

PNC – PNRR: Piano Nazionale Complementare al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza nei territori colpiti dal sisma 2009–2016, Sub–misura A4, "Investimenti sulla rete stradale statale"

**S.S. 685 "Tre Valli Umbre"
Miglioramento funzionale dell'attraversamento della frazione di Serravalle**

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. Elena Bartolucci
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A3217

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglioni
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Gianluca De Paolis
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1344

IL DEC

Dott. Arch. Lara Eusanio
Ordine degli Architetti P.P.C. della Prov. di L'Aquila n° 859

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



Dott.Ing. N.Granieri
Dott.Ing. V.Truffini
Dott.Ing. T.Berti Nulli
Dott.Arch. A.Bracchini
Dott.Ing. E.Bartolucci
Dott.Ing. L.Spaccini
Dott.Geol. G.Cerquiglioni
Dott.Ing. F.Pambianco
Dott.Ing. M.Abram
Dott.Arch. C.Presciutti
Dott. Agr. F.Berti Nulli
Geom. S.Scopetta
Geom. M.Zucconi
Geom. L.Pacioselli
Dott.Ing. E.Santucci
Dott.Arch. S.Bracchini
Dott.Ing. C.Rossi

MANDANTI:



Dott. Ing. V.Rotisciani
Dott. Ing. F.Macchioni
Dott. Ing. G.Pulli
Dott. Ing. V.Piunno



**03.STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO
03.01 GEOLOGIA**

Relazione geologica e idrogeologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	T00-GE01-GE0-RE01-A			
PG378	P 23	T00GE01GEORE01		A	-
A	Emissione	Ott-23	G.Cerquiglioni	G.Cerquiglioni	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	MODELLO GEOLOGICO	4
2.1	GEOMORFOLOGIA E TOPOGRAFIA	4
2.2	GEOLOGIA E LITOSTRATIGRAFIA.....	9
2.3	IDROGRAFIA	11
2.4	IDROGEOLOGIA	12
3	MODELLO SIMOGENETICO, DEFINIZIONE IMPUT SIMICO E VALUTAZIONE EFFETTI DI SITO	16
3.1	INQUADRAMENTO SIMOGENETICO E SIMICITÀ STORICA DELL'AREA	16
3.2	PERICOLOSITÀ SIMICA DI BASE (MACROZONAZIONE SIMICA)(ELABORAZIONI EFFETTUATE CON "SPETTRI NTC VER. 1.0.3)	28
3.3	EFFETTI DI (MICRO ZONAZIONE SIMICA)	30
3.4	VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SIMICA LOCALE	31
3.4.1	Stato Limite SLV	31
3.4.2	Stato Limite SLD.....	31
3.4.3	Spettri di risposta	32
3.5	VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE	33
4	MODELLO GEOTECNICO.....	35
4.1	PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE	35
4.2	ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE TERRE	35
4.2.1	Risultati delle indagini geotecniche preesistenti	36
4.2.2	Valori caratteristici e valori di progetto	42
5	ALLEGATI	45

1 PREMESSA

La presente relazione geologica preliminare è stata eseguita ai fini del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) riguardante "Il miglioramento funzionale dell'attraversamento della Frazione di Serravalle" sulla S.S.685 Tre Valli Umbre, nel terreno censito ai F° 110-111-112 del Comune di Norcia in Loc. Serravalle.

L'indagine è stata condotta in ottemperanza a quanto disposto dalla legge 64/74; D.M. LL.PP. del 11/03/1988, D.M. 17 gennaio 2018 e circolare applicativa del 21/01/2019.

La **finalità generale dell'intervento** è quella di migliorare l'accessibilità all'area del cosiddetto "Cratere sismico" (con particolare riferimento alle aree che comprendono i centri di Norcia, e Cascia) dalla viabilità primaria costituita dal tratto della S.S. 685 con origine da Spoleto.

Il tracciato della S.S.685 preso in esame è quello che attraversa l'abitato di Serravalle, all'altezza del quale è presente lo svincolo oggi regolamentato da segnaletica verticale ed orizzontale di "Stop" che collega Spoleto-Cascia e Norcia.

L'obiettivo comune alle tre alternative consiste nella velocizzazione del tratto in esame con la realizzazione di un by-pass al paese di Serravalle utilizzando una sezione stradale tipo C2 per le strade extraurbane secondarie prevista dal D.M. del 5 novembre 2001, avente una larghezza complessiva della piattaforma pari a 9,50 m (circa 2,00 m superiore rispetto all'attuale) con le relative prestazioni in termini di intervallo di velocità di progetto, lunghezze minime di visuale libera e di allargamento delle corsie per la corretta iscrizione dei veicoli in curva e per le verifiche di visibilità.

Per la caratterizzazione geognostica delle terre in fase preliminare ci si è avvalsi del rilevamento geologico coadiuvato dai dati esistenti in bibliografia per l'area in esame.

Inoltre, per la valutazione dei parametri sismici e geotecnici è stata programmata la seguente campagna di indagine geognostica:

- N° 9 Test DPSH spinti fino alla profondità di 15 m dal p.c.;
- N° 6 sondaggi con carotaggio in continuo spinti a profondità variabile fra i 30 e i 40 m dal p.c., con esecuzione di prove SPT in foro;
- N° 3 prove sismiche dirette Down-Hole nei fori di sondaggio precedentemente completati a tale scopo;
- N° 3 indagini di tipo sismico M.A.S.W. per l'acquisizione delle Vseq;
- N° 3 indagine di sismica a rifrazione.
- N° 2 indagini sismiche miste a riflessione.

In fase di sondaggio è previsto il prelievo di 6 campioni indisturbati nei fori di sondaggio, su cui saranno eseguite le seguenti analisi di laboratorio:

- determinazione parametri indice
- determinazione limiti di Atterberg, compreso limite di ritiro
- analisi granulometrica

Relazione Geologica e Idrogeologica

- Prova di Taglio diretto CD e prova di taglio residuo
- Prova di compressibilità edometrica.

Non si ravvedono, per quanto di competenza geologica e nel pieno rispetto delle modalità realizzative suggerite in relazione, controindicazioni all'esecuzione dell'intervento di cui al titolo.

2 MODELLO GEOLOGICO

La zona di intervento è cartografata al F° 132 III NW della carta d'Italia e al F°337/010 (Norcia) scala:10000 della Regione dell'Umbria in loc. Serravalle di Norcia, alle seguenti coordinate geografiche

WGS84:	Latitudine 42.784367	Longitudine:13.021947
(ED50):	Latitudine: 42.785333°	Longitudine: 13.022874°

2.1 GEOMORFOLOGIA E TOPOGRAFIA

L'area di studio si trova all'interno della valle alluvionale del Fiume Corno alla confluenza con il Fiume Sordo, tributari del fiume Nera, all'altezza dell'abitato di Serravalle, ad una quota topografica all'incirca compresa fra i 503 ed i 515 m s.l.m.

L'aspetto orografico d'insieme è proprio dell'ambiente Appenninico con forti incisioni a V dei corsi d'acqua nel loro tratto iniziale e rapido allargamento verso il basso a causa di un'elevata erodibilità delle formazioni affioranti per fratturazione e di un importante e conseguente trasporto del sedimento.

