

Regione Umbria

PPV

PROVINCIA DI PERUGIA

PPV

COMUNE DI NORCIA

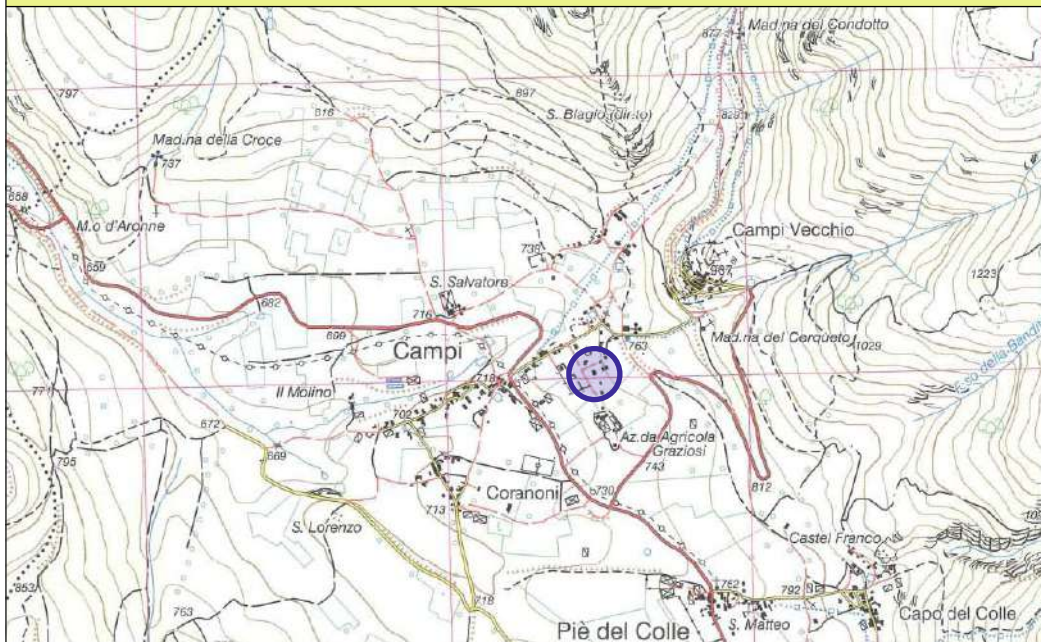
Oggetto:

INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI O UNITA' IMMOBILIARI AD USO ABITATIVO GRAVEMENTE DANNEGGIATI O DISTRUTTI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI

**loc. CAMPI - Frazione di Norcia
N.C.E.U. - Foglio n. 14 Particella n. 78**

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA, DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA, IDROGEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA DI SITO (RSL 1D)



Proprietario:
BUCARELLI Stefano

Data:
Giugno 2020

Progettista:



**Dott. Geol.
Giorgio Piagnani**

Sede Operativa:
Via V. Veneto, n. 14
06083 Bastia U. (PG)



Dott. Geol. Giorgio PIAGNANI

1.0 PREMESSA	3
1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI	3
1.2 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO	3
1.3 INTERVENTI IN PROGETTO	3
1.4 ELABORATI E ALLEGATI	4
2.0 STUDIO GEOLOGICO GENERALE	5
2.1 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (§ 6.2.1 NTC 2018)	5
2.1.1 Geomorfologia e Geologia di Area Vasta	5
2.1.2 Caratteristiche Strutturali e Sismo-Tettoniche Generali	6
2.1.3 Dati sulla Franosità della Zona	6
2.1.4 Idrogeologia di Area Vasta	6
2.2 GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI AREA RISTRETTA	7
2.2.1 Geomorfologia e Geologia del Sito Progettuale	7
2.2.2 Reticolo Idrografico Locale	7
2.2.3 Dati sull'Alluvionamento dell'Area	7
2.2.4 Idrogeologia del sito Progettuale	7
2.2.5 Analisi Cartografia di Piano di Bacino (PAI Fiume Tevere)	8
2.2.6 Vincoli di Normativa (da Regione Umbria e PRG Comunale)	8
3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA (§6.2, §6.2.1, §6.12 NTC 2018 - §C6.12)	9
3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE	9
3.2 PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE CONDOTTE E STANDARD DI RIFERIMENTO	9
3.2.1 Sondaggi Geognostici a Rotazione	9
3.2.1.1 Prove SPT in foro	10
3.3 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE	10
3.3.1 Modello Geologico e Idrogeologico di Sito per Verifiche Geotecniche	10
3.3.2 Modello Litotecnico di Sito per Verifiche Geotecniche	11
3.4 CONSIDERAZIONI SULLA CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA	12
3.5 ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI INSTABILITÀ E PERICOLOSITÀ GEOLOGICA DEL SITO	12
3.5.1 Consigli e Prescrizioni Tecniche	12
3.5.2 Ulteriori Considerazioni sulla Stabilità dell'Area	13
4.0 MODELLAZIONE SISMICA	14
4.1 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO	14
4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	14
4.2.1 Classificazione Sismica	14
4.2.2 Sismicità Storica (Catalogo CPTI15 v2.0)	14
4.2.3 Sismicità Attuale (Archivio ISide)	16
4.2.4 Strutture e Faglie Sismogenetiche	17
4.2.4.1 Progetto IT.HA.CA	17
4.2.4.2 Progetto DISS	18
4.2.5 Scenario Sismico di riferimento	18
4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	19
4.3.1 Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica - V_R	19
4.3.2 Coordinate	19
4.3.3 Parametri della Pericolosità Sismica di Base	19
4.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO	20
4.4.1 Indagini Geofisiche Dedicate e Standard di Riferimento	20
4.4.1.1 Modello Sismo-Stratigrafico (Profilo V_s) di Sito	20
4.4.1.2 Frequenze di sito	23
4.4.1.3 Calcolo della $V_{s,eq}$ e Categoria di Sottosuolo di Fondazione	23
4.4.1.4 Condizione Topografica	23
4.5 SCELTA APPROCCIO PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	24
4.5.1 SLV ($T_r = 475$ anni), Confronto Spettro di Normativa e Spettro Medio Normalizzato (MS3)	24
4.5.1.1 Verifica Qualitativa delle Condizioni di cui all' OCSR 55/2018	27
4.6 RSL MEDIANTE ANALISI LINEARE EQUIVALENTE MONODIMENSIONALE 1D	28
4.6.1 Scelta degli Accelerogrammi (Storie Temporali) di Input	34
4.6.1.1 SLV ($T_R = 475$ anni)	34
4.6.1.1.2 Storie Temporali Selezionate	34

4.6.1.1.2 Analisi Spettro-compatibilità Spettro Medio di INPUT	36
4.6.2 Sismostratigrafia di Riferimento con Parametri Geotecnici di Ingresso	36
4.6.3 Curve di Decadimento Utilizzate	37
4.7 RISULTATI ANALISI "RSL 1D"	38
4.7.2 SLV (Tr = 475 Anni)	38
4.7.2.1 Elaborazione	38
4.7.2.2 Funzione di Amplificazione Spettrale (F.A.S.)	39
4.7.2.3 Profilo Peak Ground Acceleration (pga)	39
4.7.2.4 Spettro medio di INPUT e OUTPUT (dati tabellari)	40
4.7.2.5 Spettro medio di INPUT e OUTPUT (grafico)	45
4.7.3 Conclusioni Studio "Rsl 1D"	46
4.7.3.2 SLV (Tr = 475 anni)	46
4.8 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	47
5.0 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (TRS)	47
6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI	47

1.0 PREMESSA

Su incarico del signor BUCARELLI Stefano è stata redatta la presente **RELAZIONE GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA, DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA E DI MODELLAZIONE SISMICA** per il progetto di:

**“INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI O UNITA' IMMOBILIARI AD USO ABITATIVO
GRAVEMENTE DANNEGGIATI O DISTRUTTI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI”**

relativo ad un fabbricato di proprietà BUCARELLI Stefano, sito nel Comune di Norcia, località Campi, Via dei Casali, su area censita al NCEU al Foglio n. 14 Particella n. 78.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI

La presente è redatta in conformità a quanto previsto da:

- DPR 380/01 smi,
- Nuove NTC 2018 (DM 17/01/2018) e relativa Circolare Ministeriale 7/2019,
- L.R. 01/2015,
- DGR Umbria 304/2015,
- Legge n. 229 del 15/12/2016 *Interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016*,
- Ordinanze del Commissario del Governo per la Ricostruzione nei territori interessati dal Sisma del 24 agosto 2016,
- *Standard minimo per la Relazione Geologica ai sensi delle NTC 2008* di cui alla *DELIBERA DI CONSIGLIO N. 37/11 DEL 11/07/2011 dell'O.R.G. Umbria*,
- *DGR Umbria n. 1163/2019*,
- *DPR 120/2017 in materia di Terre e Rocce da scavo*.

1.2 FINALITA' E METODOLOGIA DI STUDIO

Il presente studio si prefigge di riconoscere:

- a piccola scala (AREA VASTA), gli eventuali processi geomorfologici, idrogeologici, idraulici e sismici che possono interessare il sito progettuale ed interferire con la stabilità generale dell'area, nello stato attuale e futuro, sulla base di dati bibliografici e cartografie tematiche di pianificazione territoriale esistenti;
- a grande scala (AREA RISTRETTA), il modello geologico, litotecnico, idrogeologico e sismico specifico di sito mediante campagna di indagine geognostica dedicata.

Gli esiti di tali studi determineranno le caratteristiche litostratigrafiche, litotecniche ed idrogeologiche dei terreni, suggerendo, se necessario, gli interventi:

- di natura geologico-geomorfologica ed idrogeologica necessari alla stabilità geotecnico-strutturale delle opere da realizzare e del volume significativo da esse perturbate, sia in fase edificatoria esecutiva (transitoria) e di esercizio (post operam), in condizioni statiche e dinamiche;
- di regimentazione superficiale e profonda delle acque meteoriche nelle specifiche aree progettuali

1.3 INTERVENTI IN PROGETTO

Come da relazione tecnica a firma del tecnico progettista, il progetto prevede in sintesi il rifacimento coperture ed il rafforzamento strutturale mediante interventi sulle murature con ammorzamenti ed intonaci armati.

1.4 ELABORATI E ALLEGATI

Si allegano alla presente relazione:

TAVOLE DI PROGETTO

INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO GENERALE		
TAVOLA 1:	Estratto A,	Corografia topografica scala 1:25.000 (IGM F.325 SEZIONE III PRECI)
	Estratto B,	CTR scala 1:10.000 (SEZIONI 325-100 CAMPI)
	Estratto C,	Aerofotogramma del sito
TAVOLA 2:	Elaborato A,	Planimetria catastale scala 1:1.000 (F. 14 P.Ila 78 Comune di Norcia)
INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO		
TAVOLA 3:		Piante, sezioni e prospetti stato di progetto scala 1:200
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE E DI DETTAGLIO		
TAVOLA 4:	Estratto A,	Carta Geologica Regionale scala 1:25.000
	Estratto B,	Carta Geologica Regionale di dettaglio su foto aerea scala 1:5000
INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE		
TAVOLA 5:	Estratto A,	PAI Fiume Tevere, Assetto Geomorfologico "Carta Inventario fenomeni franosi", Tav. 204/304
	Estratto B,	Progetto IFFI, "Inventario dei fenomeni franosi in Italia" stralcio aerofotogrammetrico
VINCOLI GEOTEMATICI DI NATURA NORMATIVA		
TAVOLA 6:	Estratto A	Carta del Vincolo Idrogeologico nei Bacini Idrografici in Comune di Norcia, scala 1:25.000
	Estratto B,	Carta dei Rischi e delle Vulnerabilità PRG Parte Strutturale – PRG2019
	Estratto C,	Elaborato Relazione geologica PRG Parte Strutturale – PRG2019 "Carta di Sintesi degli Aspetti Geologici"
MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3		
TAVOLA 7a:	Estratto A,	Carta Geologico-Tecnica scala 1:10.000
	Estratto B,	Sezione geologico-tecnica CA_1 scala 1:10.000
TAVOLA 7b:	Estratto A,	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) scala 1:10.000
TAVOLA 7c:	Estratto A,	Carta di Microzonazione Sismica FA0105S
	Estratto B,	Carta di Microzonazione Sismica FA0408S
	Estratto C,	Carta di Microzonazione Sismica FA0711S
	Estratto D,	Spettri MS di Livello 3 e relativi FA (Zona 13 2013 – Microzona MZ30 Campi)
CARTA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE		
TAVOLA 8:	Elaborato A,	Planimetria generale stato attuale con ubicazione delle indagini geologiche e simiche dedicate scala 1:500
	Elaborato B,	Documentazione fotografica indagini geologiche
MODELLO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E LITOTECNICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE		
TAVOLA 9a:		Sezione geologica, idrogeologica e litotecnica "A-A" stato di progetto scala 1:200
TAVOLA 9b:		Sezione geologica, idrogeologica e litotecnica "A-A" stato di progetto scala 1:200

ALLEGATI DI PROGETTO

SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO	
Allegato 1a:	Stratigrafia sondaggio geognostico S1 - Documentazione fotografica cassette catalogatrici
Allegato 1b:	Stratigrafia sondaggio geognostico S2 - Documentazione fotografica cassette catalogatrici
REPORT PROVE IN SITO	
Allegato 2:	Elaborazione prove SPT in foro
REPORT INDAGINI GEOFISICHE	
Allegato 3:	Report indagine geofisica passiva array 2D ESAC "ES 1" Report indagine geofisica passiva a stazione singola HVSr "HV 1"

2.0 STUDIO GEOLOGICO GENERALE

2.1 CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO (§ 6.2.1 NTC 2018)

2.1.1 GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DI AREA VASTA

L'area progettuale si colloca all'interno di un piccolo bacino appenninico endoreico (conca intramontana di origine tettonica) allungato in direzione NNW/SSE. Tale bacino è delimitato, ai lati, dalle acclivi pendici di dorsali montuose.

In particolare, il bacino si sviluppa ad W del fianco occidentale della dorsale morfologica passante per le cime di M. Patino, M. Prata e C.le Ramacete (**TAVOLA 1**), ed il sedime progettuale si colloca nella porzione centrale della piccola conca, in corrispondenza di una conoide costituita da prevalenti depositi alluvionali costituiti da ghiaie e brecce eterometriche in matrice sabbiosa in stato di addensamento; il tutto come meglio illustrato negli allegati specifici consultabili in **TAVOLA 4**, **TAVOLA 5** e **TAVOLA 6**.

L'assetto morfologico dei luoghi è il risultato attuale del forte controllo strutturale locale prodotto dalla tettonica distensiva (Pliocene-Olocene) sulla evoluzione del paesaggio e modellazione dei rilievi.

L'azione di faglie dirette bordiere ha ribassato porzioni del bedrock

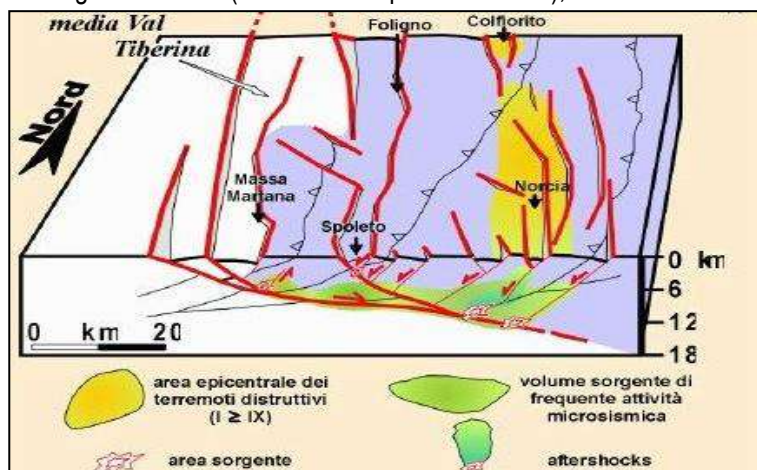


carbonatico e calcareo-marnoso (rappresentato dai litotipi della serie Umbro-Marchigiana che costituiscono le catene montuose appenniniche locali), formando aree rialzate con elevata energia del rilievo (dette Horst o pilastri tettonici), e bacini endoreici depressi di ambiente montano (Graben), con relative fasce detritico-alluvionali di cono e/o conoide di deiezione di raccordo e riempimento.

L'area montana locale è dominata dalla presenza dei litotipi litoidi delle formazioni calcaree e calcareo-marnose Mesozoiche e Cenozoiche della Serie Umbro-Marchigiana.

La successione, durante la fase compressiva Miocenica, si è disarticolata in falde sovrapponendosi l'una all'altra in corrispondenza di livelli di scollamento

costituiti dalle formazioni della serie a maggiore partecipazione marnosa e/o calcareo marnosa (depositi di bacino), bypassando a volte anche i litotipi massivi di piattaforma a maggiore resistenza.



Tali elementi e/o falde, dopo l'accavallamento, sono stati tagliati, dislocati e disarticolati da sistemi di faglie dirette coniugate sintetiche ed antitetiche, a direzione appenninica ed anti-appenninica, responsabili dell'attuale assetto strutturale e morfologico.

Il decremento di energia del rilievo, evidente passando dai versanti carbonatici (molto acclivi) ai bacini endoreici di fondo valle (pianeggianti), è caratterizzato dalla presenza di fasce detritiche di raccordo costituite anche da coni di detrito e conoidi detritico-alluvionali con evidenti fenomeni di interdigitazione e coalescenza.

Il sito progettuale ricade su **Depositi Alluvionali di conoide (Pleistocene sup. – Olocene)**, costituiti da ghiaie e brecce calcaree di dimensione eterometrica in matrice sabbioso limosa argillosa, da addensati a fortemente addensate (**TAVOLA 4 ESTRATTO A, ESTRATTO B**).

In base a quanto visibile in **TAVOLA 7b** (Carta delle MOPS allegata allo studio di MS3 del Comune di Norcia) lo spessore dei depositi alluvionali si attesterebbe mediamente attorno a 60 m (ZONA 13 – 2013) e poggierebbero direttamente sul bedrock geologico e sismico locale costituito dai litotipi calcarei e calcareo-marnosi litoidi della Serie Umbro-Marchigiana (BEDROCK GEOLOGICO E SISMICO LOCALE).

2.1.2 CARATTERISTICHE STRUTTURALI E SISMO-TETTONICHE GENERALI

Dalla consultazione di **TAVOLA 7a – Estratto B** (“Sezione CA_1”) e **TAVOLA 7b** il sito progettuale è posizionato nei pressi di una lineazione tettonica, quest’ultima è stata classificata dallo studio di MS (in accordo con gli Uffici Regionali e con l’Unità Territoriale del Centro MS) come **Faglia potenzialmente attiva e capace incerta** (come descritto nella relazione illustrativa della Microzonazione Sismica di Livello III, Comune di Norcia); la distanza del sito progettuale dalla fagliazione è di circa m 300

2.1.3 DATI SULLA FRANOSITÀ DELLA ZONA

A livello storico i dati bibliografici acquisiti e recenti escludono che l’area indagata sia stata oggetto e/o sia attualmente interessata da processi gravitativi in atto e/o latenti.

Il fabbricato è collocato in corrispondenza del piede di un cono di detrito attivo (o meglio, come da evidenza dei terreni rilevati con le indagini dirette, di una conoide alluvionale) secondo quanto riportato nella cartografia ufficiale del PAI (**TAVOLA 5 – Estratto A**).

Si evidenzia che il territorio comunale di Norcia è stato interessato negli ultimi anni (5 luglio 2012, 22 Luglio 2015 ed Agosto 2015) da riattivazione di colate detritiche (**debris flow**) che NON HANNO COMUNQUE INTERESSATO L’AREA OGGETTO DI INTERVENTO. Il tutto come evidenziato nelle cartografie del PRG di Norcia riportate in **TAVOLA 6 (Estratto C - Estratto D)**.

2.1.4 IDROGEOLOGIA DI AREA VASTA

L’assetto e sviluppo del reticolo idrografico locale è anch’esso manifestazione del controllo strutturale sull’evoluzione morfologica generale e processi erosivi di modellazione del rilievo; infatti, come visibile in **TAVOLA 1, TAVOLA 4 e TAVOLA 5** i corsi d’acqua che scendono lungo le pendici dei rilievi carbonatici fino alla conca, presentano alveo ad andamento lineare e parallelo, disposto circa ortogonalmente rispetto alle direzioni delle lineazioni tettoniche principali (a direzione appenninica); nella zona di raccordo tra le pendici montane ed il fondovalle, in prossimità delle zone di testata di accumulo dei depositi continentali delle conoidi e fasce detritico-alluvionali (a permeabilità primaria per porosità da elevata ad estremamente elevata), le incisioni e/o valli dei corsi d’acqua stessi scompaiono a testimoniare che l’elevata permeabilità dei terreni favorisce di gran lunga l’infiltrazione al ruscellamento.

Anche la zona di fondovalle della conca intramontana presenta scarsi segni di incisioni e un reticolo idrografico poco organizzato e/o praticamente assente, dato che l’elevata infiltrazione non permette ai corsi d’acqua di organizzarsi in una vera e propria rete.

Sia in corrispondenza delle scarpate morfologiche dei terrazzi alluvionali antichi (dove hanno luogo delle manifestazioni sorgentizie) sia all'interno dei depositi alluvionali grossolani della conca intermontana, la presenza di lenti abbastanza estese di litotipi a bassa permeabilità permettono comunque l'instaurarsi, a luoghi, di falde idriche superficiali libere a regime stagionale.

2.2 GEOMORFOLOGIA, IDROLOGIA ED IDROGEOLOGIA DI AREA RISTRETTA

2.2.1 GEOMORFOLOGIA E GEOLOGIA DEL SITO PROGETTUALE

Come visibile in **TAVOLA 1**, **TAVOLA 4** e **TAVOLA 5** il fabbricato in oggetto si colloca nell'abitato di Campi ed insiste, a livello morfologico, circa al piede di una conoide alluvionale. Le pendenze medie dell'area sono comprese attorno al 5-6% (3-3.5° di inclinazione dall'orizzontale) mentre le quote topografiche del sito progettuale si attestano tra i 740 ed i 744 m slm.

I terreni che costituiscono il livello fondale dell'abitazione interessata dal progetto sono rappresentati da **Depositi Alluvionali di conoide (Pleistocene - Olocene)** costituiti da ghiaie e brecce calcaree di dimensione eterometrica in matrice sabbioso limosa argillosa, da addensate a molto addensate. Tali terreni sono ricoperti in superficie da terreno di riporto (LIVELLO "1") con spessori massimi che variano da m 1.50-1.80 (**Allegati 1a e 1b**, **TAVOLA 8 E TAVOLE 9a e 9b**). In base a quanto visibile in **TAVOLA 7b** (Carta delle MOPS allegata allo studio di MS3 del Comune di Norcia) lo spessore dei depositi alluvionali si attesterebbe mediamente attorno a 60 m (ZONA 13 – 2013) e poggerebbero direttamente sul bedrock geologico e sismico locale.

In base a quanto consultabile in **TAVOLA 7a** ("CGT MS di Livello 3" e "Sezione CA_1"), il sito progettuale NON è interessato da faglie attive e capaci certe. La Carta Geologico-Tecnica allegata allo studio di MS3 del Comune di Norcia (con stralcio visibile in **TAVOLA 7a**) segnala la presenza di una lineazione tettonica classificata (da studio di MS) come **Faglia potenzialmente attiva e capace incerta**; tale lineazione è posta a circa m 300 a monte del sito progettuale e per tale distanza, IN BASE A QUANTO RIPORTATO E NORMATO ALL'INTERNO DELLE "LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO IN AREE INTERESSATE DA FAGLIE ATTIVE E CAPACI (FAC)" versione 1.0 (redatte dal DPC, Commissione tecnica per la microzonazione sismica articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), NON SONO PRESENTI LIMITAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.

2.2.2 RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE

A ridosso del sedime in oggetto non sono presenti corsi d'acqua e/o fossi riferibili al reticolo secondario e/o minore locale. Il corso d'acqua più significativo dell'area è il Torrente Campiano.

2.2.3 DATI SULL'ALLUVIONAMENTO DELL'AREA

Non si hanno notizie storiche di fenomeni di alluvionamento e/o esondazione entro lo specifico sito progettuale data l'assenza di corsi d'acqua e la favorevole posizione morfologica e clivometrica.

La posizione morfologica, la distanza dalla rete idrografica locale (praticamente assente) e l'elevata permeabilità dei terreni presenti, rende il sedime progettuale assolutamente esente da pericolo e/o rischio idraulico e di allagamento.

2.2.4 IDROGEOLOGIA DEL SITO PROGETTUALE

All'interno dei terreni di proprietà corrispondenti al sito progettuale non sono presenti opere di captazione idrica. In corrispondenza dei punti di indagine relativi ai sondaggi geognostici, spinti fino alla profondità massima di 15.00 dal p.c., non è stata riscontrata la presenza di acqua.

La misurazione della quota di falda in un pozzo presente in una proprietà adiacente ed a valle di quella in oggetto ha permesso di riscontrare il livello piezometrico ad una profondità di circa 50 m dal p.c. esistente.

2.2.5 ANALISI CARTOGRAFIA DI PIANO DI BACINO (PAI FIUME TEVERE)

L'analisi della cartografia dedicata al rischio idraulico e geomorfologico prodotta dall'autorità di bacino del F. Tevere evidenzia che il sito progettuale **risulta esente** da:

- rischio idraulico per esondazioni e/o allagamenti,
- rischio geomorfologico per frane attive e/o quiescenti.

il tutto come visibile negli allegati tematici di **TAVOLA 4** e **TAVOLA 5**.

Si ribadisce che il fabbricato in oggetto, in base alla cartografia del PAI (**TAVOLA 5 – Estratto A**), si colloca nella parte distale (piede) di un cono di detrito attivo (o meglio di una conoide alluvionale come da evidenze dirette dei terreni ivi presenti e attraversati dalle indagini geognostiche)

Con decreto n. 18 del 6 marzo 2018 il Segretario generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ha adottato il progetto di variante del Piano di Bacino del Fiume Tevere-VI stralcio funzionale per l'assetto idrogeologico - PAI, introducendo nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano medesimo l'art. 9-bis "Prima attribuzione della pericolosità alle aree di versante interessate da dissesto per movimenti gravitativi di cui all'elaborato Inventario dei Fenomeni Franosi" e modificando l'art. 4.

L'adozione del progetto di variante è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 68 del 22/03/2018 e nel BUR della Regione Umbria n. 14 del 27/03/2018. In base art. 9-bis le conoidi di detrito attive sono classificate **con livello di pericolosità MEDIA** e dunque, in base all'art. 11 delle NTA - PAI AB Tevere, nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto.

2.2.6 VINCOLI DI NORMATIVA (DA REGIONE UMBRIA E PRG COMUNALE)

L'area:

- NON è assoggettata a Vincolo Idrogeologico (ai sensi del R.D. 3267/1923, **TAVOLA 6 Estratto A**),
- RICADE all'interno delle "Aree esposte alla vulnerabilità degli acquiferi" (**TAVOLA 6 Estratti B e C**); per tali zone dovranno essere rispettate le prescrizioni di cui all'art. 59 comma 8 della NTA del PRG Comunale.

3.0 MODELLAZIONE GEOLOGICA (§6.2, §6.2.1, §6.12 NTC 2018 - §C6.12)

3.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Il modello geologico, idrogeologico e litotecnico di sito è stato definito tramite analisi dei risultati ottenuti dalla campagna d'indagine geognostica dedicata.

I dati hanno permesso:

- il riconoscimento e la caratterizzazione dei terreni interessati dai piani fondali esistenti e di progetto oltre che del volume geologico significativo per fini geotecnici,
- l'evidenza di possibili criticità locali di natura geologica-geomorfologica-idrogeologica.

3.2 PIANO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE CONDOTTE E STANDARD DI RIFERIMENTO

Nell'ambito del presente progetto sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche per fini litostratigrafici e litotecnici:

TIPO INDAGINE GEOGNOSTICA	QUANTITA'	SIGLA	PROFONDITA' DA P.C. (m)
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	N. 2	S1	0.00-15.00
		S2	0.00-15.00
PROVE IN FORO SPT	N.6	S1-SPT1	1.50-1.95
		S1-SPT2	6.00-6.45
		S1-SPT3	12.00-12.12
		S2-SPT1	1.00-1.45
		S2-SPT2	8.00-8.45
		S2-SPT3	12.00-12.40

L'ubicazione dei punti di indagine è riportata in **TAVOLA 8**; la documentazione fotografica dei medesimi è consultabile in **TAVOLA 8** ed **Allegati 1a e 1b**.

3.2.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A ROTAZIONE

Per riconoscere le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni presenti sotto i piani fondali di progetto, sono stati eseguiti n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo denominati S1 e S2.

Le caratteristiche litostratigrafiche di dettaglio rilevate, la documentazione tecnica della perforazione e la documentazione fotografica delle cassette catalogatrici sono consultabili in **Allegato 1a e Allegato 1b**.

Durante il corso dei sondaggi si è inoltre provveduta ad eseguire:

- n.3 prove SPT in foro nel sondaggio **S1**,
- n.3 prove SPT in foro nel sondaggio **S2**,

3.2.1.1 Prove SPT in foro

All'interno del foro di sondaggio sono state eseguite n. 3 prove in sito Standard Penetration Test (SPT).

Sondaggio	Sigla prova SPT	Profondità (m da p.c.)	Tipo punta S.P.T.	Valore S.P.T.
S1	S1-SPT1	1.50-1.95	punta chiusa	45-28-30
	S1-SPT2	6.00-6.45	punta chiusa	29-19-16
	S1-SPT3	12.00-12.12	punta chiusa	RIFIUTO
S2	S2-SPT1	1.00-1.45	punta chiusa	4-4-6
	S2-SPT2	8.00-8.45	punta chiusa	31-49-36
	S2-SPT3	12.00-12.40	punta chiusa	40-40-RIFIUTO

La prova SPT consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

Essa consiste nel far cadere un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore di dimensioni standard (campionatore Raymond). Il numero dei colpi ($N_2 + N_3$) necessario per una penetrazione del campionatore pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento N_1) è il dato assunto come indice della resistenza alla penetrazione (NSPT).

Le elaborazioni del valore N_{spt} rilevato per ciascuna prova in funzione della natura e granulometria dei terreni presenti, sono state effettuate con l'ausilio del software della ditta **GEOSTRU Dynamic Probing** e consultabili in **Allegato 2**.

MODALITA' ESECUZIONE PROVE SPT		
Rif. Norme	DIN 4094	
Peso Massa battente	63,5	kg
Altezza di caduta libera	0,76	cm
Peso sistema di battuta	4,2	kg
Diametro punta conica	50,46	mm
Area di base punta	20	cmq
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	7	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80	m
Avanzamento punta ($N_1+N_2+N_3$)	0,45	m
Numero colpi per punta	N(30)	$N_2 + N_3$
Coeff. Correlazione	1	
Rivestimento/fanghi	NO	

3.3 SINTESI DELLE ANALISI CONDOTTE

3.3.1 MODELLO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE

Il modello geologico specifico di sito per fini geotecnici è visibile nelle **TAVOLE 9a e 9b** dove sono riportate le **sezioni geologiche, idrogeologiche e litotecniche schematiche A-A e B-B stato di progetto**.

Nell'ambito del sito in studio, le indagini geognostiche eseguite hanno permesso il riconoscimento, a partire dall'alto verso il basso, dei seguenti LIVELLI GEOLOGICI:

MODELLO GEOLOGICO DI SITO					
TIPO DEPOSITO e/o FORMAZIONE	LIVELLI GEOLOGICI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMPORTAMENTO LITOTECNICO	PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATA	
				S1	S2
TERRENO DI RIPORTO	LIVELLO "1"	Clasti calcarei millimetrici e centimetrici misti a matrice limoso sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone in stato sciolto, pedogenizzati. LIVELLO NON IDONEO COME PIANO FONDALE	INCOERENTE	0.00-1.50	0.00-1.80
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE Pleistocene sup. - Olocene	LIVELLO "2"	Ghiaie e breccie calcaree di pezzatura eterometrica con spingoli da vivia a subarrotondati e/o arrotondati in stato da addensato a molto addensato, in matrice limo sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)	INCOERENTE	1.50-15.00*	1.80-15.00*
S(n) - Sondaggio a carotaggio continuo		*fine indagine		PROFONDITA' LIVELLI DA P.C. (m)	

3.3.2 MODELLO LITOTECNICO DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE

Ai livelli geologici sopra definiti, sono riferiti medesimi LIVELLI LITOTECNICI, cui sono associabili i sottostanti valori delle caratteristiche fisico-meccaniche determinate con i risultati delle prove in situ:

MODELLO LITOTECNICO DI SITO											
LIVELLO "1"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATA						VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				S1			S2				
				S1-SPT1	S1-SPT2	S1-SPT3	S2-SPT1	S2-SPT2	S2-SPT3		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	-	-	-	14.50	-	-	14.5	14.5
	NSPT	N _{spt}	-	-	-	-	9.96	-	-	10.0	10.0
	Densità relativa	Dr	%	-	-	-	38.74	-	-	38.7	38.7
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	-	-	-	17.85	-	-	17.9	17.9
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
	Coesione non drenata	Cu	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
	Modulo di Young	Eu-Ey	MPa	-	-	-	4.70	-	-	4.7	4.7
Modulo edometrico	Ed-Mo	MPa	-	-	-	7.82	-	-	7.8	7.8	
LIVELLO "2"	CARATTERISTICHE FISICO - MECCANICHE E LITOTECNICHE DEI TERRENI			PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATA						VALORE MINIMO	VALORE MEDIO
				S1			S2				
				S1-SPT1	S1-SPT2	S1-SPT3	S2-SPT1	S2-SPT2	S2-SPT3		
	Peso di volume	γ	kN/m ³	18.60	20.43	-	-	19.29	-	18.6	19.4
	NSPT	N _{spt}	-	57.83	34.90	R	-	84.75	R	57.8	71.3
	Densità relativa	Dr	%	83.35	59.30	-	-	79.46	-	79.5	81
	Angolo d'attrito drenato	Φ'	°	35.24	32.01	-	-	32.59	-	32.6	33.9
	Coesione drenata	c'	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
	Coesione non drenata	Cu	kPa	-	-	-	-	-	-	-	-
	Modulo di Young	Ey	MPa	35.71	24.47	-	-	48.91	-	35.7	42.3
Modulo edometrico	Ed-Mo	MPa	45.37	27.38	-	-	49.9	-	45.4	47.6	
S(n)-SPT(n) prove SPT in foro				R - PROVA NON ELABORATA PER RIFIUTO ATTREZZATURA							

3.4 CONSIDERAZIONI SULLA CAMPAGNA DI INDAGINE GEOGNOSTICA

La campagna di indagini geognostiche dedicata ha permesso di riconoscere e definire, oltre alle caratteristiche litologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche dei terreni presenti ed interessanti il volume significativo, i **valori minimi e medi** dei parametri fisico-meccanici dei terreni cosicché, congruentemente a quanto stabilito nella Circolare n. 7/2019 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (§C6.2.2.3 – §C6.2.2.4) **il progettista, nell'accettazione del presente piano di indagine geologica anche per fini geotecnici, possa pervenire, se reputato idoneo, ad una AUTONOMA e CONSAPEVOLE scelta dei valori caratteristici dei parametri per fini geotecnici.**

3.5 ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI INSTABILITA' E PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL SITO

Le indagini condotte hanno permesso di evidenziare,

- **le seguenti condizioni SFAVOREVOLI per fini edificatori:**
 - presenza di terreno di riporto (LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO “1”) entro le massime profondità di m 1.80 dal p.c. esistente NON IDONEO COME PIANO FONDALE;
- **le seguenti condizioni FAVOREVOLI per fini edificatori:**
 - assenza di processi morfologici di natura gravitativa relitti, inattivi, quiescenti e/o in atto,
 - assenza di zone soggette a pericolo e/o rischio idraulico e geomorfologico.

3.5.1 CONSIGLI E PRESCRIZIONI TECNICHE

In base alle indagini geologiche eseguite SI PRESCRIVE di verificare che:

- le nuove opere fondali siano tutte appoggiate sui terreni del LIVELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO “2” (ghiaie e brecce calcaree in stato di medio e/o elevato addensamento) sorpassando la coltre di riporto superficiale (LIVELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO “1”);
- le caratteristiche fisico-meccaniche dei livelli geologico-litotecnici individuati e riconosciuti, siano effettivamente compatibili, in funzione delle opere fondali di progetto del fabbricato, sia con i carichi trasmessi dalle strutture da realizzare che con i prevedibili cedimenti indotti.

3.5.2 ULTERIORI CONSIDERAZIONI SULLA STABILITÀ DELL'AREA

Come già definito:

- al §2.2.1, è segnalata la presenza entro circa m 300 dal sedime progettuale, di una faglia classificata dallo studio di MS (in accordo con gli Uffici Regionali e con l'Unità Territoriale del Centro di MS) come **Faglia potenzialmente attiva e capace incerta** (TAVOLA 7a e TAVOLA 7b e come descritto nella relazione illustrativa della Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Norcia); IN BASE A QUANTO RIPORTATO E NORMATO ALL'INTERNO DELLE "LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO IN AREE INTERESSATE DA FAGLIE ATTIVE E CAPACI (FAC)" versione 1.0 (redatte dal DPC, Commissione tecnica per la microzonazione sismica articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), NON SONO PRESENTI LIMITAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO;
- al §2.2.5 sulla (cartografia del PAI TAVOLA 5 – Estratto A) si ricorda che il fabbricato in oggetto si colloca, nella zona più distale, ovvero circa al piede, di un cono di detrito attivo. A tal fine si ribadisce che le indagini geognostiche e geologiche "ad hoc" eseguite hanno comunque permesso di escludere la presenza, nell'area occupata dall'attuale edificio ed entro le massime profondità investigate, di terreni riferibili a detriti di falda e/o terreni detritici attuali sedimentati a seguito di processi di recente riattivazione di debris flow; sono stati invece riconosciuti esclusivamente depositi antichi di natura alluvionale non più in rapporto con la morfologia attuale. Con **Decreto n. 18 del 6 marzo 2018** il Segretario generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ha adottato il progetto di variante del Piano di Bacino del Fiume Tevere-VI stralcio funzionale per l'assetto idrogeologico - PAI, introducendo nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano medesimo l'art. 9-bis "*Prima attribuzione della pericolosità alle aree di versante interessate da dissesto per movimenti gravitativi di cui all'elaborato Inventario dei Fenomeni Franosì*" e modificando l'art. 4. L'adozione del progetto di variante è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 68 del 22/03/2018 e nel BUR della Regione Umbria n. 14 del 27/03/2018. In base art. 9-bis le conoidi di detrito attive sono classificate **con livello di pericolosità MEDIA** e dunque, in base all'art. 11 delle NTA - PAI AB Tevere, nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto.

4.0 MODELLAZIONE SISMICA

4.1 FINALITÀ E METODOLOGIA DI STUDIO

La modellazione sismica di sito è finalizzata alla definizione dell'input sismico (scuotimento) di base e dell'amplificazione prodotta da effetti locali (di natura stratigrafico-morfologica e topografica), in modo che il progettista strutturale possa **rappresentare l'azione sismica tramite spettri di risposta in accelerazione** (§ 3.2.3 delle NTC 2018).

4.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

4.2.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il territorio comunale di Norcia in seno alla riclassificazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006), con Delibera Giunta Regionale del 18 settembre 2012 n. 1111 è stato inserito in zona sismica 1 (**ZONA CON TERREMOTI FORTISSIMI**).

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	Ag > 0.25

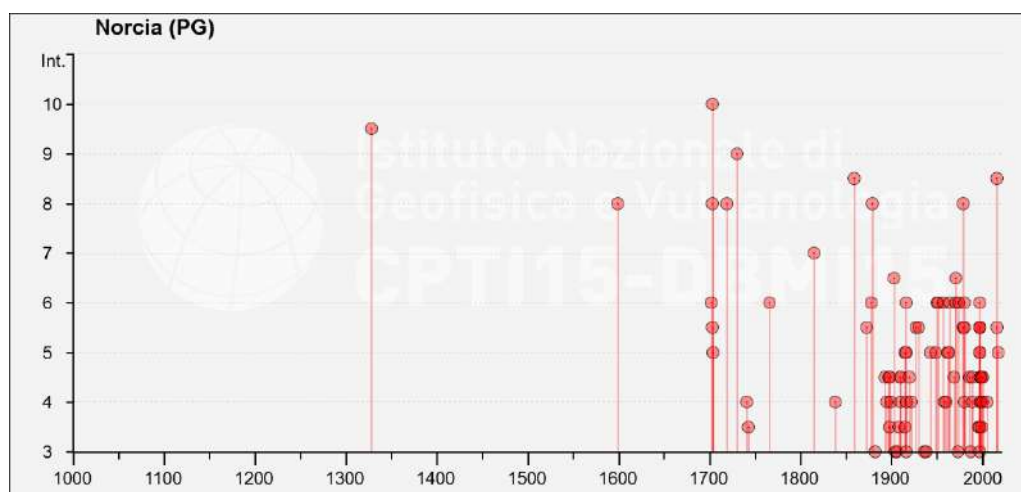
L'area progettuale ricade anche all'interno della **Zona 923** di cui al progetto "Zonazione sismogenetica ZS9" del GNDT (Ordinanza P.C.M. 3274/2003 e § 2.8.2 ICMS D.P.C.N.), area caratterizzata da:

- meccanismi di fagliazione prevalente **normale-diretta**,
- valori massimi di Magnitudo Momento **Mw = 7.06** (valore di magnitudo di riferimento per eventuali verifiche geotecniche).

