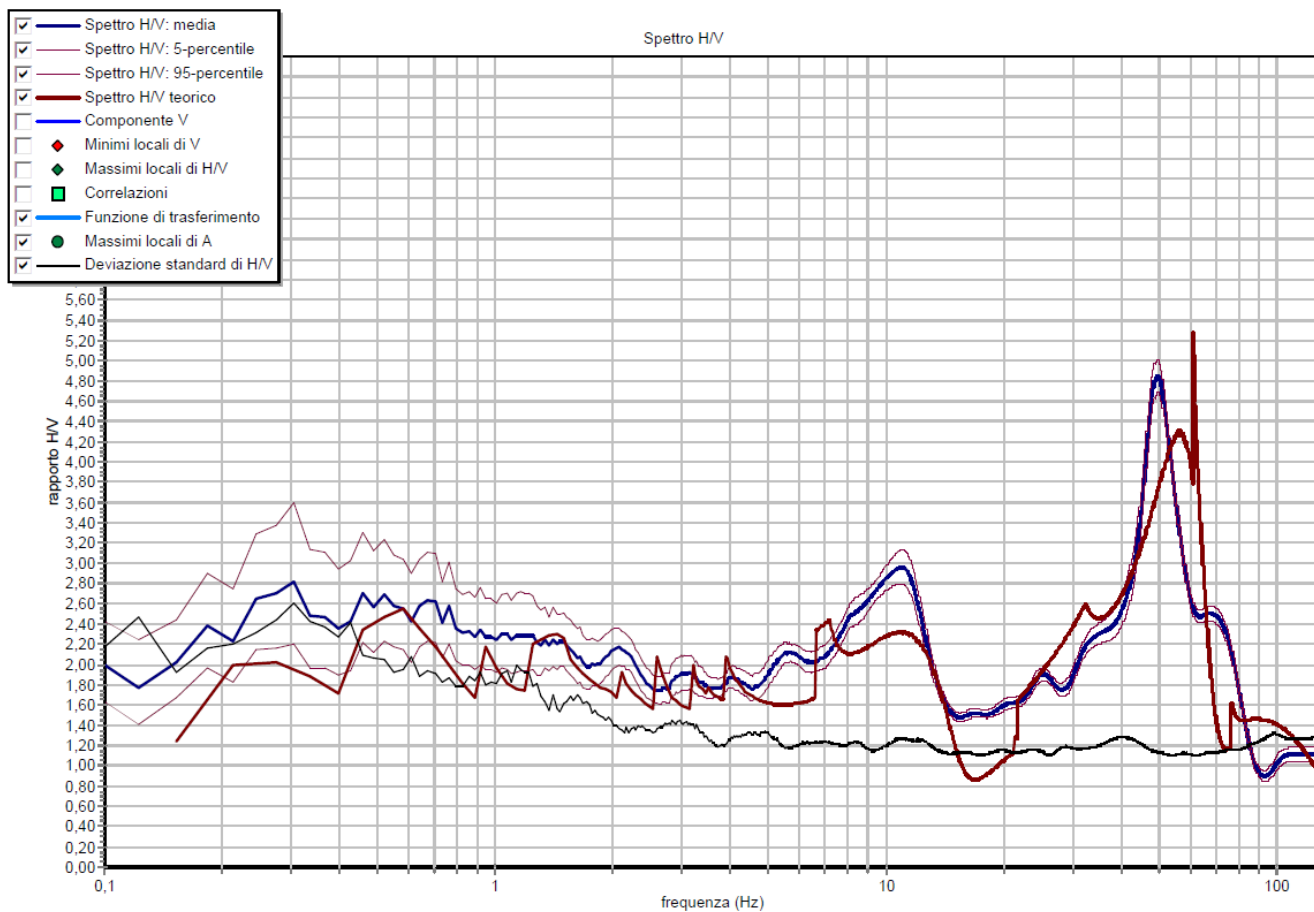


Tabella parametri geotecnici per alte deformazioni da HVSR LN1 - Loc. le Mosse, Camerino (MC)

N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	sigmav(MPa)	RQD%	E(MPa)	Phi(°)	Cu(kPa)
1	0,0	0,14	0,14	70	17,21	0,00		4,36	32,4	31,905
2	0,14	0,28	0,14	138	18,9	0,00		18,86	40	93,878
3	0,28	0,29	0,01	140	18,73	0,00		19,11	40,1	96,05
4	0,29	0,3	0,01	142	18,76	0,00		19,69	40,1	98,241
5	0,3	0,83	0,53	162	18,78	0,01		25,65	37,8	121,139
6	0,83	3,44	2,61	346	20,59	0,04		120,77	44,4	404,843
7	3,44	7,97	4,53	348	19,93	0,08		118,21	40,6	408,57
8	7,97	36,52	28,55	847	22,19	0,43	6	731,05	37,7	456,218
9	36,52	51,74	15,22	1169	22,88	0,63	11	1435,55	37,6	565,635
10	51,74	55,51	3,77	1232	22,93	0,68	12	1598,18	37,6	656,63
11	55,51	79,88	24,37	1297	22,95	1,0	14	1773,03		
12	79,88	136,91	57,03	1473	23,08	1,76	18	2299,88		
13	136,91	204,46	67,55	1701	23,29	2,67	24	3093,88		
14	204,46	454,12	249,66	2543	24,28	6,28	53	7209,97		
15	454,12	1177,25	723,13	3155	24,42	16,85	81	11164,11		
16	1177,25	5339,53	4162,28	6621	26,13	84,8	358	52609,24		
17	5339,53	24222,93	18883,4	11627	27,11	411,51	1104	168304,11		
18			0,0	12513	27,03	411,51	1278	194356,3		

Tabella parametri geotecnici per basse deformazioni da HVSR LN1 - Loc. le Mosse, Camerino (MC)