I rilievi circostanti l'area di progetto sono contraddistinti da pendenze estremamente variabili che riproducono fedelmente la litologia dei luoghi ed evidenziano immaturità morfologica in un contesto paesaggistico in continua evoluzione; sono perciò visibili zone contraddistinte da acclività molto elevate con speroni rocciosi in affioramento che generano vere e proprie rupi, alternati a pendenze minori, in funzione della competenza dei litotipi.

Le morfostrutture principali sono anticlinali e sinclinali formatesi durante la fase tettonica compressiva (Miocene superiore – Pliocene inferiore).

Le anticlinali presentano una geometria convessa verso l'alto con cresta piatta e a fianchi ripide corrispondono generalmente alle dorsali montuose, le sinclinali sono molto strette e corrispondono quasi sempre a delle valli; la geometria della rete idrografica è fortemente condizionata dall'evoluzione tettonica della Valnerina.

Le valli del F. Nera e del T. Tissino si sono formate all'interno di due strette sinclinali; a questo schema geomorfologico fa eccezione la valle del F. Corno; il fiume Corno scorre in direzione sud-nord fino a Serravalle, per poi curvare in corrispondenza della confluenza con il fiume Sordo (che scorre in direzione E-W) e scorrere da Est verso Ovest tra Serravalle e Nortosce.

In questo tratto dove scorre in direzione longitudinale incide profondamente per due volte la cerniera di un'anticlinale lungo fratture ortogonali all'asse della struttura, generatisi durante il piegamento.

La valle del F. Corno costituisce un esempio di inversione del rilievo, creando delle suggestive gole (Roccaporena, Biselli, Balza Tagliata).

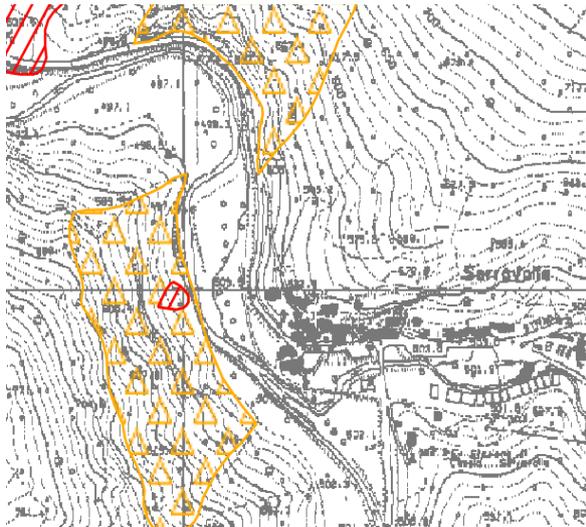
§ Considerazioni sulle condizioni di stabilità locale

L'area strettamente interessata dal progetto si presenta pianeggiante in condizioni di stabilità che possono essere considerate in generale buone, leggermente degradante verso l'alveo del Fiume Corno; al contrario le zone immediatamente retrostanti la futura struttura mostrano aumenti delle pendenze dal 50% ed oltre, con talora affioramenti verticali del substrato litoide in posto.

La cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e la Cartografia IFFI non ricomprendono l'area in esame come zona instabile.

Ad ovest del tracciato è rilevabile la presenza di una scarpata in Calcarì Diasprigni e Maiolica censita come zona con frana quiescente, con un grado di pericolosità P3 per crollo o ribaltamento di porzioni lapidee.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Legenda

Inventario delle frane

- frana per colito o ribaltamento
- frana per scivolamento
- frana per colamento
- frana complessa
- area con frangibilità effusa
- area interessata da deformazioni gravitative profonde (DGP)
- area interessata da deformazioni superficiali lente ed sottili
- franca edo cono di detrito
- detrito fono (colata di detrito)

- area a calanchi o in evocione
- frana presunta
- oro di scarpata di frana
- frana non cartografabile

Area a Rischio di Frana

- R4 - "molto elevato"
- R3 - "elevato"
- R2 - "medio"

Dissesti idraulici sul re secondario e minore

- tratti in sovraincisione
- zone di erosione spontanea
- corsi d'acqua in dissesto

Area esondabile sul re secondario e minore

- tempo di ritorno=100 anni

Area a Rischio Idraulico secondario e minore

- R4 - "molto elevato"



Pericolosità Idrogeologica

Pericolosità frane

- Molto elevata P4
- Elevata P3
- Media P2
- Moderata P1
- Area di Attenzione AA

Pericolosità idraulica

- Elevata
- Media
- Bassa

Data layers

Layers di base

Pericolosità e rischio

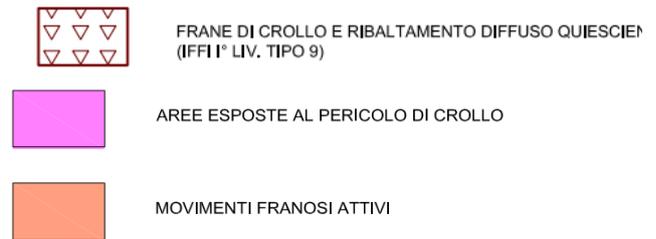
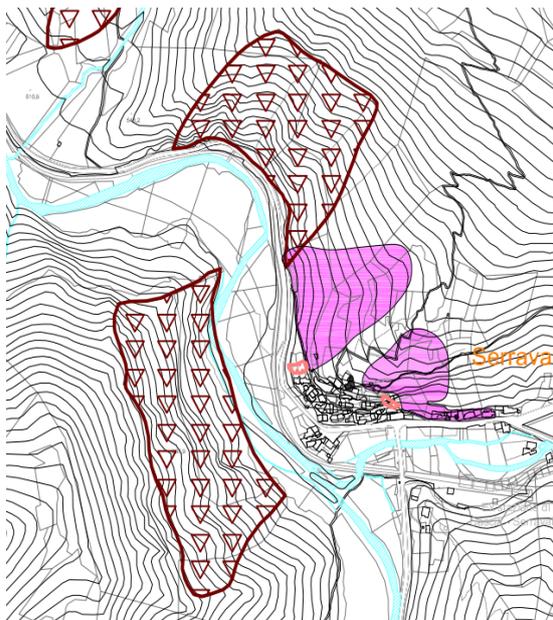
Frane	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
Molto Elevata P4	0,71 (0,3%)	31 (0,6%)	14 (0,7%)	61 (2%)	1 (0,2%)	1 (0,9%)
Elevata P3	10,4 (3,8%)	23 (0,5%)	13 (0,6%)	39 (1,3%)	1 (0,2%)	3 (2,8%)
Media P2	16,38 (5,9%)	301 (6,1%)	130 (6,3%)	225 (7,4%)	29 (6,3%)	9 (8,4%)
Moderata P1	30,04 (10,9%)	3,483 (70,9%)	1,423 (68,7%)	1,614 (52,8%)	364 (78,8%)	62 (57,9%)
Aree di Attenzione AA	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
P4 + P3	11,11 (4%)	54 (1,1%)	27 (1,3%)	100 (3,3%)	2 (0,4%)	4 (3,7%)