4.2.2 SISMICITÀ STORICA (CATALOGO CPTI15 v2.0)

La consultazione del catalogo dei terremoti storici (dal 1000 al 2017) dell'INGV aventi magnitudo **M > 3.5** è stata mirata a considerare dati epicentrali che hanno interessato il territorio comunale di **Norcia**.

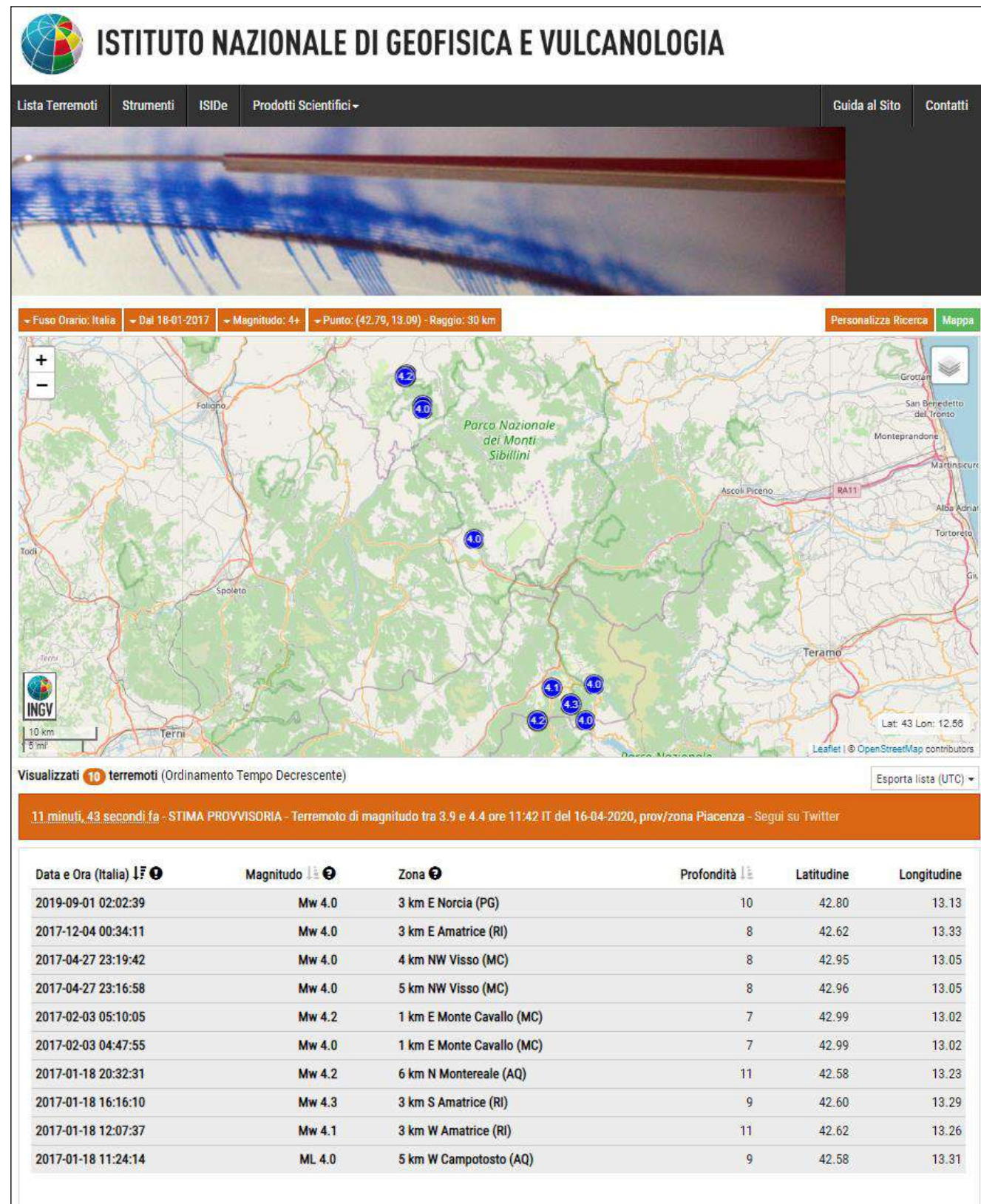
Il grafico e la tabella di seguito riportati individuano a livello storico gli eventi sismici che hanno interessato il territorio di Norcia, (periodo di osservazione a 689 anni e valori di Mw > 3.5):



File downloaded from CPTI15-DBMI15 v2.0											
Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani - Database Macrosismico Italiano											
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia											
Seismic history of		Norcia			 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia CPTI15-DBMI15						
PlaceID		IT_49251									
Coordinates (lat, lon)		42.793, 13.094									
Municipality (ISTAT 2015)		Norcia									
Province		Perugia									
Region		Umbria									
No. of reported earthquakes		114									
Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw	Int.	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
9-10	1328 12 01	Valnerina	13	10	6.49	6	1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4.16
D	1567	Norcia	1	6-7	4.86	NF	1957 07 19 09 04 07.00	Valle Umbra	58	6-7	4.58
8	1599 11 06 01 25	Valnerina	20	9	6.07	4	1958 05 08 00 13 23.00	Valnerina	17	5	4.25
NF	1639 10 07	Monti della Laga	39	9-10	6.21	4	1960 03 16 01 52 48.00	Monti della Laga	81	5	4.44
6	1702 10 18	Valnerina	5	5	4.16	NF	1960 07 18 04 07	Teramo	32	6-7	4.53
10	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92	5	1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5.02
8	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22			5	1963 05 19 22 45	Valnerina	12	6	4.74
5-6	1703 06 29 18	Valnerina	3	5-6	4.4	6	1964 08 02 10 40	Valnerina	25	6	4.53
5	1704 05 20	Valnerina	3	5	4.16	4-5	1969 09 26 23 40 39.00	Teramano	97	5	4.39
8	1719 06 27 06 30	Valnerina	16	8	5.59	6	1971 04 02 01 43 54.00	Valnerina	68	6	4.5
9	1730 05 12 05	Valnerina	115	9	6.04	6-7	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	43	5-6	4.51
4	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17	3	1973 12 30 06 30 35.00	Valle del Chiascio	16	7-8	5.11
3-4	1743 01 21 21 55	Lazio settentrionale	22	7	5.01	6	1974 12 02 01 55 15.00	Valnerina	27	7-8	4.58
6	1766 12 24 12 24	Valnerina	2	6	4.63	5-6	1979 01 25 23 53 01.00	Valnerina	8	5	4.44
F	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	33	8-9	5.76	8	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
7	1815 09 03 23	Valnerina	24	8	5.58	6	1980 02 28 21 04 40.00	Valnerina	146	6	4.97
4	1838 02 14 07 30	Valnerina	24	8	5.48	5-6	1980 05 24 20 16 04.00	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
8-9	1859 08 22	Valnerina	20	8-9	5.73	4	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85	4-5	1986 10 13 05 10 00.31	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
F	1876 05 22 00 30	Spoleto	14	5-6	4.57	3	1987 07 03 10 21 57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
6	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	34	8	5.46	4	1989 11 19 03 40 22.54	Valnerina	38	5	4.13
8	1879 02 23 18 30	Valnerina	15	8	5.59	4-5	1989 12 22 06 48 13.91	Valle Umbra	114	5	4.44
3	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4.45	NF	1990 09 12 02 59 44.87	Valle Umbra	62	5-6	4.12
4-5	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4.55	NF	1992 10 24 18 44 48.60	Monti della Laga	32	5	4.08
F	1895 05 20 15 32 57.00	Valle Umbra	27	5-6	4.49	2	1993 06 04 21 36 50.60	Valle del Topino	90	5-6	4.39
4	1895 08 25 00 17 10.00	Sellano	13	5	4.25	2	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6	4.68	NF	1994 06 02 17 38 13.82	Aquilano	106	5	4.21
4-5	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.5	3-4	1996 10 20 19 06 55.57	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
3-4	1898 09 12 14 14 10.00	Valnerina	16	8	5.48	3	1997 09 03 22 07 29.70	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
4	1899 04 21 00 57 55.00	Narni	45	4	3.96	2	1997 09 07 23 28 05.79	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
6-7	1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6	4.81	NF	1997 09 09 16 54 47.50	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
3	1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63	NF	1997 09 10 06 46 50.78	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
3	1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4.41	5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
NF	1906 07 01 00 50	Reatino	41	5	4.29	5-6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3-4	1908 03 17 03 59	Marche meridionali	54	5-6	4.61	5	1997 10 03 08 55 22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4	1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4.93	5-6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4-5	1910 12 22 12 34	Monti della Laga	19	5	4.3	6	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
4-5	1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4.56	3-4	1997 10 23 08 58 43.96	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08	5	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4.87
3-4	1915 09 16 02 58 48.00	Valnerina	2	4-5	3.93	4	1998 02 07 00 59 44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
3	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82	2-3	1998 02 16 13 45 19.00	Valnerina	33		3.75
5	1916 07 04 05 06	Monti Sibillini	18	6-7	4.82	4-5	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
6	1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.5	4-5	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	1917 03 21 00 30	Monti Sibillini	21	5	4.44	4	1998 04 05 15 52 21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
4-5	1920 02 10 23 57	Monti Sibillini	18	5	4.3	2	1998 08 15 05 18 08.89	Reatino	233	5-6	4.42
4	1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73	3-4	1999 10 10 15 35 51.91	Alto Reatino	79	4-5	4.21
5-6	1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6	4.57	4-5	1999 11 29 03 20 33.86	Monti della Laga	62	5-6	4.15
5-6	1930 04 07 17 17 18.00	Monti Sibillini	28	5-6	4.5	4	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.4
3	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76	4-5	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	1938 08 12 02 28 33.00	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56	NF	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4.09
D	1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5.02	NF	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3.74
D	1943 01 16	Monti Sibillini	22	6-7	5.04	4	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4.14
5	1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4.94	NF	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4.06
5	1949 03 28 21 34 20.00	Valnerina	2	4	3.7	NF	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4.21
6	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69	5-6	2016 08 24 01 36 32.00	Monti della Laga	221	10	6.18
F	1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25	8-9	2016 10 30 06 40 17.32	Valnerina	379		6.61
6	1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25	5	2017 01 18 10 14 09.90	Aquilano	280		5.7

4.2.3 SISMICITÀ ATTUALE (ARCHIVIO ISIDE)

In base all'archivio **"ISIDE"** (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base), dell'INGV dal 18 Gennaio 2017 ad oggi, sono stati registrati entro 30 Km dal comune di Norcia, n. 10 terremoti con valori di magnitudo $M \geq 4.0$ (magnitudo del momento sismico M_w o locale M_L), come di seguito riportato.

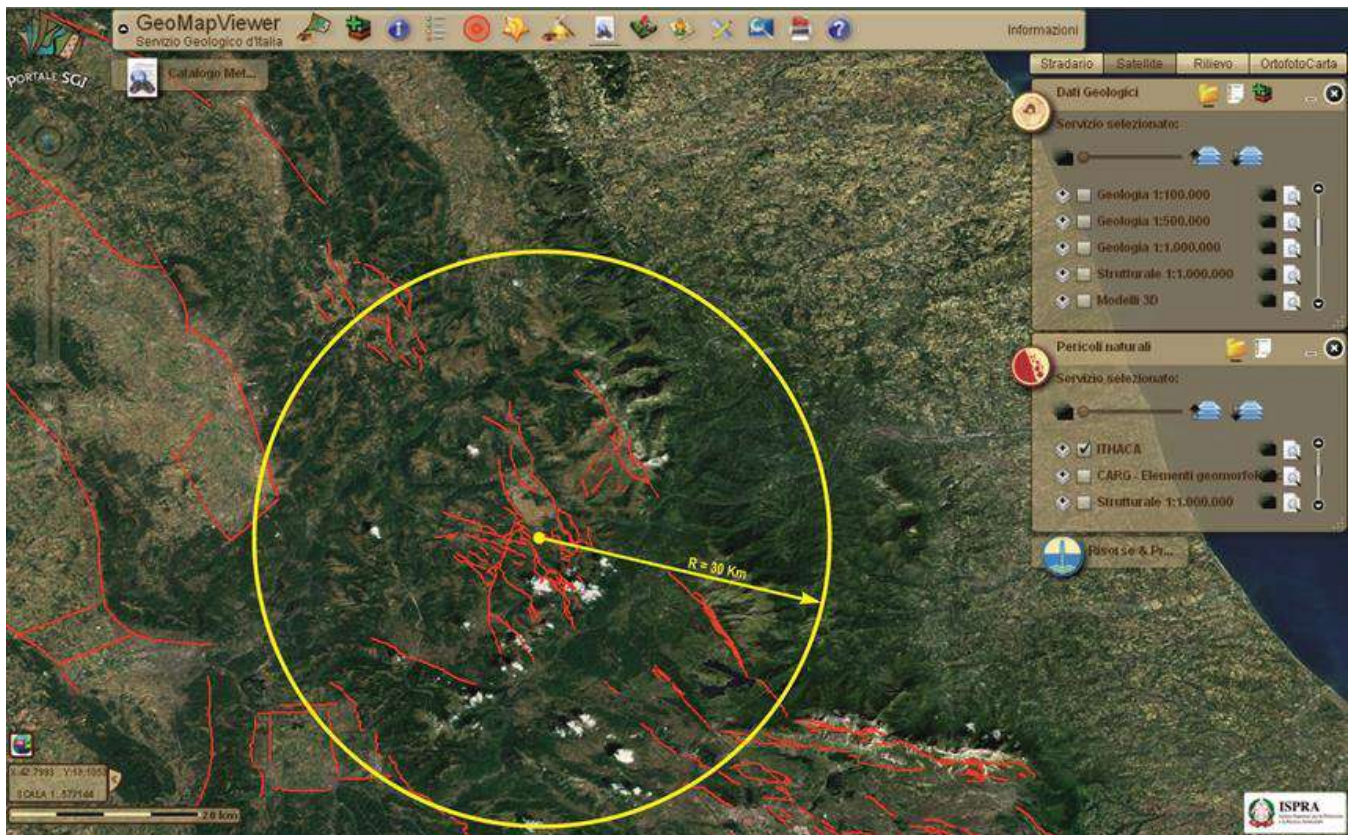


4.2.4 STRUTTURE E FAGLIE SISMOGENETICHE

Per indagare in modo più esaustivo la possibile presenza di sorgenti sismiche profonde ovvero di faglie attive e capaci, si è fatto riferimento alle bibliografie ufficiali riportate nei paragrafi successivi.

4.2.4.1 Progetto IT.HA.CA.

Il progetto IT.HA.CA. (*ITaly HAZard from CApable faults* dell'ISPRA, database delle faglie capaci italiane, con cartografia on-line reperita all'indirizzo (<http://www.mais.sinanet.isprambiente.it/ost/>) evidenzia, entro un raggio di 30 Km dal sito progettuale, l'esistenza di sistemi antitetici a prevalente direzione appenninica di faglie "capaci" (faglie attive in grado di produrre deformazioni sulla superficie terrestre), con meccanismi di rottura di tipo distensivo e transtensivo (tipici delle morfologie a horst e graben delle valli e conche tettoniche intramontane).

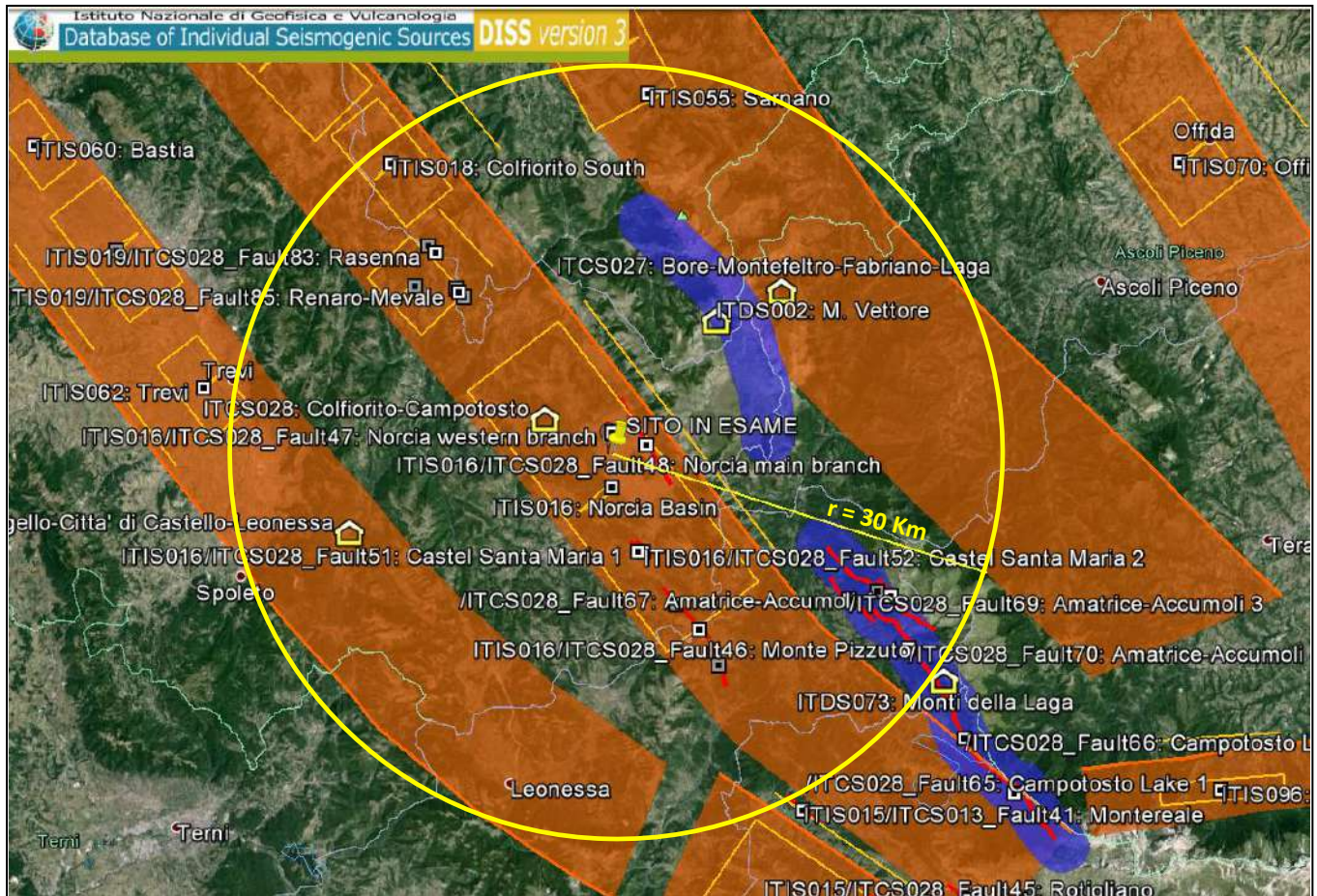


4.2.4.2 Progetto DISS

L'attività sismo-tettonica della zona oltre che essere storicamente conosciuta, viene ribadita dai dati riportati nel progetto DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazionale di Sismica e Vulcanologia I.N.G.V con cartografia on-line reperita all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss>*) **catalogo delle sorgenti sismiche singole e/o composite capaci di generare sismi con Magnitudo > 5.5**) dove emerge che l'area in studio:

- ricade internamente alla **Individual Sources (ITIS, in rosso): ITIS016 NORCIA BASIN**,
- è immediatamente limitrofa alla **faglia attiva FAULT 48**,
- è limitrofa a numerose altre individual sources e faglie attive dirette,

il tutto come evidenziato nella figura sottostante e già a conoscenza a livello regionale (**TAVOLA 7b**).



4.2.5 SCENARIO SISMICO DI RIFERIMENTO

Le analisi condotte evidenziano che il comune di Norcia (e l'area indagata) ha risentito, negli ultimi 692 anni, degli effetti sismici di terremoti prodotti da prevalente regime tettonico distensivo aventi:

- valori di magnitudo (momento) massimi pari a 7.08,
- Intensità locale pari a 9-10,

generati sia da sorgenti sismiche profonde che faglie dirette attive e/o capaci (dati dedotti dai progetti IT.HA.CA. e DISS).

Nello specifico, la crisi sismica iniziata il 26 Agosto 2016, e che ha interessato soprattutto il territorio comunale di Norcia, ha evidenziato valori massimi di magnitudo momento di $M_w = 6.61$.

4.3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica o input sismico di base con le Nuove NTC si determina previa conoscenza del periodo di riferimento dell'azione sismica (§ 2.4.3 Nuove NTC), dato fornito dal progettista strutturale.

4.3.1 PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA - V_R

V_N (vita nominale)	= 50 anni	(§ 2.4.1 NTC)
Classe d'uso	= II	(§ 2.4.2 NTC)
C_U (coeff. d'uso) per Classe II	= 1.0	(§ 2.4.3 NTC)
$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1.0$	= 50 anni	

4.3.2 COORDINATE

Le coordinate del sito progettuale (baricentro) sono le seguenti:

COORDINATE "ED50"		COORDINATE "WGS84"	
Latitudine:	42.851899°	Latitudine:	42.850935°
Longitudine	13.097654°	Longitudine	13.096727°

4.3.3 PARAMETRI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

I dati sono stati calcolati con il software Spettri-NTC ver.1.0.3 (MIT-CSLP).

Le coordinate ED 50 del sito progettuale sono di seguito riportate con visualizzati anche i n. 4 nodi delle Mappe di Pericolosità Sismica (MPS) dell'INGV entro cui è ricompreso.



Stato Limite	Probabilità di Superamento P_{VR}	T_r [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
SLO	81 %	30	0,078	2,386	0,272
SLD	63 %	50	0,101	2,351	0,280
SLV	10 %	475	0,251	2,389	0,331
SLC	5 %	975	0,322	2,419	0,349
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)		50 ANNI			

4.4 AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Definita la Pericolosità Sismica di Base di progetto, in conformità all'Allegato 1 della OCSR n. 55/2018 (§3.2), il progettista potrà determinare l'azione sismica di progetto mediante:

- utilizzo dello spettro medio normalizzato della microzona (da studio di MS di livello 3) entro cui ricade il sito progettuale,
- utilizzo dell'approccio semplificato,
- studio di Risposta Sismica Locale (RSL 1D o 2D) ad hoc.

4.4.1 INDAGINI GEOFISICHE DEDICATE E STANDARD DI RIFERIMENTO

Le indagini geofisiche condotte, i cui dati sono stato analizzati in modo congiunto, hanno permesso di:

- ricostruire il profilo di V_s di sito,
- stimare la profondità del bedrock sismico locale,
- definire la frequenza di sito (ricavata con microtremori al p.c.)

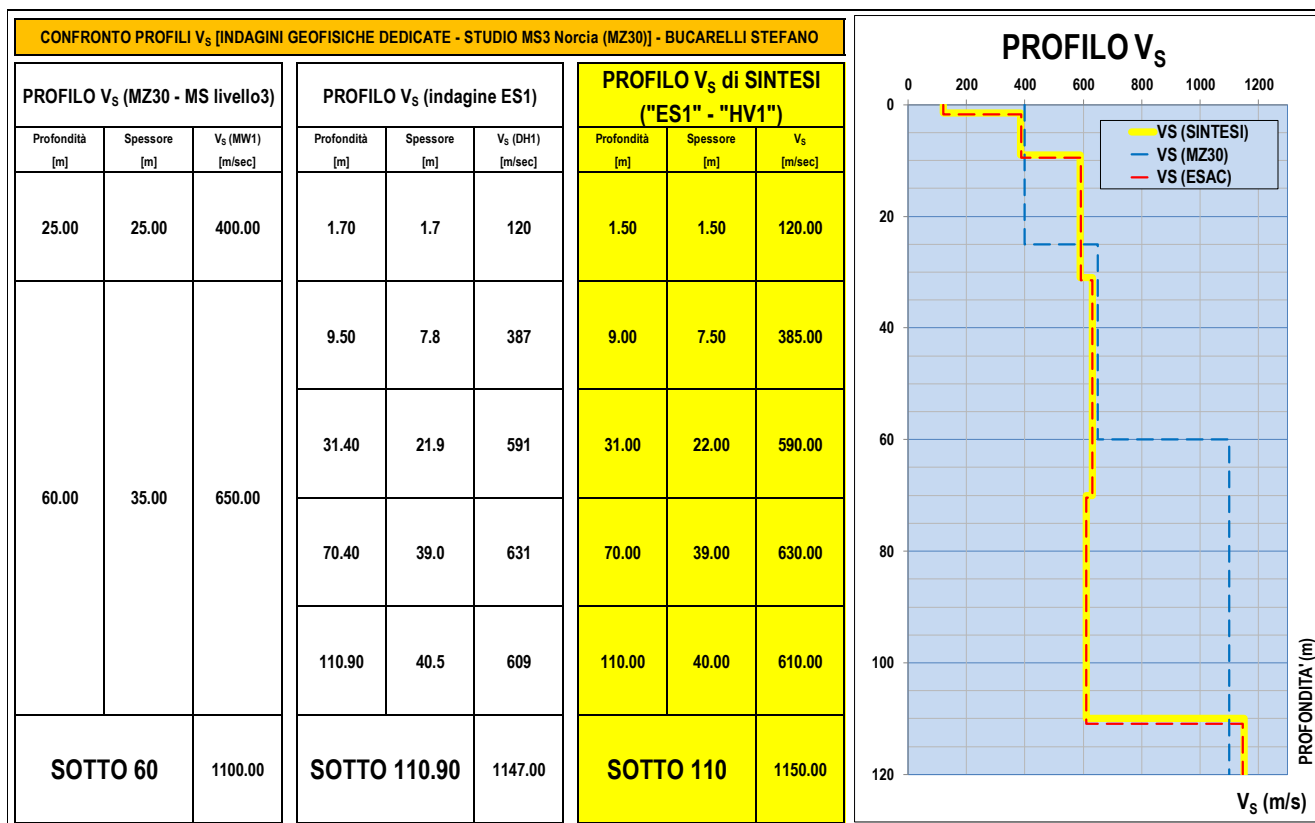
L'ubicazione dei punti di indagine geofisica dedicata è consultabile in **TAVOLA 8**.

TIPO INDAGINE GEOFISICA	SIGLA
INDAGINE SISMICA PASSIVA MULTICANALE "ESAC" CON ARRAY 2D	ES1
INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA CON TECNICA "HVSr"	HV1

I report con tutte le specifiche sulla strumentazione e tecniche di elaborazione utilizzate e la documentazione fotografica dei punti di indagine geofisica, sono consultabili in **Allegato 3**. La ditta incaricata, mediante utilizzo del software **WINMASW Academy 2018** ho effettuato una analisi congiunta dei dati geofisici di superficie ES1 – HV1 al fine di ricavare in via univoca il profilo V_s di sito fino al bedrock geologico e sismico locale. Tale software permette di determinare la velocità delle onde di taglio dei terreni sotto i 30 m dal p.c. tramite utilizzo di un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSr) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice in oggetto utilizzato da **WINMASW Academy 2018** è Software Microtremor (<http://nato.gfz.hr/SW.zip>) di Alberello D. & Lunedei E. (Lunedei E., Alberello D., 2009, On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth, Geophys. J. Int., 177,1001-1014).

4.4.1.1 Modello Sismo-Stratigrafico (Profilo V_s) di Sito

Partendo dal modello geologico di sito, tenuto conto dei risultati sia delle indagini geofisiche "ad hoc" che dello studio di MS3 del Comune di Norcia relativi alla specifica Microzona in cui ricade il fabbricato (microzona MZ30), è stato definito e riconosciuto il seguente profilo di V_s specifico di sito.



PROFILO V_s DI SITO PER VERIFICHE GEOTECNICHE ED ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D (da analisi congiunta dati geofisici con software dedicato)

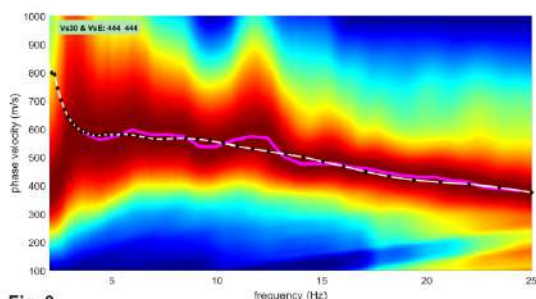
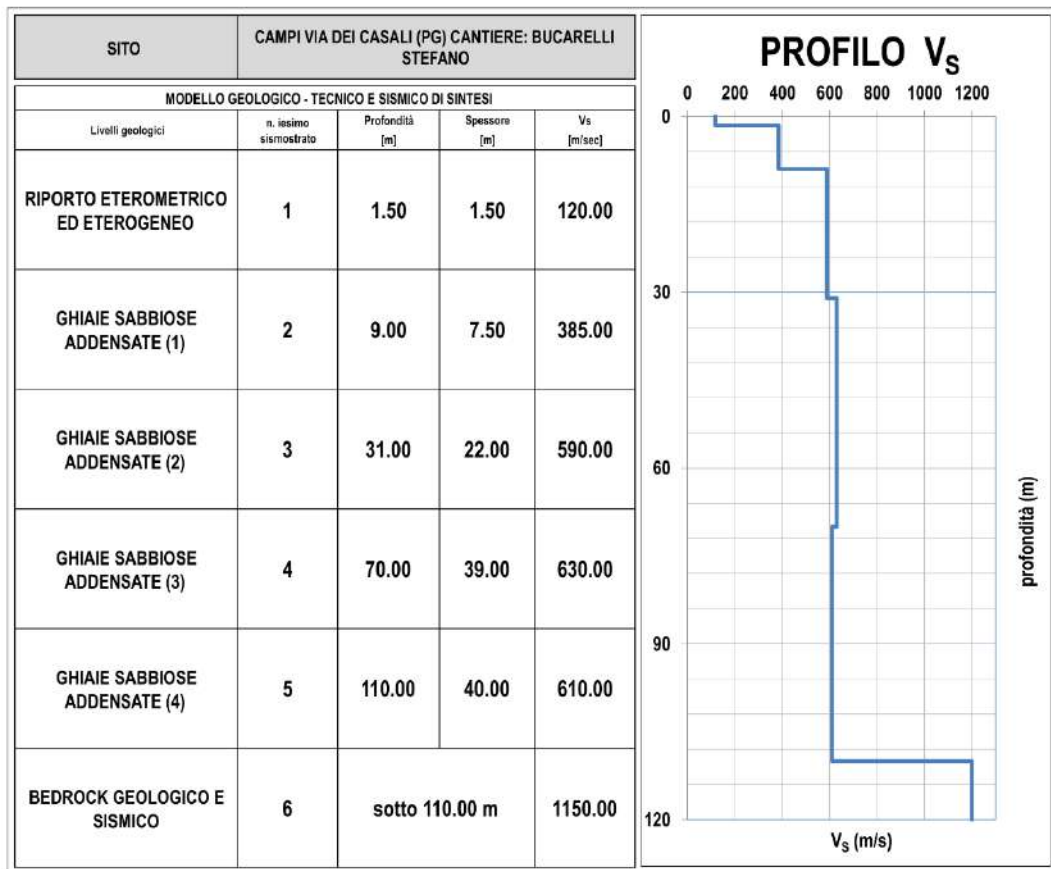


Fig. 2

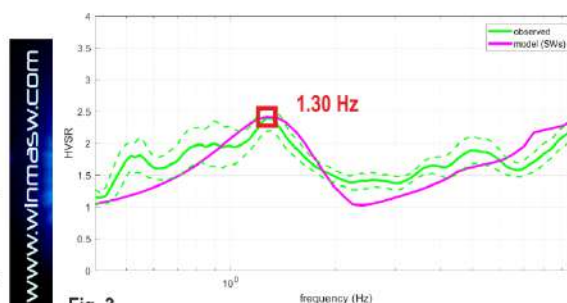


Fig. 3

PROFILO V_s DI SITO

Fig. 1: Profilo V_s di sito ottenuto come sintesi dei profili V_s definiti con indagini eseguite e Microzona di riferimento (indagini ES1-HV1)

SPETTRO DI VELOCITÀ DI FASE DELLE ONDE DI RAYLEIGH DA INDAGINE PASSIVA MULTICANALE ESAC "ES1"

Fig. 2: confronto massivi (f-v) ovvero curva di dispersione effettiva registrata e sintetica (da profilo V_s di intesi - METODO di inversione della CURVA EFFETTIVA)

CURVA HV DA INDAGINE PASSIVA A STAZIONE SINGOLA CON TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR "HV1"

Fig. 3: confronto curva HV dei dati registrati e sintetica (da profilo V_s di intesi - METODO di inversione SURFACE WAVES)

LEGENDA



Sede:
Via V. Veneto, n. 14,
06083 Bastia Umbra (PG)

Dott. Geol.
Giorgio Piagnani



GEOLOGO PROGETTISTA
RESPONSABILE DELL'ELABORAZIONE
DOTT. GEOL. GIORGIO PIAGNANI
ALBO
351
Dott. Geol. Giorgio Piagnani
REGIONE UMBRIA

4.4.1.2 Frequenze di sito

L'indagine HV1 ha riconosciuto n. 2 valori di frequenza di sito:

indagine HV1		Classe di Qualità Curva H/V: B1	
Picco "1"		Picco "2"	
frequency (Hz) - f_0 :	1.30 (± 0.4)	frequency (Hz) - f_0 :	15.83 (± 0.4)
HVSr value - A_0 :	2.40 (± 0.3)	HVSr value - A_0 :	2.80 (± 0.3)

4.4.1.3 Calcolo della $V_{s,eq}$ e Categoria di Sottosuolo di Fondazione

Di seguito si riporta il calcolo della $V_{s,eq}$ sulla base del modello sismo-stratigrafico di sito di cui al precedente §4.4.1.1, per profondità di collocamento delle opere fondali tra m 0.00-2.00 dal p.c. attuale. Dato che Le indagini geofisiche hanno evidenziato la presenza di BEDROCK SISMICO sotto a m 30.0 dal p.c., si procederà al calcolo della $V_{s,eq}$ quale $V_{s,30}$ (come previsto dalle NTC 2018) per le diverse profondità di appoggio ipotizzate.

NTC 2018		Calcolo $V_{s,30} - V_{s,eq}$		
$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$		Bedrock sismico NON PRESENTE entro i m 30.00 dal p.c.		
$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$		profondità piano fondale da p.c. (m)	$V_{s,30}$ (m/s)	$V_{s,eq}$ (m/s)
con:		0.00	446	-
h_i - spessore iesimo strato	N - numero di strati	1.00	495	-
$V_{s,i}$ - velocità delle onde di taglio dell' i-esimo strato		2.00	503	-
H - profondità del substrato, definito come quella formazione di roccia, caratterizzata da V_s non inferiore di 800 m/s				

Nel caso di possibile utilizzo dell'approccio semplificato per il calcolo dell'azione sismica di progetto (Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC 2018), a partire dal p.c., il sito progettuale si collocherebbe in una:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO "B"

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

4.4.1.4 Condizione Topografica

In base alle specifiche caratteristiche morfologico-topografiche del sito (antico terrazzo alluvionale con $i < 15^\circ$ dall'orizzontale) permette di inserire il sito progettuale, in funzione della Tab. 3.2.IV NTC 2018, nella:

CONDIZIONE TOPOGRAFICA "T1"

4.5 SCELTA APPROCCIO PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

In funzione di quanto previsto nell'*Allegato 1* alla *OCSR n. 55/2018* (§3.2 e dall'*Appendice 1*), per definire lo spettro elastico di progetto, il progettista delle strutture dovrà confrontare lo spettro di risposta medio regolarizzato (secondo il metodo riportato in *Appendice 1*) ottenuto dallo studio di MS3 della microzona di interesse, con quello ottenuto con l'approccio semplificato della normativa sismica, per la categoria di sottosuolo in corrispondenza del manufatto e per il tempo di ritorno di 475 anni.

L'intervallo di periodi da considerare per il confronto tra lo spettro di MS3 e quello di norma dell'approccio semplificato è determinato considerando i periodi di vibrazione di interesse dell'opera nelle due direzioni principali, ossia il minore ($T_{\min}$), e il maggiore ($T_{\max}$), dei tre periodi di vibrazione dell'edificio (inteso come struttura tridimensionale) con massa partecipante più elevata, tenendo anche conto dell'elongamento degli stessi durante la risposta sismica. Tale intervallo è compreso tra $T_{\min}$ e $2T_{\max}$.

In questo intervallo dovranno essere valutate le seguenti due condizioni:

1. lo spettro di MS3 supera puntualmente in misura maggiore del 30% lo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro di MS3 è superiore del 20% rispetto al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Se nessuna delle due condizioni è verificata, è possibile utilizzare l'approccio semplificato della normativa sismica. Se almeno una delle condizioni di cui sopra è verificata, lo spettro previsto dall'approccio semplificato della normativa può ritenersi significativamente meno conservativo di quello di MS3.

In questo caso il progettista, utilizzando i risultati della MS3, dovrà procedere a definire gli approfondimenti geologici, geofisici e geotecnici necessari a dettagliare il modello di sottosuolo nell'area di interesse del manufatto. Sulla base di questi approfondimenti il progettista dovrà valutare le condizioni di applicabilità dell'approccio semplificato della normativa e, nel caso, giustificare l'adozione in relazione alle caratteristiche stratigrafiche e morfologiche dello specifico sito rispetto alla situazione di riferimento cui si riferisce lo spettro ottenuto dagli studi di Microzonazione Sismica. In caso contrario, il progettista dovrà necessariamente procedere con un'analisi di risposta sismica locale monodimensionale (1D) o bidimensionale (2D), in base alle caratteristiche del sito. In particolare, i risultati della MS3 saranno utilizzati per definire il volume significativo di sottosuolo e le caratteristiche morfologiche da considerare per le analisi numeriche della risposta sismica locale, includendo la possibile presenza di effetti 2D. Infine, ferme restando le prerogative del progettista in merito alle scelte effettuate per la caratterizzazione delle azioni sismiche e sotto la sua completa responsabilità, gli spettri di risposta elastici prodotti dallo studio di MS3 (regolarizzati secondo il metodo riportato in *Appendice 1*), possono essere usati nella progettazione qualora vengano ritenuti più affidabili di quelli risultanti dall'analisi di risposta sismica locale (RSL) condotti con metodi standard (1D lineare equivalente) e in ogni caso più conservativi di quelli dell'approccio semplificato.

La scelta del progettista di utilizzare gli spettri di risposta elastici prodotti dallo studio di MS3 dovrà comunque essere giustificata nella relazione di calcolo strutturale, anche con riferimento alla relazione geologica e geotecnica.

4.5.1 SLV ($T_R = 475$ ANNI), CONFRONTO SPETTRO DI NORMATIVA E SPETTRO MEDIO NORMALIZZATO (MS3)

Il sito in oggetto ricade, in base allo studio di Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Norcia, all'interno della zona:

- MZ30 Campi,

cui sono associati i seguenti spettri elastici:

- NorciaPSAO59,

- NorciaPSAO60 (medio),

il tutto come riportato negli allegati dedicati alla MS3 del Comune di Norcia ed in particolare in **TAVOLA 7c**.