N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)	G0(Mpa)	Ed(Mpa)	Kv(Mpa)	Ey(Mpa)
1	0,0	0,14	0,14	70	17,21	0,05	146	8,6	37,25	25,79	23,21
2	0,14	0,28	0,14	138	18,9	0,05	304	36,68	177,76	128,85	100,5
3	0,28	0,29	0,01	140	18,73	0,05	299	37,43	171,1	121,2	101,81
4	0,29	0,3	0,01	142	18,76	0,05	304	38,56	176,28	124,87	104,89
5	0,3	0,83	0,53	162	18,78	0,05	346	50,25	229,7	162,71	136,67
6	0,83	3,44	2,61	346	20,59	0,05	626	251,33	822,53	487,42	643,4
7	3,44	7,97	4,53	348	19,93	0,05	630	246,01	805,14	477,12	629,8
8	7,97	36,52	28,55	847	22,19	0,05	1383	1622,83	4327,55	2163,78	3894,8
9	36,52	51,74	15,22	1169	22,88	0,05	1909	3186,72	8497,92	4248,96	7648,13
10	51,74	55,51	3,77	1232	22,93	0,05	2012	3547,72	9460,58	4730,29	8514,52
11	55,51	79,88	24,37	1297	22,95	0,05	2118	3935,87	10495,64	5247,82	9446,08
12	79,88	136,91	57,03	1473	23,08	0,05	2405	5105,41	13614,42	6807,21	12252,97
13	136,91	204,46	67,55	1701	23,29	0,05	2778	6867,96	18314,55	9157,28	16483,1
14	204,46	454,12	249,66	2543	24,28	0,05	4153	16005,08	42680,2	21340,1	38412,18
15	454,12	1177,25	723,13	3155	24,42	0,05	5152	24782,71	66087,21	33043,6	59478,49
16	1177,25	5339,53	4162,28	6621	26,13	0,05	10812	116784,86	311426,31	155713,16	280283,66
17	5339,53	24222,93	18883,4	11627	27,11	0,05	18987	373610,63	996295,06	498147,59	896665,5
18	0	0	0,0	12513	27,03	0,05	20434	431442,69	1150513,75	575256,81	1035462,44

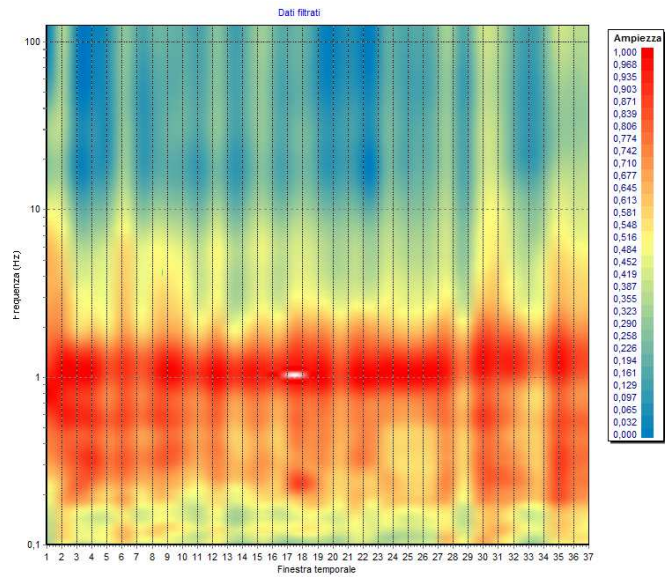
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love LN1 - Loc. le Mosse, Camerino (MC)

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $sa < 2$ per $0.5f_p < 2f_p$

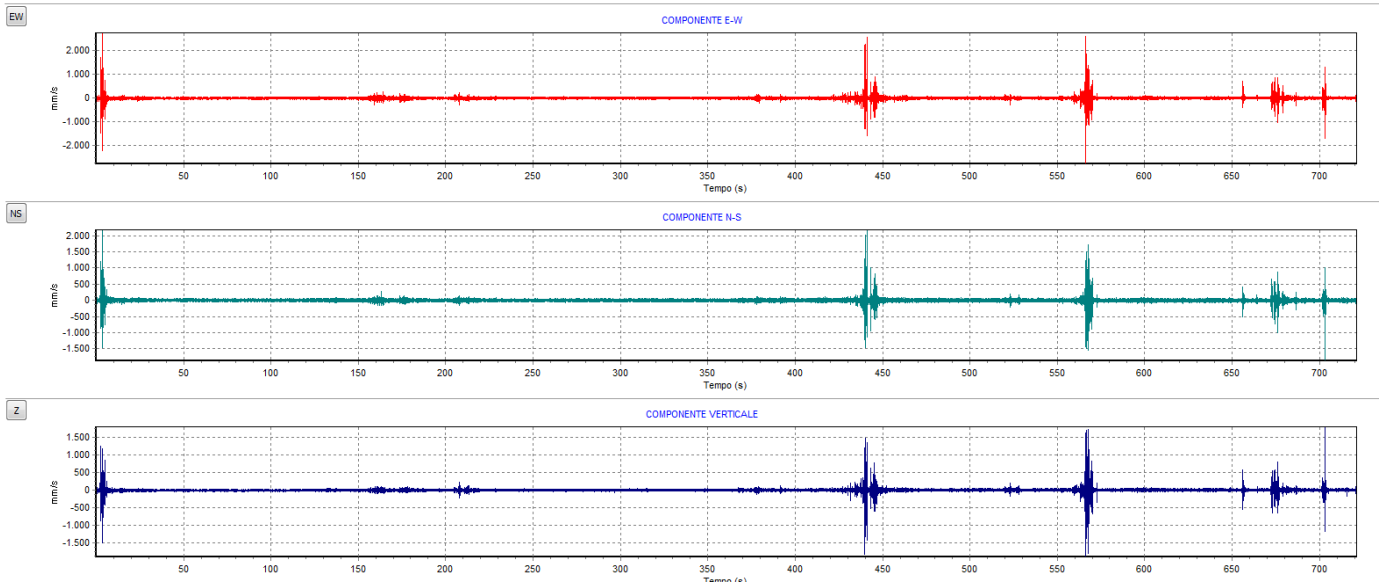
LEGENDA: L_w =lunghezza della finestra (s) - N_w =n. finestre - f_p (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa =deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	0,31	2,82	25,99	263,86	153,69	130,07	No	Si	No
2	0,12	1,77	25,74	895,0	521,31	441,2	No	No	No
3	0,67	2,63	10,3	92,24	53,73	45,47	Si	Si	No
4	1,4	2,25	3,6	34,51	20,1	17,01	Si	Si	Si
5	2,08	2,17	2,26	20,49	11,94	10,1	Si	Si	Si
6	2,69	1,77	1,17	14,53	8,47	7,16	Si	Si	Si
7	4,06	1,88	0,87	8,38	4,88	4,13	Si	Si	Si
8	5,55	2,11	0,81	5,52	3,21	2,72	Si	Si	Si
9	5,65	2,12	0,79	5,4	3,14	2,66	Si	Si	Si
10	5,8	2,11	0,77	5,21	3,03	2,57	Si	Si	Si
11	10,93	2,96	0,8	2,24	1,3	1,1	Si	Si	Si
12	25,24	1,9	0,14	0,73	0,43	0,36	Si	Si	Si
13	49,59	4,84	0,47	0,3	0,17	0,15	Si	Si	Si
14	121,89	1,12	0,01	0,09	0,05	0,04	Si	Si	Si
15	122,47	1,12	0,01	0,09	0,05	0,04	Si	Si	Si
16	123,9	1,12	0,01	0,09	0,05	0,04	Si	Si	Si
17	125,0	1,12	0,01	0,09	0,05	0,04	Si	Si	Si