Pericolosità Idrogeologica

Relazione Geologica e Idrogeologica

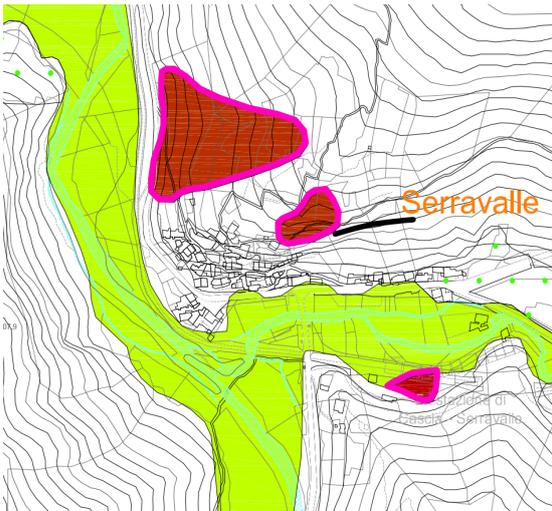


CARTOGRAFIA IFFI



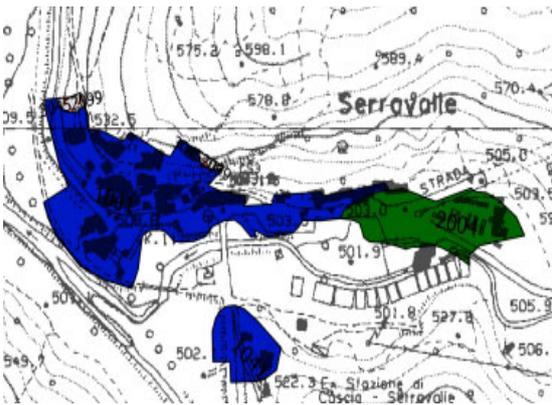
PRG_PS-G04-1_GEO_Carta dei movimenti franosi_appr_febbraio2021

Relazione Geologica e Idrogeologica



Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Gruppo di Lavoro MS 2008 (ICMS 2008) - D.G.R. 377/2010		Regione Umbria D.G.R. 226/2001	
CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO 1) - SCALA 1:10.000		CARTA DELLE ZONE SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI O INSTABILITÀ DINAMICHE LOCALI	
legenda		corrispondenza:	
A - ZONE STABILI			
ZONA K1 - SUBSTRATO	↔	ZONA NON CLASSIFICATA (VEDERE RELAZIONE ILLUSTRATIVA)	
B - ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE			
ZONA K2 - ALLUVIONI S.L.	↔	ZONA 7: fondovalle con presenza di terreni di copra	
ZONA K3 - GHIAIE SABBIOSE	↔	ZONA 7: fondovalle con presenza di terreni di copra	
ZONA K4 - LIMI E ARGILLE	↔	ZONA 4: terreni di fondazione scadenti (riperti poco falde superficiali in pianure alluvionali e depositi elur	
ZONA K5 - RIPIRTI	↔	ZONA 4: terreni di fondazione scadenti (riperti poco falde superficiali in pianure alluvionali e depositi elur	
FORME DI SUPERFICIE (AREALI)		FORME DI SUPERFICIE (AREALI)	
ZONA K6 - FALDA DI DETRITO E CONDIZIONI ALLUVIONALI	↔	ZONA 8: detriti di falda	
C - ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ			
INSTABILITÀ DI VERSANTE			
FR1 - FRANA DI CROLLO QUIESCENTE	↔	ZONA 3: versante soggetto a fenomeni di crollo ed ars al pericolo di crollo	
FR2 - FRANA DI SCORRIMENTO ATTIVA	↔	ZONA 1: movimenti franosi attivi	
FR2 - FRANA DI SCORRIMENTO QUIESCENTE	↔	ZONA 2: movimenti franosi quiescenti e inattivi	
FR2 - FRANA DI SCORRIMENTO INATTIVA	↔	ZONA 2: movimenti franosi quiescenti e inattivi	
FR2 - ZONE DI ATTENZIONE INSTABILITÀ VERSANTE	↔	NON PREVISTA	
FA - FAGLIA ATTIVA E CAPACE CERTA	↔	NON PREVISTA	
FA - FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESUNTA	↔	NON PREVISTA	
AREA INTERESSATA DALLE DEFORMAZIONI DELLA FAGLIA ATTIVA E CAPACE (ampiezza dell'area 15m da falda certa, 75 m da falda incerta)	↔	NON PREVISTA	
CODI - AREA DI CONTATTO STRATIGRAFICO DI LITOTIPI CON CARATTERISTICHE MECCANICHE DIFFERENZIALI	↔	ZONA 9: contatto tra substrato e copertura (VEDERE RELAZIONE ILLUSTRATIVA)	

PRG_PS-G04-2_GEO_MSZ_appr_febbraio2021



- Substrato - alternanze litologiche
- Zona 4 (2004)

Microzonazione sismica di 3 livello
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

Stratigrafie di riferimento Microzone Omogenee



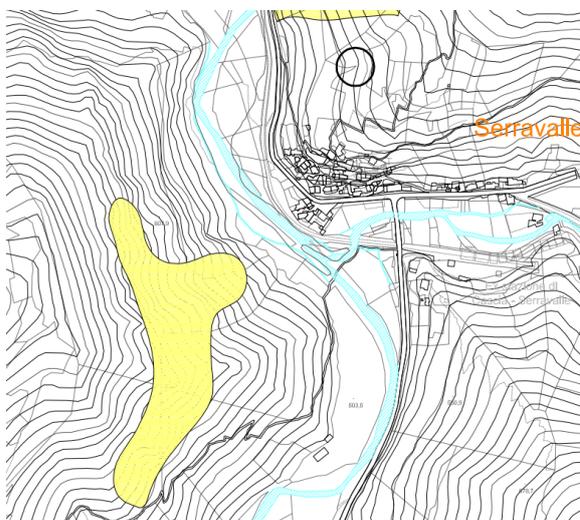
Zona 4 Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di sabbia e ghiaia, spessore 10 m