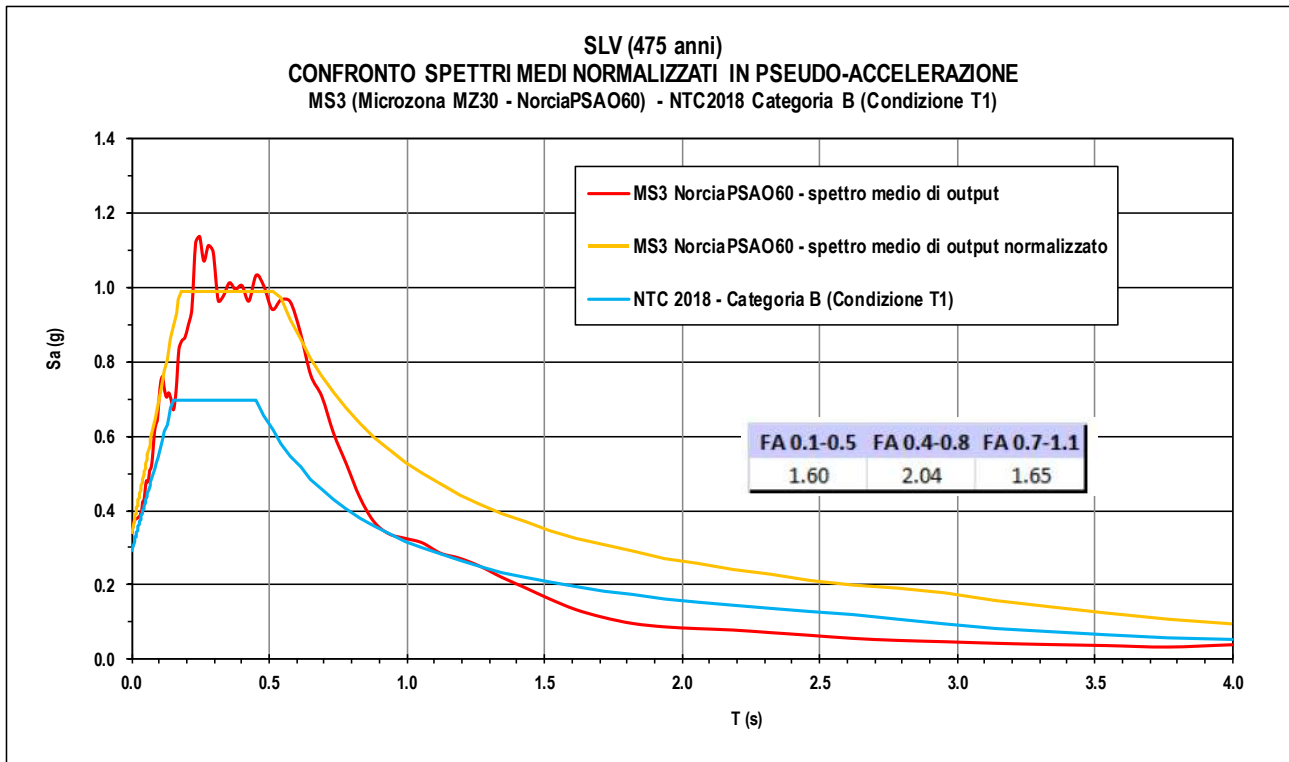
Di seguito si riportano le caratteristiche geologico-tecniche e geofisiche utilizzate per la RSL a corredo dello studio di MS3 ed i valori dello spettro medio di output e normalizzato (NorciasPSAO60) messi a confronto con lo spettro di norma (Categoria B, Condizione T1); si ricorda che il valore a_{max} (dello spettro medio NorciasPSAO60) è stato calcolato secondo quanto riportati alla lett. f). *Appendice 1 dell'Ordinanza del Commissario per la Ricostruzione* con formula sotto riportata.

$$a_{max} = \left(\frac{S_e(T = 0.01s)}{SA_m} - \frac{0.01}{T_B} \right) \left(\frac{SA_m}{1 - \frac{0.01}{T_B}} \right)$$

CARATTERISTICHE GEOLOGICO-TECNICHE E GEOFISICHE "MICROZONA MZ30 – Norcia Capoluogo"				
Strato n.	Spessore (m)	Unità geologico-tecnica	Velocità (VS) assegnata (m/s)	Curve di degrado
1	25	GMtf,in, ca, ta 1	400	ROLLINS, 1998
2	35	GMtf 3	650	ROLLINS, 1998
3	-	LPS	1100	-

CONFRONTO SPETTRI "SLV" (TR = 475 ANNI)							
NorciasPSAO60 medio		NorciasPSAO60 medio NORMALIZZATO (metodo ICMS - Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018)			NTC 2018 - Categoria B Condizione T1		
T (s)	Sa(g)	T (s)	Sa(g)	S Sa(g)	T (s)	Sa(g)	S Sa(g)
0.0000	0.3376	0.0100	0.3376	0.0036	0.0000	0.291	0.00305
0.0100	0.3743	0.0106	0.3743	0.0002	0.0100	0.3196	0.00020
0.0106	0.3744	0.0113	0.3766	0.0003	0.0106	0.3214	0.00021
0.0113	0.3746	0.0120	0.3790	0.0003	0.0113	0.3233	0.00023
0.0120	0.3748	0.0127	0.3816	0.0003	0.0120	0.3253	0.00024
0.0127	0.3749	0.0135	0.3844	0.0003	0.0127	0.3274	0.00026
0.0135	0.3752	0.0144	0.3873	0.0003	0.0135	0.3297	0.00028
0.0144	0.3754	0.0153	0.3904	0.0004	0.0144	0.3321	0.00030
0.0153	0.3757	0.0162	0.3937	0.0004	0.0153	0.3346	0.00032
0.0162	0.3761	0.0172	0.3972	0.0004	0.0162	0.3373	0.00034
0.0172	0.3765	0.0183	0.4009	0.0004	0.0172	0.3402	0.00036
0.0183	0.3769	0.0195	0.4049	0.0005	0.0183	0.3433	0.00039
0.0195	0.3774	0.0207	0.4091	0.0005	0.0195	0.3465	0.00042
0.0207	0.3780	0.0220	0.4135	0.0005	0.0207	0.3500	0.00045
0.0220	0.3787	0.0233	0.4183	0.0006	0.0220	0.3537	0.00048
0.0233	0.3796	0.0248	0.4233	0.0006	0.0233	0.3576	0.00052
0.0248	0.3807	0.0263	0.4287	0.0007	0.0248	0.3617	0.00056
0.0263	0.3813	0.0280	0.4344	0.0007	0.0263	0.3661	0.00060
0.0280	0.3827	0.0297	0.4404	0.0008	0.0280	0.3708	0.00064
0.0297	0.3835	0.0316	0.4468	0.0008	0.0297	0.3757	0.00069
0.0316	0.3866	0.0335	0.4536	0.0009	0.0316	0.3810	0.00075
0.0335	0.3929	0.0356	0.4609	0.0010	0.0335	0.3866	0.00080
0.0356	0.3974	0.0379	0.4686	0.0011	0.0356	0.3926	0.00087
0.0379	0.4056	0.0402	0.4767	0.0011	0.0379	0.3989	0.00093
0.0402	0.4229	0.0427	0.4854	0.0012	0.0402	0.4056	0.00101
0.0427	0.4234	0.0454	0.4946	0.0013	0.0427	0.4128	0.00109
0.0454	0.4288	0.0482	0.5044	0.0014	0.0454	0.4203	0.00118
0.0482	0.4466	0.0512	0.5148	0.0016	0.0482	0.4284	0.00128
0.0512	0.4681	0.0544	0.5259	0.0017	0.0512	0.4370	0.00138
0.0544	0.4794	0.0578	0.5377	0.0018	0.0544	0.4461	0.00150
0.0578	0.4756	0.0614	0.5501	0.0020	0.0578	0.4557	0.00163
0.0614	0.4800	0.0653	0.5634	0.0022	0.0614	0.4660	0.00177
0.0653	0.5056	0.0694	0.5775	0.0024	0.0653	0.4769	0.00192
0.0694	0.5112	0.0737	0.5925	0.0026	0.0694	0.4885	0.00209
0.0737	0.5261	0.0783	0.6084	0.0028	0.0737	0.5008	0.00227
0.0783	0.5642	0.0832	0.6253	0.0031	0.0783	0.5139	0.00248
0.0832	0.6104	0.0883	0.6432	0.0034	0.0832	0.5278	0.00270
0.0883	0.6308	0.0939	0.6623	0.0037	0.0883	0.5425	0.00295
0.0939	0.6441	0.0997	0.6825	0.0041	0.0939	0.5582	0.00322
0.0997	0.6990	0.1059	0.7041	0.0045	0.0997	0.5749	0.00352
0.1059	0.7453	0.1125	0.7269	0.0049	0.1059	0.5926	0.00386
0.1125	0.7592	0.1196	0.7512	0.0054	0.1125	0.6114	0.00423

CONFRONTO SPETTRI "SLV" (TR = 475 ANNI)							
NorciaPSAO60 medio		NorciaPSAO60 medio NORMALIZZATO (metodo ICMS - Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018)			NTC 2018 - Categoria B Condizione T1		
T (s)	Sa(g)	T (s)	Sa(g)	S Sa(g)	T (s)	Sa(g)	S Sa(g)
0.1196	0.7238	0.1270	0.7770	0.0059	0.1196	0.6314	0.00464
0.1270	0.7040	0.1350	0.8044	0.0065	0.1270	0.6526	0.00509
0.1350	0.7158	0.1434	0.8336	0.0071	0.1350	0.6752	0.00559
0.1434	0.6980	0.1523	0.8645	0.0079	0.1434	0.6956	0.00613
0.1523	0.6703	0.1618	0.8974	0.0087	0.1523	0.6956	0.00661
0.1618	0.7225	0.1719	0.9323	0.0096	0.1618	0.6956	0.00702
0.1719	0.8325	0.1826	0.9694	0.0105	0.1719	0.6956	0.00746
0.1826	0.8560	0.1940	0.9901	0.0113	0.1826	0.6956	0.00793
0.1940	0.8650	0.2061	0.9901	0.0120	0.1940	0.6956	0.00842
0.2061	0.8984	0.2190	0.9901	0.0127	0.2061	0.6956	0.00895
0.2190	0.9411	0.2327	0.9901	0.0135	0.2190	0.6956	0.00950
0.2327	1.1191	0.2472	0.9901	0.0144	0.2327	0.6956	0.01010
0.2472	1.1368	0.2626	0.9901	0.0153	0.2472	0.6956	0.01073
0.2626	1.0706	0.2790	0.9901	0.0162	0.2626	0.6956	0.01140
0.2790	1.1125	0.2964	0.9901	0.0172	0.2790	0.6956	0.01211
0.2964	1.0952	0.3149	0.9901	0.0183	0.2964	0.6956	0.01286
0.3149	0.9642	0.3345	0.9901	0.0195	0.3149	0.6956	0.01366
0.3345	0.9778	0.3554	0.9901	0.0207	0.3345	0.6956	0.01452
0.3554	1.0121	0.3776	0.9901	0.0220	0.3554	0.6956	0.01542
0.3776	0.9944	0.4011	0.9901	0.0233	0.3776	0.6956	0.01639
0.4011	1.0046	0.4262	0.9901	0.0248	0.4011	0.6956	0.01741
0.4262	0.9629	0.4527	0.9901	0.0263	0.4262	0.6956	0.01849
0.4527	1.0324	0.4810	0.9901	0.0280	0.4527	0.6565	0.01910
0.4810	1.0026	0.5110	0.9901	0.0297	0.4810	0.6180	0.01912
0.5110	0.9406	0.5429	0.9901	0.0313	0.5110	0.5817	0.01912
0.5429	0.9661	0.5768	0.9714	0.0319	0.5429	0.5475	0.01912
0.5768	0.9608	0.6127	0.9143	0.0319	0.5768	0.5154	0.01912
0.6127	0.8803	0.6510	0.8606	0.0319	0.6127	0.4851	0.01912
0.6510	0.7639	0.6916	0.8101	0.0319	0.6510	0.4566	0.01912
0.6916	0.7057	0.7347	0.7625	0.0319	0.6916	0.4298	0.01912
0.7347	0.6057	0.7806	0.7177	0.0319	0.7347	0.4046	0.01912
0.7806	0.5242	0.8293	0.6756	0.0319	0.7806	0.3808	0.01912
0.8293	0.4348	0.8810	0.6359	0.0319	0.8293	0.3585	0.01912
0.8810	0.3685	0.9360	0.5986	0.0319	0.8810	0.3374	0.01912
0.9360	0.3357	0.9944	0.5634	0.0319	0.9360	0.3176	0.01912
0.9944	0.3238	1.0564	0.5303	0.0319	0.9944	0.2989	0.01912
1.0564	0.3118	1.1223	0.4992	0.0319	1.0564	0.2814	0.01912
1.1223	0.2841	1.1923	0.4699	0.0319	1.1223	0.2649	0.01912
1.1923	0.2703	1.2667	0.4423	0.0319	1.1923	0.2493	0.01912
1.2667	0.2486	1.3457	0.4163	0.0319	1.2667	0.2347	0.01912
1.3457	0.2188	1.4297	0.3919	0.0319	1.3457	0.2209	0.01912
1.4297	0.1911	1.5189	0.3688	0.0319	1.4297	0.2079	0.01912
1.5189	0.1608	1.6136	0.3472	0.0319	1.5189	0.1957	0.01912
1.6136	0.1322	1.7143	0.3268	0.0319	1.6136	0.1842	0.01912
1.7143	0.1110	1.8213	0.3076	0.0319	1.7143	0.1734	0.01912
1.8213	0.0946	1.9349	0.2895	0.0319	1.8213	0.1632	0.01912
1.9349	0.0856	2.0556	0.2725	0.0319	1.9349	0.1536	0.01912
2.0556	0.0808	2.1839	0.2565	0.0319	2.0556	0.1446	0.01912
2.1839	0.0770	2.3201	0.2415	0.0319	2.1839	0.1361	0.01912
2.3201	0.0701	2.4649	0.2273	0.0319	2.3201	0.1281	0.01912
2.4649	0.0627	2.6186	0.2139	0.0319	2.4649	0.1200	0.01908
2.6186	0.0546	2.7820	0.2014	0.0319	2.6186	0.1063	0.01848
2.7820	0.0491	2.9556	0.1896	0.0319	2.7820	0.0942	0.01740
2.9556	0.0455	3.1400	0.1781	0.0310	2.9556	0.0834	0.01638
3.1400	0.0412	3.3359	0.1578	0.0291	3.1400	0.0739	0.01541
3.3359	0.0379	3.5440	0.1398	0.0274	3.3359	0.0655	0.01451
3.5440	0.0351	3.7651	0.1239	0.0258	3.5440	0.0580	0.01366
3.7651	0.0311	4.0000	0.1097	0.0243	3.7651	0.0514	0.01285
4.0000	0.0373	0.0000	0.0972	-0.1945	4.0000	0.2912	-0.10283



NTC 2018 - PARAMETRI SPETTRO CATEGORIA B (CONDIZIONE T1)		
ag	0.251	g
S	1.160	-
F0	2.389	-
a _{max}	0.291	g
η	1.00	-
T _B	0.151	s
T _C	0.454	s
T _D	2.605	s

MS3 (Spettro Norcia PSAO60) PARAMETRI SPETTRO MEDIO NORMALIZZATO		
ag	0.251	g
S	1.345	-
F0	2.933	-
a _{max}	0.338	g
η	1.00	-
T _B	0.178	s
T _C	0.533	s
T _D	2.950	s
S _{Amax}	1.1368	g
T _{Amax}	0.247	s
0,5TA	0.1235	s
1,5TA	0.3705	s
SV _{max}	0.0882	g.s
TV _{max}	0.5767	s
0,8TV	0.4614	s
1,2TV	0.6920	s

4.5.1.1 Verifica Qualitativa delle Condizioni di cui all' OCSR 55/2018

Per lo spettro di MS3 normalizzato associato allo Microzona **MZ30 Campi**, risulta quanto segue:

1. lo spettro di MS3 è sempre puntualmente superiore allo spettro semplificato di norma;
2. l'integrale dello spettro normalizzato di MS3 è sempre superiore al corrispondente integrale dello spettro semplificato di norma.

Come previsto, fatte salve eventuali diverse considerazioni di effettiva competenza dell'autore della relazione sismica di progetto, si procede ad eseguire uno studio di Risposta Sismica Locale (RSL) *ad hoc* al fine di valutare l'effettiva azione sismica di progetto, sulla base delle indagini geologiche, tecniche e geofisiche dedicate eseguite.

4.6 RSL MEDIANTE ANALISI LINEARE EQUIVALENTE MONODIMENSIONALE 1D

Il profilo V_S riconosciuto e le condizioni morfologiche del sito progettuale hanno permesso nell'ambito dello studio di MS di Livello 3 del Comune di Norcia per la microzona **MZ30 Campi**, uno studio di RSL (Risposta Sismica Locale) mediante analisi lineare equivalente Monodimensionale (1D).

Per la specifica demolizione e ricostruzione dell'edificio in oggetto, la valutazione dell'azione sismica mediante SPETTRI DI RIPOSTA ELASTICI IN PSEUDO-ACCELERAZIONI viene determinata pertanto sempre con **ANALISI LINEARE EQUIVALENTE MONODIMENSIONALE** mediante utilizzo di accelerogrammi naturali così come prescritto da:

- DM 17 gennaio 2018, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018),
- Indirizzi e Criteri per La Microzonazione Sismica (ICMS, Gruppo di lavoro MS, 2008. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd),
- DGR 1163/2019 della Regione Umbria – Indicazioni per Studi di Risposta Sismica Locale.

In base a quanto previsto dalle **NTC 2018** e dalla Circolare Ministeriale 617/2009, dato che l'edificio in oggetto:

- è di tipo ordinario,
- ha un periodo di riferimento dell'azione sismica di progetto (V_R) di 50 anni (§ 4.3.2),

SPETTRI ELASTICI ORIZZONTALI di OUTPUT per il seguente stato limite:

- SLV ($T_r = 475$ anni).

Per l'analisi RSL 1D si precisa quanto segue:

- per il calcolo dello spettro medio di input nello **SLV**, è stata selezionata la medesima settupla di accelerogrammi naturali (storie temporali), senza scalature al valore di a_g di riferimento, utilizzata per lo studio di MS di Livello 3 del Comune di Norcia;
- è stato utilizzato il software STRATA (*Ellen Rathje and Albert Kottke*) per l'analisi lineare equivalente finalizzata al calcolo degli **SPETTRI ELASTICI ORIZZONTALI di OUTPUT** sia per lo **SLD** che **SLV**.

Si ribadisce che non avendo a disposizione il coefficiente di struttura "q", **saranno forniti SOLO gli spettri di output "elastici"**, per gli SL richiesti (SLV) considerando, per convenzione, uno smorzamento relativo del 5%.

La procedura di calcolo adoperata per la valutazione della funzione di trasferimento dal codice **STRATA** presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, o uno spettro di risposta in accelerazione e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore; indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1 stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2 valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3 correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;

Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;

3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile "trasferire" l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt,

$$\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$$

la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z) e^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho \omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio complesso. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa delle variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

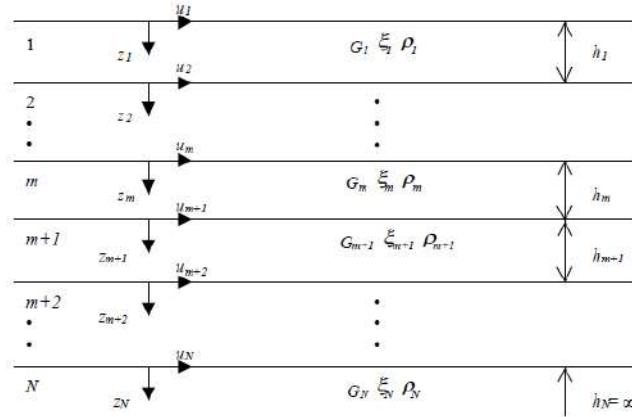


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell'm-esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* [E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} (E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m}) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_{m+1}^* G_{m+1}^*}{k_m^* G_m^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n . In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* (E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z}) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di **Figura 2** in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

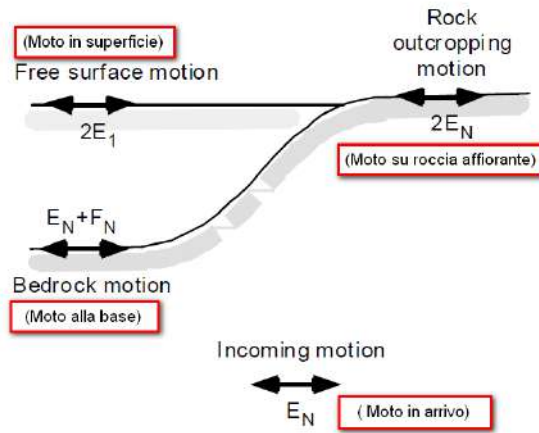


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{NN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)}{\gamma} \right)^{0.492} \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.47} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

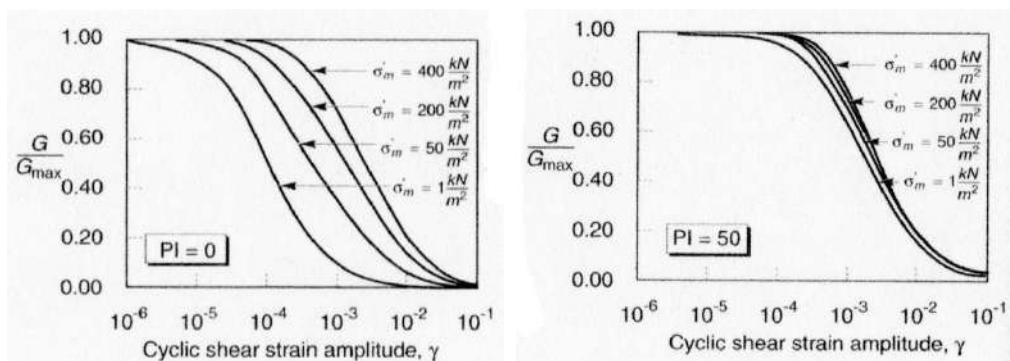


Figura 3: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

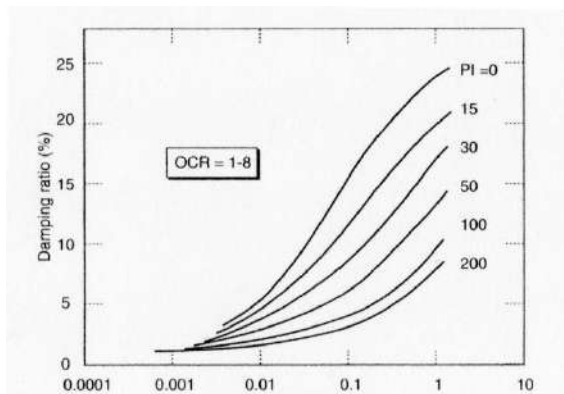


Figura 4: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

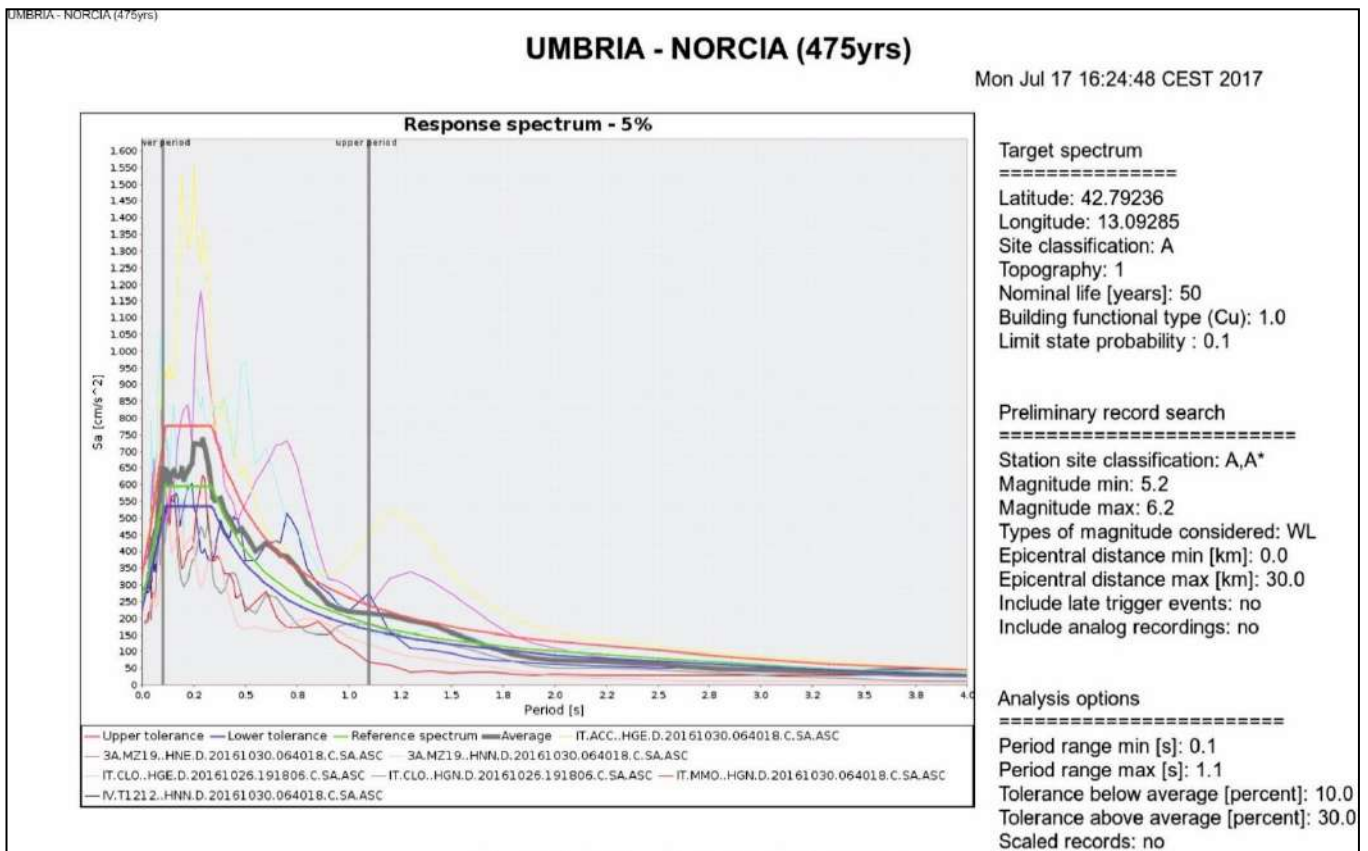
4.6.1 SCELTA DEGLI ACCELEROGRAMMI (STORIE TEMPORALI) DI INPUT

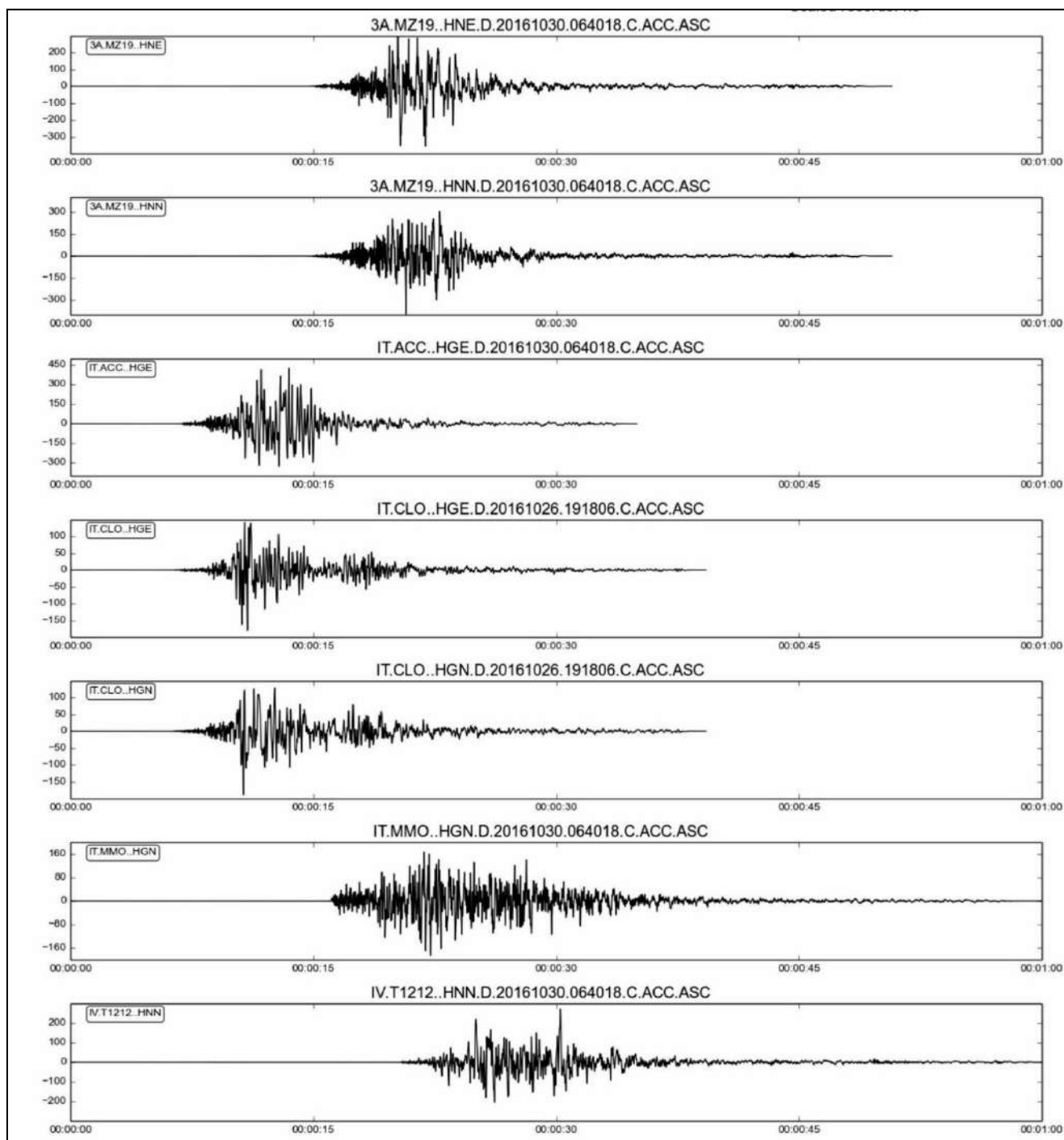
4.6.1.1 SLV (TR = 475 anni)

Si è scelto di utilizzare gli stessi accelerogrammi di input utilizzati per lo studio di MS di Livello 3 del Comune di Norcia in quanto:

- rispondono sicuramente alle effettive caratteristiche sismogenetiche della sorgente (faglie dirette) che interessano l'area progettuale,
- hanno coppia Magnitudo-Distanza degli eventi sismici sicuramente rappresentativi della crisi sismica Italia Centrale 2016-2017;
- sono tutti accelerogrammi NATURALI NON SCALATI;
- hanno similarità tra lo spettro di input medio (della settupla scelta) e lo spettro di normativa (§3.2.3 NTC D.M. 22/03/2018, verifica spettro-compatibilità) riferito ad una categoria di sottosuolo tipo A (e/o A*) con condizione topografica pianeggiante T1 dello specifico sito progettuale; la compatibilità con lo spettro di risposta elastico di input è stata verificata in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi associati alle storie per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ del 5%. Il set di accelerogrammi selezionato ha un'ordinata spettrale media che non presenta uno scarto in difetto superiore al 10% ed uno scarto in eccesso superiore al 30%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico in alcun punto dell'intervallo del range compreso tra 0.1-1.1 s (entro cui ricadono i valori T_{min} e $2T_{max}$ dell'edificio).

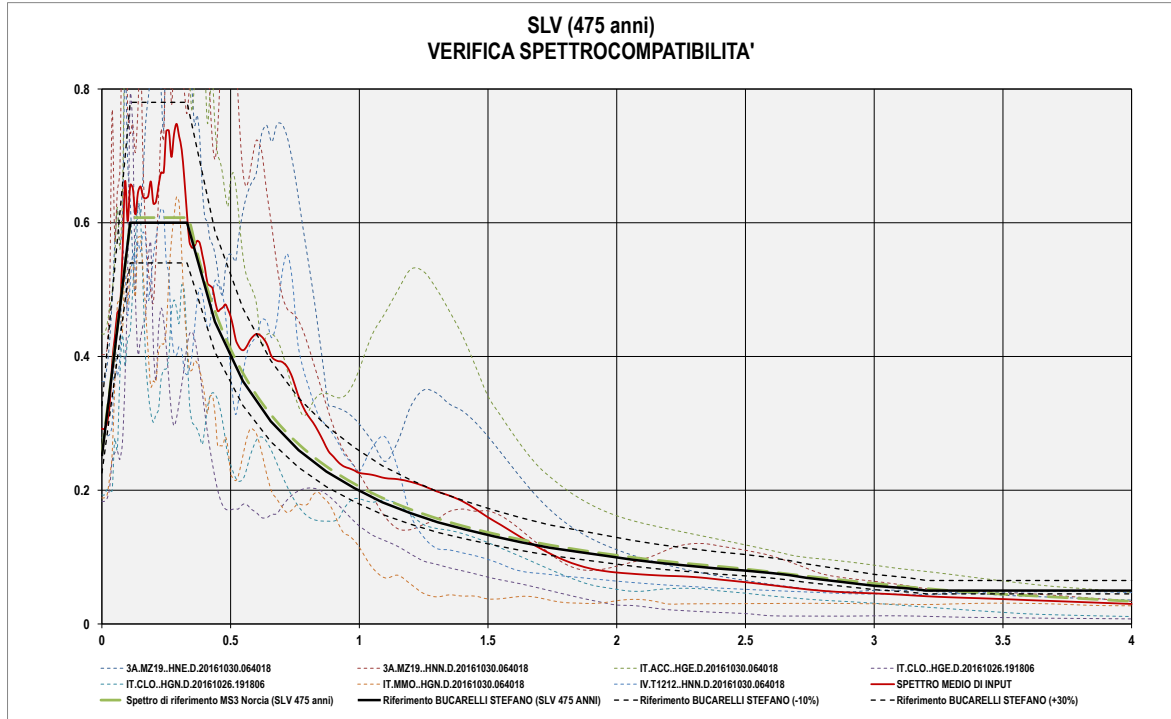
4.6.1.1.2 Storie Temporali Selezionate



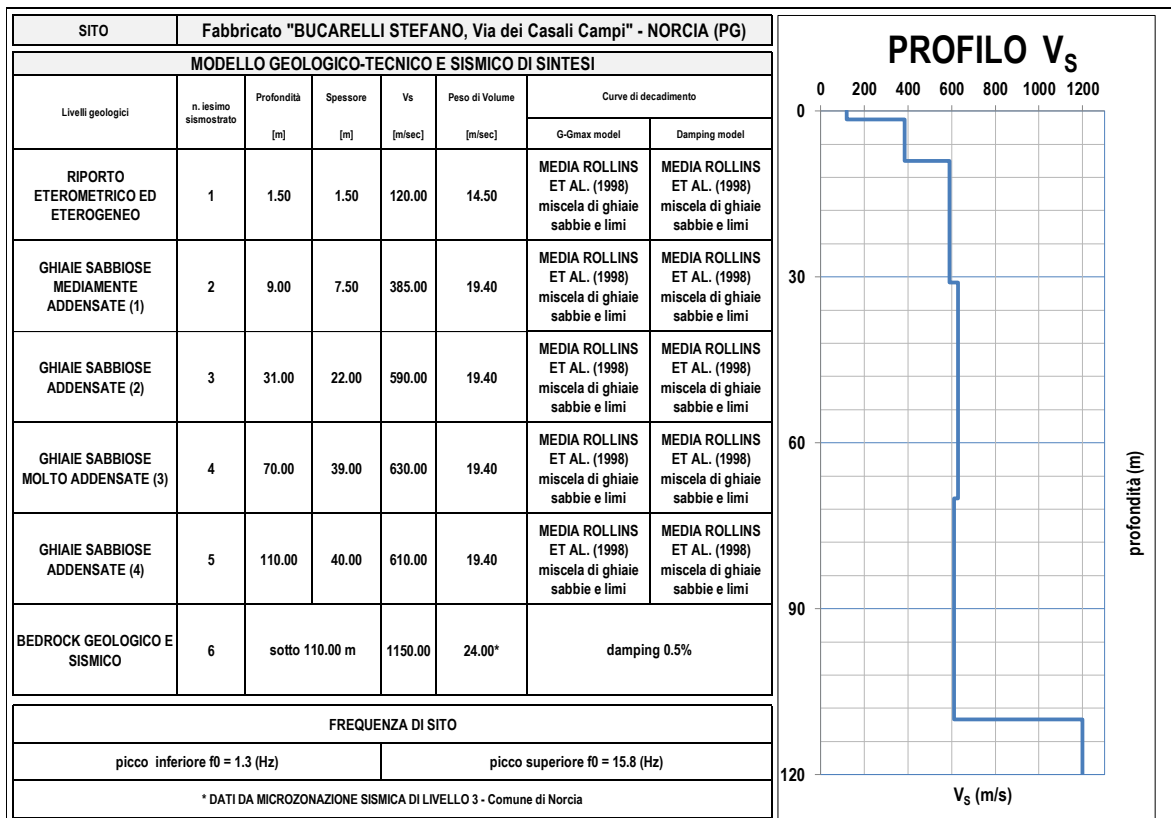


4.6.1.1.2 Analisi Spettro-compatibilità Spettro Medio di INPUT

Si riporta la verifica della spettro-compatibilità dello spettro medio di INPUT del sito progettuale con quello medio ricavato dal set delle 7 storie temporali utilizzate nello studio di MS3 per il Comune di Norcia per lo SLV ($T_r = 475$ anni - $a_g = 0.251$), nel range di periodo compreso tra 0.1-1.10 s (range entro cui sono compresi i valori di T_{min} e $2T_{max}$ dell'edificio).

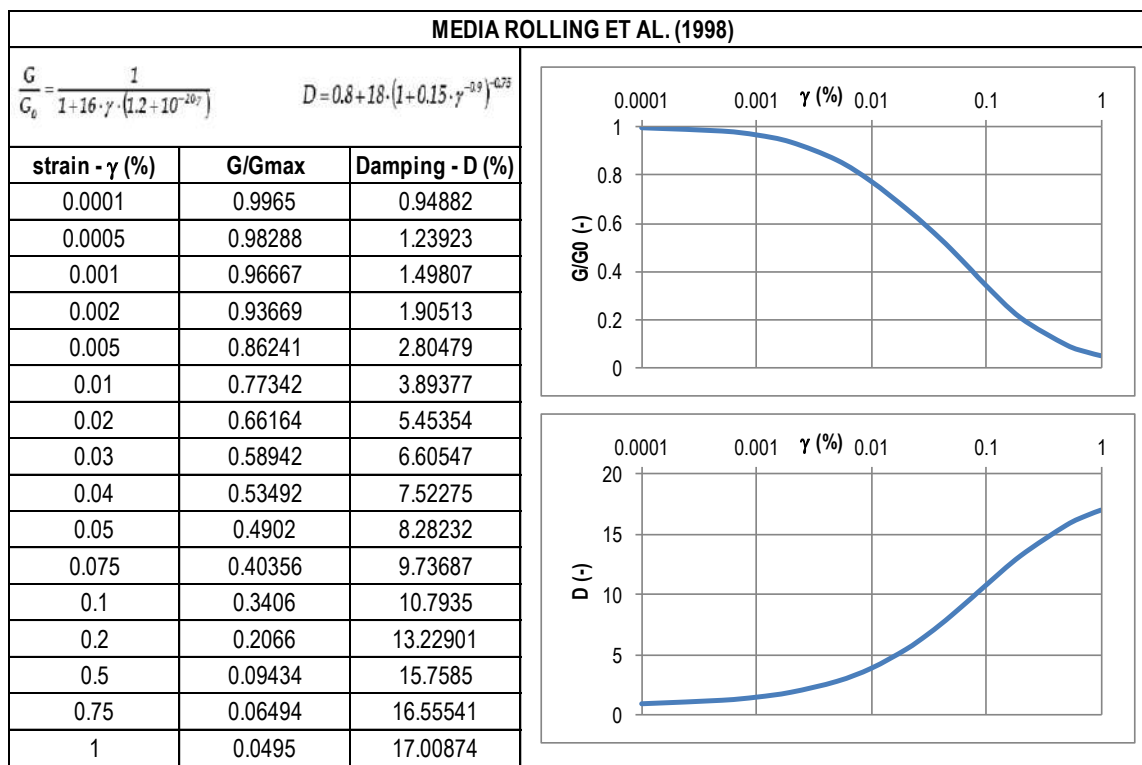


4.6.2 SISMOSTRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO CON PARAMETRI GEOTECNICI DI INGRESSO



4.6.3 CURVE DI DECADIMENTO UTILIZZATE

Per litotipi costituiti da miscele di ghiaie sabbie e limi rilevati, sono state usate le medesime curve di decadimento utilizzate nello studio di MS di Livello 3 del Comune di Norcia e di seguito riportate.



4.7 RISULTATI ANALISI "RSL 1D"

La quota di riferimento per il calcolo dell'azione sismica di progetto, è stata posta a m -1.50 dal p.c. di valle del fabbricato ovvero al di sotto della coltre di riporto rilevata.