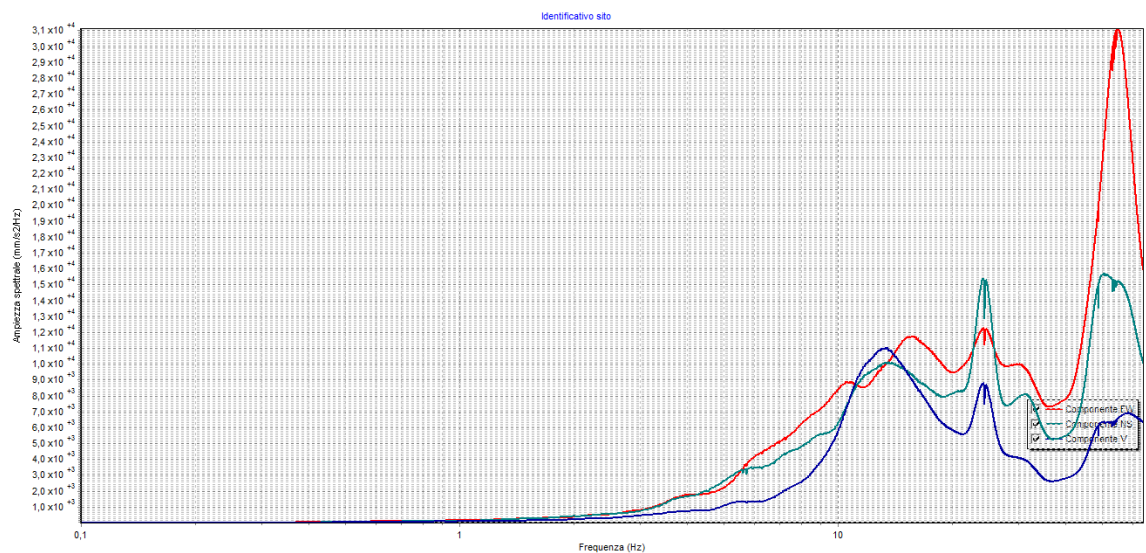
LN2



ACQUISIZIONE

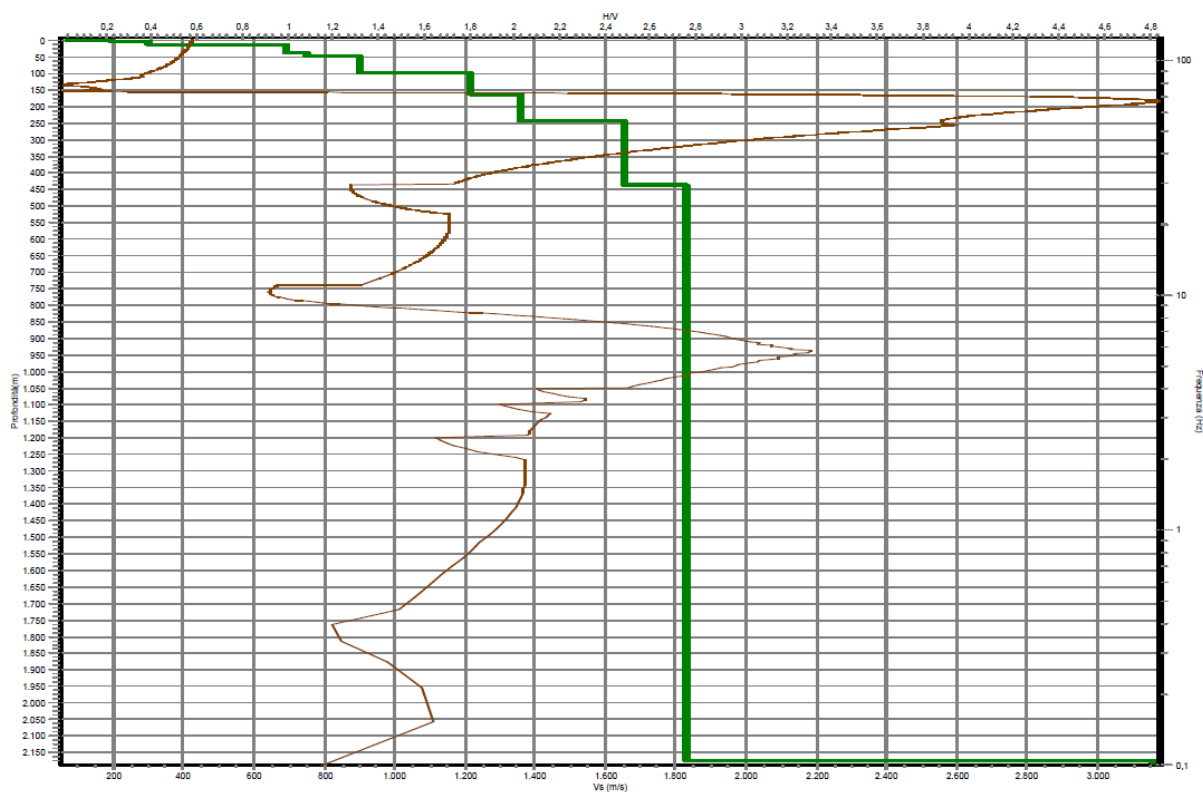
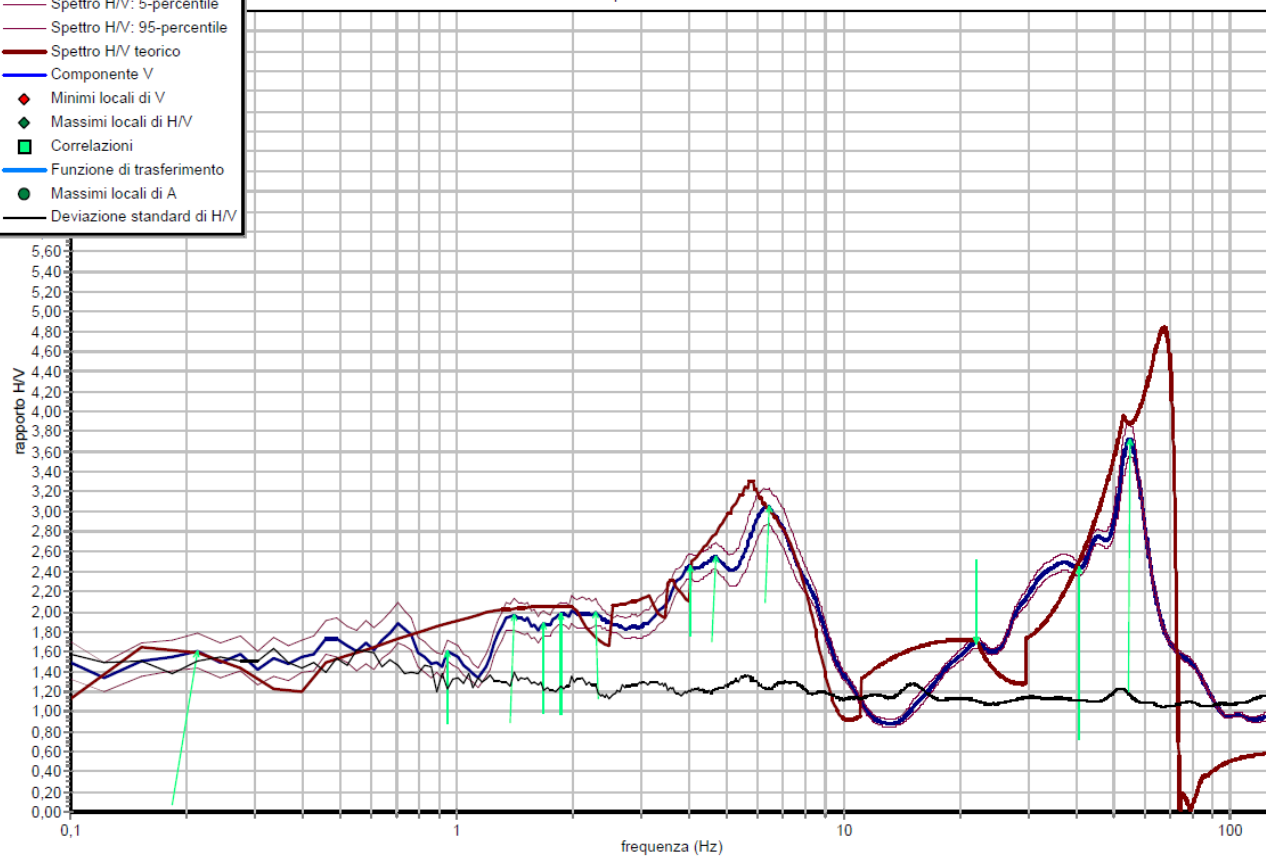


ACCELERAZIONE



- ☒ Spettro H/V: media
- ☒ Spettro H/V: 5-percentile
- ☒ Spettro H/V: 95-percentile
- ☒ Spettro H/V teorico
- ☐ Componente V
- ☐ Minimi locali di V
- ☐ Massimi locali di H/V
- ☒ Correlazioni
- ☒ Funzione di trasferimento
- ☒ Massimi locali di A
- ☒ Deviazione standard di H/V

Spettro H/V



☒ Vs media ☒ Spettro HV teorico

Classe sito: B - Vs30 (m/s)= 454,9

Tabella parametri geotecnici per alte deformazioni da HVSR LN2 - Loc. Le Mosse, Camerino

N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	sigmav(MPa)	RQD%	E(MPa)	Phi(°)	Cu(kPa)
1	0,0	0,32	0,32	70	16,63	0,00		4,21	29,8	31,905
2	0,32	1,17	0,85	190	19,17	0,01		35,48	39,1	156,09
3	1,17	2,2	1,03	195	18,69	0,02		36,44	36,8	162,671
4	2,2	3,36	1,16	296	19,85	0,03		86,5	42	315,871
5	3,36	11,62	8,26	298	19,18	0,11		84,72	36,7	319,271
6	11,62	36,88	25,26	689	21,38	0,4		466,17	46	1210,387
7	36,88	46,71	9,83	753	21,32	0,51	5	555,24		
8	46,71	98,25	51,54	900	21,58	1,12	7	802,84		
9	98,25	163,03	64,78	1213	22,25	1,93	12	1503,4		
10	163,03	202,37	39,34	1360	22,43	2,42	15	1905,05		
11	202,37	243,2	40,83	1362	22,3	2,93	15	1899,3		
12	243,2	435,78	192,58	1656	22,71	5,42	22	2859,6		
13	435,78	2174,99	1739,21	1827	22,12	26,83	27	3390,74		
14			0,0	3158	23,74	26,83	81	10872,88		

Tabella parametri geotecnici per basse deformazioni da HVSR LN2 - Loc. Le Mosse, Camerino