Zona 1041 Substrato geologico costituito da alternanze di litotipi, stratificato

Relazione Geologica e Idrogeologica

Nella cartografia MOPS della Microzonazione Sismica



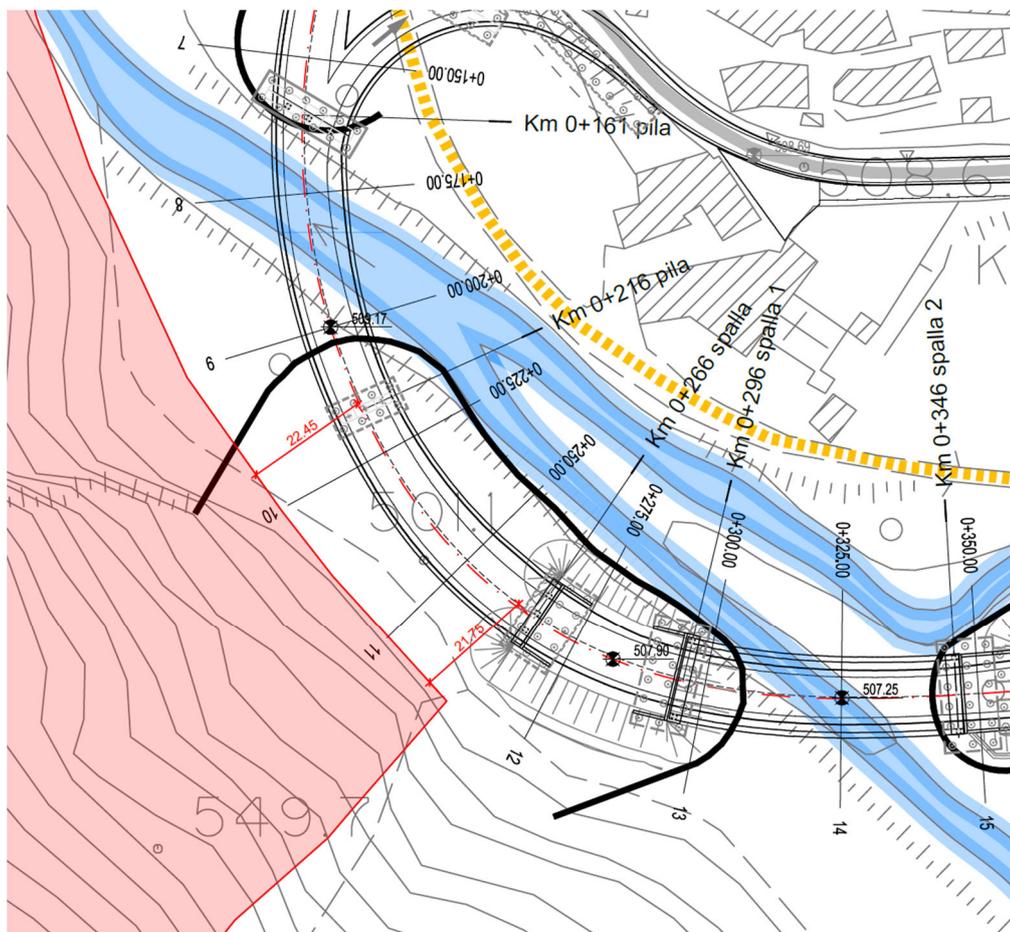
CARTA DEI RISCHI E DELLE VULNERABILITA' NATURALI E ANTR

SCALA 1:10.000

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

PRG_PS-G04-
3_GEO_rischi_e_vulnerab_appr_febbraio2021



Particolare distanza tracciato stradale da margine versante

La realizzazione del tracciato non andrà comunque ad interferire direttamente con tale area, mantenendo si ad una distanza comunque di oltre 20 m dalla base del versante, ed in posizione rilevata rispetto alla quota della valle.

2.2 GEOLOGIA E LITOSTRATIGRAFIA

Il modello geologico del sito risulta estremamente semplice e ben individuabile soprattutto dai numerosi affioramenti presenti al contorno del sito in esame.

La geologia del luogo strettamente di progetto è caratterizzata dall'affioramento di formazioni appartenenti al complesso carbonatico del dominio umbro-marchigiano, in sequenza stratigrafica dal Calcari Diasprigni alle Marne a Fucoidi; questi costituiscono il nucleo di un'anticlinale con asse in direzione nord-sud incisa trasversalmente dal Fiume Corno, e che è esposto in corrispondenza dell'abitato di Serravalle alla confluenza con il Fiume Sordo.

La Formazione dei Calcari Diasprigni è caratterizzata dalla presenza di strati centimetrici di calcari micritici parzialmente o completamente silicizzate con selce in strati o liste e noduli, passanti verso l'alto a strati di selci radiolaritiche e subordinatamente da calcari selciferi in strati sottili, tabulari o con geometrie di tipo pinch and swell o lentiformi, con intercalazioni argillitiche millimetriche.

La colorazione d'insieme è prevalentemente grigio-verdastra, ma si possono notare zone policrome variabili dal marrone al rosso in corrispondenza dei litotipi più silicei.

Possono essere presenti intercalazioni detritiche grossolane e in lenti di notevole spessore

L'età è riferibile al Giurassico medio-superiore (Bajociano inf. p.p. al Titoniano inf.).

Le pareti rocciose intorno all'abitato passano poi verso l'alto alla Formazione della Maiolica; questa è costituita da strati di calcari micritici (mudstone e wackestone) da bianchi a grigi-chiari a frattura concoide, ben stratificate in strati medi e spessi, con selce in liste e noduli di colore da bianca-grigia a nera.

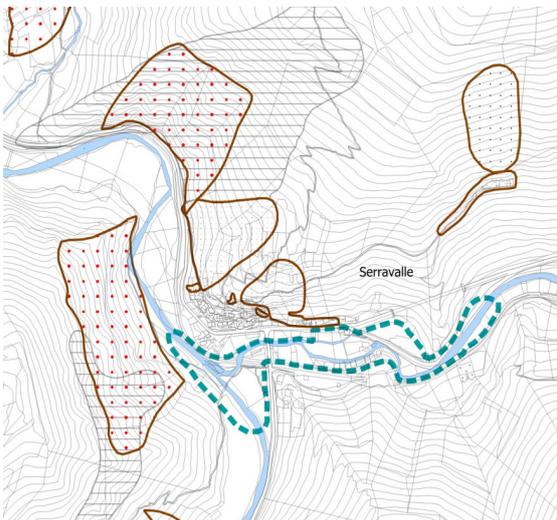
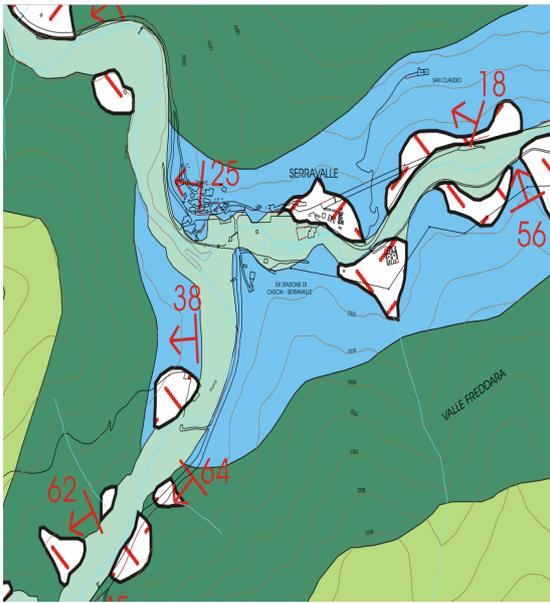
L'età è riferibile al tetto del Giurassico -Cretaceo inferiore (Titonico superiore - Aptiano inferiore p.p.),

Sopra la Maiolica è rinvenibile la Formazione delle MARNE A FUCOIDI (Aptiano inferiore p.p. – Albiano superiore p.p., Cretaceo inferiore); questa unità è costituita in prevalenza da marne e argille marnose varicolori e, subordinatamente, da calcari e calcari marnosi, (mudstone-wackestone) sottilmente stratificate grigie, viola o verdastre alternate a interstrati pelitici spesso bituminosi molto frequenti e selce nera concentrata nella porzione più bassa.