4.7.2 SLV (Tr = 475 ANNI)

4.7.2.1 Elaborazione

Max Numero di iterazioni	25
Quota OUTPUT	-1.50 da p.c.
Strato rilevamento accelerogramma INPUT:	6 (Bedrock geologico e sismico)
Errore percentuale massimo di convergenza	0.98 %
Errore percentuale medio di convergenza	0.73 %

Calculation Parameters

Error tolerance:

Maximum number of iterations:

Effective strain ratio:

Layer Discretization

Maximum frequency:

Wavelength fraction:

☐ Disable auto-discretization

Starting Strata Calculation
7 Trials (1 Sites and 7 Motions)
[1 of 1] Generating site and soil properties

[1 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\3A.MZ19..HNE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 141.44 %
Iteration: 2 Maximum Error: 66.57 %
Iteration: 3 Maximum Error: 14.58 %
Iteration: 4 Maximum Error: 5.87 %
Iteration: 5 Maximum Error: 2.35 %
Iteration: 6 Maximum Error: 0.98 %

[2 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\3A.MZ19..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 135.73 %
Iteration: 2 Maximum Error: 58.02 %
Iteration: 3 Maximum Error: 13.42 %
Iteration: 4 Maximum Error: 4.57 %
Iteration: 5 Maximum Error: 1.90 %
Iteration: 6 Maximum Error: 0.76 %

[3 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\IT.ACC..HGE.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 141.70 %
Iteration: 2 Maximum Error: 87.40 %
Iteration: 3 Maximum Error: 30.25 %
Iteration: 4 Maximum Error: 12.44 %
Iteration: 5 Maximum Error: 4.87 %
Iteration: 6 Maximum Error: 2.25 %
Iteration: 7 Maximum Error: 1.06 %
Iteration: 8 Maximum Error: 0.49 %

[4 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\IT.CLO..HGE.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 153.86 %
Iteration: 2 Maximum Error: 48.80 %
Iteration: 3 Maximum Error: 8.22 %
Iteration: 4 Maximum Error: 2.76 %
Iteration: 5 Maximum Error: 0.93 %

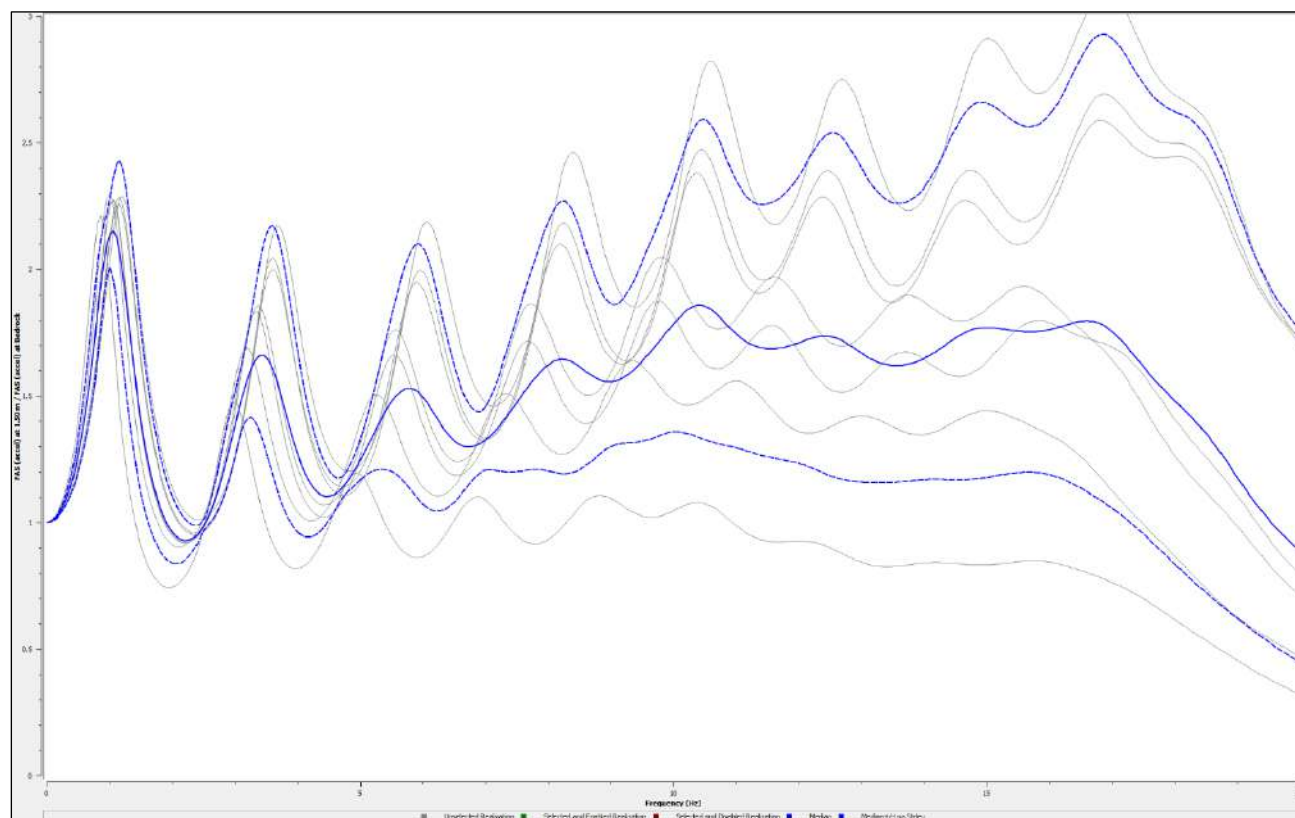
[5 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\IT.CLO..HGN.D.20161026.191806.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 180.62 %
Iteration: 2 Maximum Error: 43.68 %
Iteration: 3 Maximum Error: 6.45 %
Iteration: 4 Maximum Error: 1.71 %
Iteration: 5 Maximum Error: 0.48 %

[6 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\IT.MMO..HGN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 141.68 %
Iteration: 2 Maximum Error: 36.58 %
Iteration: 3 Maximum Error: 4.15 %
Iteration: 4 Maximum Error: 0.86 %

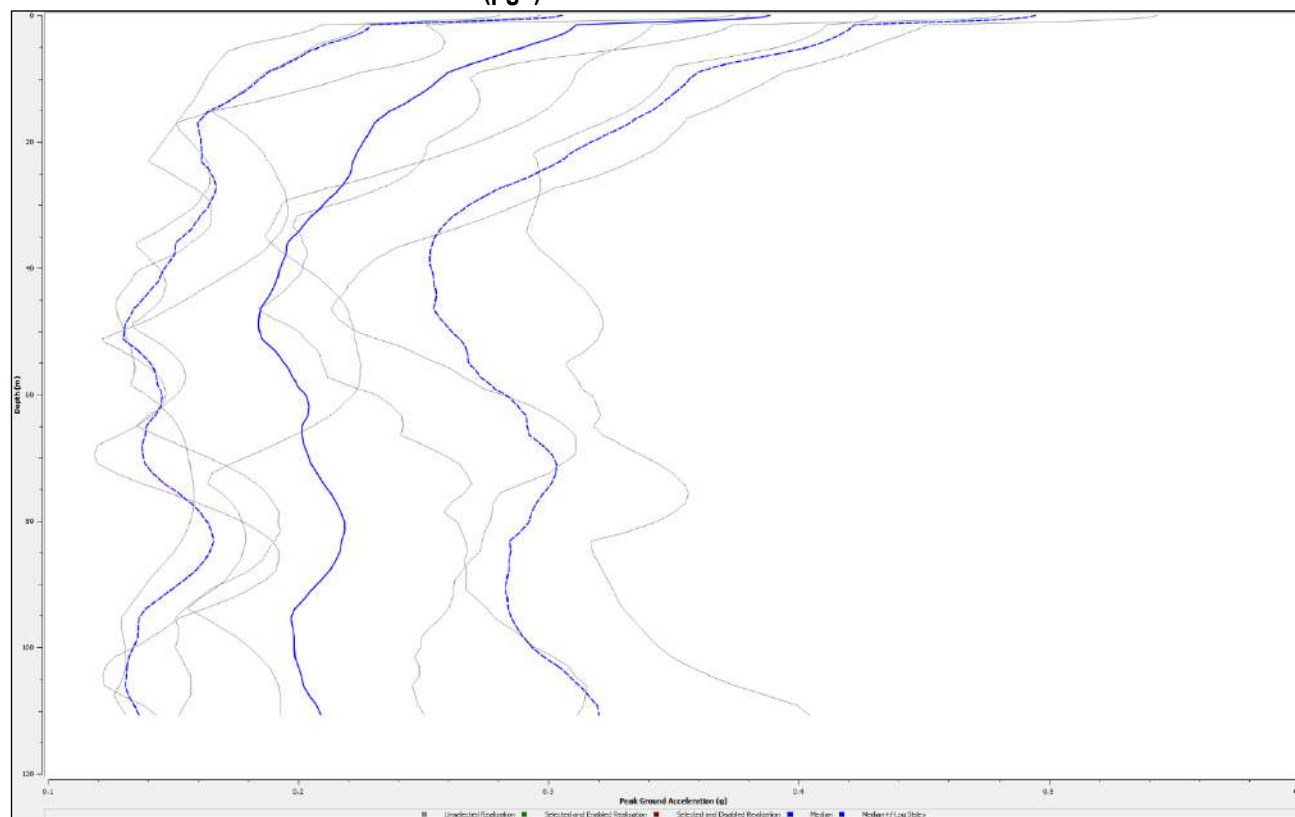
[7 of 7] Computing site response for motion: ACCELEROGRAMMI_NORCIA\IT.1212..HNN.D.20161030.064018.C.ACC.ASC
Iteration: 1 Maximum Error: 152.29 %
Iteration: 2 Maximum Error: 64.41 %
Iteration: 3 Maximum Error: 13.32 %
Iteration: 4 Maximum Error: 4.57 %
Iteration: 5 Maximum Error: 1.68 %
Iteration: 6 Maximum Error: 0.61 %

Computing statistics.

4.7.2.2 Funzione di Amplificazione Spettrale (F.A.S.)



4.7.2.3 Profilo Peak Ground Acceleration (pga)



4.7.2.4 Spettro medio di INPUT e OUTPUT (dati tabellari)

SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
0.00	0.25100	0.00	0.37391	0.00	0.37391
0.01	0.29532	0.01	0.42358	0.01	0.42358
0.02	0.30454	0.02	0.43236	0.02	0.47324
0.03	0.33625	0.03	0.45113	0.03	0.52290
0.04	0.40898	0.04	0.48608	0.04	0.57257
0.05	0.43756	0.05	0.57019	0.05	0.62223
0.06	0.47389	0.06	0.79900	0.06	0.67189
0.07	0.47901	0.07	0.82838	0.07	0.72156
0.08	0.55855	0.08	0.96315	0.08	0.77122
0.09	0.66605	0.09	1.08853	0.09	0.82088
0.10	0.60528	0.10	1.02383	0.10	0.87055
0.11	0.65842	0.11	1.05751	0.11	0.92021
0.12	0.65253	0.12	0.99758	0.12	0.96987
0.13	0.61344	0.13	0.89235	0.13	1.01954
0.14	0.64550	0.14	0.88265	0.14	1.06920
0.15	0.65424	0.15	0.90577	0.15	1.08879
0.16	0.63823	0.16	0.87812	0.16	1.08879
0.17	0.63650	0.17	0.87258	0.17	1.08879
0.18	0.63951	0.18	0.88583	0.18	1.08879
0.19	0.66057	0.19	0.89486	0.19	1.08879
0.20	0.62759	0.20	0.82602	0.20	1.08879
0.21	0.62971	0.21	0.80857	0.21	1.08879
0.22	0.65447	0.22	0.84416	0.22	1.08879
0.23	0.67382	0.23	0.84675	0.23	1.08879
0.24	0.67347	0.24	0.83182	0.24	1.08879
0.25	0.73515	0.25	0.89414	0.25	1.08879
0.26	0.73624	0.26	0.94429	0.26	1.08879
0.27	0.69656	0.27	0.99520	0.27	1.08879
0.28	0.73027	0.28	1.04372	0.28	1.08879
0.29	0.74594	0.29	1.06191	0.29	1.08879
0.30	0.72655	0.30	1.04093	0.30	1.08879
0.31	0.70670	0.31	0.98998	0.31	1.08879
0.32	0.66412	0.32	0.91666	0.32	1.08879
0.33	0.61299	0.33	0.80552	0.33	1.08879
0.34	0.56942	0.34	0.73356	0.34	1.08879
0.35	0.56081	0.35	0.71085	0.35	1.08879
0.36	0.56331	0.36	0.70679	0.36	1.08879
0.37	0.57077	0.37	0.69193	0.37	1.08879
0.38	0.56752	0.38	0.68235	0.38	1.08879
0.39	0.55011	0.39	0.66182	0.39	1.08879
0.40	0.53146	0.40	0.63000	0.40	1.08879
0.41	0.50813	0.41	0.61036	0.41	1.08879
0.42	0.50375	0.42	0.58150	0.42	1.08879
0.43	0.49949	0.43	0.56278	0.43	1.08879
0.44	0.47992	0.44	0.55123	0.44	1.06858
0.45	0.46599	0.45	0.53574	0.45	1.04483
0.46	0.46862	0.46	0.53179	0.46	1.02212
0.47	0.47152	0.47	0.53709	0.47	1.00037
0.48	0.47559	0.48	0.53159	0.48	0.97953
0.49	0.46764	0.49	0.52203	0.49	0.95954
0.50	0.45758	0.50	0.51714	0.50	0.94035
0.51	0.44171	0.51	0.50744	0.51	0.92191
0.52	0.42286	0.52	0.49874	0.52	0.90418
0.53	0.41439	0.53	0.49615	0.53	0.88712
0.54	0.40896	0.54	0.49728	0.54	0.87069
0.55	0.40765	0.55	0.50289	0.55	0.85486
0.56	0.41183	0.56	0.51359	0.56	0.83960
0.57	0.41864	0.57	0.52757	0.57	0.82487
0.58	0.42509	0.58	0.54229	0.58	0.81065
0.59	0.42907	0.59	0.55520	0.59	0.79691
0.60	0.43159	0.60	0.56463	0.60	0.78362
0.61	0.43276	0.61	0.57508	0.61	0.77078
0.62	0.42784	0.62	0.58457	0.62	0.75835
0.63	0.42483	0.63	0.59224	0.63	0.74631
0.64	0.41746	0.64	0.59481	0.64	0.73465
0.65	0.40812	0.65	0.59330	0.65	0.72335
0.66	0.39805	0.66	0.59434	0.66	0.71239
0.67	0.39439	0.67	0.59376	0.67	0.70175
0.68	0.39200	0.68	0.59283	0.68	0.69143
0.69	0.39127	0.69	0.59639	0.69	0.68141
0.70	0.39006	0.70	0.59883	0.70	0.67168
0.71	0.38730	0.71	0.59987	0.71	0.66222
0.72	0.38235	0.72	0.59876	0.72	0.65302
0.73	0.37505	0.73	0.59292	0.73	0.64408
0.74	0.36630	0.74	0.58441	0.74	0.63537
0.75	0.35555	0.75	0.57533	0.75	0.62690

SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL" NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
0.76	0.34270	0.76	0.56806	0.76	0.61865
0.77	0.33230	0.77	0.56532	0.77	0.61062
0.78	0.32402	0.78	0.56192	0.78	0.60279
0.79	0.31575	0.79	0.55727	0.79	0.59516
0.80	0.31017	0.80	0.55157	0.80	0.58772
0.81	0.30524	0.81	0.54657	0.81	0.58046
0.82	0.29975	0.82	0.54008	0.82	0.57338
0.83	0.29359	0.83	0.53307	0.83	0.56648
0.84	0.28675	0.84	0.52457	0.84	0.55973
0.85	0.27949	0.85	0.51454	0.85	0.55315
0.86	0.27196	0.86	0.50321	0.86	0.54671
0.87	0.26454	0.87	0.49286	0.87	0.54043
0.88	0.25679	0.88	0.48698	0.88	0.53429
0.89	0.25272	0.89	0.48239	0.89	0.52829
0.90	0.24840	0.90	0.47968	0.90	0.52242
0.91	0.24398	0.91	0.47621	0.91	0.51668
0.92	0.23988	0.92	0.47191	0.92	0.51106
0.93	0.23651	0.93	0.46679	0.93	0.50556
0.94	0.23432	0.94	0.46235	0.94	0.50019
0.95	0.23295	0.95	0.45861	0.95	0.49492
0.96	0.23152	0.96	0.45635	0.96	0.48977
0.97	0.22998	0.97	0.45348	0.97	0.48472
0.98	0.22831	0.98	0.45000	0.98	0.47977
0.99	0.22649	0.99	0.44876	0.99	0.47492
1.00	0.22453	1.00	0.44713	1.00	0.47017
1.01	0.22287	1.01	0.44511	1.01	0.46552
1.02	0.22196	1.02	0.44229	1.02	0.46096
1.03	0.22205	1.03	0.44349	1.03	0.45648
1.04	0.22196	1.04	0.44371	1.04	0.45209
1.05	0.22169	1.05	0.44339	1.05	0.44779
1.06	0.22109	1.06	0.44225	1.06	0.44356
1.07	0.22048	1.07	0.44001	1.07	0.43942
1.08	0.21963	1.08	0.43683	1.08	0.43535
1.09	0.21823	1.09	0.43287	1.09	0.43135
1.10	0.21688	1.10	0.42966	1.10	0.42743
1.11	0.21603	1.11	0.42557	1.11	0.42358
1.12	0.21568	1.12	0.42123	1.12	0.41980
1.13	0.21485	1.13	0.41648	1.13	0.41608
1.14	0.21488	1.14	0.41397	1.14	0.41243
1.15	0.21527	1.15	0.41078	1.15	0.40885
1.16	0.21518	1.16	0.40843	1.16	0.40532
1.17	0.21464	1.17	0.40552	1.17	0.40186
1.18	0.21372	1.18	0.40214	1.18	0.39845
1.19	0.21250	1.19	0.39830	1.19	0.39510
1.20	0.21102	1.20	0.39414	1.20	0.39181
1.21	0.20935	1.21	0.38983	1.21	0.38857
1.22	0.20784	1.22	0.38597	1.22	0.38539
1.23	0.20709	1.23	0.38372	1.23	0.38226
1.24	0.20609	1.24	0.38130	1.24	0.37917
1.25	0.20490	1.25	0.37851	1.25	0.37614
1.26	0.20363	1.26	0.37597	1.26	0.37315
1.27	0.20214	1.27	0.37322	1.27	0.37022
1.28	0.20061	1.28	0.36993	1.28	0.36732
1.29	0.19890	1.29	0.36611	1.29	0.36448
1.30	0.19723	1.30	0.36192	1.30	0.36167
1.31	0.19580	1.31	0.35791	1.31	0.35891
1.32	0.19451	1.32	0.35369	1.32	0.35619
1.33	0.19310	1.33	0.34942	1.33	0.35351
1.34	0.19176	1.34	0.34574	1.34	0.35088
1.35	0.19082	1.35	0.34169	1.35	0.34828
1.36	0.18961	1.36	0.33729	1.36	0.34572
1.37	0.18809	1.37	0.33252	1.37	0.34319
1.38	0.18627	1.38	0.32740	1.38	0.34071
1.39	0.18424	1.39	0.32193	1.39	0.33826
1.40	0.18247	1.40	0.31614	1.40	0.33584
1.41	0.18051	1.41	0.31041	1.41	0.33346
1.42	0.17836	1.42	0.30476	1.42	0.33111
1.43	0.17603	1.43	0.29908	1.43	0.32879
1.44	0.17355	1.44	0.29317	1.44	0.32651
1.45	0.17098	1.45	0.28747	1.45	0.32426
1.46	0.16851	1.46	0.28233	1.46	0.32204
1.47	0.16592	1.47	0.27745	1.47	0.31985
1.48	0.16325	1.48	0.27244	1.48	0.31769
1.49	0.16053	1.49	0.26740	1.49	0.31555
1.50	0.15829	1.50	0.26247	1.50	0.31345
1.51	0.15608	1.51	0.25810	1.51	0.31137
1.52	0.15393	1.52	0.25378	1.52	0.30933
1.53	0.15171	1.53	0.24937	1.53	0.30730

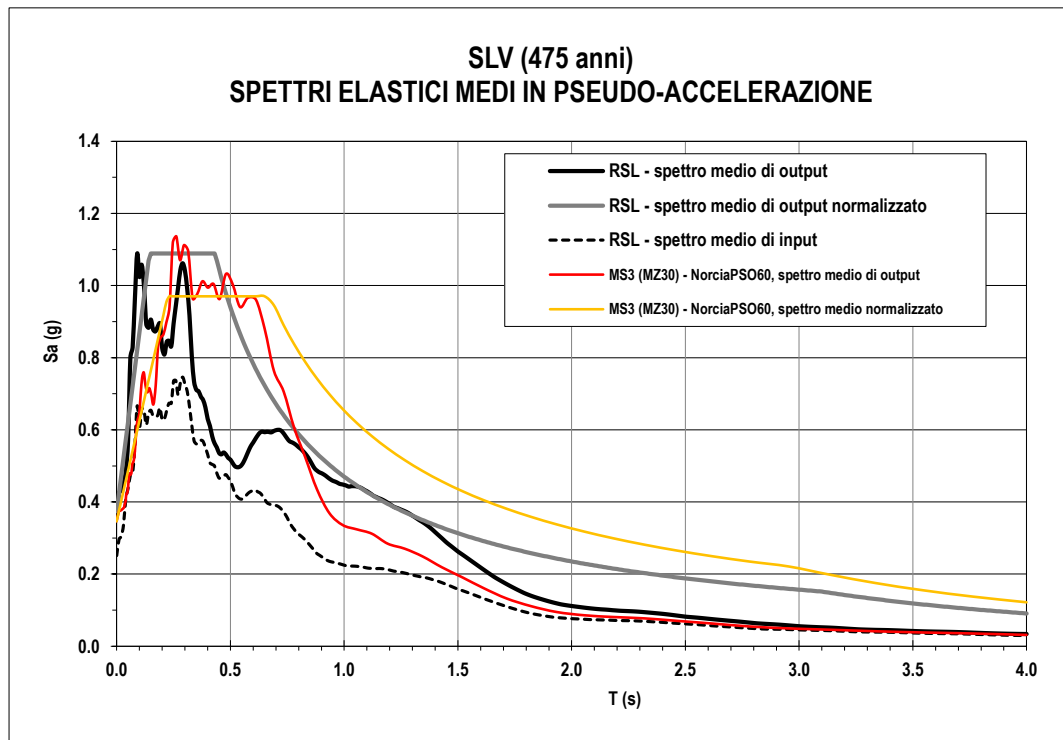
SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL" NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
1.54	0.14942	1.54	0.24489	1.54	0.30531
1.55	0.14709	1.55	0.24038	1.55	0.30334
1.56	0.14475	1.56	0.23589	1.56	0.30139
1.57	0.14239	1.57	0.23141	1.57	0.29947
1.58	0.14002	1.58	0.22693	1.58	0.29758
1.59	0.13764	1.59	0.22245	1.59	0.29571
1.60	0.13524	1.60	0.21796	1.60	0.29386
1.61	0.13282	1.61	0.21350	1.61	0.29203
1.62	0.13040	1.62	0.20906	1.62	0.29023
1.63	0.12815	1.63	0.20466	1.63	0.28845
1.64	0.12592	1.64	0.20033	1.64	0.28669
1.65	0.12369	1.65	0.19604	1.65	0.28495
1.66	0.12145	1.66	0.19178	1.66	0.28324
1.67	0.11922	1.67	0.18798	1.67	0.28154
1.68	0.11705	1.68	0.18431	1.68	0.27987
1.69	0.11493	1.69	0.18069	1.69	0.27821
1.70	0.11283	1.70	0.17711	1.70	0.27657
1.71	0.11076	1.71	0.17358	1.71	0.27496
1.72	0.10872	1.72	0.17010	1.72	0.27336
1.73	0.10673	1.73	0.16670	1.73	0.27178
1.74	0.10477	1.74	0.16338	1.74	0.27022
1.75	0.10286	1.75	0.16013	1.75	0.26867
1.76	0.10097	1.76	0.15695	1.76	0.26714
1.77	0.09912	1.77	0.15381	1.77	0.26564
1.78	0.09730	1.78	0.15072	1.78	0.26414
1.79	0.09561	1.79	0.14770	1.79	0.26267
1.80	0.09399	1.80	0.14502	1.80	0.26121
1.81	0.09245	1.81	0.14250	1.81	0.25977
1.82	0.09102	1.82	0.14011	1.82	0.25834
1.83	0.08969	1.83	0.13785	1.83	0.25693
1.84	0.08845	1.84	0.13572	1.84	0.25553
1.85	0.08728	1.85	0.13368	1.85	0.25415
1.86	0.08616	1.86	0.13171	1.86	0.25278
1.87	0.08508	1.87	0.12978	1.87	0.25143
1.88	0.08402	1.88	0.12790	1.88	0.25009
1.89	0.08301	1.89	0.12605	1.89	0.24877
1.90	0.08204	1.90	0.12427	1.90	0.24746
1.91	0.08113	1.91	0.12255	1.91	0.24616
1.92	0.08028	1.92	0.12092	1.92	0.24488
1.93	0.07966	1.93	0.11935	1.93	0.24361
1.94	0.07910	1.94	0.11784	1.94	0.24236
1.95	0.07857	1.95	0.11638	1.95	0.24112
1.96	0.07807	1.96	0.11519	1.96	0.23989
1.97	0.07759	1.97	0.11415	1.97	0.23867
1.98	0.07714	1.98	0.11318	1.98	0.23746
1.99	0.07672	1.99	0.11224	1.99	0.23627
2.00	0.07631	2.00	0.11136	2.00	0.23509
2.01	0.07599	2.01	0.11051	2.01	0.23392
2.02	0.07572	2.02	0.10969	2.02	0.23276
2.03	0.07543	2.03	0.10888	2.03	0.23161
2.04	0.07512	2.04	0.10808	2.04	0.23048
2.05	0.07479	2.05	0.10727	2.05	0.22935
2.06	0.07444	2.06	0.10647	2.06	0.22824
2.07	0.07409	2.07	0.10573	2.07	0.22714
2.08	0.07373	2.08	0.10504	2.08	0.22605
2.09	0.07346	2.09	0.10438	2.09	0.22496
2.10	0.07328	2.10	0.10373	2.10	0.22389
2.11	0.07312	2.11	0.10315	2.11	0.22283
2.12	0.07295	2.12	0.10265	2.12	0.22178
2.13	0.07275	2.13	0.10214	2.13	0.22074
2.14	0.07258	2.14	0.10176	2.14	0.21971
2.15	0.07245	2.15	0.10136	2.15	0.21869
2.16	0.07227	2.16	0.10088	2.16	0.21767
2.17	0.07203	2.17	0.10032	2.17	0.21667
2.18	0.07175	2.18	0.09970	2.18	0.21568
2.19	0.07145	2.19	0.09924	2.19	0.21469
2.20	0.07120	2.20	0.09877	2.20	0.21372
2.21	0.07106	2.21	0.09829	2.21	0.21275
2.22	0.07095	2.22	0.09794	2.22	0.21179
2.23	0.07085	2.23	0.09767	2.23	0.21084
2.24	0.07076	2.24	0.09742	2.24	0.20990
2.25	0.07066	2.25	0.09716	2.25	0.20897
2.26	0.07054	2.26	0.09689	2.26	0.20804
2.27	0.07039	2.27	0.09658	2.27	0.20713
2.28	0.07018	2.28	0.09622	2.28	0.20622
2.29	0.06994	2.29	0.09579	2.29	0.20532
2.30	0.06965	2.30	0.09532	2.30	0.20442
2.31	0.06933	2.31	0.09480	2.31	0.20354

SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL" NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
2.32	0.06898	2.32	0.09426	2.32	0.20266
2.33	0.06863	2.33	0.09371	2.33	0.20179
2.34	0.06827	2.34	0.09314	2.34	0.20093
2.35	0.06791	2.35	0.09258	2.35	0.20007
2.36	0.06755	2.36	0.09201	2.36	0.19923
2.37	0.06717	2.37	0.09143	2.37	0.19839
2.38	0.06678	2.38	0.09085	2.38	0.19755
2.39	0.06637	2.39	0.09024	2.39	0.19673
2.40	0.06596	2.40	0.08961	2.40	0.19591
2.41	0.06552	2.41	0.08894	2.41	0.19509
2.42	0.06505	2.42	0.08823	2.42	0.19429
2.43	0.06455	2.43	0.08748	2.43	0.19349
2.44	0.06415	2.44	0.08670	2.44	0.19269
2.45	0.06378	2.45	0.08590	2.45	0.19191
2.46	0.06339	2.46	0.08509	2.46	0.19113
2.47	0.06301	2.47	0.08428	2.47	0.19035
2.48	0.06263	2.48	0.08347	2.48	0.18959
2.49	0.06225	2.49	0.08266	2.49	0.18883
2.50	0.06187	2.50	0.08185	2.50	0.18807
2.51	0.06149	2.51	0.08125	2.51	0.18732
2.52	0.06111	2.52	0.08073	2.52	0.18658
2.53	0.06071	2.53	0.08022	2.53	0.18584
2.54	0.06030	2.54	0.07970	2.54	0.18511
2.55	0.05987	2.55	0.07916	2.55	0.18438
2.56	0.05942	2.56	0.07858	2.56	0.18366
2.57	0.05895	2.57	0.07798	2.57	0.18295
2.58	0.05846	2.58	0.07735	2.58	0.18224
2.59	0.05796	2.59	0.07671	2.59	0.18153
2.60	0.05745	2.60	0.07607	2.60	0.18084
2.61	0.05693	2.61	0.07543	2.61	0.18014
2.62	0.05644	2.62	0.07480	2.62	0.17946
2.63	0.05600	2.63	0.07418	2.63	0.17877
2.64	0.05558	2.64	0.07358	2.64	0.17810
2.65	0.05518	2.65	0.07299	2.65	0.17742
2.66	0.05478	2.66	0.07241	2.66	0.17676
2.67	0.05438	2.67	0.07184	2.67	0.17610
2.68	0.05398	2.68	0.07127	2.68	0.17544
2.69	0.05357	2.69	0.07070	2.69	0.17479
2.70	0.05313	2.70	0.07016	2.70	0.17414
2.71	0.05267	2.71	0.06964	2.71	0.17350
2.72	0.05221	2.72	0.06908	2.72	0.17286
2.73	0.05181	2.73	0.06852	2.73	0.17223
2.74	0.05140	2.74	0.06795	2.74	0.17160
2.75	0.05098	2.75	0.06734	2.75	0.17097
2.76	0.05058	2.76	0.06672	2.76	0.17035
2.77	0.05018	2.77	0.06608	2.77	0.16974
2.78	0.04976	2.78	0.06544	2.78	0.16913
2.79	0.04936	2.79	0.06481	2.79	0.16852
2.80	0.04900	2.80	0.06419	2.80	0.16792
2.81	0.04865	2.81	0.06358	2.81	0.16732
2.82	0.04831	2.82	0.06307	2.82	0.16673
2.83	0.04798	2.83	0.06267	2.83	0.16614
2.84	0.04767	2.84	0.06230	2.84	0.16555
2.85	0.04746	2.85	0.06193	2.85	0.16497
2.86	0.04729	2.86	0.06157	2.86	0.16440
2.87	0.04718	2.87	0.06122	2.87	0.16382
2.88	0.04712	2.88	0.06086	2.88	0.16326
2.89	0.04704	2.89	0.06049	2.89	0.16269
2.90	0.04697	2.90	0.06011	2.90	0.16213
2.91	0.04687	2.91	0.05971	2.91	0.16157
2.92	0.04675	2.92	0.05927	2.92	0.16102
2.93	0.04661	2.93	0.05881	2.93	0.16047
2.94	0.04644	2.94	0.05832	2.94	0.15992
2.95	0.04624	2.95	0.05782	2.95	0.15938
2.96	0.04603	2.96	0.05730	2.96	0.15884
2.97	0.04581	2.97	0.05677	2.97	0.15831
2.98	0.04558	2.98	0.05625	2.98	0.15778
2.99	0.04536	2.99	0.05573	2.99	0.15725
3.00	0.04514	3.00	0.05525	3.00	0.15672
3.01	0.04494	3.01	0.05488	3.01	0.15620
3.02	0.04474	3.02	0.05452	3.02	0.15569
3.03	0.04456	3.03	0.05417	3.03	0.15517
3.04	0.04438	3.04	0.05386	3.04	0.15466
3.05	0.04422	3.05	0.05356	3.05	0.15416
3.06	0.04407	3.06	0.05328	3.06	0.15365
3.07	0.04392	3.07	0.05301	3.07	0.15315
3.08	0.04379	3.08	0.05275	3.08	0.15265
3.09	0.04365	3.09	0.05249	3.09	0.15216

SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL" NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
3.10	0.04352	3.10	0.05225	3.10	0.15146
3.11	0.04337	3.11	0.05203	3.11	0.15048
3.12	0.04321	3.12	0.05179	3.12	0.14952
3.13	0.04304	3.13	0.05154	3.13	0.14857
3.14	0.04284	3.14	0.05126	3.14	0.14762
3.15	0.04261	3.15	0.05095	3.15	0.14669
3.16	0.04238	3.16	0.05061	3.16	0.14576
3.17	0.04212	3.17	0.05025	3.17	0.14484
3.18	0.04184	3.18	0.04987	3.18	0.14393
3.19	0.04156	3.19	0.04947	3.19	0.14303
3.20	0.04128	3.20	0.04906	3.20	0.14214
3.21	0.04098	3.21	0.04864	3.21	0.14125
3.22	0.04069	3.22	0.04823	3.22	0.14038
3.23	0.04040	3.23	0.04783	3.23	0.13951
3.24	0.04012	3.24	0.04744	3.24	0.13865
3.25	0.03992	3.25	0.04706	3.25	0.13780
3.26	0.03977	3.26	0.04670	3.26	0.13695
3.27	0.03963	3.27	0.04642	3.27	0.13612
3.28	0.03951	3.28	0.04619	3.28	0.13529
3.29	0.03940	3.29	0.04598	3.29	0.13447
3.30	0.03930	3.30	0.04578	3.30	0.13365
3.31	0.03921	3.31	0.04560	3.31	0.13285
3.32	0.03912	3.32	0.04542	3.32	0.13205
3.33	0.03906	3.33	0.04524	3.33	0.13126
3.34	0.03900	3.34	0.04511	3.34	0.13047
3.35	0.03893	3.35	0.04500	3.35	0.12969
3.36	0.03887	3.36	0.04490	3.36	0.12892
3.37	0.03879	3.37	0.04479	3.37	0.12816
3.38	0.03870	3.38	0.04466	3.38	0.12740
3.39	0.03859	3.39	0.04451	3.39	0.12665
3.40	0.03846	3.40	0.04434	3.40	0.12591
3.41	0.03832	3.41	0.04415	3.41	0.12517
3.42	0.03817	3.42	0.04393	3.42	0.12444
3.43	0.03799	3.43	0.04372	3.43	0.12372
3.44	0.03781	3.44	0.04349	3.44	0.12300
3.45	0.03761	3.45	0.04325	3.45	0.12229
3.46	0.03740	3.46	0.04301	3.46	0.12158
3.47	0.03719	3.47	0.04277	3.47	0.12088
3.48	0.03697	3.48	0.04253	3.48	0.12019
3.49	0.03677	3.49	0.04229	3.49	0.11950
3.50	0.03656	3.50	0.04206	3.50	0.11882
3.51	0.03637	3.51	0.04185	3.51	0.11814
3.52	0.03619	3.52	0.04164	3.52	0.11747
3.53	0.03602	3.53	0.04144	3.53	0.11681
3.54	0.03586	3.54	0.04126	3.54	0.11615
3.55	0.03571	3.55	0.04109	3.55	0.11549
3.56	0.03558	3.56	0.04092	3.56	0.11484
3.57	0.03545	3.57	0.04077	3.57	0.11420
3.58	0.03533	3.58	0.04063	3.58	0.11357
3.59	0.03522	3.59	0.04050	3.59	0.11293
3.60	0.03511	3.60	0.04037	3.60	0.11231
3.61	0.03501	3.61	0.04025	3.61	0.11169
3.62	0.03491	3.62	0.04014	3.62	0.11107
3.63	0.03482	3.63	0.04003	3.63	0.11046
3.64	0.03473	3.64	0.03991	3.64	0.10985
3.65	0.03466	3.65	0.03979	3.65	0.10925
3.66	0.03459	3.66	0.03967	3.66	0.10866
3.67	0.03451	3.67	0.03953	3.67	0.10806
3.68	0.03441	3.68	0.03938	3.68	0.10748
3.69	0.03431	3.69	0.03922	3.69	0.10690
3.70	0.03418	3.70	0.03903	3.70	0.10632
3.71	0.03404	3.71	0.03883	3.71	0.10575
3.72	0.03388	3.72	0.03860	3.72	0.10518
3.73	0.03373	3.73	0.03839	3.73	0.10462
3.74	0.03356	3.74	0.03815	3.74	0.10406
3.75	0.03337	3.75	0.03790	3.75	0.10350
3.76	0.03317	3.76	0.03764	3.76	0.10295
3.77	0.03296	3.77	0.03740	3.77	0.10241
3.78	0.03275	3.78	0.03716	3.78	0.10187
3.79	0.03254	3.79	0.03692	3.79	0.10133
3.80	0.03234	3.80	0.03668	3.80	0.10080
3.81	0.03214	3.81	0.03645	3.81	0.10027
3.82	0.03194	3.82	0.03623	3.82	0.09974
3.83	0.03175	3.83	0.03601	3.83	0.09922
3.84	0.03156	3.84	0.03581	3.84	0.09871
3.85	0.03138	3.85	0.03561	3.85	0.09820
3.86	0.03120	3.86	0.03542	3.86	0.09769
3.87	0.03103	3.87	0.03524	3.87	0.09718

SPETTRO INPUT		SPETTRO DI OUTPUT "RSL"		SPETTRO DI OUTPUT "RSL" NORMALIZZATO metodo ICMS 2008 – Appendice 1 Ord. Comm. Ric. 55/2018	
T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)	T(s)	Sa(g)
3.88	0.03086	3.88	0.03507	3.88	0.09668
3.89	0.03069	3.89	0.03491	3.89	0.09619
3.90	0.03053	3.90	0.03475	3.90	0.09569
3.91	0.03038	3.91	0.03461	3.91	0.09520
3.92	0.03023	3.92	0.03447	3.92	0.09472
3.93	0.03009	3.93	0.03433	3.93	0.09424
3.94	0.02995	3.94	0.03421	3.94	0.09376
3.95	0.02985	3.95	0.03410	3.95	0.09329
3.96	0.02977	3.96	0.03400	3.96	0.09282
3.97	0.02968	3.97	0.03390	3.97	0.09235
3.98	0.02961	3.98	0.03382	3.98	0.09189
3.99	0.02954	3.99	0.03375	3.99	0.09143
4.00	0.02947	4.00	0.03368	4.00	0.09097

4.7.2.5 Spettro medio di INPUT e OUTPUT (grafico)



"SLV" - SPETTRO MEDIO DI OUTPUT NORMALIZZATO		
ag	0.251	g
S	1.490	-
F0	2.912	-
a _{max}	0.374	g
η	1.00	-
T _B	0.144	s
T _C	0.432	s
T _D	3.096	s
SA _{max}	1.0885	g
TA _{max}	0.09	s
0.5TA	0.045	s
1.5TA	0.135	s
Σ SA _{dt}	0.0980	
SA _m	1.0888	
SV _{max}	0.0755	g.s
TV _{max}	1.1800	s
0.8TV	0.9440	s
1.2TV	1.4160	s
Σ SV _{dt}	0.0353	
SV _m	0.0748	

MS3 "Spettro Norcia PSAO60" PARAMETRI SPETTRO MEDIO NORMALIZZATO		
ag	0.251	g
S	1.380	-
F0	2.800	-
a _{max}	0.346	g
η	1.00	-
T _B	0.225	s
T _C	0.674	s
T _D	2.986	s
SA _{max}	1.1368	g
TA _{max}	0.262	s
0.5TA	0.131	s
1.5TA	0.393	s
Σ SA _{dt}	0.2541	
SA _m	0.9700	
SV _{max}	0.0937	g.s
TV _{max}	0.6120	s
0.8TV	0.4896	s
1.2TV	0.7344	s
Σ SV _{dt}	0.0255	
Sv _m	0.1040	

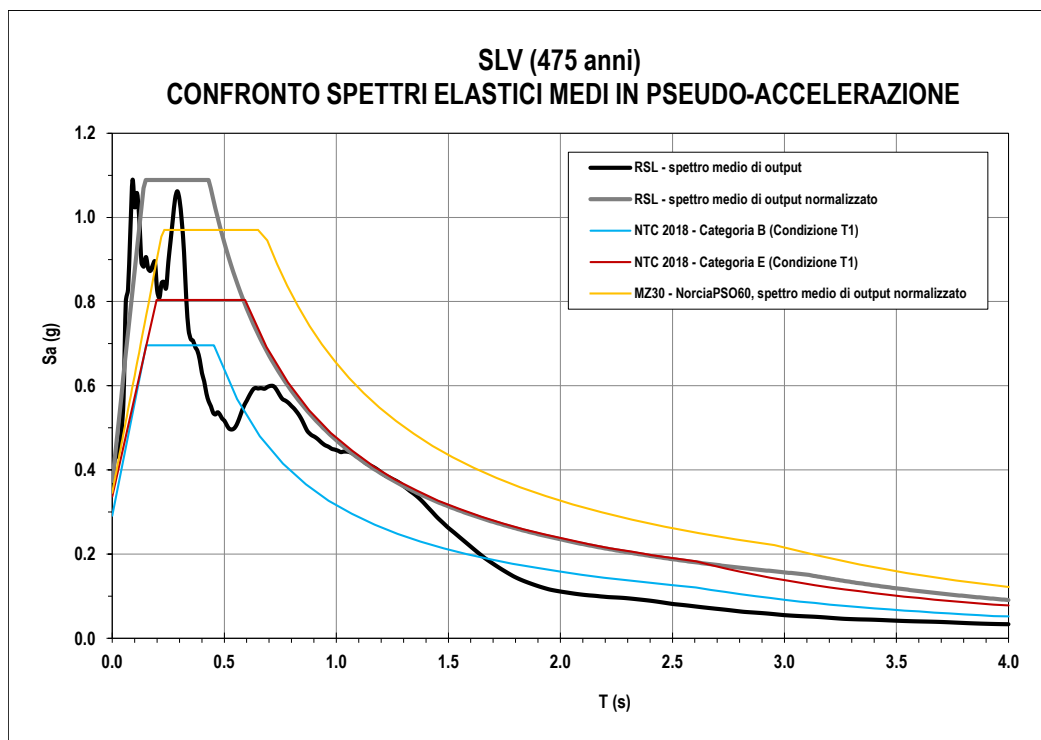
4.7.3 CONCLUSIONI STUDIO “RSL 1D”

L'analisi dinamica lineare equivalente monodimensionale (1D) di Risposta Sismica Locale ha permesso di identificare gli SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI MEDI e MEDI NORMALIZZATI per lo SLV; tali spettri sono stati messi a confronto con:

- gli SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICO DI NORMATIVA (NTC 2018) riferiti alle CATEGORIE DI SOTTOSUOLO (con CONDIZIONE TOPOGRAFICA T1);
- lo SPETTRO DI RIPOSTA ELASTICO MEDIO ottenuto dallo studio di MS di Livello del Comune di Norcia, per la microzona in cui ricade il sito indagato (MZ30 Campi – Spettro “NorciaPSAO60”) e MEDIO NORMALIZZATO secondo quanto previsto:
 - al § 2.5.3.3.2 degli ICMS 2008 del DPC,
 - all'Appendice I dell'Ordinanza del Commissario per la Ricostruzione n. 55/2018.

Si ricorda che nel caso di mero utilizzo esclusivo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC 2018), il calcolo della $V_{s,E}$ collocherebbe il sito progettuale nella CATEGORIA DI SOTTUOLO “B”.

4.7.3.2 SLV (Tr = 475 anni)



Nel range di periodi di compresi tra:

- tra **0.01-0.45 s** circa,

lo SPETTRO ELASTICO MEDIO e MEDIO NORMALIZZATO risultano sempre SUPERIORI a:

- quello della CATEGORIA DI SOTTOSUOLO “B” (coefficiente di amplificazione **S = 1.490**)
- quello MEDIO NORMALIZZATO della microzona di interesse MZ30.