N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)	G0(Mpa)	Ed(Mpa)	Kv(Mpa)	Ey(Mpa)
1	0,0	0,32	0,32	70	16,63	0,05	146	8,31	36,0	24,92	22,43
2	0,32	1,17	0,85	190	19,17	0,05	386	70,53	290,92	196,88	189,01
3	1,17	2,2	1,03	195	18,69	0,05	396	72,44	298,81	202,22	194,14
4	2,2	3,36	1,16	296	19,85	0,05	554	177,25	620,38	384,05	460,86
5	3,36	11,62	8,26	298	19,18	0,05	558	173,6	607,61	376,14	451,37
6	11,62	36,88	25,26	689	21,38	0,05	1125	1034,83	2759,56	1379,78	2483,6
7	36,88	46,71	9,83	753	21,32	0,05	1230	1232,56	3286,83	1643,41	2958,15
8	46,71	98,25	51,54	900	21,58	0,05	1470	1782,19	4752,52	2376,26	4277,27
9	98,25	163,03	64,78	1213	22,25	0,05	1981	3337,33	8899,54	4449,77	8009,59
10	163,03	202,37	39,34	1360	22,43	0,05	2221	4228,94	11277,16	5638,58	10149,45
11	202,37	243,2	40,83	1362	22,3	0,05	2224	4216,16	11243,1	5621,55	10118,79
12	243,2	435,78	192,58	1656	22,71	0,05	2704	6347,89	16927,71	8463,86	15234,94
13	435,78	2174,99	1739,21	1827	22,12	0,05	2983	7526,95	20071,88	10035,94	18064,69
14	0	0	0,0	3158	23,74	0,05	5157	24136,2	64363,2	32181,6	57926,88

Legenda: Vs=velocità onde S; gamma=peso di volume; Vp=velocità onde P; G0=modulo di taglio; Ed=modulo edometrico; Kv=modulo di compressibilità volumetrica; Ey=Modulo di Young.

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love LN2 - Loc. Le Mosse, Camerino

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $sa < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: L_w =lunghezza della finestra (s) - N_w =n. finestre - f_p (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - sa =deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	0,21	1,6	12,06	424,47	247,24	209,25	No	No	Si
2	0,95	1,6	2,72	58,4	34,01	28,79	Si	Si	Si
3	1,4	1,96	2,75	34,51	20,1	17,01	Si	Si	Si
4	1,68	1,88	2,1	27,19	15,84	13,41	Si	Si	Si
5	1,86	1,98	2,1	23,69	13,8	11,68	Si	Si	Si
6	2,29	1,99	1,74	17,99	10,48	8,87	Si	Si	Si
7	4,03	2,46	1,5	8,47	4,93	4,17	Si	Si	Si
8	4,67	2,55	1,4	6,95	4,05	3,43	Si	Si	Si
9	6,41	3,05	1,45	4,56	2,66	2,25	Si	Si	Si
10	22,03	1,69	0,13	0,88	0,51	0,43	Si	Si	Si
11	22,13	1,69	0,13	0,87	0,51	0,43	Si	Si	Si
12	40,59	2,43	0,15	0,39	0,23	0,19	Si	Si	Si
13	54,9	3,72	0,25	0,26	0,15	0,13	Si	Si	Si

Verifiche di stabilità di pendii infinitamente estesi

(verifiche in termini di sforzi efficaci - condizioni statiche e sismiche)

NTC2018

LIMITI DI APPLICABILITÀ:

Nel caso di pendii caratterizzati da :

- materiali macroscopicamente omogenei (non stratificati), schematizzabili con il modello rigido-plastico e il criterio di rottura di Mohr-Coulomb;
- pendenze relativamente costanti;
- estensione planimetrica rilevante, se rapportata allo spessore dei materiali instabili/potenzialmente instabili;
- flusso di acqua parallelo al pendio;

il coefficiente di sicurezza in termini di **sforzi efficaci** in condizioni:

- **statiche**
- **sismiche** (accelerazione sismica solo nella direzione orizzontale)

può essere calcolato mediante le seguenti espressioni

(vedi Lambe, Whitman [1968] e Hadj-Hamou, Kavazanjian [1985]):

$$F_s = \frac{\tau_s}{\tau_m} = \frac{C'k + (\gamma k \cdot h - \gamma_w h_w) \cdot \cos^2 \beta \cdot \tan \phi'k}{\gamma k \cdot h \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}$$

$$F_d = \frac{\tau_s}{\tau_m} = \frac{(C'k/\gamma k \cdot h) \cdot \sec \beta + [(1 - r_u) \cdot \cos \beta - (K_h \cdot \sin \beta)] \cdot \tan \phi'k}{\sin \beta + K_h \cdot \cos \beta}$$

essendo:

- ck' intercetta di coesione apparente caratteristica (FL⁻²)
- φ'k angolo di resistenza al taglio caratteristico (°)
- γ_k peso di volume unitario umido del terreno caratteristico (FL⁻³)
- h profondità parametrizzazione geomeccanica minima (L)
- β pendenza media sull'orizzontale del pendio (°)
- γ_w peso di volume unitario dell'acqua (FL⁻³)
- r_u (h-h_w)/h (-)
- h_w quota della falda rispetto al piano campagna (L)
- Δu sovrappressione interstiziale indotta dal sisma (FL⁻²)
- k_h coefficiente sismico orizzontale di progetto (-)
- kh coefficiente sismico orizzontale di progetto (-)
- g accelerazione di gravità (LT⁻²)

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI:

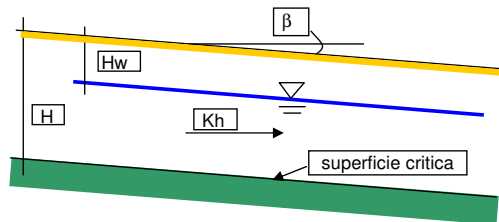
- LAMBE T.W., WHITMAN R.V. [1968]
"Soil Mechanics"
John Wiley & Sons, Inc., New York.
- HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]
"Seismic stability of gentle infinite slopes"
Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol.111, No.6.