Lungo il fondovalle il bed-rock è sovrastato dai depositi alluvionali terrazzati e recenti del Fiume Corno, riferibili al PLEISTOCENE-OLOCENE; questi sono costituiti da termini a granulometria variabile, da ghiaie e ghiaie sabbiose, sabbie e sabbie limose, limi e limi argillosi fino ad argille grigie ricche di sostanze organiche, organizzati in cicli deposizionali gradati, con corpi a geometria lenticolare.

Nelle aree di alveo le ghiaie sono prevalenti, verso i bordi delle valli i depositi alluvionali si interdigitano con depositi di versante.

Relazione Geologica e Idrogeologica



PRG_PS-G04-4_GEO_Sintesi_geologia

L'assetto strutturale dell'Appennino Umbro - Marchigiano è quello tipico di una catena a pieghe e sovrascorrimenti a vergenza orientale. Le pieghe, fortemente asimmetriche, sono costituite da 7 anticlinali (con cresta piatta e fianchi orientali da verticali a rovesciati) e da strette sinclinali.

Il fianco orientale delle pieghe è generalmente interessato da sovrascorrimenti e faglie inverse, a cui frequentemente si associano zone di taglio trascorrenti N-S destre e E-W sinistre.

Nel settore settentrionale (che si estende prevalentemente in territorio marchigiano) e centrale i piani di sovrascorrimento hanno direzione da NW-SE a NNW-SSE e sono puramente compressivi; nel settore meridionale hanno direzione NNW-SSE e prevale la componente transpressiva destra.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Allo stile tettonico compressivo si associano e si sovrappongono gli effetti della tettonica distensiva pliocenico-quadernaria, che ha ribassato ampi settori carbonatici originando, all'interno della dorsale, vaste depressioni intramontane, successivamente colmate dai depositi fluvio – lacustri (Piani di Colfiorito, Piani di Castelluccio, Piana di Norcia, Piana di Cascia).

La tettonica distensiva postorogena è quella che da l'assetto morfostrutturale finale alla regione; queste faglie, organizzate in fasci, hanno generalmente immersione W-SW, rigetti dell'ordine anche del migliaio di metri e una disposizione tecnicamente denominata en-echelon, in cui le rocce sottoposte a sforzi di taglio presentano fratture di tensione allineate su piani di taglio con inclinazione di ca. 45° rispetto alle forze deformanti (es. il fascio Monte Vettore – Monte Bove dislocante il piano di sovrascorrimento dei Monti Sibillini e, più ad ovest, il fascio Monti Fema-Norcia, ad andamento NNW-SSE).

Il momento parossistico della fase distensiva si raggiunge con l'attivazione di faglie antitetiche ad andamento appenninico e di altre trasversali rispetto alle principali, che hanno portato alla formazione di importanti depressioni, quali quelle di Castelluccio e Norcia.

La configurazione finale è assimilabile ad una struttura a blocchi prismatici consecutivi rialzati-ribassati, in cui le aree depresse (graben) sono delimitate dai corrispondenti elementi morfotettonici rialzati (denominati scientificamente horst, termine con cui in geologia strutturale si identifica un pilastro tettonico, ovvero una porzione della crosta relativamente rialzata a causa di un sistema di faglie dirette in regime tettonico distensivo).

Sistema di faglie di Norcia, tra gli abitati di Cittareale a sud e Preci a nord, è costituito da quattro segmenti, di cui tre al margine di depressioni che hanno ospitato sedimentazione nel corso del Quaternario (Norcia, Campi, Preci) e uno (Cittareale-Castel Santa Maria) in un settore di catena privo di bacino intermontano e caratterizzato da evidenze geomorfologiche di (Rapporto di sintesi sul terremoto in centro Italia MW 6.5 del 30 ottobre 2016) deformazioni gravitative profonde di versante (Calamita e Pizzi, 1992; Calamita et al., 1982; 1995; 1999; 2000; Blumetti et al., 1990; Blumetti, 1995; Brozzetti e Lavecchia, 1994; Cello et al., 1998; Galadini e Galli, 2000; Pizzi e Scisciani, 2000; Pizzi et al., 2002; Galadini, 2006; Gori et al., 2007). Questo sistema di faglia è generalmente considerato come l'espressione della sorgente che ha generato il terremoto del 14 gennaio 1703 (es. Galadini e Galli, 2000; Boncio et al., 2004a), come peraltro evidenziato dai risultati delle indagini paleosismologiche (Galli et al., 2005). Al sistema di Norcia sono stati anche associati terremoti di più piccola magnitudo (1328, 1730, 1859, 1979) (Galadini et al., 1999).

2.3 IDROGRAFIA

Dal punto di vista idrografico l'area è caratterizzata da una scarsa densità di drenaggio dovuta alla natura dei litotipi affioranti che presentano generalmente permeabilità medio-alta sia primaria che secondaria.

L'aspetto orografico d'insieme è proprio dell'ambiente Appenninico con forti incisioni a V dei corsi d'acqua nel loro tratto iniziale e rapido allargamento verso il basso.

I fossi segnano perpendicolarmente i rilievi montuosi, con portate torrentizie; la maggior parte tende a sparire nelle aree pedemontane ove affiorano terreni a permeabilità elevata.

I lineamenti idrografici superficiali del luogo sono contraddistinti dall'incisione valliva del Fiume Corno, tributario di sinistra idrografica del fiume Nera.

In corrispondenza dell'abitato di Serravalle il Corno scorre in direzione circa E-W.

Il corso del Corno ha subito negli anni notevoli variazioni di portata; è stato caratterizzato da portate perenni fino al terremoto del 1979. Dopo l'evento sismico, a causa della realizzazione di un invaso nel territorio comunale di Monteleone di Spoleto, le portate risultano maggiormente influenzate dal regime pluviometrico, con punte di carico notevoli nei periodi di massima piovosità (autunno-primavera).

Relazione Geologica e Idrogeologica

La rete idrica locale oltre il fiume è rappresentata da piccoli fossi che si sviluppano seguendo profili per lo più rettilinei e di scarsa maturità lungo le direzioni di massima pendenza, con incisioni profonde del versante.

La presenza degli affioramenti carbonatici e le pendenze del versante hanno prodotto lo sviluppo di coltri detritiche che determinano, al di là delle permeabilità proprie dei materiali, un'alta capacità di imbibizione a lento rilascio.

Da un punto di vista del rischio idraulico, a monte o in prossimità dell'area di intervento non sono presenti opere di accumulo che possano determinare rischio diretto od indiretto per la privata e pubblica incolumità.

L'area sarà inoltre sopraelevata di oltre 10 m dal letto del Fiume Corno, in un area individuata comunque come "zona di attenzione idraulica" individuata dallo strumento urbanistico comunale.