L'analisi qualitativa dello SPETTRO ELASTICO MEDIO e MEDIO-NORMALIZZATO DI OUTPUT (tra 0.00-1.10 s, range di validità della spettro-compatibilità di input), restituisce sempre l' "ASSOLUTA INADEGUATEZZA" rispetto ad una eventuale progettazione della struttura per spettri di risposta elastici riferiti alla CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO di riferimento "B". Per periodi di vibrazione superiori a 0.50 s circa, lo SPETTRO ELASTICO MEDIO da "RSL" è meno cautelativo rispetto a quella della microzona di riferimento. Sulla scorta delle precedenti considerazioni ed in funzione degli effettivi periodi di vibrazione del fabbricato ($T_{\min} - T_{\max}$), il progettista potrà decidere se utilizzare lo spettro di MS3 di livello 3 o quella da RSL 1D.

4.8 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle n. 4 circostanze di cui al § 7.11.3.4.2 NTC 2008. Vista l'assenza di circolazioni idriche di interesse entro m 15.0 dal p.c. attuale (ovvero **verifica condizione n. 3**), i terreni fondali **NON SONO SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE IN FASE SISMICA** e la verifica a liquefazione viene pertanto omessa. Tali dati sono comunque suffragati dalla non evidenza di tali instabilità a seguito dei sismi più violenti con magnitudo ben superiore a $M_w = 5.0$, avvenuti nel periodo compreso tra Agosto 2016 – Gennaio 2017.

5.0 GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (TRS)

Nell'ambito del presente progetto, gli interventi in progetto determineranno la produzione di Terre e Rocce da Scavo, quali sottoprodotti. In ottemperanza a quanto previsto dal DPR 120/2017, salvo quanto disposto in materia di siti contaminati, si dovrà procedere prima dell'inizio dei lavori di scavo al rispetto:

- dell'iter previsto all'**art. 4** e altri articoli correlati, nel caso di riutilizzo integrale e/o parziale al di fuori del sito di produzione delle TRS;
- di quanto previsto dall'**art. 24**, nel caso di riutilizzo parziale e/o integrale in sito di produzione delle TRS escavate.

6.0 CONCLUSIONI E PRESCRIZIONI

Le indagini condotte hanno permesso di evidenziare,

- **le seguenti condizioni SFAVOREVOLI per fini edificatori:**
 - presenza di terreno di riporto (LIVELLO GEOLOGICO E LITOTECNICO "1") entro le massime profondità di m 1.80 dal p.c. esistente NON IDONEO COME PIANO FONDALE;
- **le seguenti condizioni FAVOREVOLI per fini edificatori:**
 - assenza di processi morfologici di natura gravitativa relitti, inattivi, quiescenti e/o in atto,
 - assenza di zone soggette a pericolo e/o rischio idraulico e geomorfologico.

In base alle indagini geologiche eseguite SI PRESCRIVE di verificare che:

- le nuove opere fondali siano tutte appoggiate sui terreni del LIVELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO "2" (ghiaie e brecce calcaree in stato di medio e/o elevato addensamento) sorpassando la coltre di riporto superficiale (LIVELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO "1");
- le caratteristiche fisico-meccaniche dei livelli geologico-litotecnici individuati e riconosciuti, siano effettivamente compatibili, in funzione delle opere fondali di progetto del fabbricato, sia con i carichi trasmessi dalle strutture da realizzare che con i prevedibili cedimenti indotti.

Come già definito:

- al §2.2.1, è segnalata la presenza entro circa m 300 dal sedime progettuale, di una faglia classificata dallo studio di MS (in accordo con gli Uffici Regionali e con l'Unità Territoriale del Centro di MS) come **Faglia potenzialmente attiva e capace incerta** (TAVOLA 7a e TAVOLA 7b e come descritto nella relazione illustrativa della Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Norcia); IN BASE A QUANTO RIPORTATO E NORMATO ALL'INTERNO DELLE "LINEE GUIDA PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO IN AREE INTERESSATE DA FAGLIE ATTIVE E CAPACI (FAC)" versione 1.0 (redatte dal DPC, Commissione tecnica per la microzonazione sismica articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), NON SONO PRESENTI LIMITAZIONI PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO;
- al §2.2.5 sulla cartografia del PAI TAVOLA 5 – Estratto A - si ricorda che il fabbricato in oggetto si colloca, nella zona più distale, ovvero circa al piede, di un cono di detrito attivo. A tal fine si ribadisce che le indagini geognostiche e geologiche "ad hoc" eseguite hanno comunque permesso di escludere la presenza, nell'area occupata dall'attuale edificio ed entro le massime profondità investigate, di terreni riferibili a detriti di falda e/o terreni detritici attuali sedimentati a seguito di processi di recente riattivazione di debris flow; sono stati invece riconosciuti esclusivamente depositi antichi di natura alluvionale non più in rapporto con la morfologia attuale. Con **Decreto n. 18 del 6 marzo 2018** il Segretario generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale ha adottato il progetto di variante del Piano di Bacino del Fiume Tevere-VI stralcio funzionale per l'assetto idrogeologico - PAI, introducendo nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano medesimo l'art. 9-bis "*Prima attribuzione della pericolosità alle aree di versante interessate da dissesto per movimenti gravitativi di cui all'elaborato Inventario dei Fenomeni Franosì*" e modificando l'art. 4. L'adozione del progetto di variante è stata pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 68 del 22/03/2018 e nel BUR della Regione Umbria n. 14 del 27/03/2018. In base art. 9-bis le conoidi di detrito attive sono classificate **con livello di pericolosità MEDIA** e dunque, in base all'art. 11 delle NTA - PAI AB Tevere, nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto.

Per le verifiche sismiche agli stati limite (solo per SLV) l'analisi qualitativa:

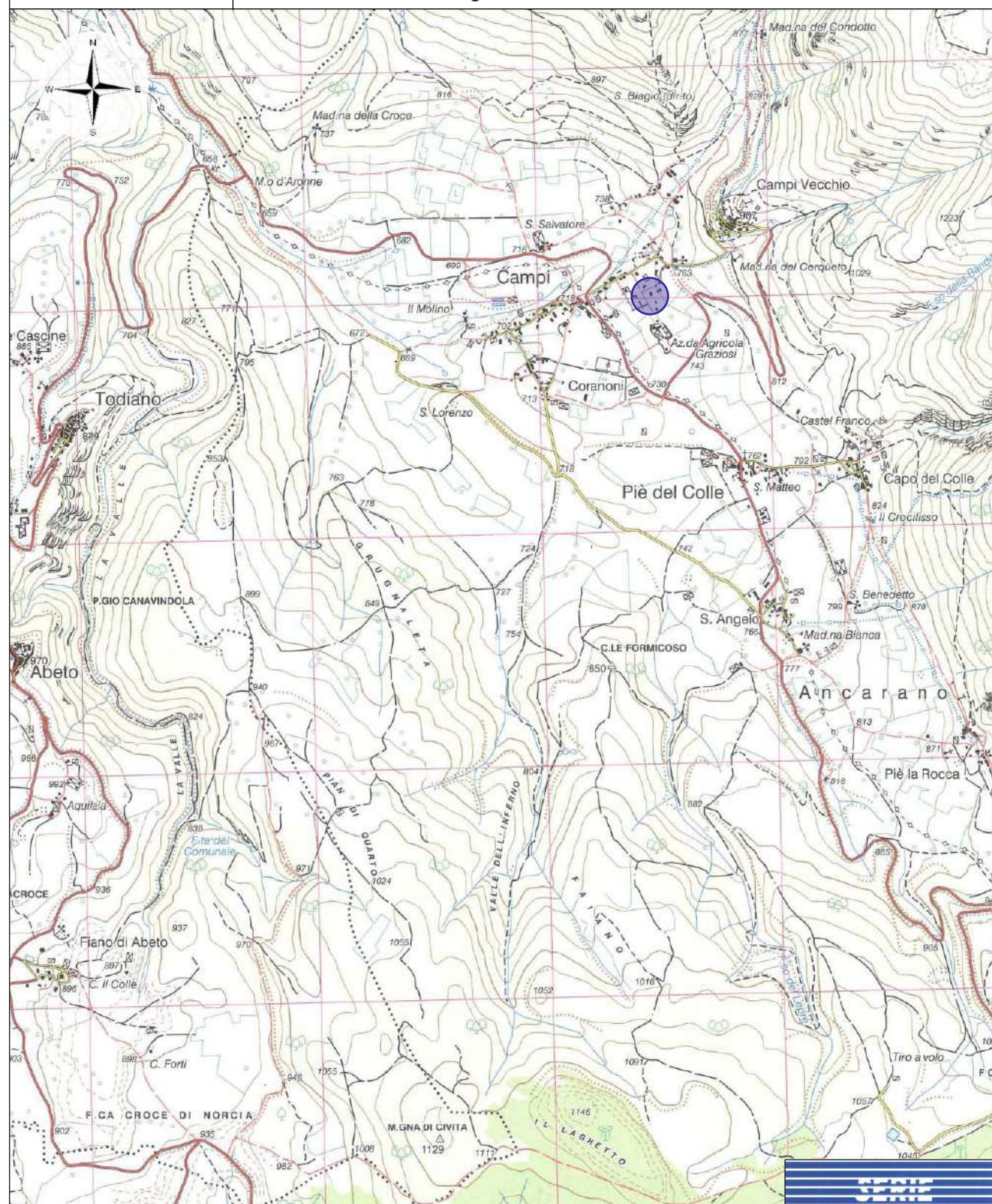
- dello spettro della Microzona 30 Campi di interesse (§ 4.5.1.1 della presente),
- dello SPETTRO ELASTICO MEDIO e MEDIO- NORMALIZZATI DI OUTPUT da studio RSL1D (§ 4.7.2.5 della presente), tra 0.00-1.10 s (range di validità della spettro-compatibilità di input),

restituiscono sempre l' "ASSOLUTA INADEGUATEZZA" rispetto ad una eventuale progettazione della struttura con approccio semplificato con riferimento alla CATEGORIA DI SOTTOSUOLO SISMICO "B" (riconosciuto in base al da calcolo della $V_{s,30}$).

Inoltre si evidenzia che per periodi di vibrazione superiori a 0.50 s circa, lo SPETTRO ELASTICO MEDIO da "RSL" è meno cautelativo rispetto a quella della microzona di riferimento. Sulla scorta delle precedenti considerazioni ed in funzione degli effettivi periodi di vibrazione del fabbricato ($T_{min} - T_{max}$), il progettista potrà decidere se utilizzare lo spettro di MS3 di livello 3 o quella da RSL 1D.



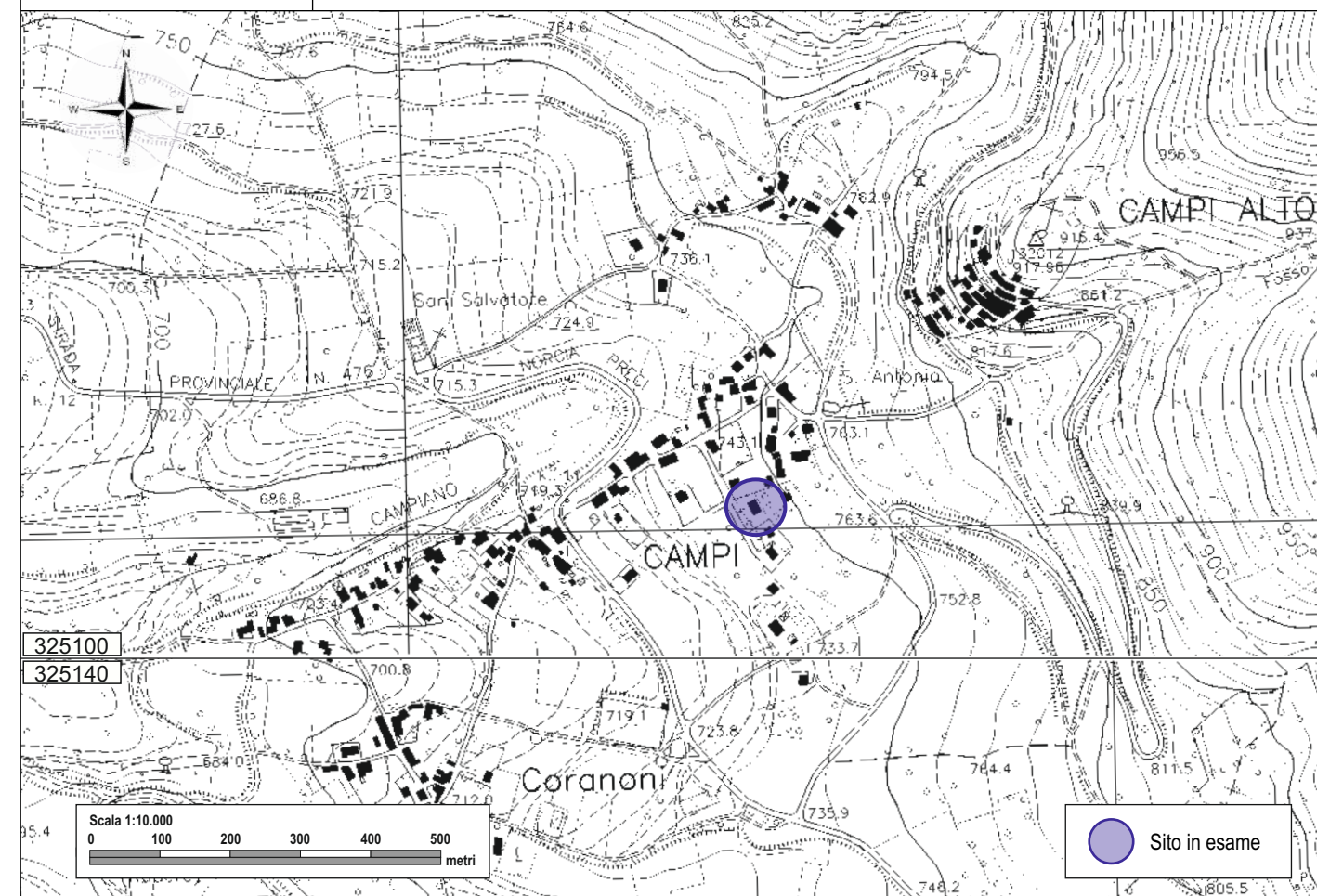
Estratto A

IGM scala 1:25.000
Foglio n. 325 - Sezione III PRECIScala 1:25.000
0 250 500 750 1000
metri

Sito in esame

SERIE
25
I.G.M. Istituto
Geografico
Militare

Estratto B

CTR scala 1:10.000
SEZIONI 325-100 CAMPI e 325-140 ANCARANO

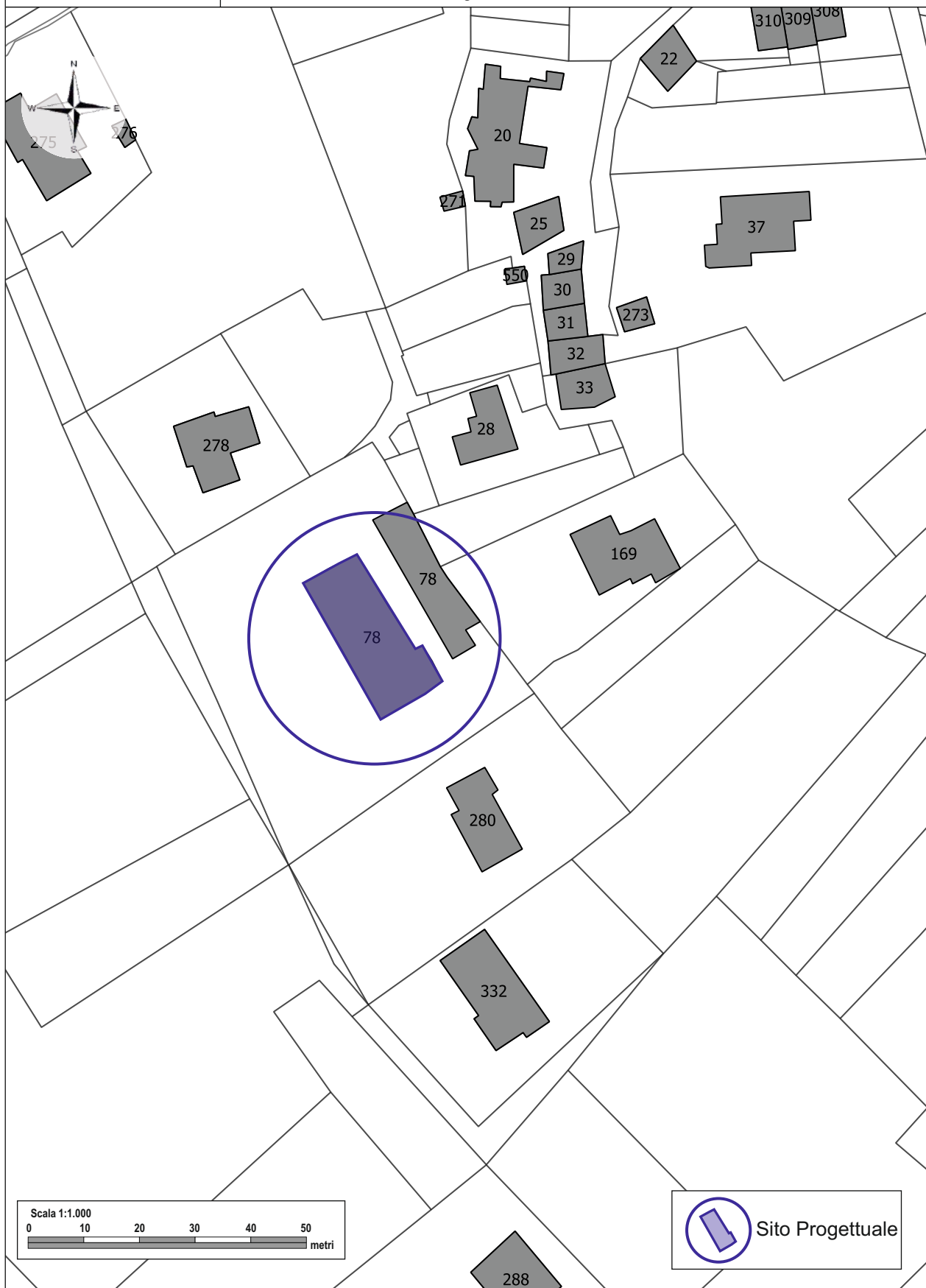
Estratto C

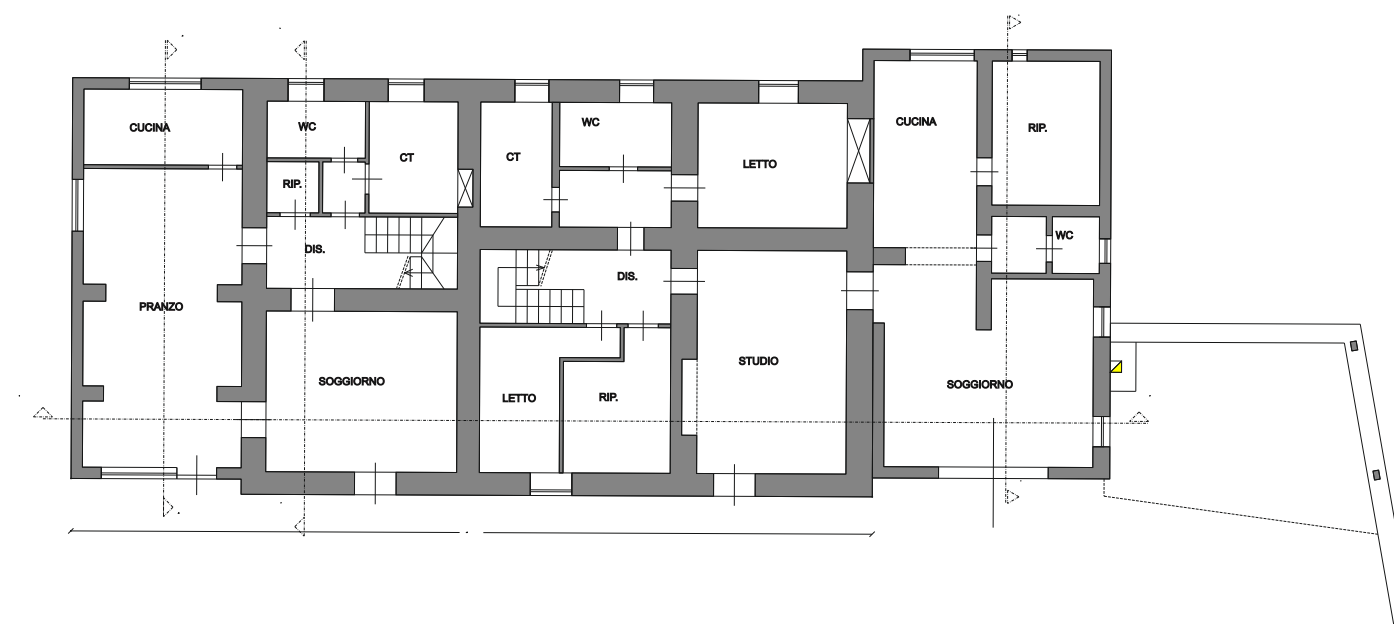
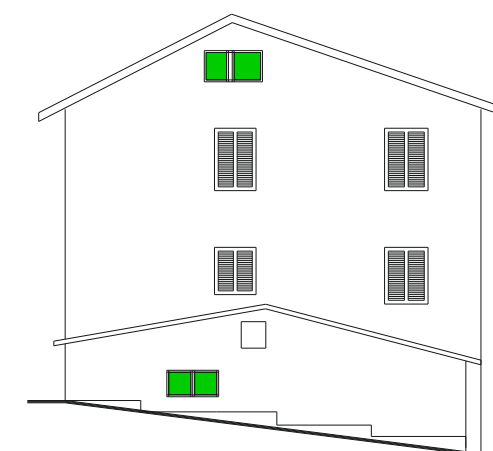
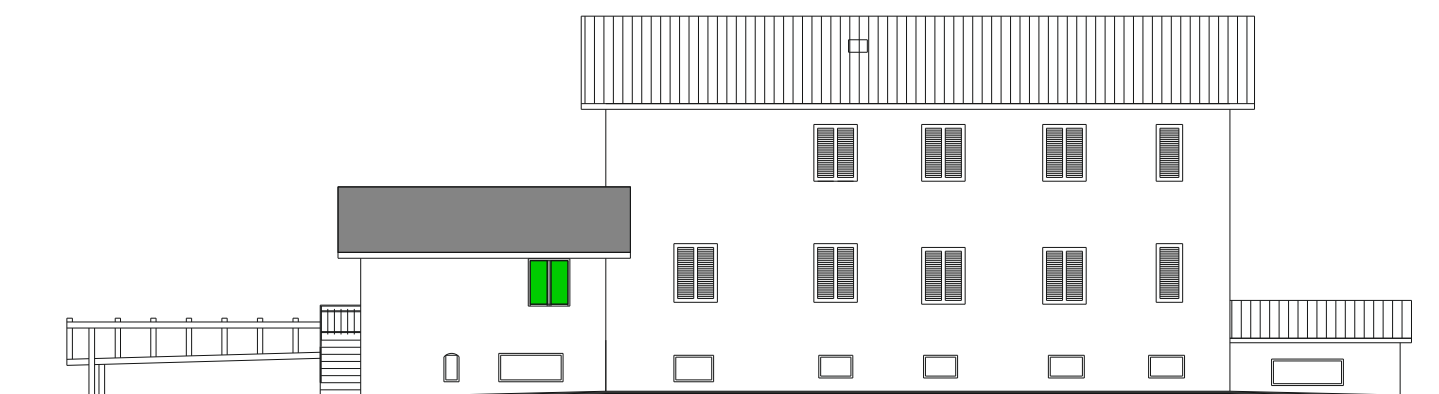
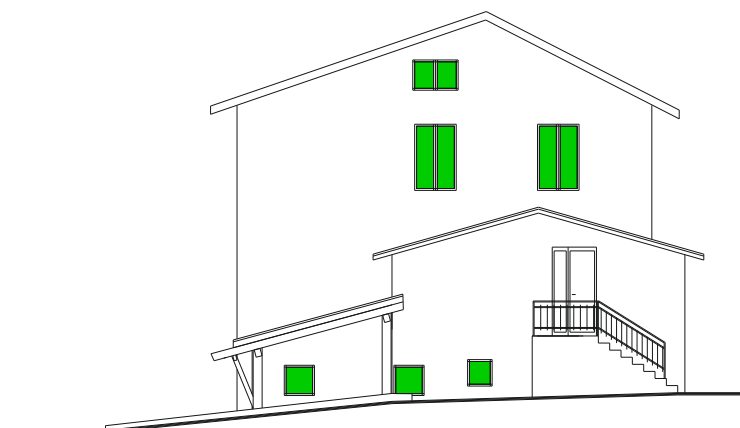
AEROFOTOGRAMMA DEL SITO



Elaborato A

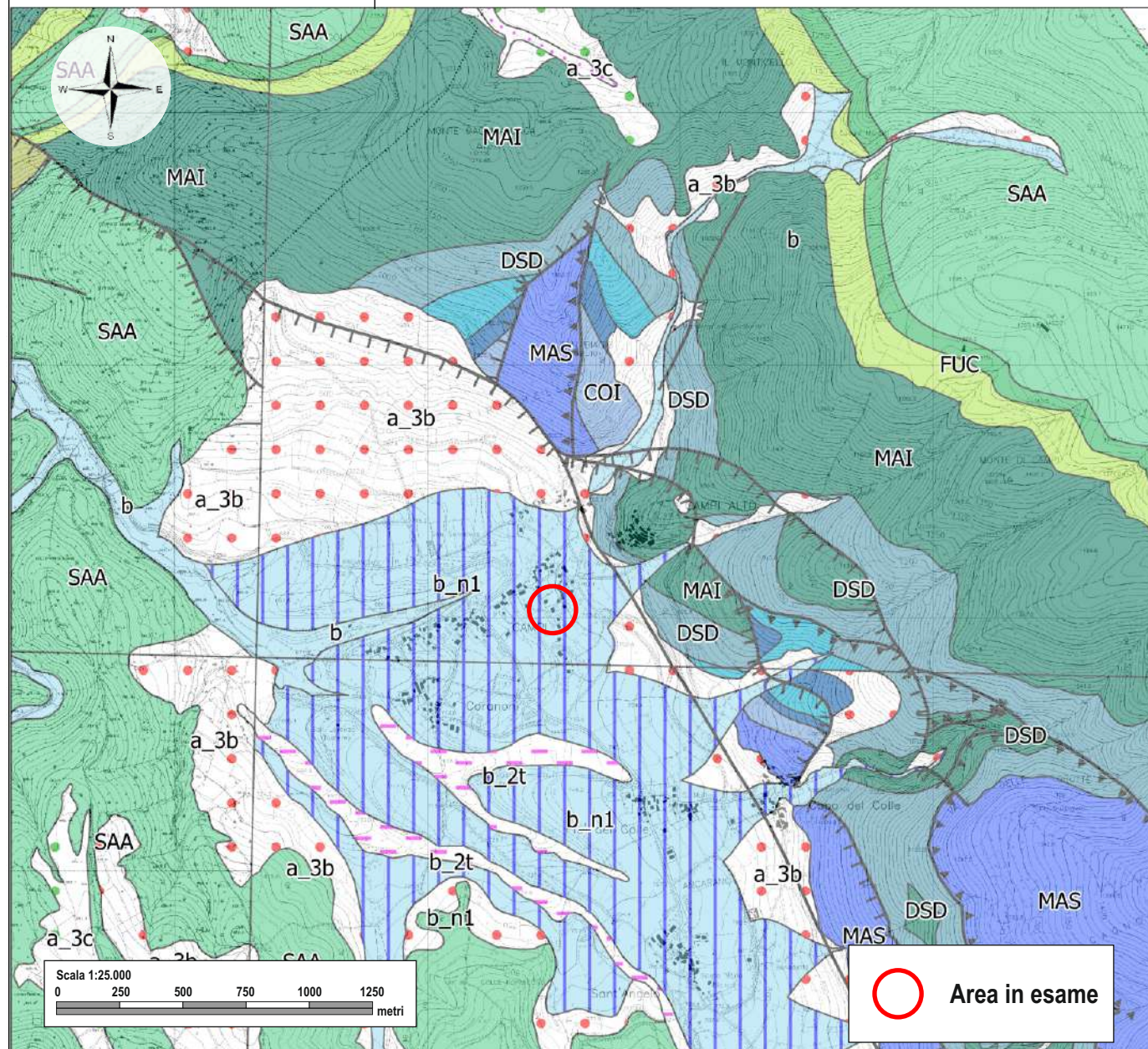
PROVINCIA DI PERUGIA - COMUNE DI NORCIA
PLANIMETRIA CATASTALE scala 1:1.000
Foglio n.14 Particella n. 78





Regione Umbria
Direzione Ambiente, Territorio e Infrastrutture
Servizio Geologico e Sismico

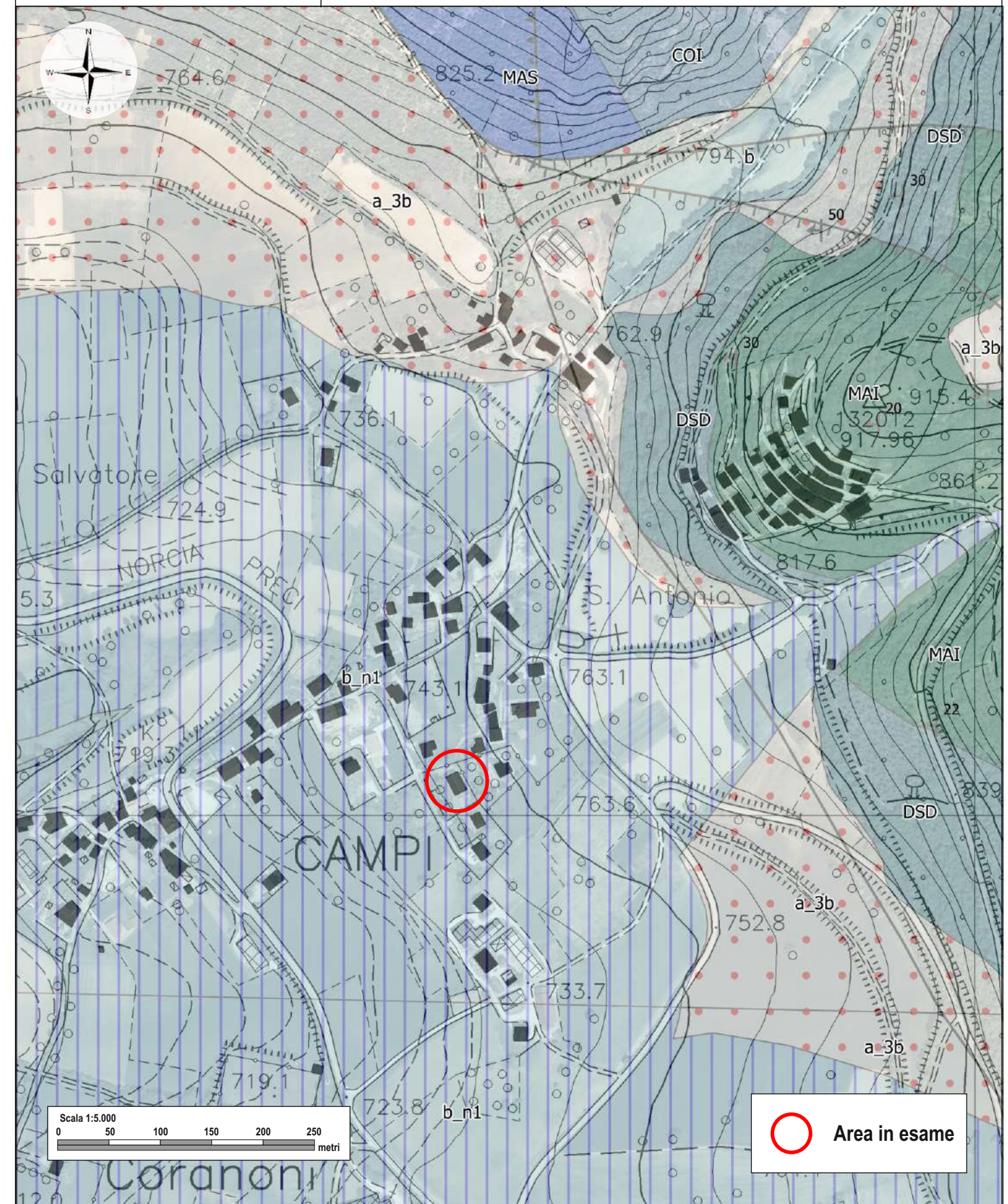
Carta Geologica Regionale
scala 1:25.000 (dalla scala 1:10.000)

**LEGENDA**

- | | | | |
|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">carta_geologica_Umbria ARcarta_geologica_Umbria CAMcarta_geologica_Umbria ISOLcarta_geologica_Umbria LINGMFoglie 25000-100000Foglie 1-25000FagliaFaglia direttaFoglie inversa o sovraccorrimientoFaglia trascorrente destraFaglia trascorrente sinistraAltrocarta_geologica_Umbria OSSstrati diritti | <ul style="list-style-type: none">strati orizzontalistrati verticalistrati rovesciatistrati a polarità non definitacarta_geologica_Umbria PIEGPieghe 25000-100000Pieghe 1-25000Traccia di superficie assiale di anticlinale con asse inclinatoTraccia di superficie assiale di sinclinale con asse inclinatoTraccia di superficie assiale sinforme con asse orizzontalecarta_geologica_Umbria POLUCh - Depositi antropicih_1 - Discaricaa - Deposito di versante | <ul style="list-style-type: none">a_1a - Deposito di frana anticaa_1b - Deposito di frana quiescentea_1c - Deposito di frana anticaa_3a - Detriti di faldaa_3b - Detriti di faldaa_3c - Detriti di faldab - Depositi alluvionalib_n1 - Depositi alluvionali terrazzatib_n2 - Depositi alluvionali terrazzatib_n3 - Depositi alluvionali terrazzatib_n4 - Depositi alluvionali terrazzatib_4 - Deposito di debris flowb_2 - Depositi colluvialib_2t - Terre rosse in depressioni carsiche | <ul style="list-style-type: none">e - Depositi palustriSCC - Scaglia CinereaVAS - Scaglia VariegataSAA - Scaglia RossaSBI - Scaglia BiancaFUC - Marna a FucoidiMAI - MaiolicaCDU - Calcani DiasprigniPOD - Calcani e marna a PosdoniaRSA - Rosso AmmoniticoRSN - Marna di M. SerroneCOI - CorniolaBU - Gruppo del BugaroneMAS - Calcare massiccio |
|---|---|---|--|

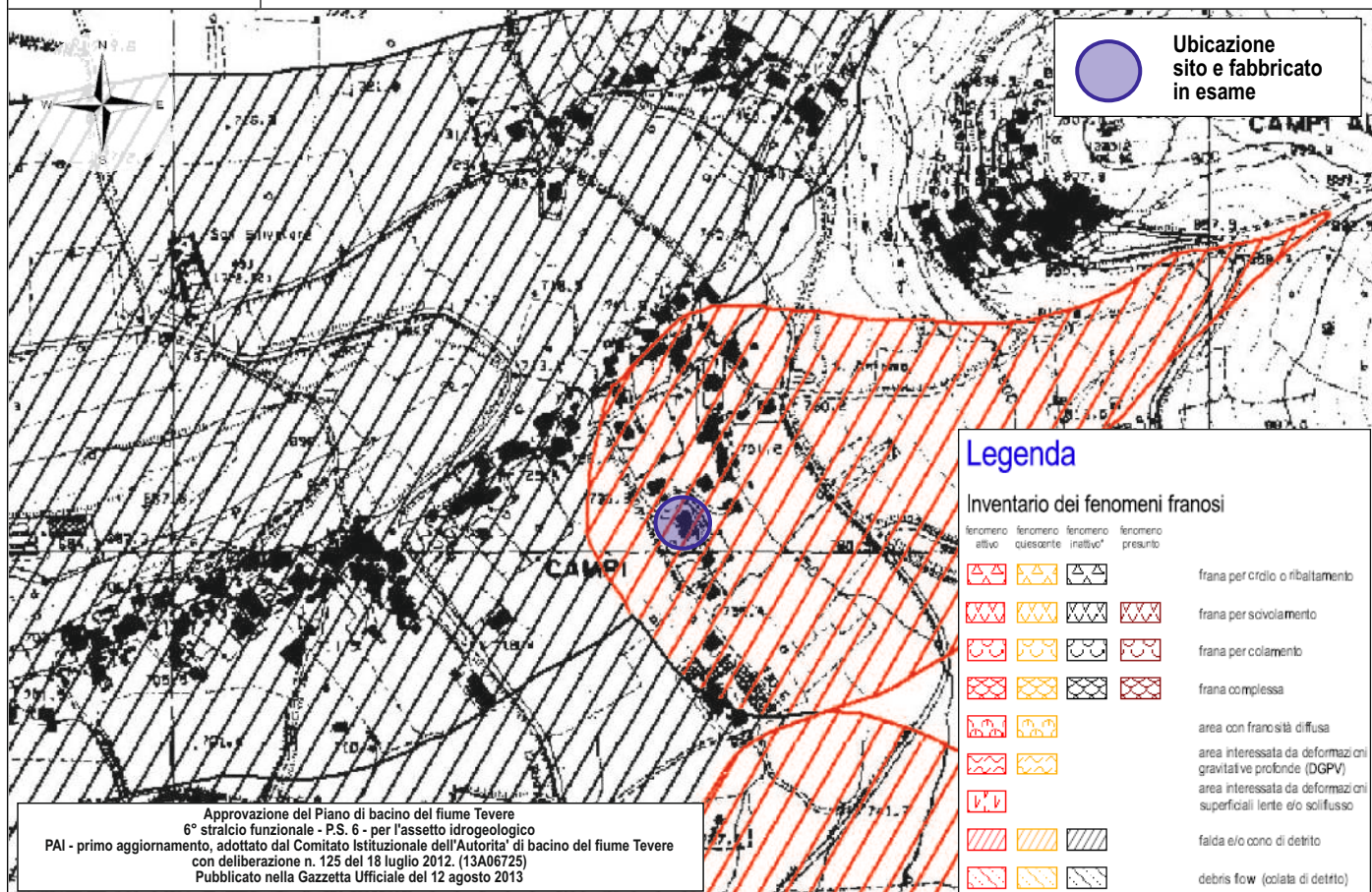
Regione Umbria
Direzione Ambiente, Territorio e Infrastrutture
Servizio Geologico e Sismico

Carta Geologica Regionale
scala 1:5.000



Estratto A

PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO del Fiume Tevere (P.A.I. - Autorità di Bacino del F. Tevere)
"CARTA INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI" (TAV. n. 204/304)

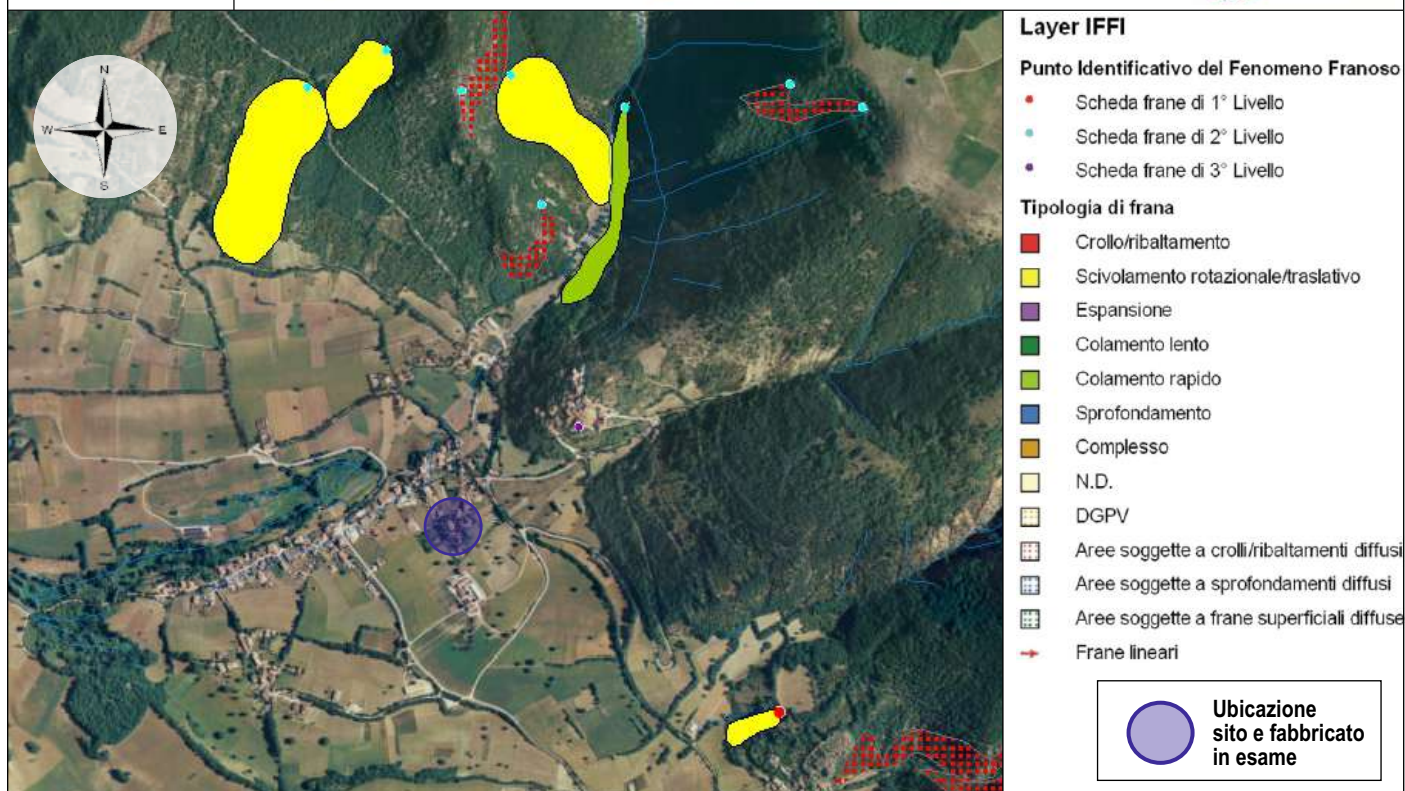


Estratto B

SINAnet

PROGETTO IFFI
Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale



Estratto A

REGIONE DELL'UMBRIA

PROVINCIA DI PERUGIA

Carta del Vincolo Idrogeologico nei
Bacini Idrografici in Comune di**NORCIA**

Scala 1: 25.000

CONVENZIONI

- Confine territoriale del Comune
- Limite delle zone vincolate
- Zone assoggettate a Vincolo
- Terrani esclusi dal Vincolo