Pendio infinito con falda - condizioni sismiche

HADJ-HAMOU T., KAVAZANJIAN E. Jr. [1985]

$$F_d = \frac{\tau_s}{\tau_m} = \frac{(C'k/\gamma k \cdot h) \cdot \sec \beta + [(1 - r_u) \cdot \cos \beta - (K_h \cdot \sin \beta)] \cdot tg \phi'k}{\sin \beta + K_h \cdot \cos \beta}$$

Approccio 1 - combinazione 2 (A2+M2+R2) GEO con R2 = 1,10



DATI DI INGRESSO: PARAMETRI CARATTERISTICI (Fk)

γ_w	peso di volume acqua	10,00	(kN/m ³)
γ_k	peso di volume terreno	17,78	(kN/m ³)
H_w	profondità falda da p.c.	5,00	(m)
h	profondità strato deformabile	5,00	(m)
β	pendenza pendio	9,00	(°)
$\phi'k$	angolo di attrito	23,00	(°)
$c'k$	coesione drenata	8,00	(kPa)
Δu	sovrappressione interstiziale	0,00	(kPa)

(Per versanti interessati da fenomeni di instabilità, ove risultano già operanti le condizioni di resistenza residua, si può ipotizzare $\Delta u=0$. In generale, vedi Crespellani T. et al. [1990]: "Analisi di stabilità dei pendii naturali in condizioni sismiche", Rivista Italiana di Geotecnica, anno XXIV, n.2)

K_h coeff. sismico orizzontale 0,054 (-)
(D.M. 14.01.2008)

K_v coeff. sismico verticale 0,027 (-)
(D.M. 14.01.2008)

DATI DISCRETIZZATI: COEFFICIENTI PARZIALI "M2"

γ_w	peso di volume acqua	10,0	(kN/m ³)
γ_k	peso di volume terreno	18,0	(kN/m ³)
H_w	profondità falda da p.c.	5,0	(m)
h	profondità strato deformabile	5,0	(m)
β	pendenza pendio	9,0	(°)
$\phi'k$	angolo di attrito	18,8	(°)
$c'k$	coesione drenata	6,4	(kPa)
Δu	sovrappressione interstiziale	0,0	(kPa)

Coefficiente di categoria sottosuolo: "S" 1,15

$K_{h(S)}$ coeff. sismico orizzontale di progetto 0,054 (-)
(D.M. 14.01.2008)

$K_{v(S)}$ coeff. sismico verticale di progetto 0,027 (-)
(D.M. 14.01.2008)

Coefficiente parziale (γ_R): R2 1,10

SCHEMATIZZAZIONE DEI RISULTATI:

Fs (statico):	1,82
Fd (sismico):	1,74

verificato!

verificato!

Carta di Microzonazione analitica e distribuzione delle accelerazioni sismiche orizzontali A(g)

Vsm (m/sec). Velocità ponderale di propagazione delle onde di taglio S negli strati di copertura

Vs30 (m/sec). Velocità ponderale di propagazione delle onde di taglio S nei primi 30 m di profondità

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

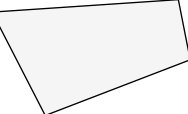
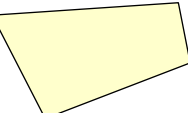
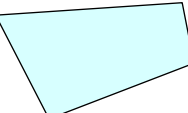
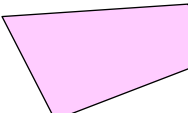
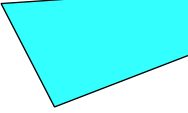
Nspt (-). Media ponderale N. colpi penetrometro adottato standardizzato all'NSPT

HT (Kg/cmq). Spessore totale della colonna stratigrafica di copertura

T (sec) = Periodo di risonanza della colonna stratigrafica rispetto al bedrock (o bedrock-like). Il periodo di risonanza corrisponde al periodo per il quale nello spettro di risposta del sito si ha il coefficiente di risposta R di picco e dunque di massima sollecitazione per edifici aventi il medesimo periodo di vibrazione. Pertanto, un edificio dovrebbe essere realizzato nel sito in questione in modo tale da prevedere un periodo di risonanza superiore lontano per il 20% a quello ponderale calcolato per la colonna stratigrafica.

Rischio Sismico (microzonazione): Amplificazione d'onda

Classificazione sismica suolo NTC2018

- **R1.** Zona esente da amplificazione
- **R2.** Zona di bassa amplificazione
- **R3.** Zona di moderata amplificazione
- **R4.** Zona di amplificazione
- **R5.** Zona di elevata amplificazione
- A.** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 > 800 m/s, eventual-mente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 mm
- B.** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consi-stenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà geo-meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s
- C.** Deposit
- D.** Deposit
- 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 (con VS30 > 800 m/s).

Il fenomeno dell'amplificazione sismica si accentua al decrescere di Vs (o NSPT) alla medesima profondità