2.4 IDROGEOLOGIA

Ai fini di valutazioni legate allo sviluppo delle permeabilità areali si evidenzia che la zona di inviluppo del bacino imbrifero del fiume Corno nell'area di studio è prevalentemente caratterizzata dall'affioramento di formazioni appartenenti al complesso carbonatico del dominio umbro-marchigiano, in sequenza stratigrafica dai Calcari Diasprigni alla Scaglia Cinerea con talora elisioni dovute alle lineazioni tettoniche.

Gli affioramenti carbonatici umbri sono suddivisibili in strutture idrogeologiche ben definite, per le quali i rapporti stratigrafici e le caratteristiche strutturali del dominio umbro-marchigiano danno origine ad un assetto idrogeologico regionale caratterizzato dall'esistenza di acquiferi separati, variamente articolati e con possibili reciproche interconnessioni idrauliche locali: la successione stratigrafica umbro-marchigiana è infatti costituita da un'alternanza di formazioni prevalentemente calcaree, che costituiscono i complessi idrogeologici potenzialmente sede di acquiferi, e di formazioni marnoso-argillose con funzione di aquicludi e aquitardi.

Nella dorsale montuosa che occupa la parte orientale della regione esistono due sistemi idrogeologici separati dalla linea tettonica denominata "linea della Valnerina" dove è individuabile un limite di permeabilità che corre a quote variabili tra 350 e 700 m s.l.m.: a sud il "Sistema della Valnerina" e a nord il "Sistema dell'Umbria nord-orientale".

L'intera dorsale del Sistema della Valnerina è prevalentemente costituita da strutture carbonatiche sature fino a quote superiori a 800 metri.

I livelli piezometrici decrescono da est a ovest fino a raggiungere la minima quota in corrispondenza dell'alveo del Nera, che costituisce il livello di base principale del sistema.

Lungo questa linea di drenaggio dominante, diretta SO-NE, si hanno importanti sorgenti lineari responsabili di notevoli incrementi di portata del fiume Nera.

Il territorio in esame ricade nel bacino del Fiume Corno (affluente in sinistra del Nera), valle scavata dal corso d'acqua su una preesistente faglia della Scaglia Rossa e della Scaglia Cinerea.

Il Corno rappresenta qui il livello di base delle emergenze idriche locali provenienti dai sovrastanti rilievi carbonatici, dotati di una elevata permeabilità per fessurazione; da qui le acque sotterranee possono poi fluire verso valle, attraversando le conoidi detritiche, fino a raggiungere l'interno dei depositi alluvionali.

Le conoidi detritiche sono dotate di elevati valori di permeabilità primaria per porosità, essendo costituite da una granulometria incoerente molto grossolana (prevalentemente si tratta di ghiaie e brecce di natura calcarea), a cui possono essere attribuiti valori dei coefficienti di permeabilità compresi nel range

Relazione Geologica e Idrogeologica

10-2<k<10 m/s, mentre i depositi alluvionali possono presentare permeabilità assai variabili, in funzione della taglia granulometrica prevalente.

Sulla base di considerazioni stratigrafiche, si ritiene che la possibilità di sviluppo di circolazione idrica nel sottosuolo possa avvenire già nei primi metri del fondovalle, mentre nel substrato litoide questa si ritrova ad elevate profondità.

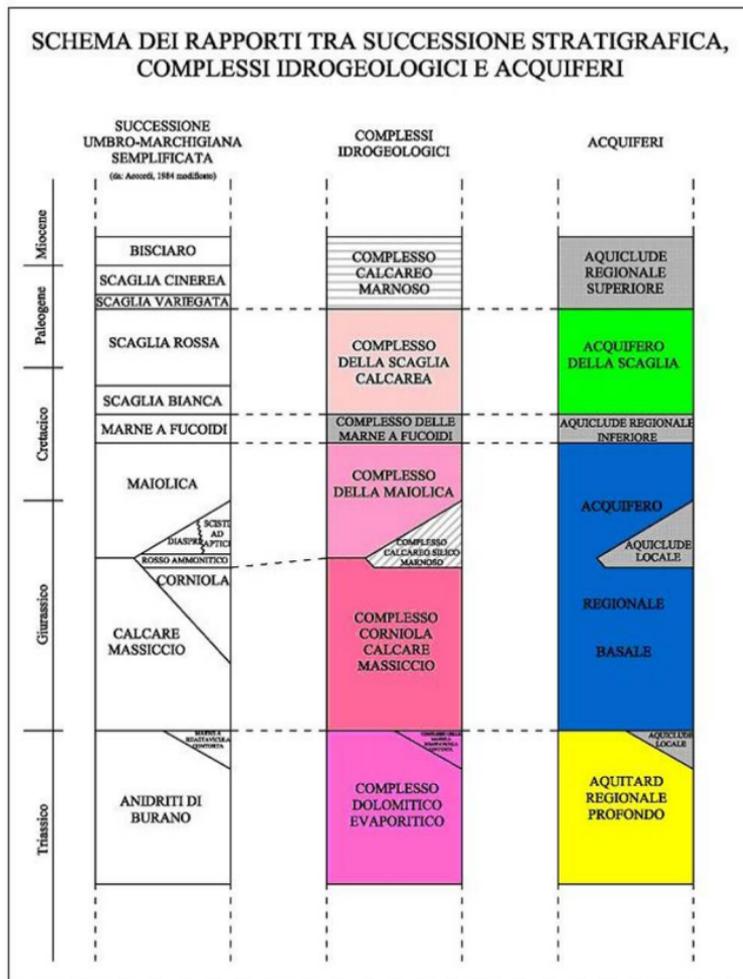
Gli acquiferi sono di seguito descritti:

- ACQUIFERO DI BASE

L'acquifero di base è Costituito dai termini triassici della Serie Umbro-Marchigiana, precisamente dalle Formazioni del Calcarea Massiccio e dalla Corniola.

Per le caratteristiche menzionate di elevata permeabilità primaria e secondaria per fessurazione e carsismo i litotipi in questione sono sicuramente sede di intensa circolazione idrica.

È la parte orientale del territorio di Norcia, con la Catena dei Monti Sibillini e, soprattutto, con i Piani di Castelluccio, la più importante per quanto riguarda l'alimentazione e la ricarica delle falde profonde.



In questa parte del territorio di Norcia si condensano una serie di situazioni favorevoli all'infiltrazione e alla possibilità di accumulo di acqua nel sottosuolo. In quest'area, l'infiltrazione e l'accumulo di acqua nel sottosuolo sono favorite dalla vastità degli affioramenti in quota di litotipi ad elevata permeabilità, dalla rete dei sistemi di faglie che bordano i piani di Castelluccio, dai piegamenti delle stratificazioni con prevalente vergenza occidentale, dalla favorevole situazione morfologica di bacino chiuso, oltrechè dall'abbondanza e dalla frequenza delle precipitazioni meteoriche.

La prima soglia di permeabilità è costituita dalla Formazione del Rosso ammonitico e da quella degli scisti ad aptici presenta un grado di permeabilità molto bassa, anche per la tendenza del Rosso Ammonitico ad intasare eventuali fessure.