Estratto A

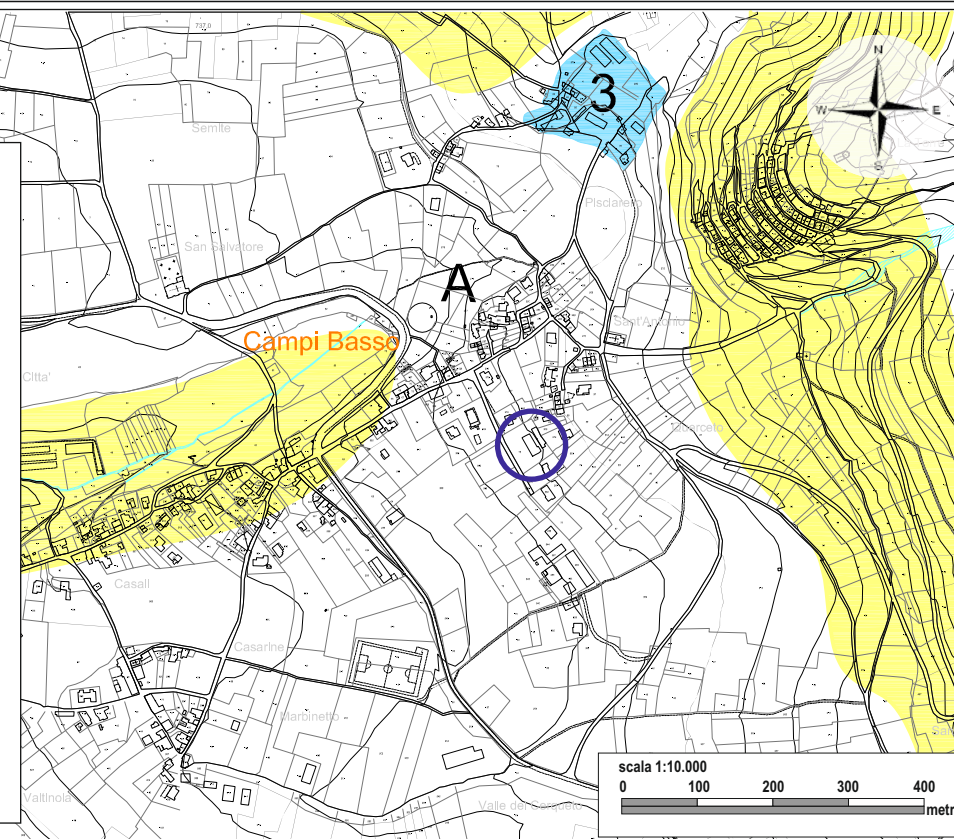
Comune di Norcia
PRG - Parte Strutturale
Relazione GeologicaCARTA DEI RISCHI
E DELLE
VULNERABILITA'
scala 1:10.000Provincia di Perugia
Comune di **Norcia** **PRG2019**Ubicazione
sito in esame

Estratto B

CARTA DEI RISCHI E DELLE VULNERABILITA' NATURALI E ANTROPICHE

legenda

- AREE CON ALTA PROPENSIONE AL DISSESTO
- AREE CON MEDIA PROPENSIONE AL DISSESTO
- AREE AD ALTA VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI
- AREE ESPOSTE A RISCHIO IDRAULICO (R4 PAI)
- ZONE DI ATTENZIONE IDRAULICA
- AREE ESPOSTE A RISCHIO DI SLAVINE E/O VALANGHE
- PRELIEVO DI RISORSE NATURALI E DETRATTORI AMBIENTALI
- Cave sottoposte a recupero ambientale
- Cave in disuso e abbandonate
- Riperti antropici
- Discariche
- SORGENTI AD USO IDROPOTABILE con relativo numero di riferimento
- SORGENTI SECONDARIE
- POZZI AD USO IDROPOTABILE con relativa lettera di riferimento
- POZZI AD USO DOMESTICO
- LINEE ISOFREATICHE

Carta di sintesi degli
aspetti geologiciElaborato
PS.G4.4Provincia di Perugia
Comune di **Norcia** **PRG2019**Ubicazione
sito in esame

Estratto C

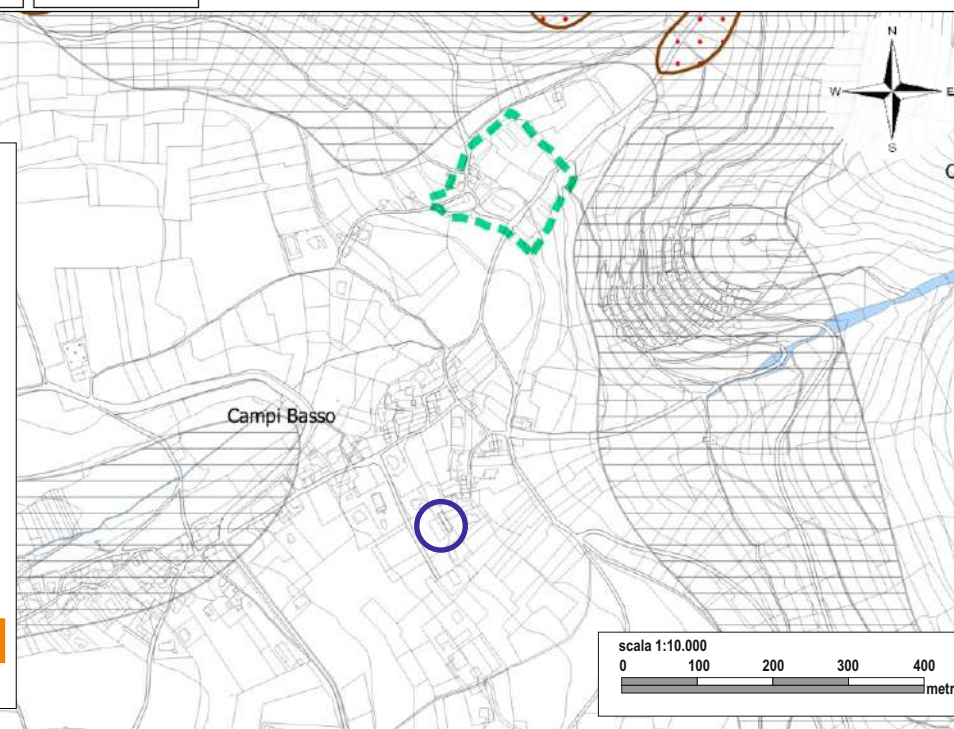
Aree sensibili

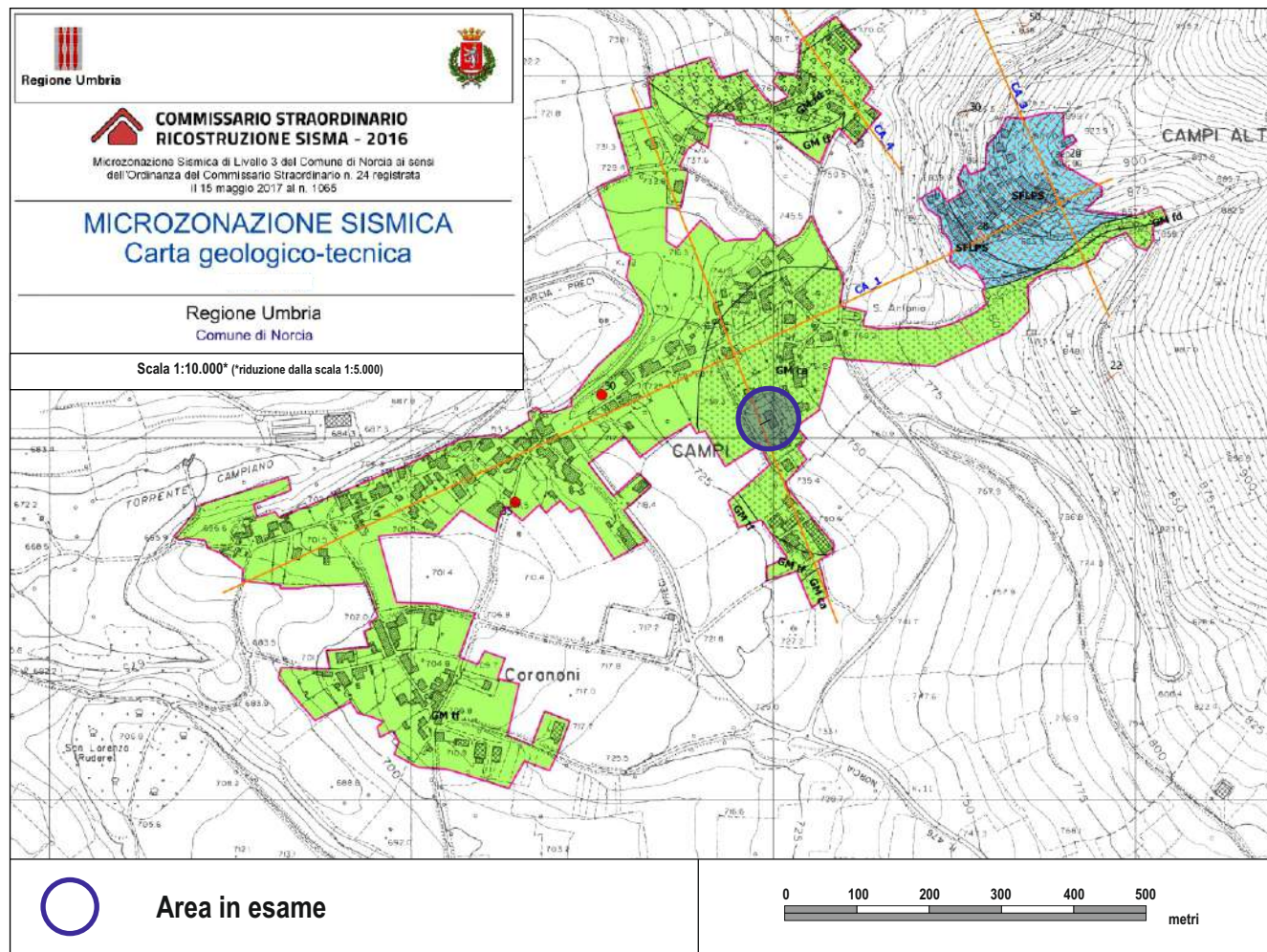
Aree instabili

- Frane PAI e IFFI
- Frane presunte e inattive PAI e IFFI
- Frane nuovo impianto
- Frane attive Atlante dei Siti di Attenzione per il Rischio Idrogeologico
- Zone di attenzione per instabilità di versante (MS3)
- Aree a rischio sismico
- Aree esposte a rischio slavina e/o valanga

Aree vulnerabili

- Aree con alta e media propensione al dissesto
- Aree esposte a rischio idraulico R4 PAI
- Aree esposte alla vulnerabilità degli acquiferi
- Zone di attenzione idraulica





Legenda

Elementi geologici ed idrogeologici

- Glacitura strati
- Pozzo o sondaggio che ha raggiunto il substrato geologico (m)
- Pozzo o sondaggio che non ha raggiunto il substrato geologico (m)
- Traccia della sezione geologica

Forme di superficie e sepolte

- Picco isolato
- Cresta
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20 m)
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20 m)
- Conoide alluvionale
- Falda detritica

Elementi tettonico strutturali

- Faglia attiva e capace
frattura vulcanica cosmica - diretta - certa
- Faglia potenzialmente attiva e capace
diretta - incerta
- Faglia non attiva
diretta - certa
- Faglia non attiva
diretta - incerta

Estratto A

Instabilità di versante

- FR_A - scorrimento
- FR_Q - scorrimento
- FR_ND - non definito

Terreni di copertura

- GM - Ghiaie limose,
miscela di ghiaia, sabbia e limo
- RI - Terreni contenenti resti di attività antropica

Substrato Geologico

- SFLPS - Lapideo stratificato, fratturato/alterato
- SFALS - Alternanza di litotipi, stratificato, fratturato/alterato

DESCRIZIONE TERRENI DI COPERTURA

Riss - Terreni antropici (Riparti).

GM_{in} - Miscela di ghiaia sabbia e limo poco addensata con a tratti frazione medio fine abbondante o prevalente, ambiente fluviale.

GM_{ca} - Miscela di ghiaia sabbia e limo da poco a mediamente addensata con a tratti frazione medio fine abbondante o prevalente e ghiaie limo sabbiose, ambiente di conoide alluvionale.

GM_{tf} - Alternanze di ghiaie prevalenti e miscela di ghiaia sabbia e limo da poco a molto addensata. Orizzonti metrici, fino a decametrici di ghiaie molto cementate (sublitoide) di ambiente fluviale.

GM_{fd} - Ghiaie limose, a tratti con limo, moderatamente addensate con subordinati livelli limosi ed argillosi, presenti in alcune aree livelli molto addensati. Ambiente di falda di detrito.

DESCRIZIONE SUBSTRATO GEOLOGICO

SFALS - Alternanza di mame, mame argillose e calcari marnosi stratificati con presenza localmente di strati calcarei detritici, con grado di alterazione/fratturazione generalmente elevato.

SFLPS - Calcari e calcari marnosi con o senza selce stratificati con possibile presenza di interstrati pelitici con grado di alterazione/fratturazione generalmente elevato.

LEGENDA

Terreni di copertura

- RI ss Terreni antropici (Riparti).

- GM_{in} Miscela di ghiaia sabbia e limo poco addensata con a tratti frazione medio fine abbondante o prevalente, ambiente fluviale.
- OL_{lc} Limi e limi argillosi organici a bassa plasticità di ambiente palustre.
- GM_{ca} Miscela di ghiaia sabbia e limo poco addensata con a tratti frazione medio fine abbondante o prevalente e ghiaie limo sabbiose, ambiente di conoide alluvionale.
- GM_{tf} Alternanze di ghiaie prevalenti e miscela di ghiaia sabbia e limo da poco a molto addensata. Orizzonti metrici, fino a decametrici di ghiaie molto cementate (sublitoide) di ambiente fluviale.
- ML_{lc} Limi da sabbiosi ad argillosi prevalenti, mediamente consistenti con subordinata frazione sabbiosa e sabbioso limosa. Presenti orizzonti torbosi e interdigitati con depositi ghiaiosi.

- GM_{fd} Ghiaie limose, a tratti con limo, moderatamente addensate con subordinati livelli limosi ed argillosi, presenti in alcune aree livelli molto addensati. Ambiente di falda di detrito.

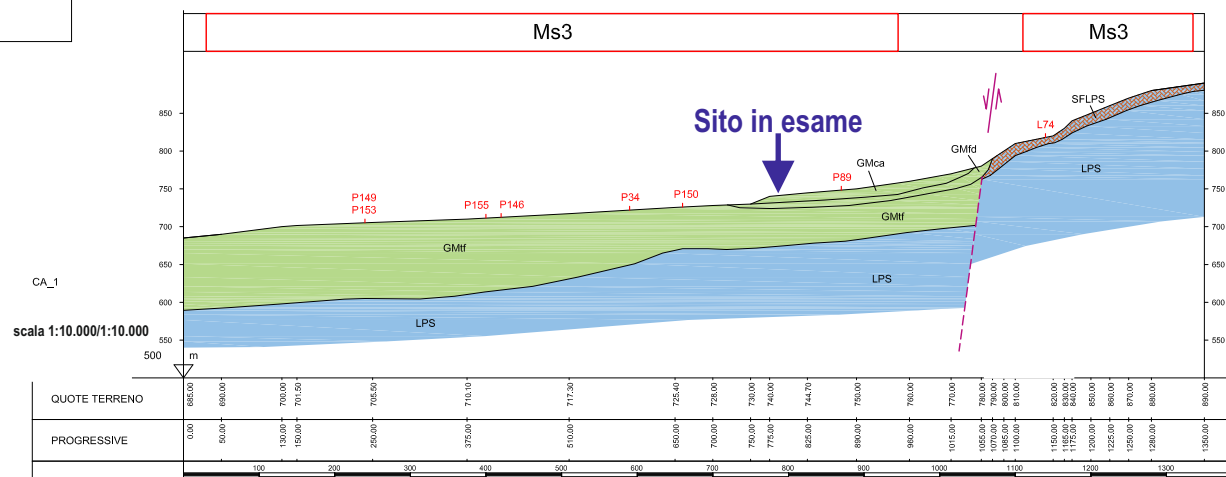
Substrato geologico

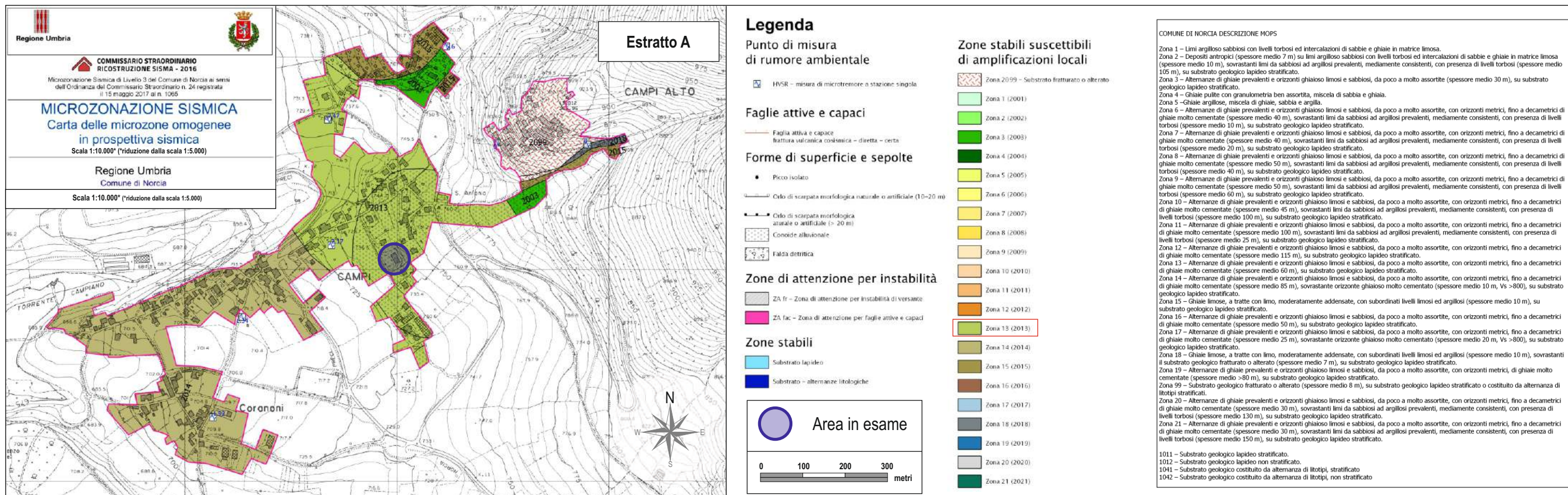
- SFALS Alternanza di mame, mame argillose e calcari marnosi stratificati con presenza localmente di strati calcarei detritici, con grado di alterazione/fratturazione generalmente elevato.
- SFLPS Calcari e calcari marnosi con o senza selce stratificati con possibile presenza di interstrati pelitici con grado di alterazione/fratturazione generalmente elevato.
- ALS Alternanza di mame, mame argillose e calcari marnosi stratificati con presenza localmente di strati calcarei detritici, con grado di alterazione/fratturazione debole.
- LPS Calcari e calcari marnosi con o senza selce stratificati con possibile presenza di interstrati pelitici con grado di alterazione/fratturazione debole.

Altri elementi

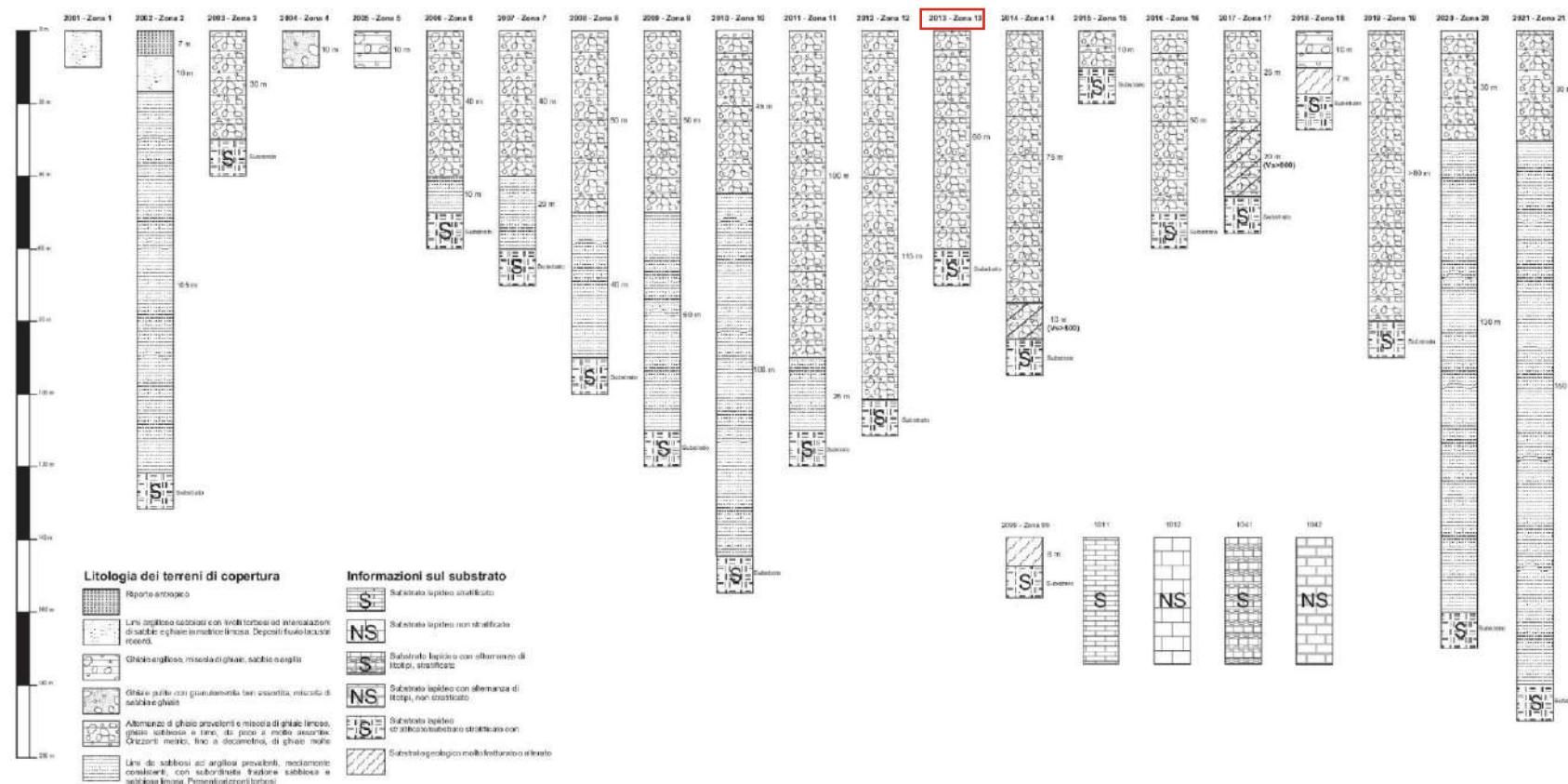
- Contatto geologico
- Contatto geologico presunto
- Faglia Inattiva
- Faglia potenzialmente attiva e capace incerta
- Faglia attiva e capace.
- Ln Indagini lineari
- Pn Indagini puntuali

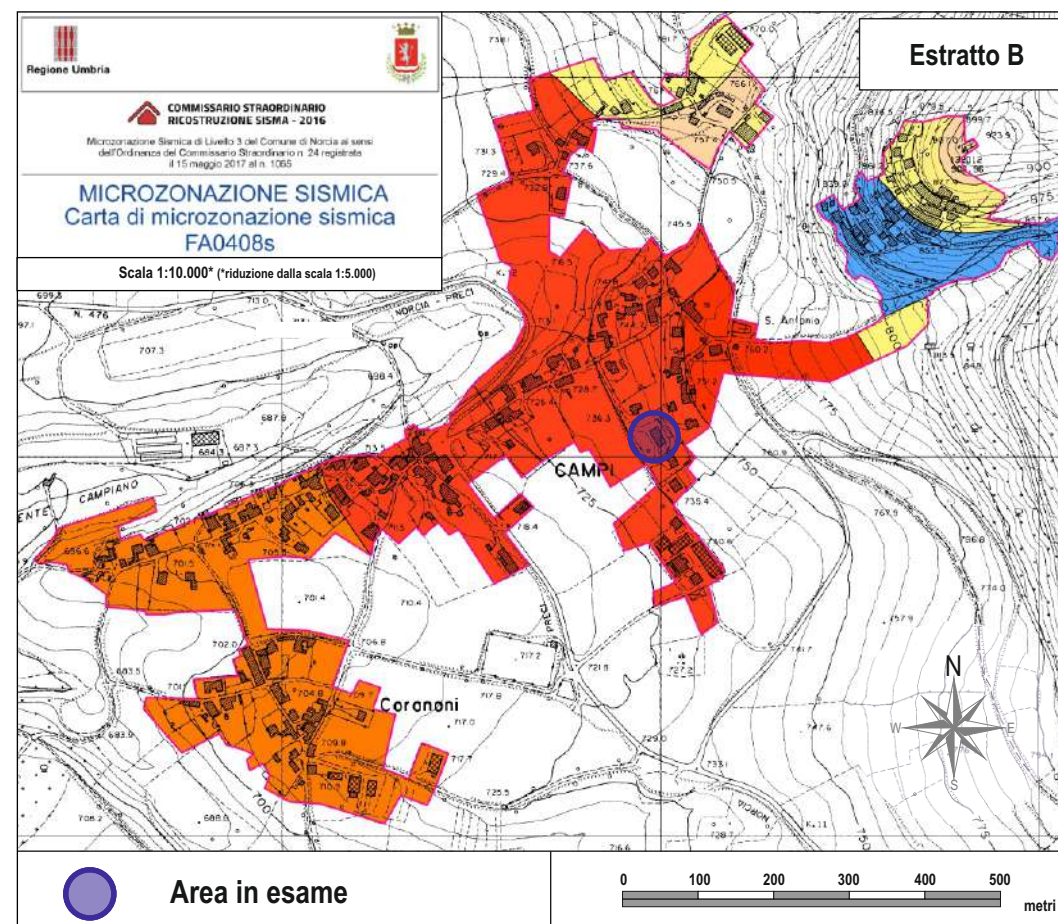
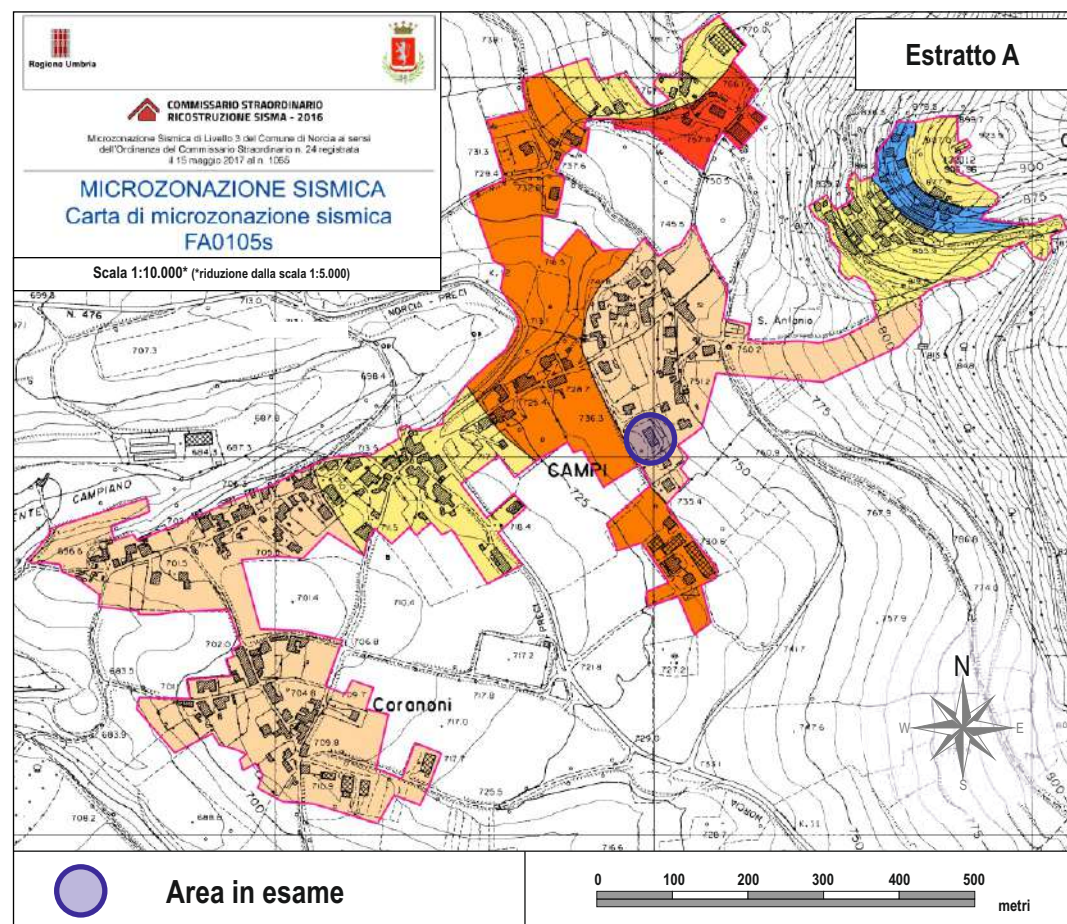
Estratto B





STRATIGRAFIE DI RIFERIMENTO MICROZONE OMOGENEE

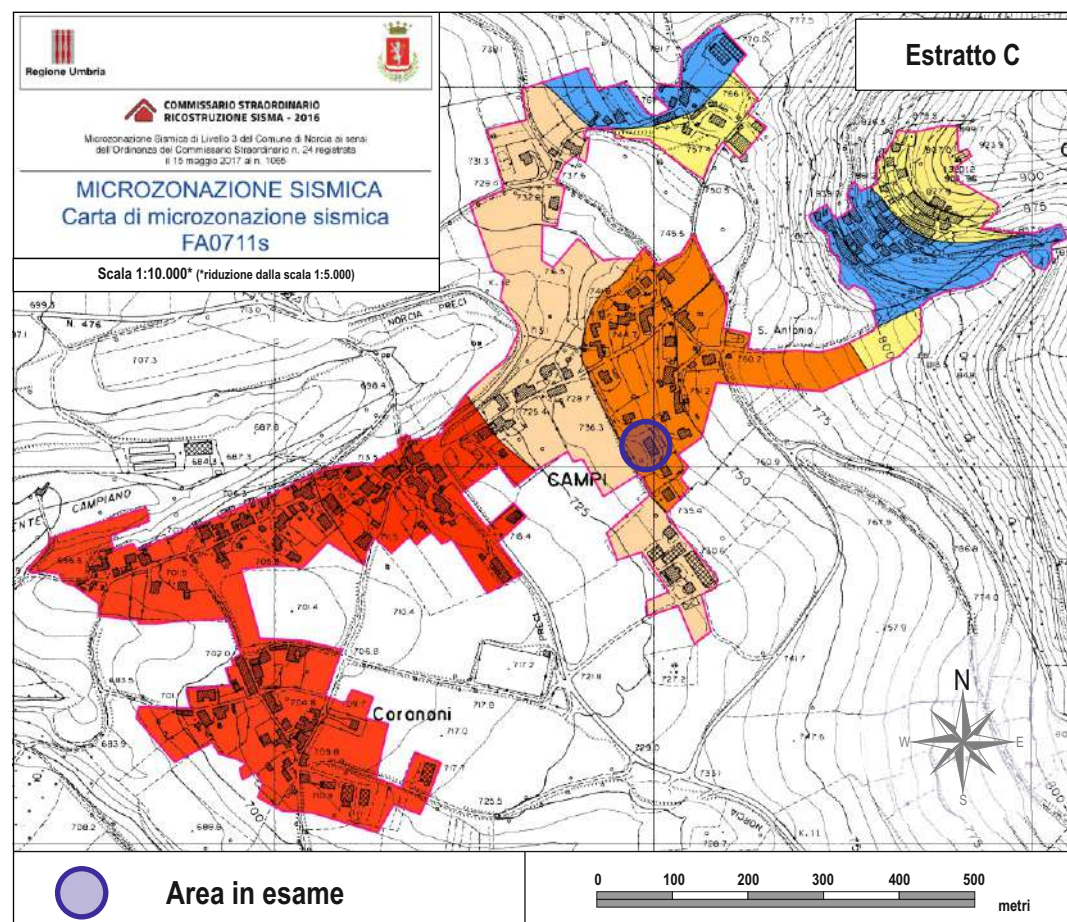




LEGENDA

Microzonazione sismica di livello 3
Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona stabile (FA = 1)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.1 - 1.2)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.3 - 1.4)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.5 - 1.6)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.7 - 1.8)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 1.9 - 2.0)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.1 - 2.2)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.3 - 2.4)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 2.5 - 3.0)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA = 3.1 - 3.5)
- Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali (FA > 3.5)

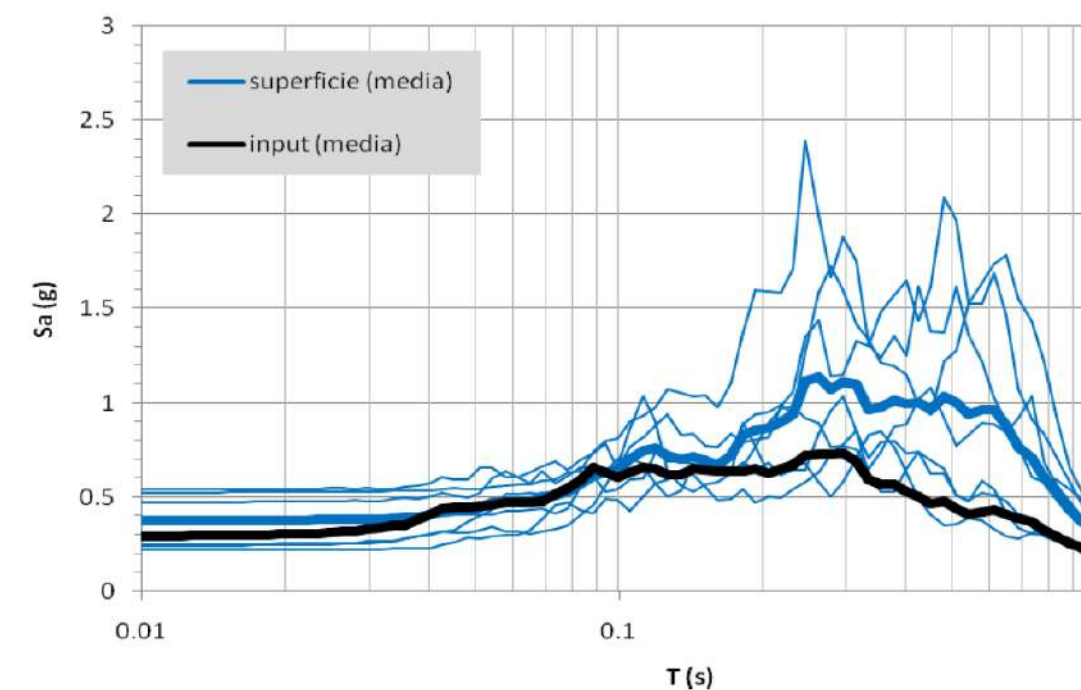


Spettri microzona (13 - 2013 / MZ30 Campi)

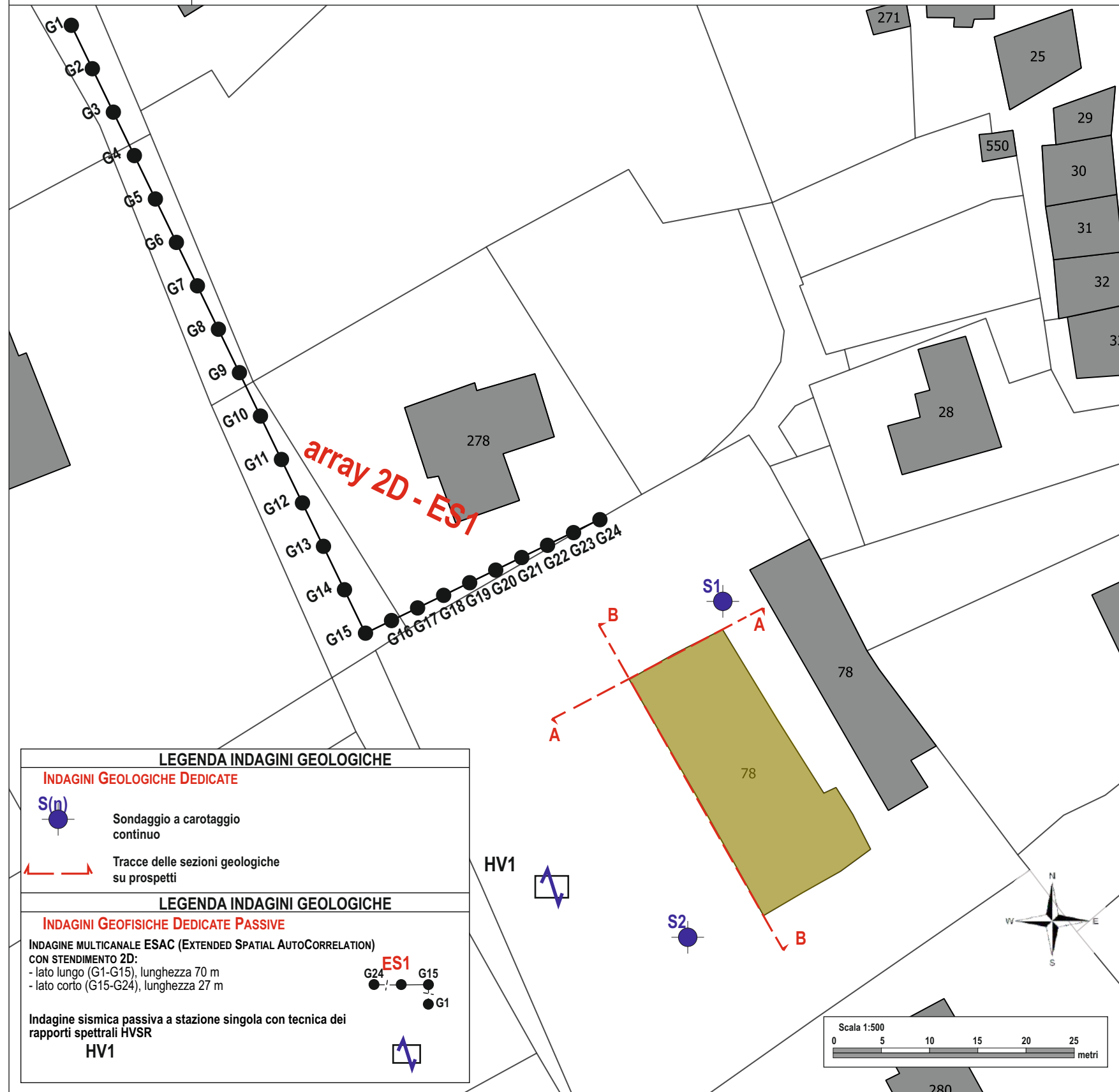
"NorciaPSA059"

"NorciaPSA060 (medio)"

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.60	2.04	1.65



Elaborato A

PLANIMETRIA GENERALE STATO ATTUALE E DI PROGETTO
CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOLOGICHE E GEOFISICHE scala 1:500