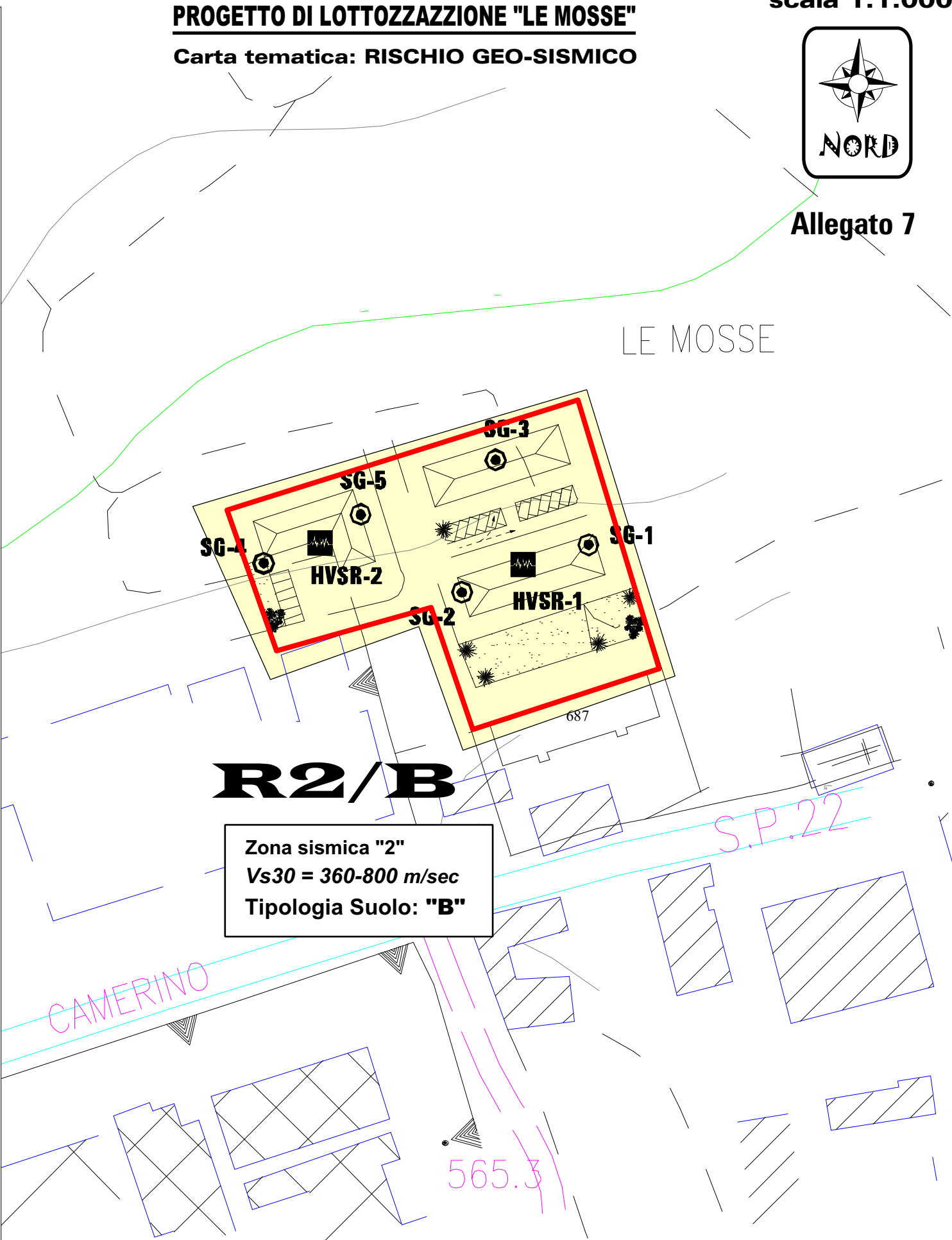
PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"

Carta tematica: RISCHIO GEO-SISMICO

scala 1:1.000



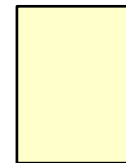
Allegato 7



PERICOLOSITA' GEOLOGICHE: CARTA SINOTTICA



P1 - AREE ESENTI DA RISCHI. *Sinottica:* Zone prive di circolazione idrica o trascurabile. Zone di ottimo drenaggio con falda idrica da media a profonda. Zone esenti da frane sovraincombenti e di movimenti gravitativi antichi e/o attuali, quiescenti e/o in atto. Zone di Sub-orizzontalità topografica e/o pendenze naturali minime (< 10%). Stabilità morfologica dei versanti efficace ($F >> 1,300$) sia in condizioni statiche (F_s) sia dinamiche (F_d). **Trattasi di zone prive di dissesti, con substrato integro affiorante e/o coltre equiparabile (bedrock-like) e/o di minimo spessore, omogenea, con qualità geotecnico-reologiche buone e crescenti con l'approfondimento.**



P2 - AREE SOTTESE A RISCHI MODERATI. *Sinottica:* Zone con circolazione idrica epidermica assente o, se presente, regolabile tramite drenaggio. Falda idrica controllabile. Zone con pendenze naturali moderate (<10%-20%), piuttosto che zone sub-pianeggianti con omogenei volumi di colluvioni a stato di consistenza crescente. Zone esenti di movimenti gravitativi antichi e/o attuali. Zone con stabilità morfologica dei versanti buona ($F >> 1,30$), sia in condizioni statiche (F_s) sia dinamiche (F_d). Zone con litotipi dotati di qualità tessiturali, geomeccaniche e reologiche buone, con occasionali orizzonti superficiali di ridotta potenza compressibili. **Trattasi di zone con remoti indizi di dissesto geologico ed idraulico e/o remote possibilità d'esondazione.**

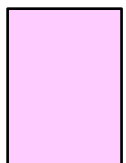


P3 - AREE SOTTESE A RISCHI MEDI. *Sinottica:* Zone con versanti a pendenze naturali medie significative ma accettabili (< 30%), ovvero zone sub-pianeggianti con differenziati volumi di materiali alluvionali. Zone con qualità geotecniche dei litotipi di copertura variabili localmente sia in senso estensivo che normale, ma con substrato rilevabile a profondità accettabile. Zone con eventuale circolazione idrica superficiale ma sanabile tramite drenaggio piuttosto che aree ai margini delle zone di esondazione. Zone con movimenti gravitativi epidermici e/o quiescenti, ma privi di segni di riattivazione e con stabilità delle coltri verificata analiticamente ($F > 1,30$). **Trattasi di zone con assenza di indizi di dissesto geologico ed idraulico ma collocate su di versanti a pendenza significativa ma accettabile (< 30°) e/o su sedimenti compressibili, ovvero zone con dissesti geologici ed idraulici di ridotta entità e sulle quali si può intervenire tramite idonei accorgimenti costruttivi e risanamento e/o in funzione dell'opera da realizzare (*)**

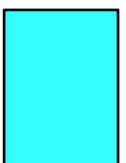
(*) *Accorgimenti costruttivi:* fondazioni dirette intelaiate, massicce a struttura rigida con piani compensati per eludere i cedimenti delle strutture in elevazione o indirette profonde di grosso diametro.

Programmi di bonifica ambientale e/o interventi di stabilizzazione preventivi: rimodellamento della geometria dei versanti; opere di stabilizzazione delle scarpate naturali e di sbancamento (muri controterra e/o terre rinforzate).

Programmi di bonifica idraulica: wells points, precarichi, tappeti drenanti, vibroflottazione; drenaggi superficiali e profondi, trincee, impermeabilizzazione dei perimetri e complementari opere specifiche da definire in relazione alla tipologia progettuale.