Relazione Geologica e Idrogeologica

ACQUIFERO INTERMEDIO

L'acquifero intermedio risulta costituito dalla Formazione delle Maiolica caratterizzata da una elevata permeabilità secondaria per fessurazione.

possibilità di accumulo di acqua nel sottosuolo. In quest'area, l'infiltrazione e l'accumulo di acqua nel sottosuolo sono favorite dalla vastità degli affioramenti in quota di litotipi ad elevata permeabilità, dalla rete dei sistemi di faglie che bordano i piani di Castelluccio, dai piegamenti delle stratificazioni con prevalente vergenza occidentale, dalla favorevole situazione morfologica di bacino chiuso, oltrechè dall'abbondanza e dalla frequenza delle precipitazioni meteoriche.

SECONDA SOGLIA DI PERMEABILITÀ

La seconda soglia di permeabilità è costituita dalla porzione basale della Formazione delle Marne a Fucoidi, decisamente più marnosa, che per questa caratteristica presenta generalmente una permeabilità molto bassa. Separa l'acquifero intermedio da quello superiore.

ACQUIFERO SUPERIORE

L'acquifero superiore è costituito dalla porzione superiore, più calcarea, delle Formazioni delle Marne a Fucoidi, dalla Scaglia s.l. e della Scaglia Cinerea/Scaglia Variegata. L'acquifero in questione presenta una media permeabilità per fatturazione.

TERZA SOGLIA DI PERMEABILITÀ

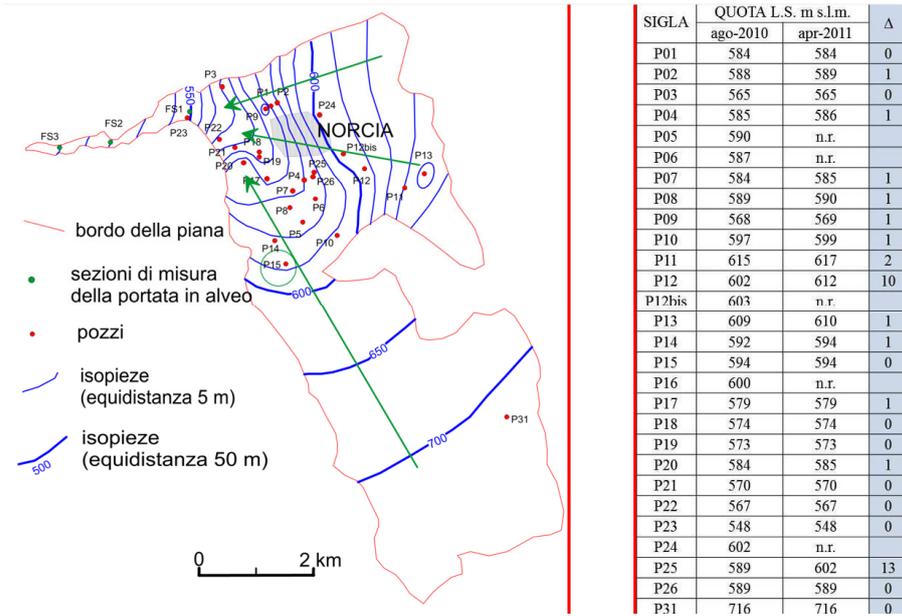
La terza soglia di permeabilità è rappresentata, salvo variazioni locali o presenza di intercalazioni permeabili, dalla Formazione della Scaglia Cinerea, termine superiori della Serie Umbro-Marchigiana.

ISOFREATICHE

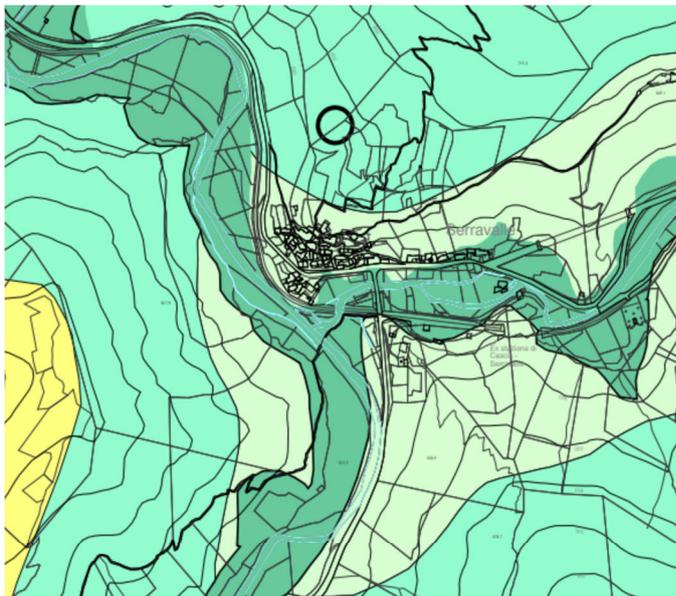
Dallo studio delle misura della portata del Fiume Sordo in 5 sezioni ubicate nel tratto fra Norcia e Serravalle (Valutazione della naturale disponibilità della risorsa idrica sotterranea, Agosto 2010- Aprile 2011) e relativa misura delle piezometrie dei pozzi presenti, si può ragionevolmente stabilire un battente di falda alla profondità di circa 8 m dal p.c. all'interno del complesso alluvionale, con un secondo acquifero a 28 m all'interno dell'acquifero carbonatico.

Vista la profondità di imposta delle fondazioni delle pile dei ponti (25 m dal p.c.) si ipotizza ipotetica interferenza con le acque di circolazione sotterranea.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Valutazione della naturale disponibilità della risorsa idrica sotterranea
Quota isofreatiche



Legenda

GRADO DI PERMEABILITÀ			LITOLOGIA E IDROGEOLOGIA
Alto	Medio	Basso	
			Detrito di falda ed alluvioni prevalentemente calcaree, sciolte o debolmente cementate. ALTA PERMEABILITÀ PER POROSITÀ
			Argille e limi, terre rosse di deposito eluvio/colluviale o palustri. BASSA PERMEABILITÀ
			Mame e mame argillose stratificate. BASSA PERMEABILITÀ
			Calcarei mamosi ben stratificati con deboli o assenti livelli mamosi. MEDIA PERMEABILITÀ
			Calcarei micitici ben stratificati. ALTA PERMEABILITÀ

- A** POZZI AD USO IDROPOTABILE
- 1** SORGENTI AD USO POTABILE
- SORGENTI SECONDARIE
- 30** PROFONDITÀ della FALDA dal PIANO di CAMPAGNA
- ISOFREATICHE LOCALI

PRG_RST- A.2.3 Carta idrogeologica

3 MODELLO SISMOGENETICO, DEFINIZIONE IMPUT SISMICO E VALUTAZIONE EFFETTI DI SITO

3.1 INQUADRAMENTO SISMOGENETICO E SISMICITÀ STORICA DELL'AREA

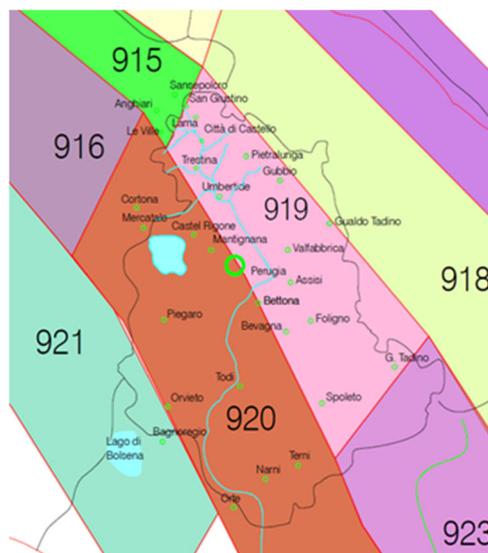
Dal punto di vista sismico, il territorio comunale di Norcia ricade in una delle aree appenniniche più a rischio, interessata storicamente da numerosi terremoti di forte magnitudo che hanno prodotto ingenti danni ai centri abitati.