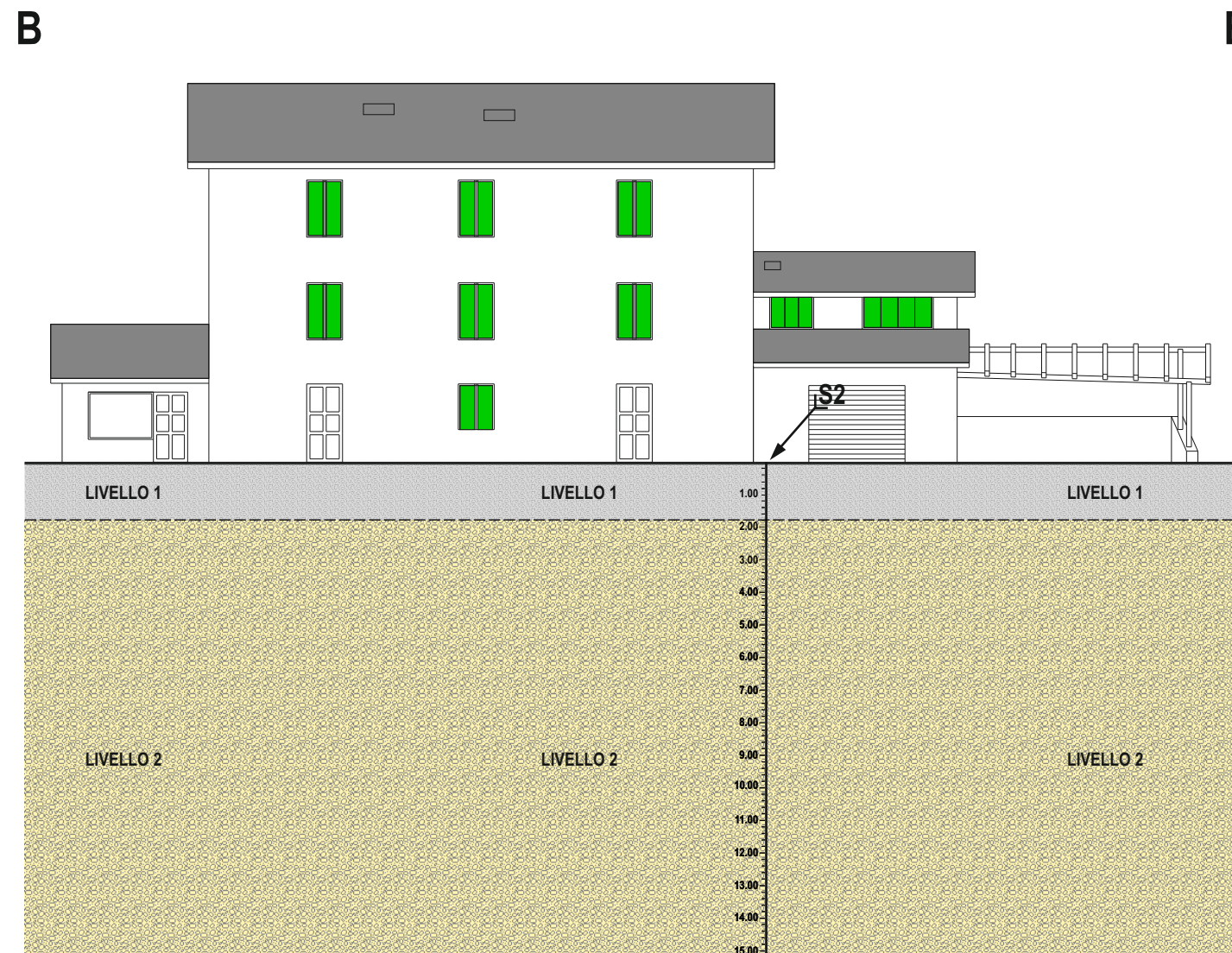
Elaborato B

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE GEOGNOSTICHE



[illegible]

**SEZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E LITOTECNICA "B - B" SCHEMATICA
STATO ATTUALE E DI PROGETTO, scala 1:200**



MODELLO GEOLOGICO DI SITO					
TIPO DEPOSITO e/o FORMAZIONE	LIVELLI GEOLOGICI	DESCRIZIONE LITOLOGICA	COMPORTAMENTO LITOTECNICO	PUNTI DI INDAGINE GEOGNOSTICA DEDICATA	
				S1	S2
TERRENO DI RIPORTO	LIVELLO "1" 	Clasti calcarei millimetrici e centimetrici misti a matrice limoso sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone in stato sciolto, pedogenizzati. LIVELLO NON IDONEO COME PIANO FONDALE	INCOERENTE	0.00-1.50	0.00-1.80
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE Pleistocene sup. - Olocene	LIVELLO "2" 	Ghiaie e breccie calcaree di pezzatura eterometrica con spingoli da vivia a subarrotondati e/o arrotondati in stato da addensato a molto addensato, in matrice limo sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)	INCOERENTE	1.50-15.00*	1.80-15.00*
S(n) - Sondaggio a carotaggio continuo			*fine indagine	PROFONDITA' LIVELLI DA P.C. (m)	

[illegible]

REPORT SONDAGGI GEOGNOSTICI:

**S1
S2**

- Rapporti di perforazione con colonne litostratigrafiche**
 - Documentazioni fotografiche cassette catalogatrici**

		COMMITTENTE: Sig. BUCARELLI Stefano		DATA: 15 novembre 2018		SONDAGGIO: S1											
		DATI CANTIERE: Comune: NORCIA (PG) Località: Campi Rif. catastali: N.C.E.U. Foglio 14 P.IIa 78		QUOTA FORO (m da p.c.): 743 m s.l.m.													
		PROGETTO: INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI GRAVEMENTE DANNEGGIATI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI		PROFONDITA' (m da p.c.): 15.00 m RAPPORTO: 0-10 m SCALA: 1:50													
				COORDINATE WGS84 (GPS) Latitudine: 42.851076° Longitudine: 13.096644°		PAG. 1/4											
DEPOSITO	LIVELLO	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Perforazione metodo e diametro (mm)	Rivestimento metodo e diametro (mm)	BATTUTE	RQD(%)	% recupero di carotaggio	campioni	SPT profondità (m) colpi	Pocket (kg/cm ²)	Vane Test (kg/cm ²)	condizionamento foro	Quota Falda (m da p.c.)	
RIPORTO	1	0.50 1.00 1.50		Clasti calcarei millimetrici e centimetrici misti a matrice limoso sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone in stato sciolto o sottoconsolidato, pedogenizzati. LIVELLO NON IDONEO COME PIANO FONDALE				0.50 1.00 1.50									
	2	1.50 2.00 2.50 3.00 3.50 4.00 4.50 5.00 5.50 6.00 6.50 7.00 7.50 8.00 8.50 9.00 9.50 10.00		Ghiaie e brecce calcaree di pezzatura eterometrica con spigoli da vivi a subarrotondati e/o arrotondati, in stato da addensato a molto addensato, in matrice limo sabbiosa di colorazione marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)				1.50 2.50 3.60 4.30 4.70 6.00 7.00 7.50 9.00 10.00									
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE (Pleistocene sup.-Olocene)																	
METODO DI PERFORAZIONE: CS - carotiere semplice CD - carotiere doppio EC - elica continua		CAMPIONI (C): I - indisturbato R - rimaneggiato		CONDIZIONAMENTO FORO: - ATA, piezometro tubo aperto - CSG, cella casagrande - TI, tubo inclinometrico - TDH, tubo PVC Down Hole		DITTA: PM Sondaggi e Consolidamento											
METODO DI STABILIZZAZIONE: RM - rivestimento metallico FB - fanghi bentonitici		TIPO CAMPIONATORI: (SH) - Shelby (O) - Osterberg (M) - Mazier		MACCHINA PERFORATRICE: MK 420 D Anno costruzione: 1999 Matricola n°: 1325		Contrada Poggioragone, 53 65014 Loreto Aprutino (PE)		MACCHINA PERFORATRICE UTILIZZATA: MK 420 D matr. 1325/1999									
Vane Test / Pocket: NR - non rilevabile		PROVE SPT: [a] - punta aperta [c] - punta chiusa				OPERATORE SONDA: PATELLA Michele											

		COMMITTENTE: Sig. BUCARELLI Stefano		DATA: 15 novembre 2018		SONDAGGIO: S1										
		DATI CANTIERE: Comune: NORCIA (PG) Località: Campi Rif. catastali: N.C.E.U. Foglio 14 P.IIa 78		QUOTA FORO (m da p.c.): 743 m s.l.m. PROFONDITA' (m da p.c.): 15.00 m RAPPORTO: 10-15 m SCALA: 1:50												
		PROGETTO: INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI GRAVEMENTE DANNEGGIATI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI		COORDINATE WGS84 (GPS) Latitudine: 42.851076° Longitudine: 13.096644°												
				PAG. 2/4												
DEPOSITO	LIVELLO	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Perforazione metodo e diametro (mm)	Rivestimento metodo e diametro (mm)	BATTUTE	RQD(%)	% recupero di carotaggio	campioni	SPT profondità (m) colpi	Pocket (kg/cm ²)	Vane Test (kg/cm ²)	condizionamento foro	Quota Falda (m da p.c.)
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE (Pleistocene sup.-Olocene)	2	10.50		Ghiaie e brecce calcaree di pezzatura eterometrica con spigoli da vivi a subarrotondati e/o arrotondati, in stato da addensato a molto addensato, in matrice limo sabbiosa di colorazione marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)	CS 101mm		RM 127 mm	10.60								
		11.00						12.00								
		15.00		FINE SONDAGGIO												
		15.50														
		16.00														
		16.50														
		17.00														
		17.50														
		18.00														
		18.50														
		19.00														
		19.50														
		20.00														

METODO DI PERFORAZIONE: CS - carotiere semplice CD - carotiere doppio EC - elica continua METODO DI STABILIZZAZIONE: RM - rivestimento metallico FB - fanghi bentonitici	CAMPIONI (C): I - indisturbato R - rimaneggiato TIPO CAMPIONATORI: (SH) - Shelby (O) - Osterberg (M) - Mazier	CONDIZIONAMENTO FORO: - ATA, piezometro tubo aperto - CSG, cella casagrande - TI, tubo inclinometrico - TDH, tubo PVC Down Hole	DITTA: PM Sondaggi e Consolidamento Contrada Poggioragone, 53 65014 Loreto Aprutino (PE) MACCHINA PERFORATRICE UTILIZZATA: MK 420 D matr. 1325/1999 OPERATORE SONDA: PATELLA Michele
Vane Test / Pocket: NR - non rilevabile	PROVE SPT: [a] - punta aperta [c] - punta chiusa	MACCHINA PERFORATRICE: MK 420 D Anno costruzione: 1999 Matricola n°: 1325	





		COMMITTENTE: Sig. BUCARELLI Stefano		DATA: 16 novembre 2018		SONDAGGIO: S2										
		DATI CANTIERE: Comune: NORCIA (PG) Località: Campi Rif. catastali: N.C.E.U. Foglio 14 P.IIa 78		QUOTA FORO (m da p.c.): 742 m s.l.m.												
		PROGETTO: INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI GRAVEMENTE DANNEGGIATI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI		PROFONDITA' (m da p.c.): 15.00 m RAPPORTO: 0-10 m SCALA: 1:50												
				COORDINATE WGS84 (GPS) Latitudine: 42.850837° Longitudine: 13.096614°		PAG. 1/4										
DEPOSITO	LIVELLO	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Perforazione metodo e diametro (mm)	Rivestimento metodo e diametro (mm)	BATTUTE	RQD(%)	% recupero di carotaggio	campioni	SPT profondità (m) colpi	Pocket (kg/cm ²)	Vane Test (kg/cm ²)	condizionamento foro	Quota Falda (m da p.c.)
RIPORTO	1	0.50 1.00 1.50		Clasti calcarei millimetrici e centimetrici misti a matrice limoso sabbiosa di colorazione variabile dal grigio al marrone in stato sciolto o sottoconsolidato, pedogenizzati. LIVELLO NON IDONEO COME PIANO FONDALE	RM 127 mm	CS 101mm	0.50 1.00 1.50 2.00 2.70 3.00 3.60 4.50	20 40 60 80				SPT1[c] 4-4-6				
	2	2.00 2.50 3.00 3.50 4.00 4.50 5.00 5.50 6.00 6.50 7.00 7.50 8.00 8.50 9.00 9.50 10.00														
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE (Pleistocene sup.-Olocene)				Ghiaie e brecce calcaree di pezzatura eterometrica con spigoli da vivi a subarrotondati e/o arrotondati, in matrice limo sabbiosa di colorazione marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)	RM 127 mm	CS 101mm	6.00 6.30 7.00 7.50 8.00 9.00 10.00					SPT2[c] 31-49-36				
METODO DI PERFORAZIONE: CS - carotiere semplice CD - carotiere doppio EC - elica continua		CAMPIONI (C): I - indisturbato R - rimaneggiato		CONDIZIONAMENTO FORO: - ATA, piezometro tubo aperto - CSG, cella casagrande - TI, tubo inclinometrico - TDH, tubo PVC Down Hole		DITTA: PM Sondaggi e Consolidamento										
METODO DI STABILIZZAZIONE: RM - rivestimento metallico FB - fanghi bentonitici		TIPO CAMPIONATORI: (SH) - Shelby (O) - Osterberg (M) - Mazier		MACCHINA PERFORATRICE: MK 420 D Anno costruzione: 1999 Matricola n°: 1325		Contrada Poggioragone, 53 65014 Loreto Aprutino (PE) MACCHINA PERFORATRICE UTILIZZATA: MK 420 D matr. 1325/1999										
Vane Test / Pocket: NR - non rilevabile		PROVE SPT: [a] - punta aperta [c] - punta chiusa		OPERATORE SONDA: PATELLA Michele												

		COMMITTENTE: Sig. BUCARELLI Stefano		DATA: 16 novembre 2018		SONDAGGIO: S2										
		DATI CANTIERE: Comune: NORCIA (PG) Località: Campi Rif. catastali: N.C.E.U. Foglio 14 P.IIa 78		QUOTA FORO (m da p.c.): 742 m s.l.m. PROFONDITA' (m da p.c.): 15.00 m RAPPORTO: 10-15 m SCALA: 1:50												
		PROGETTO: INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI GRAVEMENTE DANNEGGIATI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI		COORDINATE WGS84 (GPS) Latitudine: 42.850837° Longitudine: 13.096614°												
						PAG. 2/4										
DEPOSITO	LIVELLO	PROFONDITA' (m)	LITOLOGIA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA		Perforazione metodo e diametro (mm)	Rivestimento metodo e diametro (mm)	BATTUTE	RQD(%)	% recupero di carotaggio	campioni	SPT profondità (m) colpi	Pocket (kg/cm ²)	Vane Test (kg/cm ²)	condizionamento foro	Quota Falda (m da p.c.)
DEPOSITI ANTICHI DI CONOIDE ALLUVIONALE (Pleistocene sup.-Olocene)	2	10.50		Ghiaie e brecce calcaree di pezzatura eterometrica con spigoli da vivi a subarrotondati e/o arrotondati, in matrice limo sabbiosa di colorazione marrone nocciola. (Rapporto medio percentuale clasti/matrice - C/M = 70/30)	CS 101mm	RM 127 mm						12.00 SPT3[c] 40 - 40 - Rifiuto 12.40				
		11.00														
		15.00		FINE SONDAGGIO												
		15.50														
		16.00														
		16.50														
		17.00														
		17.50														
		18.00														
		18.50														
		19.00														
		19.50														
		20.00														

METODO DI PERFORAZIONE: CS - carotiere semplice CD - carotiere doppio EC - elica continua METODO DI STABILIZZAZIONE: RM - rivestimento metallico FB - fanghi bentonitici	CAMPIONI (C): I - indisturbato R - rimaneggiato TIPO CAMPIONATORI: (SH) - Shelby (O) - Osterberg (M) - Mazier	CONDIZIONAMENTO FORO: - ATA, piezometro tubo aperto - CSG, cella casagrande - TI, tubo inclinometrico - TDH, tubo PVC Down Hole	DITTA: PM Sondaggi e Consolidamento Contrada Poggioragone, 53 65014 Loreto Aprutino (PE) MACCHINA PERFORATRICE UTILIZZATA: MK 420 D matr. 1325/1999 OPERATORE SONDA: PATELLA Michele
Vane Test / Pocket: NR - non rilevabile	PROVE SPT: [a] - punta aperta [c] - punta chiusa	MACCHINA PERFORATRICE: MK 420 D Anno costruzione: 1999 Matricola n°: 1325	





ELABORAZIONI PROVE "SPT" IN FORO**S1-SPT1****S1-SPT2****S1-SPT3****S2-SPT1****S2-SPT2****S2-SPT3**

ELABORAZIONE PROVE SPT IN FORO

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano

Cantiere: **Interventi di riparazione o ricostruzione di edifici o unità immobiliari ad uso abitativo gravemente danneggiati o distrutti dagli eventi sismici del 24.08.2016 e successivi**

Località: CAMPI DI NORCIA (PG), Via dei Casali - Foglio n.14 Particella n.78

Caratteristiche Strumentali PROVA SPT

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,76 m
Peso sistema di battuta	4,2 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	7 Kg/m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coefficiente di correlazione	1,0
Rivestimento/fanghi	No

Il responsabile



Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica Utilizzata

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

Media - Media aritmetica dei valori del numero di colpi N_{spt} nell'intervallo considerato.

LEGENDA INTERPRETAZIONI LITOTECNICHE			
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI “DPSH”			
PROVE SPT IN FORO			
Nr:	Numero progressivo strato ed interpretazione litologica		Autori per correlazioni geotecniche (Valore statistico pari alla media aritmetica dei valori sullo strato considerato)
Prof:	Profondità strato (m)		
Tipo:	C: I:	coesivo incoerente	
Nspt:	N2+N3		
N. Calcolo (Nspt corretto):	valore corretto per presenza di falda; la correzione si applica per presenza di falda e se Nspt è > 15 $Nspt\ corretto = 15 + 0.5 \cdot (Nspt - 15)$		
TERRENI COESIVI	Cu:	Coesione non drenata (kPa)	Sanglerat (1982), valida per argille limoso-sabbiose-poco coerenti
	Ey:	Modulo di Young (MPa)	-
	Mo:	Modulo Edometrico (MPa)	Stroud e Butler (1975), correlazione valida per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media e medio-alta plasticità
	Puv:	Peso unità di volume (KN/m³)	Meyerhof, correlazione valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti
	PuvS:	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Meyerhof, correlazione valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti
TERRENI INCOERENTI	Dr:	Densità relativa (%)	Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato
	Φ:	Angolo di resistenza al taglio (°)	- Meyerhof (1956), Correlazione valida per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati) - Malcev (1956), Angolo di attrito in gradi valido per sabbie e ghiaie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°)
	Ey:	Modulo di Young (MPa)	Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia
	Mo:	Modulo Edometrico (MPa)	Buisman-Sanglerat (1963), correlazione valida per ghiaia sabbiosa, sabbia e sabbia argillosa
	Puv:	Peso unità di volume (KN/m³)	Meyerhof ed altri, correlazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso
	PuvS:	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Terzaghi-Peck (1948-1967)

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	Prova S1-SPT1
Strumento utilizzato: punta chiusa	
Prova eseguita in data: 15/11/2018	
Profondità (m)	Nr. Colpi
1.65	45
1.80	28
1.95	30

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1-SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Gibbs & Holtz 1957	83.35

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Malcev (1964)	35.24

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Bowles (1982)	35.71

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Buisman-Sanglerat	45.37

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Meyerhof ed altri	18.59

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	57.826	1.50-1.95	57.826	Terzaghi-Peck 1948-1967	21.36

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	Prova S1-SPT2
Strumento utilizzato: punta chiusa	
Prova eseguita in data: 15/11/2018	
Profondità (m)	Nr. Colpi
6.00	29
6.15	19
6.30	16

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S1-SPT2

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Gibbs & Holtz 1957	59.3

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Malcev (1964)	32.01

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Bowles (1982)	24.47

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Buisman-Sanglerat	27.38

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Meyerhof ed altri	17.08

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	34.895	6.00-6.45	34.895	Terzaghi-Peck 1948-1967	20.43

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	Prova S1-SPT3
Strumento utilizzato: punta chiusa	
Prova eseguita in data: 15/11/2018	
Profondità (m)	Nr. Colpi
12.00	> 50 (RIFIUTO)
12.12	--
--	--

PROVA NON ELABORATA PER FINI GEOTECNICI (RIFIUTO ATTREZZATURA 2° TRATTO)

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	Prova S2-SPT1
Strumento utilizzato: punta chiusa	
Prova eseguita in data: 16/11/2018	
Profondità (m)	Nr. Colpi
1.15	4
1.30	4
1.45	6

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S3-SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Gibbs & Holtz 1957	38.78

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Meyerhof (1956)	17.85

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Bowles (1982)	4.70

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Buisman-Sanglerat	7.82

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Meyerhof ed altri	14.49

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
LIVELLO 1 Terreno di riporto	9.969999	1.00-1.45	9.969999	Terzaghi-Peck 1948-1967	18.83

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	Prova S2-SPT2
Strumento utilizzato: punta chiusa	
Prova eseguita in data: 16/11/2018	
Profondità (m)	Nr. Colpi
8.15	31
8.30	49
8.45	36

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA S3-SPT1

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Gibbs & Holtz 1957	79.46

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Malcev (1964)	32.59

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Bowles (1982)	48.91

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Buisman-Sanglerat (sabbie)	49.86

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Meyerhof ed altri	19.29

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
LIVELLO 2 Ghiaie in scarsa matrice sabbiosa	84.745	8.00-8.45	84.745	Terzaghi-Peck 1948-1967	21.77

Committente: Sig. BUCARELLI Stefano	
-------------------------------------	--

Strumento utilizzato: punta chiusa		Prova S2-SPT3
Prova eseguita in data:16/11/2018		
Profondità (m)		Nr. Colpi
12.00		40
12.30		40
12.40		> 50 (RIFIUTO)

PROVA NON ELABORATA PER FINI GEOTECNICI (RIFIUTO ATTREZZATURA 3° TRATTO)



REPORT INDAGINI GEOFISICHE DEDICATE

Allegato 3

**INDAGINE GEOFISICA PASSIVA MULTICANALE
ESAC "ES1"**

**INDAGINE GEOFISICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA
HVSR "HV1"**

Regione Umbria

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI NORCIA

IL PROGETTISTA:

IL GEOLOGO PROGETTISTA:



Progetto:

INTERVENTI DI RIPARAZIONE O RICOSTRUZIONE DI EDIFICI O UNITA' IMMOBILIARI AD USO PRODUTTIVO GRAVEMENTE DANNEGGIATI O DISTRUTTI DAGLI EVENTI SISMICI DEL 24.08.2016 E SUCCESSIVI

Oggetto:

REPORT INDAGINI GEOFISICHE

N. 1 SISMICA PASSIVA MULTICANALE ESAC
N. 1 SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Ubicazione Cantiere:

LOC. NORCIA
Frazione Campi - Via dei Casali - Foglio n. 14 p.lla n. 78



Committente e Richiedente:

Stefano BUCARELLI

Data esecuzione:

11 Giugno 2020

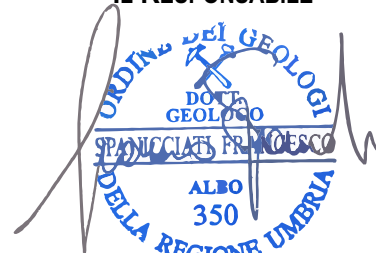
LA DITTA
PM Sondaggi e Consolidamento s.r.l.
di Colacicco Natalina e Patella Michele

PM Sondaggi e Consolidamento s.n.c.
di Colacicco Natalina e Patella Michele
Contrada Poggiorangone n. 53
65014 LORETO APRUTINO (PE)

RECAPITI
tel. 085.8289675
fax: 085.8289675
mobile: 347.2609554
mail: info@pmsondaggi.com

PM
Sondaggi e
Consolidamento s.n.c.

IL RESPONSABILE



dott. Francesco SPANICCIATI

1.0 PREMESSA.....	3
2.0 UBICAZIONE SITO INDAGATO.....	3
2.1 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E FOTOGRAFICO	3
3.0 INDAGINI SISMICHE MULTICANALE PASSIVE (ESAC).....	3
3.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	3
3.1.1 <i>Sistema di Ricezione dei Segnali</i>	3
3.1.3 <i>Sismografo Multicanale DoReMi 16bit</i>	4
3.2 INDAGINE SISMICA PASSIVA MULTICANALE “ESAC”	5
3.2.1 <i>Cenni Teorici Tecnica “ESAC”</i>	5
3.3.1 <i>Risultati Indagine ESAC “ES 1”</i>	6
4.0 INDAGINI SISMICHE PASSIVA A STAZIONE SINGOLA “HVSr”	6
4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	6
4.2 CENNI TEORICI TECNICA “HVSr”	6
4.3 RISULTATI INDAGINE “HVSr”	9
5.0 ANALISI CONGIUNTA DATI GEOFISICI MASW, ESAC E HVSr.....	10
5.1 PROFILO VS DI SITO	10
5.2 PROFONDITÀ BEDROCK GEOLOGICO E SISMICO VS DI SITO	11

Si allegano a fine relazione:

TAVOLA A: Foto aerea scala 1:1.000

UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

INDAGINE GEOFISICA PASSIVA MULTICANALE ESAC

ALLEGATO A - Report indagine geofisica passiva multicanale ESAC "ES1"
Analisi congiunta dati geofisici ES1-HV1
winMASW report indagine "ES1"
Foglio di campagna acquisizione dati ESAC – array "ES1"

INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA HVSR

ALLEGATO B - Report indagine geofisica passiva a stazione singola HVSR "HV1"
Foglio di campagna acquisizione dati HVSR – punto "HV1"

1.0 PREMESSA

Su committenza del Sig. Bucarelli Stefano è stata eseguita una campagna di indagini sismiche consistente in:

- n. 1 INDAGINE GEOFISICA PASSIVA MULTICANALE “ESAC” (Extended Spatial AutoCorrelation) denominata “ES1”,
- n. 1 INDAGINE GEOFISICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA H/V con tecnica dei rapporti spettrali (HVSR di Nakamura) denominate “HV1”.

Le indagini geofisiche, sono state finalizzate a:

- ricostruire il profilo V_s dei livelli più superficiali del terreno;
- stimare la presenza del bedrock sismico locale (se presente);
- fornire il valore della frequenza di sito.

2.0 UBICAZIONE SITO INDAGATO

2.1 INQUADRAMENTO PLANIMETRICO E FOTOGRAFICO

L'ubicazione generale del sito oggetto di indagine è consultabile nell'aerofotogrammetria riportata alla testata del presente rapporto. L'inquadrimento di dettaglio dei punti di indagine è invece consultabile nell'allegata **TAVOLA A**.

Le coordinate GPS oltre a tutte le specifiche di campagna relative all'acquisizione di ciascuna delle indagini geofisiche eseguita, compresa la documentazione fotografica, sono consultabili negli specifici fogli di campagna allegati a fine relazione.

Regione:	UMBRIA
Provincia:	PERUGIA
Comune:	NORCIA
Località:	CAMPI VIA DEI CASALI

TIPO INDAGINE GEOFISICA		COORDINATE GEOGRAFICHE “WGS84”	
Passiva multicanale ESAC “ES1”	Geofono G1	Latitudine:	42.851633°
		Longitudine:	13.095828°
	Geofono G15	Latitudine:	42.851052°
		Longitudine:	13.096210
	Geofono G24	Latitudine:	42.851156°
		Longitudine:	13.096542°
Passiva a stazione singola “HV1”	HV1	Latitudine:	42.850790°
		Longitudine:	13.096474°

3.0 INDAGINI SISMICHE MULTICANALE PASSIVE (ESAC)

3.1. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

3.1.1 SISTEMA DI RICEZIONE DEI SEGNALE

Il sistema di ricezione dei segnali è essere costituito da n. 24 geofoni verticali monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile a massa sospesa (peso) con frequenza propria 4.5 Hz, cioè dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico il rilievo di microtremori.

3.1.3 SISMOGRAFO MULTICANALE DoReMi 16BIT

Per la registrazione dei segnali generati ed il rilievo dei microtremori, è stato utilizzato un sismografo a trasmissione digitale DoReMi a 16 Bit e 24 canali, prodotto dalla ditta *SARA Electronic Instruments S.r.l.*. Il sismografo DoReMi è uno strumento che distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico. Ogni canale che compone il cavo è esso stesso un piccolo sismografo e, più canali in serie collegati, costituiscono una sorta di microrete facile da trasportare e gestire. Il sistema è pertanto completamente modulare e può essere gestito utilizzando il numero di canali di cui effettivamente si necessita (da 1 ad N), collegandoli in serie attraverso connettori maschio-femmina, in funzione del tipo di indagine sismica da effettuare.

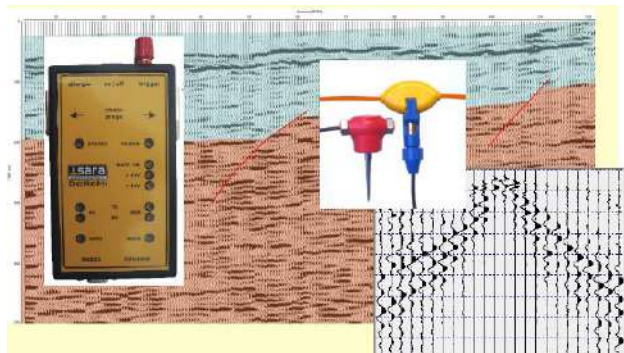
Ad ogni canale (digitalizzatore da 64 Kb di memoria) viene collegato un geofono per formare la microrete di acquisizione.

Il sismografo viene collegato al PC (dotato di software di acquisizione dei segnali sismici) con porta USB o RS232, tramite una speciale **interfaccia di comunicazione** (unità di testa del DoReMi) che ha le seguenti funzioni:

- fornire energia elettrica al sismografo,
- collegare la rete dati dei canali (RS485),
- accettare il segnale di start,
- avviare con precisione la registrazione,
- segnalare all'operatore lo stato del sistema.

Caratteristiche tecniche SISMOGRAFO DoReMi

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica
 Tipologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipunto
 Lunghezza max rete: virtualmente illimitata con l'uso di ripetitori
 N. max canali per tratta: 255
 Dimensioni elemento: 80x55x18 mm
 Peso: 250 g (per elemento con cavo di 5 metri)
 Cavo: per geofisica 1x2x0.5 + 1x2x0.25 twisted pair schermato
 Memoria: 60 kBytes (30000 campioni)
 Frequenze selezionabili: da 500 a 20000 Hz (passi da 2 a 0.05 ms)
 Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)
 Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale
 Banda passante: 2Hz - 200Hz
 Reiezione modo comune: >80dB
 Diafonia (crosstalk): zero, la trasmissione è digitale
Dinamica del sistema
 Risoluzione: 7.6 μ V @ 27dB; 0.076 μ V @ 60dB
 Dinamica di base: 96dB (16 bit)
 S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >94dB (> 150dB con l'uso del PGA)
Alimentazione
 Alimentazione: batteria ricaricabile interna operativa 10-15Vdc
 Consumo di energia: Interfaccia 80 mA, canale 30mA per una stringa da 12 canali: < 500mA



3.2 INDAGINE SISMICA PASSIVA MULTICANALE “ESAC”

3.2.1 CENNI TEORICI TECNICA “ESAC”

Il metodo ESAC (Extended Spatial AutoCorrelation) è frutto di una idea sviluppata inizialmente da Aki (1957) secondo il quale il campo d'onda delle vibrazioni ambientali può essere rappresentato come la combinazione lineare di onde piane di diverse frequenze e con fase ed ampiezza casuale che si muovono sul piano orizzontale e che provengono da direzioni differenti. Aki dimostrò che, sebbene ogni serie temporale dedotta dalla registrazione di questo campo d'onde in un punto, abbia un carattere stocastico, due registrazioni effettuate in punti diversi mostrano delle “somiglianze” (in senso statistico) e che da queste sia possibile dedurre informazioni sulle velocità di fase delle diverse onde misurate nelle due posizioni. Queste somiglianze sono rivelate dall'andamento di una funzione di correlazione φ . Dato che la stima della correlazione fra le due serie di registrazioni è effettuata senza tenere conto di alcuno sfasamento temporale, la funzione φ è detta di *autocorrelazione*. Aki dimostrò che sotto condizioni molto generali (in particolare che le onde siano tutte fra loro indipendenti e che le direzioni di provenienza siano distribuite con probabilità uniforme attorno ai due geofoni) la funzione di autocorrelazione relativa alla componente verticale delle vibrazioni misurate in due posizioni ha la forma di una funzione di Bessel di ordine “0” e dipende solo dalla loro distanza relativa. Per una data frequenza vengono calcolate le diverse funzioni di autocorrelazione per tutte le distanze relative alle diverse coppie di sensori. La velocità di fase viene determinata in modo da riprodurre al meglio l'andamento osservato della funzione di correlazione in funzione della distanza Δr . Mediante l'utilizzo del metodo ESAC, tramite la registrazione dei microtremori come sorgenti sismiche con stendimenti bidimensionali e attraverso il processo di inversione della curva di dispersione effettiva (anziché modale), è possibile identificare il profilo di velocità delle onde di taglio Vs del sottosuolo indagato. L'acquisizione secondo una geometria bidimensionale ovvia ad alcuni problemi legati alle velocità apparenti presenti nei dati acquisiti mediante array unidirezionali (ReMi). Al contrario di ciò che avviene con le tecniche attive il metodo ESAC, consente una rapida ed agevole acquisizione dei dati senza dover operare con una sorgente attiva. Con la metodologia ESAC viene studiata la direzionalità del microtremore e valutata la velocità di fase alle diverse frequenze. Il metodo consente di definire, la cosiddetta **curva di dispersione effettiva**, che rappresenta una combinazione delle diverse curve modali “pesate” in base al loro specifico contenuto energetico nel sito. Nel caso di profili normalmente dispersivi, la curva di dispersione effettiva coincide con la curva relativa al modo fondamentale. In altri casi, per esempio in presenza di inversioni di velocità o di forti contrasti di impedenza sismica, la curva di dispersione effettiva risulta frutto di una combinazione dei diversi modi in funzione della relativa energia. Un vantaggio quindi della tecnica ESAC è quello di non dovere identificare (come in altre metodologie) i vari modi di vibrazione, che sono invece trattati, più semplicemente, in modo unitario. Mediante software dedicato **winMASW Academy 2018 [definitive edition]**, si è potuto:

- gestire il sismogramma digitale e selezionare le tracce utili,
- calcolare automaticamente lo spettro di velocità (di fase),
- calcolare la curva di dispersione effettiva (osservata),

- gestire le procedure di inversione per individuare il profilo Vs di sito (assieme alla curva HVSR definita con indagine passiva a stazione singola); infatti, lo scopo dell'intera procedura di inversione è quello di identificare il modello geotecnico (profilo Vs del terreno) che meglio riproduce, per l'indagine ESAC, la curva effettiva registrata. Tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento (misfit), che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e quelle calcolate.

3.3.1 RISULTATI INDAGINE ESAC “ES 1”

I risultati dell'indagine sismica “ES 1” ottenuti mediante elaborazione dei dati acquisiti con software dedicato **winMASW Academy 2018 [definitive edition]**, sono riportati in **ALLEGATO A - Elaborato 1** dove sono consultabili la geometria dello stendimento, le tracce registrate e lo spettro ESAC oltre alla curva effettiva registrata.

In **ALLEGATO A – Elaborato 2** è riportata la scheda tecnica con le specifiche della strumentazione e registrazioni effettuate.

4.0 INDAGINI SISMICHE PASSIVA A STAZIONE SINGOLA “HVSR”

4.1 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le indagini geofisiche a stazione singola con metodo dei rapporti spettrali HVSR sono state realizzate con sismografo a trasmissione digitale SR04-GEOBOX dotato di terna velocimetrica interna da 2.0 Hz, prodotto sempre dalla ditta *SARA electronic instruments s.r.l.*

Il digitalizzatore SR04 a 3 canali (3 componenti N-S, E-O e Verticale) e 24 bit è uno strumento ad alte prestazioni in grado di acquisire il segnale sismico per misure sismologiche, geofisiche nonché per l'esecuzione di prove HVSR (Nakamura). Geobox viene gestito dal modulo software SISMOLOG-MT (VERSIONE 1.3.9) di SEISMOWIN (VERSIONE 1.3.8) attraverso il quale si può trasformare un comune Notebook in una stazione sismica performante che permette di eseguire sia elaborazioni vibrometriche che spettrometriche (es. in accordo alle norme UNI 9916 o 9614).

Caratteristiche tecniche generali SARA GEOBOX SR 04

Alimentazione: batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
 Numero canali ed a/d converter: 3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
 Sensibilità: con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
 Campionamento: simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
 Real Time Clock: Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)
 Precisione RTC: +/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)
 Antenna GPS: assente
 Interfaccia dati: RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
 Contenitore: Monoblocco in alluminio IP66
 Dimensioni e peso: 155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
 Temperatura operativa: -20/+50°C
 Conformità: CE



4.2 CENNI TEORICI TECNICA “HVSR”

Le vibrazioni sismiche ambientali (rumore sismico) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (Okada, 2003). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche detto microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si

propagano come onde superficiali di Rayleigh. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione **agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico** può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier,
- Rapporti spettrali,
- Rapporti spettrali H/V.

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVS (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V.

Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su coperture.

Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh.

Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico / ingegneristico per derivare i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza f_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s attraverso opportuni metodi di inversione,
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio e i relativi modi di vibrare.

I pregi fondamentali di tale tecnica sono:

- possibilità di operare in spazi molto ristretti in quanto i rilievi vengono eseguiti a "stazione singola";
- la presenza di rumore ambientale non disturba il rilievo sismico a meno che questo non sia presente in modo costante e continuo per tutta la durata del singolo rilievo;

Criteria for a reliable H/V curve

i)

$f_0 > 10 / l_w$
and
 $n_c(f_0) > 200$

ii)

$n_c(f_0) > 200$
and

iii)

$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$
or $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$

Criteria for a clear H/V peak
(at least 5 out of 6 criteria fulfilled)

i)

$\exists f' \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f') < A_0/2$

ii)

$\exists f'' \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f'') < A_0/2$

iii)

$A_0 > 2$

iv)

$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$

v)

$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

vi)

$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- l_w = window length
- n_w = number of windows selected for the average H/V curve
- $n_c = l_w \cdot n_w$, f_0 = number of significant cycles
- f = current frequency
- f_{sensor} = sensor cut-off frequency
- f_0 = H/V peak frequency
- σ_f = standard deviation of H/V peak frequency ($f_0 \pm \sigma_f$)
- $\varepsilon(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- A_0 = H/V peak amplitude at frequency f_0
- $A_{H/V}(f)$ = H/V curve amplitude at frequency f
- f' = frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f') < A_0/2$
- f'' = frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f'') < A_0/2$
- $\sigma_A(f)$ = "standard deviation" of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
- $\sigma_{\log H/V}(f)$ = standard deviation of the $\log A_{H/V}(f)$ curve, $\sigma_{\log H/V}(f)$ is an absolute value which should be added to or subtracted from the mean $\log A_{H/V}(f)$ curve
- $\theta(f_0)$ = threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$
- $V_{s,av}$ = average S-wave velocity of the total deposits
- $V_{s,surf}$ = S-wave velocity of the surface layer
- h = depth to bedrock
- h_{min} = lower-bound estimate of h

Threshold Values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

Frequency range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.20 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

- non necessita di energizzazioni al di fuori del rumore sismico ambientale sempre presente
- permette di raggiungere grandi profondità e permette di rilevare la presenza di inversioni di velocità nel sottosuolo.

Il progetto *SESAME - Site EffectS Assessment using AMbient Excitations (2005)* si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del **progetto SESAME**, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Il segnale viene filtrato in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle alte frequenze) o di fenomeni di saturazione. Successivamente il segnale "ripulito" viene scomposto in finestre temporali di determinato periodo.

Per ciascuna delle finestre viene valutato lo spettro di Fourier che viene sottoposto a tapering e/o lisciamiento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quella della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio (curva HV OSSERVATA o SPERIMENTALE), la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito (nel caso che almeno 5 dei 6 criteri di verifica dell'attendibilità del picco di cui al progetto SESAME siano verificate).

Recenti studi condotti da Albarello e Castellaro (2011) hanno inoltre proposto una classificazione della misura (e curva) H/V in modo da poter fornire una indicazione immediata della qualità delle singole misure H/V, con lo scopo di aiutare gli operatori nella fase interpretativa e nel confronto con altri dati osservati. Questo tipo di classificazione trova il suo principale impiego nella redazione delle mappe delle indagini relative al livello 1 della microzonazione sismica (dalla pubblicazione "**Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Appendice 2 Classificazione delle misure H/V**" Albarello e Castellaro, 2011).

Vengono proposte tre classi di qualità:

Classe A: H/V affidabile e interpretabile: può essere utilizzata anche da sola:

1. la forma dell'HVSR nell'intervallo di frequenze di interesse rimane stazionaria per almeno il 30% circa della durata della misura (*Stazionarietà*),
2. le variazioni azimuthali di ampiezza non superano almeno il 30% del massimo (*Isotropia*),
3. non ci sono indizi di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse (*Assenza di disturbi*),
4. i massimi sono caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale (*Plausibilità fisica*),
5. i criteri di SESAME per una curva HVSR chiara ed attendibile (*Robustezza statistica*),

6. la misura è durata almeno 20 minuti (*Durata*) Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

Classe B: curva H/V sospetta (da “interpretare”): va utilizzata con cautela e solo se coerente con altre misure ottenute nelle vicinanze:

1. Almeno una delle condizioni della Classe A non è soddisfatta.

Classe C: curva H/V scadente e di difficile interpretazione: non va utilizzata; rientrano in questa classe:

1. misure di tipo B nella quale la curva H/V mostra una ampiezza crescente al diminuire della frequenza (*deriva*), indice di un movimento dello strumento durante la misura;
2. misure di tipo B nella quale si evidenzia la presenza di rumore elettromagnetico in corrispondenza di diverse frequenze nell'intervallo di interesse.

I criteri delineati sopra non riguardano l'interpretazione in chiave Geologico-Stratigrafica della curva, per la quale sono richiesti ulteriori criteri (per es. criteri SESAME per la “chiarezza” del picco). Vengono aggiunte dunque 2 sottoclassi alle precedenti:

- tipo 1, presenza di almeno un picco chiaro secondo i criteri di SESAME: *possibile risonanza*,
- tipo 2, non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenza di interesse: *assenza di risonanza*.