P4 - AREE SOTTESE A RISCHI SIGNIFICATIVI. *Sinottica:* Condizioni d'instabilità rilevabile: fenomeni gravitativi reali e/o potenziali. Zone molto acclivi (scarpate antropiche e poligeniche sintomatiche e/o di intensa erosione), anche con substrato affiorante. Zone con sedimenti di copertura di notevole potenza su versanti con pendenze naturali significative (> 25%) con substrato integro marcabile ad alta profondità (> 25-30 m). Zone di esondazione. Drenaggio impedito con falda prossima al piano di campagna. Zone con frequenti condizioni di saturazione del terreno. Zone con caratteristiche geotecniche e reologiche dei litotipi scadenti, variabili arealmente e localmente decrescenti con l'approfondimento. Zone con diffusi cedimenti differenziali e/o processi di subsidenza. **Trattasi di zone con presenza puntuale di dissesto geologico ed idraulico da monitorare puntualmente per l'attuazione di interventi edilizi o meno.**



P5 - AREE AD ALTO RISCHIO. *Sinottica:* Instabilità gravitativa evidente: movimenti franosi in atto e/o incombenti. Zone con pendio molto acclive (> 30%). Zone con drenaggio impedito e/o manifestazioni idriche significative e/o falda cospicua impilata e/o al piano di campagna. Zone con caratteristiche geomeccaniche dei litotipi pessime e molto differenziate sia arealmente sia verticalmente. **Zone con diffuso dissesto geologico-idraulico: sono ammissibili solamente le opere e gli interventi volti alla riparazione ed al consolidamento dell'esistente**

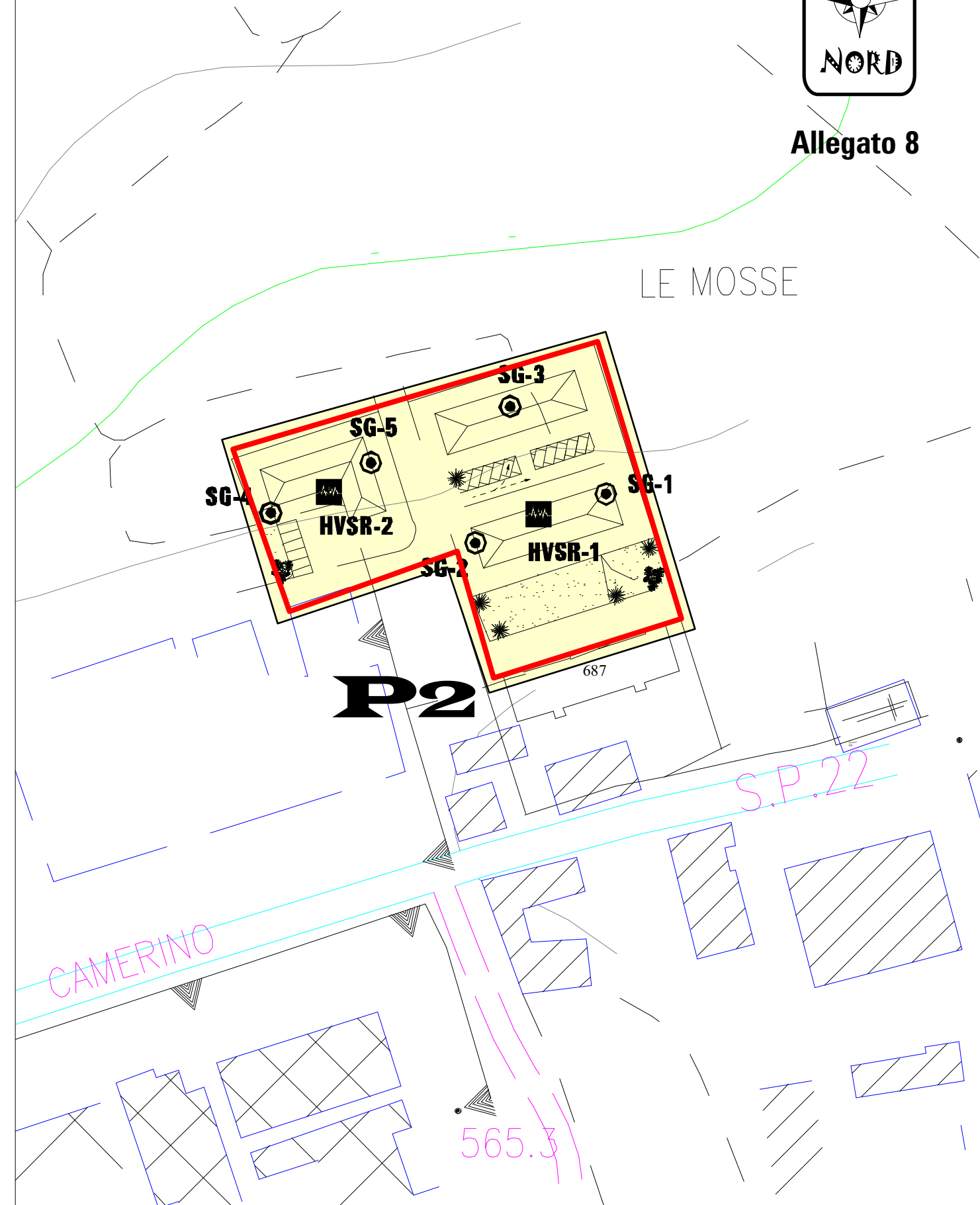
PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"

Carta tematica: Pericolosità geologiche

scala 1:1.000



Allegato 8



PROGETTO DI LOTTOZZAZIONE "LE MOSSE"

Carta tematica: Sintesi della fattibilità

scala 1:1.000



Allegato 9

Penalità ai fini edificatori: vincoli geologici

V1 - AREE PRIVE DI VINCOLI. Aree di progetto prive di vincoli geologici-geomorfologici-ambientali. Interventi edilizi ed assimilabili eseguibili tramite l'uso di ordinarie tecniche costruttive nel rispetto della normativa sismica vigente e delle previsioni urbanistiche

V2 - AREE CON PRESCRIZIONI. Edificazione ed interventi assimilabili consentiti tramite l'ausilio di idonei accorgimenti costruttivi ed indagini geologico-tecniche suppletive in relazione al progetto esecutivo

V3 - AREE VINCOLATE. Edificazione ed interventi assimilabili preclusi per l'elevata penalizzazione geologico-ambientale