Ricavata e validata la curva HVSR è possibile STIMARE la velocità delle onde di taglio dei terreni tramite utilizzo di un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati, sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981); mediante tale codice è possibile comunque eseguire, con software **winMASW Academy 2018 [definitive edition]**, l'analisi integrata e/o congiunta del dato HVSR con altri dati ottenuti da indagini geofisiche di superficie (MASW, HVSR, MAAM, ESAC etc.).

4.3 RISULTATI INDAGINE “HV 1”

Tutte le specifiche di acquisizione dei dati HVSR in ciascun punto sono consultabili nei fogli di campagna allegati a fine relazione. I dati acquisiti ed elaborati sono invece riportati negli specifici report in cui sono consultabili e visionabili:

- le tracce registrate ed utilizzate,
- le curve HV e gli spettri delle 3 componenti,
- l'analisi della direzionalità e persistenza dei picchi definiti,
- la validazione dei criteri SESAME.

Sono stati ottenuti i seguenti risultati:

indagine HV1		Classe di Qualità Curva H/V: B1	
Picco "1"		Picco "2"	
frequency (Hz) - f_0 :	1.30 (± 0.4)	frequency (Hz) - f_0 :	15.83 (± 0.4)
HVSR value - A_0 :	2.40 (± 0.3)	HVSR value - A_0 :	2.80 (± 0.3)

5.0 ANALISI CONGIUNTA DATI GEOFISICI ESAC E HVSR

Lo spettro di velocità di fase oltre ai massimi delle coppie v-f (curva effettiva) dell'indagine ESAC e la curva H/V registrata con l'indagine HVSR, sono stati analizzati in via congiunta con il software **winMASW Academy 2018 [definitive edition]** al fine di identificare il profilo V_s di sito che meglio sovrappone i dati registrati con quelli sintetici (da inversione e/o modellazione).

L'analisi ha anche permesso di stimare la profondità del bedrock geologico e sismico locale.

I risultati sono consultabili nel dettaglio in **ALLEGATO A**.

5.1 PROFILO VS DI SITO

indagine ES1 - HV1	TABELLA SISMOSTRATIGRAFICA DI SINTESI		
n. iesimo sismostrato	Profondità [m]	Spessore [m]	V_s [m/sec]
1	1.70	1.70	120.00
2	9.50	7.80	387.00
3	31.40	21.90	591.00
4	70.40	39.00	631.00
5	110.90	40.50	609.00
6	SOTTO 110.90		1147.00

5.2 PROFONDITÀ BEDROCK GEOLOGICO E SISMICO VS DI SITO

Il bedrock geologico e sismico è stimato ad una profondità di oltre m 110 dal p.c.

La Ditta

PM Sondaggi e Perforazioni

*PM Sondaggi e Consolidamento s.r.l.
di Colalocco Natalino e Patella Michele*

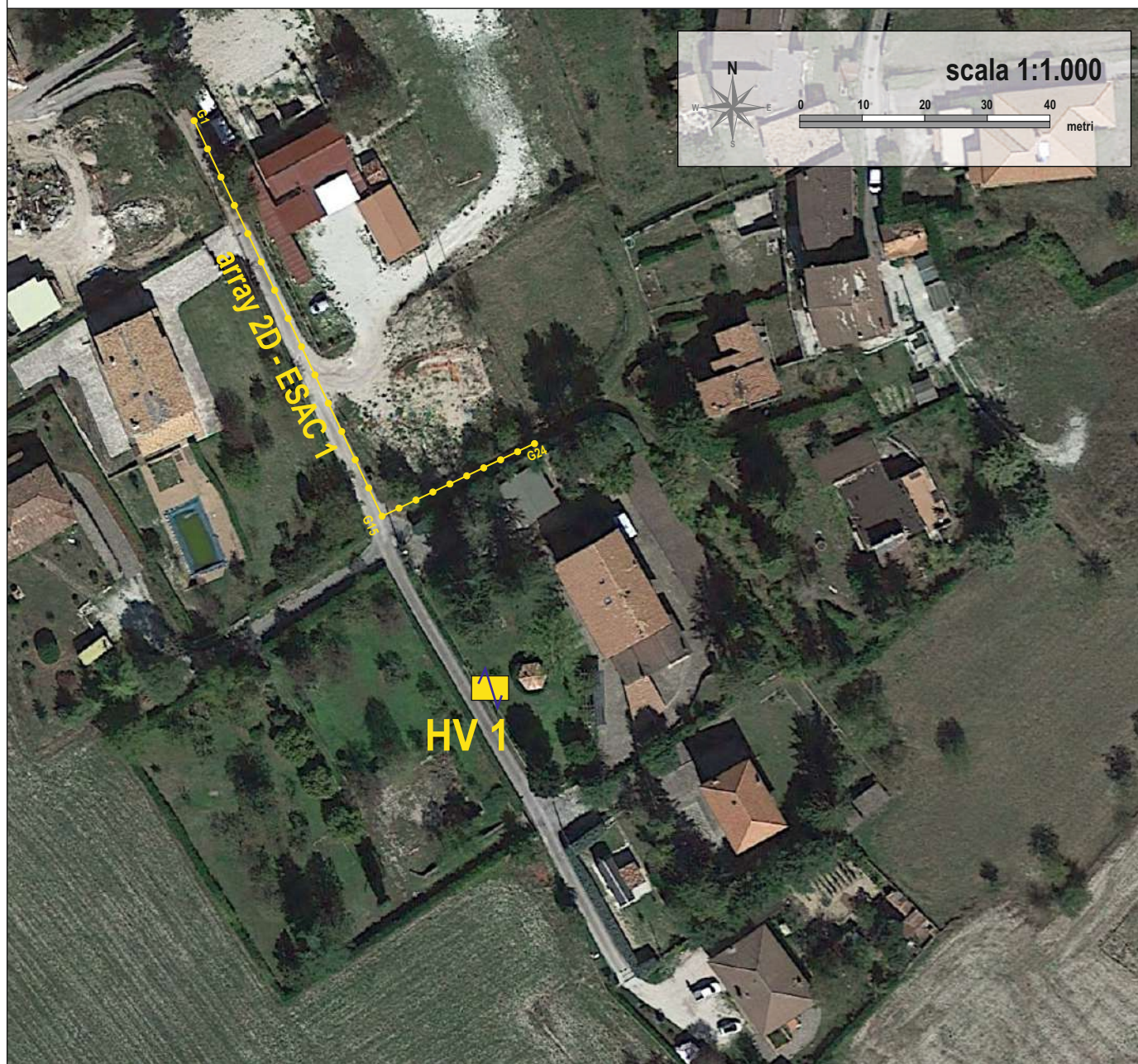
Il Responsabile

Dott. Geol. Francesco SPANICCIATI

Francesco Spanicciati

ORDINE DEI GEOLGICI
DOTT. GEOL. GEO
SPANICCIATI FRANCESCO
ALBO
350
DELLA REGIONE UMBRIA

ORTOFOTOCARTA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE PASSIVE



INDAGINE GEOFISICHE PASSIVE

ESnIndagine Multicanale
con array 2D**HVn**Indagine sismica passiva a stazione singola
con metodo dei rapporti spettrali (HVSr)

C.da Poggiorangone, 53 - 65014 LORETO APRUTINO (PE)
Tel. e Fax 085.8289675 - e-mail: michele_patella@virgilio.it



Ditta
P.M. Sondaggi

PM Sondaggi e Consolidamento s.n.c.
di Colaiocco Natalino e Patella Michele

Sperimentatore
Dott. Geol. Francesco Spanicciati



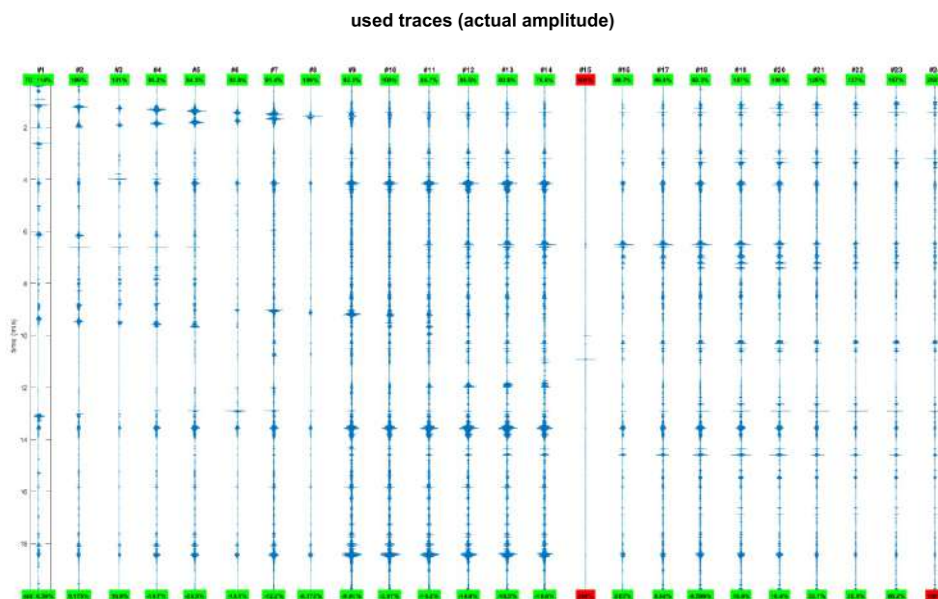
INDAGINE SISMICA PASSIVA MULTICANALE "ESAC"

ES1

REPORT INDAGINE SISMICA PASSIVA MULTICANALE "ESAC" con Array 2D "ES1"

ALLEGATO **A**

Fig. 1



FIRST DATASET:

2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0120_SEG2

N. tracce	20
Durata acquisizione (minuti)	20.0
Periodo di campionamento (msec)	2.0
Ricampionamento segnali (msec)	10.0

Parametri ESAC 1

Frequenza minima di elaborazione (Hz)	2.0
Frequenza massima di elaborazione (Hz)	25.0
Velocità minima di elaborazione (m/s)	100
Velocità massima di elaborazione (m/s)	1.000

Spectral smoothing (%)	2.0
------------------------	-----

Fig. 2

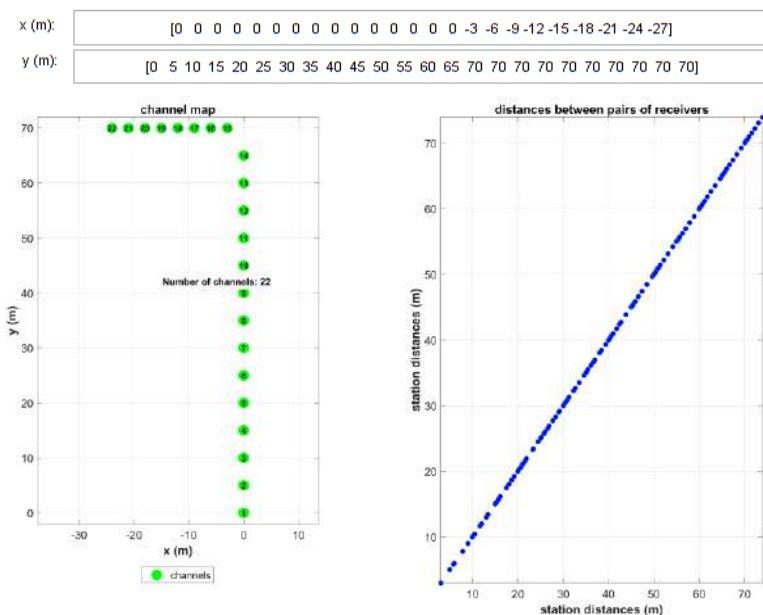
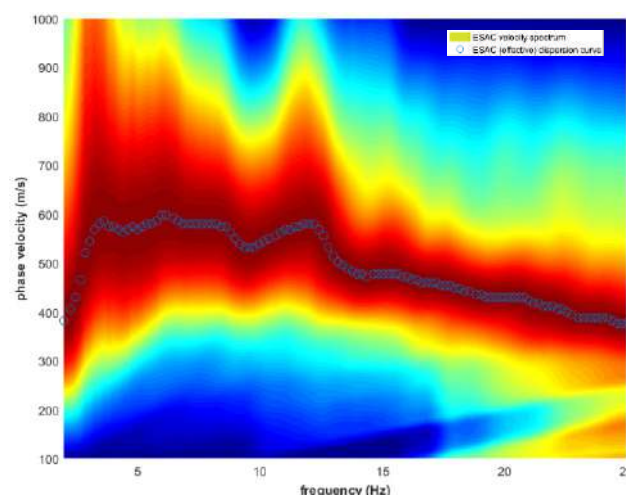


Fig. 3



www.winmasw.com

Fig. 1 - Tracce registrate, geometria array, spettro di velocità di fase e curva di dispersione effettiva

Fig. 2 - Geometria array 2D

Fig. 3 - Spettro di velocità ES 1 e curva di dispersione effettiva

LEGENDA

C.da Poggiorangone, 53 - 65014 LORETO APRUTINO (PE)
Tel. e Fax 085.8289675 - e-mail: michele_patella@virgilio.it



Ditta

P.M. Sondaggi

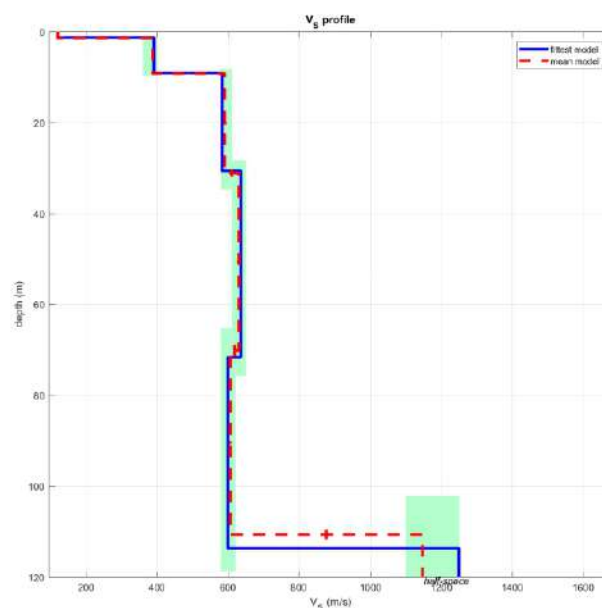
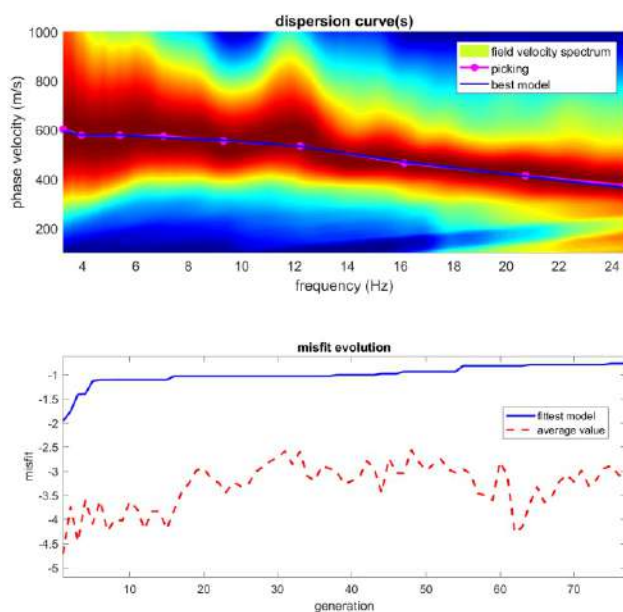
PM Sondaggi e Consolidamento s.n.c.
di Colaiocco Natalino e Patella Michele

Sperimentatore

Dott. Geol. Francesco Spanicciati



INVERSIONE DATI "ES1" - metodo Curva Effettiva



MEAN - MODEL

Confronto Curva H/V osservata e sintetica

Mean model

Vs (m/s): 120, 387, 591, 631, 606, 1147

Standard deviations (m/s): 1, 3, 5, 5, 3, 47

Thickness (m): 1.4, 7.8, 21.9, 39.0, 40.5

Standard deviations (m/s): 0.1, 0.1, 0.8, 1.2, 1.1

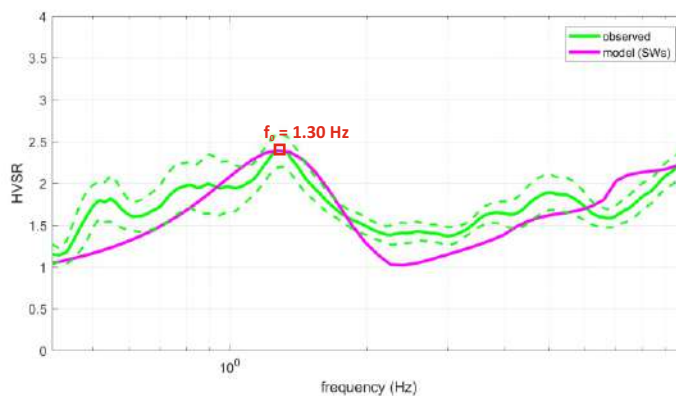
Density (gr/cm3) (approximate values): 1.80 1.99 2.12 2.11 2.05 2.23

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 26 298 742 839 753 2934

Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 354 774 1338 1243 984 2065

Poisson: 0.44 0.33 0.38 0.33 0.19 0.28



V_{s,30} (m/s): 448

C.da Poggiorangone, 53 - 65014 LORETO APRUTINO (PE)
Tel. e Fax 085.8289675 - e-mail: michele_patella@virgilio.it



Ditta

P.M. Sondaggi

PM Sondaggi e Consolidamento s.n.c.
di Colaiocco Natalino e Patella Michele

Sperimentatore

Dott. Geol. Francesco Spanicciati



===== SECTION#1

dataset: ESAC_Velocity_Spectrum.mat

sampling (ms): 10

minimum offset (m): 200

geophone spacing (m): 5

offsets (m): 200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270.0643
270.2567	270.5762	271.0211	271.5891	272.2772	273.0821	274								

Dispersion curve: ZEFF.cdp

Number of individuals: 48

Number of generations: 61

Rayleigh-wave dispersion analysis

Analyzing phase velocities

[effective dispersion curve]

Adopted search space (minimum Vs): 115 360 580 610 580 1100

Adopted search space (maximum Vs): 125 400 610 650 620 1250

Adopted search space (minimum Poisson): 0.20997 0.17514 0.17615 0.17509 0.17766 0.15

Adopted search space (maximum Poisson): 0.499 0.499 0.499 0.499 0.499 0.45

Adopted search space (minimum Qs): 7.5 12.09 14.37 18.0075 21.045 23.25

Adopted search space (maximum Qs): 15 24.18 28.74 36.015 42.09 46.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1

Adopted search space (maximum reference frequency): 24.5219

Adopted search space (minimum thickness): 1.3 7 20 37 37

Adopted search space (maximum thickness): 1.7 8 25 41 43

===== SECTION#2

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -4.7193 -1.9586
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -3.7283 -1.7641
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -4.4618 -1.4075
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -3.6079 -1.4009
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -4.0891 -1.1303
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -3.6145 -1.1093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -4.2449 -1.1093
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -4.001 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -4.0279 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -3.6319 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -3.7849 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -4.203 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -3.835 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -3.8303 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -4.201 -1.1068
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -3.8141 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -3.4429 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -3.2538 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -2.9843 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -2.9409 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -3.1523 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -3.2403 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -3.4437 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -3.2282 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -3.3126 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -3.2829 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -3.0196 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -2.9107 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -2.7942 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -2.7137 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -2.5868 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: -2.8607 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: -2.5963 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: -3.1036 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: -3.1987 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: -2.8902 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: -2.9445 -1.0323
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: -3.0182 -1.0056
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: -3.2695 -1.0056
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: -3.204 -1.0056
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: -3.1314 -1.0056

Optimizing Vs & Thickness - generation: 42; average & best misfits: -2.7857 -1.0056
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 43; average & best misfits: -2.9472 -1.0056
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 44; average & best misfits: -3.4491 -0.98119
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 45; average & best misfits: -2.7355 -0.98119
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 46; average & best misfits: -3.0375 -0.98119
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 47; average & best misfits: -3.0436 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 48; average & best misfits: -2.5629 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 49; average & best misfits: -2.8059 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 50; average & best misfits: -2.9867 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 51; average & best misfits: -2.8612 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 52; average & best misfits: -2.7505 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 53; average & best misfits: -2.9634 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 54; average & best misfits: -3.0331 -0.93821
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 55; average & best misfits: -2.9574 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 56; average & best misfits: -3.0491 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 57; average & best misfits: -3.4627 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 58; average & best misfits: -3.4988 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 59; average & best misfits: -3.6032 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 60; average & best misfits: -2.807 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 61; average & best misfits: -3.0951 -0.81909

Adopted search space (minimum Vs): 115 360 580 610 580 1100
 Adopted search space (maximum Vs): 125 400 610 650 620 1250

Adopted search space (minimum Qs): 7.5 12.09 14.37 18.0075 21.045 23.25
 Adopted search space (maximum Qs): 15 24.18 28.74 36.015 42.09 46.5

Adopted search space (minimum reference frequency): 1
 Adopted search space (maximum reference frequency): 24.5219

Adopted search space (minimum Poisson): 0.20997 0.17514 0.17615 0.17509 0.17766 0.15
 Adopted search space (maximum Poisson): 0.497 0.497 0.497 0.497 0.497 0.45

Adopted search space (minimum thickness): 1.3 7 20 37 37
 Adopted search space (maximum thickness): 1.7 8 25 41 43

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh-wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -4.2788 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -4.1589 -0.81909
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -3.6859 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -3.3207 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -3.6519 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -3.5296 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -3.2203 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -3.0795 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -3.2188 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -2.9892 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -3.3039 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -3.1818 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -2.9458 -0.79428
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -2.8889 -0.76936
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -3.0748 -0.76936
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -3.1437 -0.76936

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

Vs (m/s): 120 391 583 636 600 1250
 Thickness (m): 1.3 7.8 22 41 42

Number of models considered to calculate the average model: 88

RESULTS

Dataset: ESAC_Velocity_Spectrum.mat
Analyzed curve/spectrum: ZEFF.cdp

===== SECTION#3

Analyzing Phase Velocities

Analyzing Rayleigh-Wave Dispersion

===== MEAN MODEL

Vs (m/s): 120 387 591 631 606 1147
Standard deviations (m/s): 1 3 5 5 3 47

Thickness (m): 1.4 7.8 21.9 39.0 40.5
Standard deviations (m): 0.1 0.1 0.8 1.2 1.1

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 354 774 1338 1243 984 2065
Density (gr/cm3): 1.80 1.99 2.12 2.11 2.05 2.23
Vp/Vs ratio: 2.95 2.00 2.26 1.97 1.62 1.80
Poisson: 0.44 0.33 0.38 0.33 0.19 0.28
Shear modulus (MPa): 26 298 742 839 753 2934
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 0

===== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 120 391 583 636 600 1250
thickness (m): 1.30048 7.78179 21.556 41 42.104

Approximate values for Vp, density, Poisson & Shear modulus

Vp (m/s): 252 901 1158 1069 975 2341
Density (gr/cm3): 1.72 2.03 2.09 2.07 2.05 2.26
Vp/Vs ratio: 2.10 2.30 1.99 1.68 1.63 1.87
Poisson: 0.35 0.38 0.33 0.23 0.20 0.30
Shear modulus (MPa): 25 310 710 837 737 3533
Estimated static shear modulus (MPa): 0 0 0 0 0 1229

dispersion curve (frequency - velocity)

Effective Dispersion curve)

best model

3.25549	595.2261
3.94788	578.1485
5.39862	578.9814
7.04718	568.7817
9.32219	557.0686
12.2237	532.7532
16.1472	468.603
20.7302	411.4227
24.5219	363.2046

===== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh Method": 120 m

Inversion quality: very good

Vs30 & VsE (mean model): 448 448 m/s
Vs30 & VsE (best model): 450 450 m/s

===== SECTION#6

For Italian Users:

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

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

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

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

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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

=====

winMASW - Surface Waves & Beyond
www.winmasw.com

Number of models used to define the mean model: 88
Vs30 for the best model: 450 450
Analyzing phase velocities

LA DITTA INCARICATA

PM Sondaggi e Consolidamento s.r.l.
di Colalocco Natalina e Patella Michele

IL RESPONSABILE

Dott. Geol. Francesco SPANICCIATI



Foglio Campagna acquisizione ESAC

Campagna	BUCARELLI STEFANO	Data	11/06/2020
Profilo-Indagine	ES1	Operatore	Francesco SPANICCIATI
Strumento	DO.RE.MI. Sara El.	Condizioni Meteo	Nuvoloso
Sorgente	-----	Formato Dati	.dat (SEG2)
Frequenza Geofoni	4.5 Hz	Spaziatura Geofoni	-----
Freq. Campionamento	200 Hz	Lungh. Registrazione	20 min
Coordinate			
	GPS	UTM (WGS84)	ALTRO
Latitudine	42.851332°		
Longitudine	13.096220°		
Quota (m slm)	740		

Mappa: (TAVOLA A – Indagine ES 1)



Foto 1: Indagine ES 1 – G1



Foto 2: Indagine ES 1 – G15



Foto 3: Indagine ES 1 – G24



Schema geometria

N. GEOFONO	Xcoordinates	Ycoordinates
1	0	0
2	0	5
3	0	10
4	0	15
5	0	20
6	0	25
7	0	30
8	0	35
9	0	40
10	0	45
11	0	50
12	0	55
13	0	60
14	0	65
15	0	70
16	-3	70
17	-6	70
18	-9	70
19	-12	70
20	-15	70
21	-18	70
22	-21	70
23	-24	70
24	-27	70

Misura N°	Posizione Energiz.	Nome file	Posizioni Ricevitori	Tracce inattive	Note (Rumore, Energ. singola, stack Energ.)
1	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0120_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
2	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0220_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
3	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0320_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
4	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0420_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
5	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0520_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
6	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0620_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
7	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0720_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
8	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0820_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
9	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_0920_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
10	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1020_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
11	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1120_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
12	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1220_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
13	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1320_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
14	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1420_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
15	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1520_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
16	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1620_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
17	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1720_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
18	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1820_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
19	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_1920_SEG2.dat	-----	-----	Rumore
20	-----	2020-06-11_12-04-52_00200_06000_024_Acquis_2020_SEG2.dat	-----	-----	Rumore

REPORT
INDAGINI SISMICHE PASSIVE A STAZIONE SINGOLA "HVSr"
HV1

REPORT INDAGINE GEOFISICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Fig. 1 TRACCE REGISTRATE

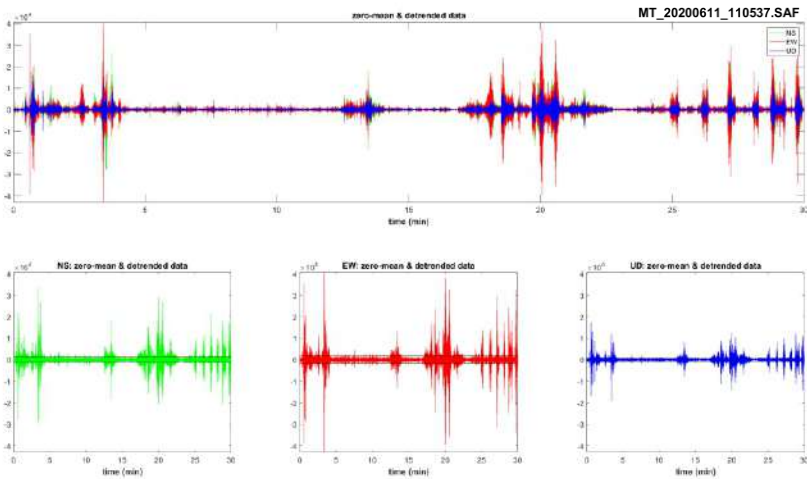


Fig. 2 TRACCE FILTRATE

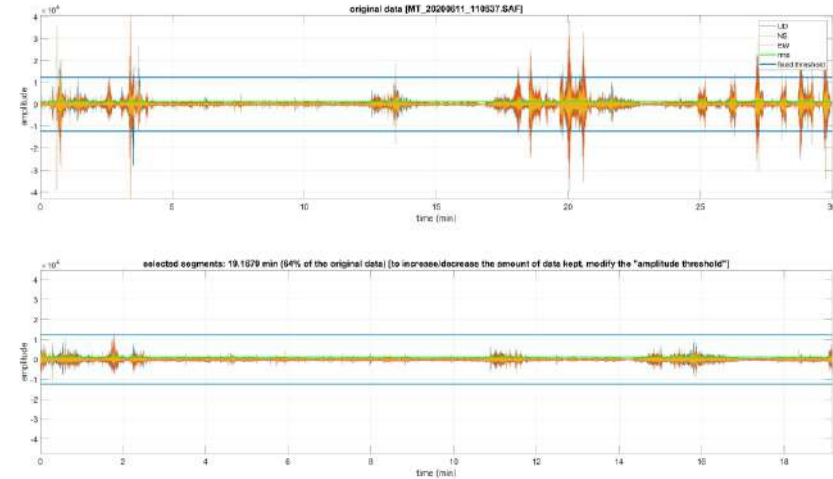


Fig. 3 RAPPORTO SPETTRALE H/V

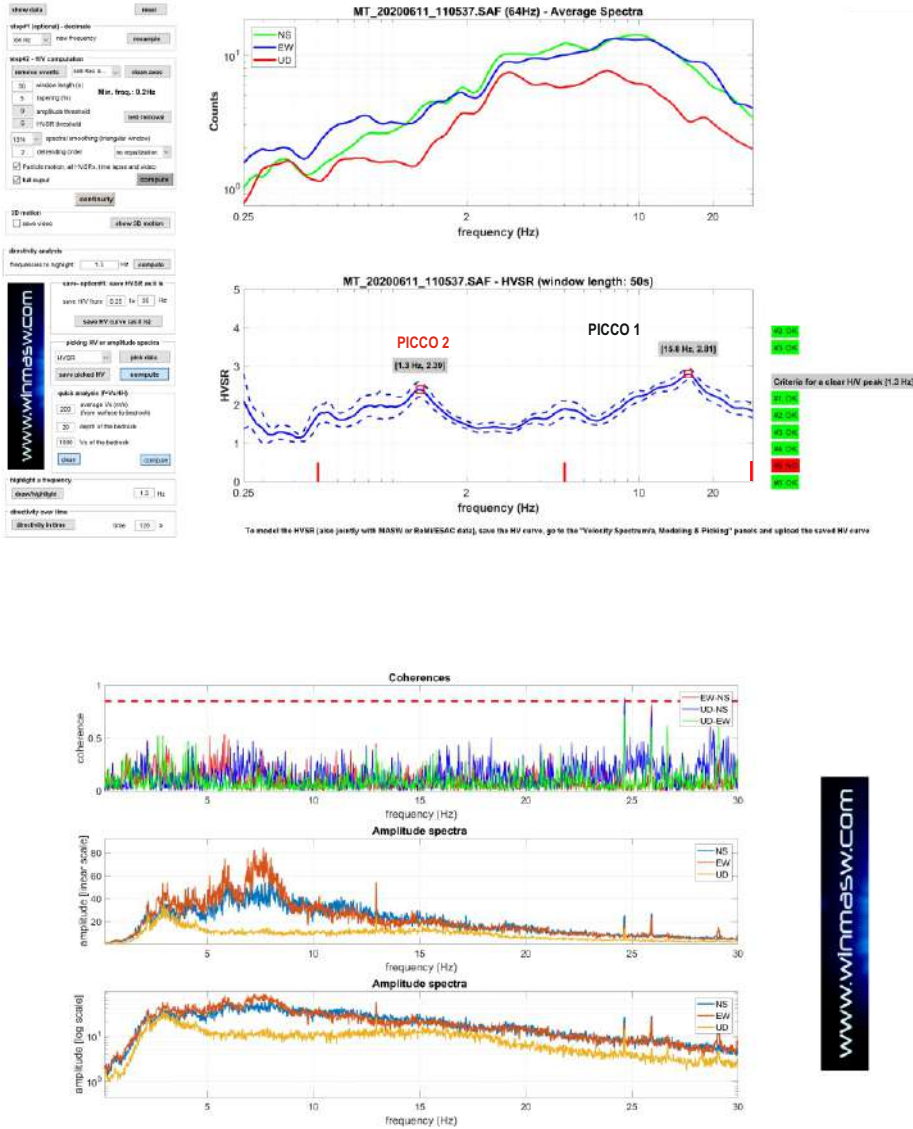
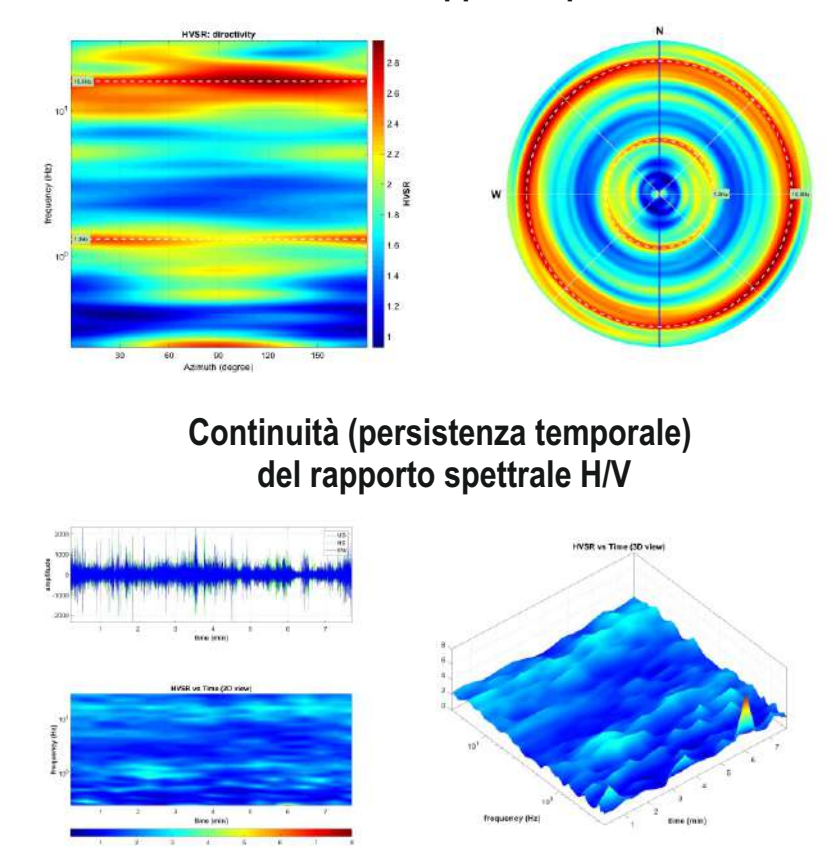


Fig. 4 Direzionalità del rapporto spettrale H/V



LEGENDA

Fig. 1 - Tracce Registrare nelle 3 componenti (NS - WE - UpDown)
Fig. 2 - Tracce filtrate
Fig. 3 - Spettri delle singole componenti e curva spettrale H/V
Fig. 4 - Direzionalità e Persistenza temporale H/V
Fig. 5 - Conformità della curva H/V e del picco f_0 ai criteri SESAME e classificazione curva H/V (Albarello e Castellaro, 2011)

C.da Poggiorangone, 53 - 65014 LORETO APRUTINO (PE)
Tel. e Fax 085.8289675 - e-mail: michele_patella@virgilio.it La ditta



PM Sondaggi e Consolidamento s.n.c.
di Colaiocco, Patella e Patella Michele

Indagine geofisica

HV 1

Lo sperimentatore
Dott. Geol. Francesco Spanicciati

winMASW & HoliSurface: Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio

Dataset: MT_20200611_110537.SAF

DATA ACQUISITION
Date and time: 2020 06 11 11 05 37.000

DATA PROCESSING
Date: 12 6 2020
Time: 11 6
Sampling frequency (Hz): 64
Window length (sec): 50
Minimum frequency soundly determined [10 cycles]: 0.2Hz
Length of analysed dataset (min): 16.0
Tapering (%): 5
Smoothing (%): 15



PICCO "2"	PICCO "1"
SESAME criteria In the following the results considering the data in the 2.0-10.0Hz frequency range Peak frequency (Hz): 1.3 (± 1.4) Peak HVSR value: 2.4 (± 0.2) Criteria for a reliable H/V curve #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $1.298 > 0.2$ (OK) #2. $[nc > 200]$: $1233 > 200$ (OK) #3. $[f_0 > 0.5Hz; \sigma_{A(f)} < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK) Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) #1. [exists f^- in the range $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes, at frequency 0.4Hz (OK) #2. [exists f^+ in the range $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK) #3. $[A_0 > 2]$: $2.4 > 2$ (OK) #4. $[f_{peak}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_{A(f)} = f_0 \text{ a } 5\%]$: (OK) #5. $[\sigma_{A(f)} < \epsilon_{\sigma}(f_0)]$: $1.404 > 0.130$ (NO) #6. $[\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)]$: $0.553 < 1.78$ (OK)	SESAME criteria In the following the results considering the data in the 5.0-25.0Hz frequency range Peak frequency (Hz): 15.8 (± 2.2) Peak HVSR value: 2.8 (± 0.1) Criteria for a reliable H/V curve #1. $[f_0 > 10/Lw]$: $15.836 > 0.2$ (OK) #2. $[nc > 200]$: $15044 > 200$ (OK) #3. $[f_0 > 0.5Hz; \sigma_{A(f)} < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK) Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) #1. [exists f^- in the range $[f_0/4, f_0]$ $AH/V(f^-) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency 4.0Hz (OK) #2. [exists f^+ in the range $[f_0, 4f_0]$ $AH/V(f^+) < A_0/2$]: yes (considering standard deviations), at frequency Hz (OK) #3. $[A_0 > 2]$: $2.8 > 2$ (OK) #4. $[f_{peak}[Ah/v(f)] \text{ a } \sigma_{A(f)} = f_0 \text{ a } 5\%]$: (OK) #5. $[\sigma_{A(f)} < \epsilon_{\sigma}(f_0)]$: $2.169 > 0.792$ (NO) #6. $[\sigma_{A(f_0)} < \theta(f_0)]$: $0.194 < 1.58$ (OK)
CLASSIFICAZIONE MISURA H/V (Albarello e Castellaro, 2011) B1	CLASSIFICAZIONE MISURA H/V (Albarello e Castellaro, 2011) B1

SCHEDA ACQUISIZIONE DATI HVSR

ALLEGATO

B

RIFERIMENTO ARCHIVIO: BUCARELLI STEFANO		SITO: Comune di NORCIA (PG) Via Dei Casali Frazione Campi	DATA: 11/06/2020 ORA: 11.05
OPERATORE: Dott. Geol. Francesco SPANICCIATI		GPS - Sistema di riferimento: WGS84 - gradi decimali	
LATITUDINE: 42.850790°	LONGITUDINE: 13.096474°	ALTITUDINE: 742 m slm	
TIPO DI STAZIONE: SR04HS GEOBOX Digital sensor (SARA Electronic Instruments S.r.l.) STAZIONE n.: GEO1		TIPO DI SENSORE: 3 velocimetri con frequenza propria da 2,0 Hz SENSORE n.:	NOTE VARIE:
NOME DEL FILE: MT_20200611_110537.SAF		PUNTO: HV1	
FREQUENZA DI CAMP. (Hz): 300	INTERVALLO DI CAMP. (ms): 0,33	DURATA ACQUISIZIONE (s): 2400	
CONDIZIONI METEO	VENTO: assente ☒ assente ☐ debole < 5m/s ☐ medio ☐ forte		
	PIOGGIA: ☒ assente ☐ debole ☐ media ☐ forte		
TIPO SUOLO	Temperature (°C): 18° C Note:		
	☐ argilla ☐ sabbia ☐ ghiaia ☐ roccia ☒ erba ☐ (☒ bassa ☐ alta) ☐ asfalto ☐ cemento ☐ pavimentazione ☐ altro _____ ☒ terreno asciutto ☐ terreno bagnato NOTE: _____		

ACCOPPIAMENTO ARTIFICIALE SENSORE-TERRENO: ☒ no ☐ si, tipo _____

PRESENZA EDIFICI ☐ nessuno ☒ rari ☐ molti altro, tipo _____

TRANSIENTI	nessuno	pochi	moderati	molti	moltissimi	direzione /distanza (mt)
auto	☒					
camion	☒					
pedoni		☒				20 m
altro						

SORGENTI DI RUMORE MONOCROMATICO (pompe, industrie ecc.)
☒ no ☐ si, tipo _____

STRUTTURE NELLE VICINANZE (alberi, infrastrutture, ponti ecc)
 Descrizione, altezza e distanza:
 PRESENZA DI ALBERI A CIRCA m 8.0

OSSERVAZIONI:

PICCO 2

$f_0 = 1.30 (+0.4)$ Hz

$A_0 = 2.40 (+0.3)$

Classe di qualità* curva H/V:

B1

PICCO 1

$f_0 = 15.83 (+0.4)$ Hz

$A_0 = 2.80 (+0.3)$

Classe di qualità* curva H/V:

B1

C.da Poggiorangone, 53 - 65014 LORETO APRUTINO (PE)
 Tel. e Fax 085.8289675 - e-mail: michele_patella@virgilio.it

La ditta

PM Sondaggi e Consolidamento s.r.l.
 di Colalocco Michele e Patella Michele

PM
 Sondaggi e Consolidamento s.r.l.

Lo sperimentatore

Dott. Geol. Francesco Spanicciati

SPANICCIATI FRANCESCO

ALBO

350

DELLA REGIONE UMBRIA

Scheda ed elaborazione conforme alla Delibera n. 2/15 del 28/01/2015 dell' Ordine dei Geologi della Regione Umbria

*Classe di qualità della curva H/V secondo criteri proposti da Albarello et alii, 2010 e Albarello e Castellaro, 2011.