Nella zonazione sismogenetica d'Italia ZS9, l'area ricade all'interno della zona 923 (Appennino Abruzzese) descrivibile come fascia intermedia contraddistinta da meccanismi di rottura misti prevalentemente dip-slip, nell'AREA SISMOGENETICA: ITCS028: Colfiorito-Cittareale.

Zona 923 "Appennino Abruzzese": settore facente parte dell'area con il maggior rilascio di energia dell'appennino centro-settentrionale, che include le sorgenti sismogenetiche più estese che hanno generato i terremoti di magnitudo più elevate.

La zona 923 è caratterizzata da una Magnitudo massima attesa che raggiunge valori di 7.06.

Si tratta prevalentemente di un'attività sismica concentrata nei settori orientali e nord-orientali



della regione, entro la crosta terrestre, con il 95% degli eventi con profondità epicentrale inferiore ai 15 Km.

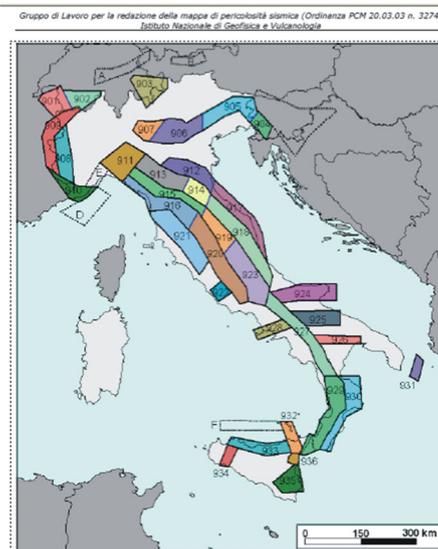
Questa Sorgente Composita si estende a cavallo di un tratto dell'Appennino umbro-marchigiano compreso tra l'alta valle del fiume Potenza e Cittareale (da nord a sud), lungo la dorsale dell'Appennino settentrionale fino al sovrascorrimento Olevano-Antrodoco-Sibillini (OAS).

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una sismicità intermedia molto densa ($4,5 < M_w < 5,0$) dannosa all'interno del la zona. Inoltre tale sorgente ha generato numerosi terremoti distruttivi, tra cui (da nord a sud): 23 aprile 1593 (M_w 5,5) Gubbio; i terremoti forse gemelli del 14 aprile 1747 (M_w 5,9) Fiuminata e del 27 luglio 1751 (M_w 6,3) Gualdo Tadino; 30 aprile 1279 (M_w 6,3) Camerin38 (M_w 5.6) in Valnerina, del 1 gennaio 1328 (M_w 6.4) a Norcia e del 14 gennaio 1703 (M_w 6.8) nell'Appennino Reatino.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Questa Sorgente risulta dagli approfonditi studi che hanno seguito la ben nota sequenza del 1997, riguardanti sia le prove sul campo delle attuali deformazioni tettoniche che i dati sismologici. Vari ricercatori si sono occupati della tettonica attiva e, successivamente, delle caratteristiche sismogenetiche dell'area, con interpretazioni ampiamente divergenti. Da un lato Cello et al. (1997, 1998) hanno interpretato le rotture del terreno osservate come faglie superficiali cosismiche, in particolare nel bacino di Colfiorito. D'altro canto Basili et al. (1998) conclusero che tali rotture erano dovute a scuotimenti del terreno, mentre le rotture superficiali riscontrate nell'area di Sellano potevano essere ascritte a vere e proprie faglie superficiali. Cinti et al. (1999) trovarono una serie di tre rotture superficiali parallele che interpretarono come coerenti con lo stile tettonico dell'area.

L'impatto di questa sorgente è stato selezionato in base a quello delle strutture mappate. La stima del calo si basa su dati geologici e sismologici. Il rastrello è rappresentativo della pura estensione ed è basato su osservazioni geologiche e sismologiche. Anche la profondità minima e massima si basano su dati geologici e sismologici. La velocità di scorrimento è stata dedotta da osservazioni geologiche lungo strutture adiacenti che condividono lo stesso ambiente tettonico con questa Sorgente, o, i noti terremoti gemelli che colpiscono le zone di Colfiorito e Sellano nell'Appennino Umbro-Marchigiano il 26 settembre e 14 ottobre 1997 (Mw 5,8 e 5,7, rispettivamente), e il 12 maggio 1730 (Mw 6.0) e 22 agosto 1859 (Mw 5.7) Avvenimenti della Valnerina. A sud di questa sorgente si sono verificati i terremoti del 14 febbraio 18



Questo sistema di faglie normali a basso-angolo, SW immergenti, è il più orientale dell'Appennino centrale, appena ad ovest della regione dove prevale l'attività di compressione, nella parte orientale dell'Appennino centrale e settentrionale.

Terremoti dannosi hanno colpito questa zona negli ultimi due secoli con epicentri allineati lungo una stretta striscia (nel 1741 Fabriano, M 6.2; nel 1781 Cagli, M 6.2; nel 1799 Camerino, M 5.8; e nel 1873 Sarnano, M 6.0). I campi macrosismici di questi terremoti sono caratterizzati da ampie prove areali, che suggeriscono ipocentri piuttosto profondi, indicando una continuità laterale di rilascio sismico su strutture profonde.

Questa sorgente composita si trova a ovest di altre due sorgenti, associate a una sismicità più superficiale. Le tre sorgenti potrebbero essere porzioni della stessa spinta litosferica principale, la cui attivazione in tempi diversi e a profondità diverse produce terremoti dannosi lungo due strisce parallele.

Ad est dell'abitato di Castelluccio si trova la faglia del Monte Vettore, **collegata anch'essa al sisma del 30 ottobre 2016.**

La magnitudo della scossa (registrata a 9 km di profondità) calcolata nella sala di monitoraggio Ingv è stata di **6.1 ML e 6.5 MW.**

Il terremoto ha interessato le province di Perugia, Macerata e Rieti ed è stato fortemente risentito in tutto il centro Italia; l'epicentro è ubicato a 5 km da Norcia, 7 da Castelsantangelo sul Nera e Preci, 10 da Visso.

L'area colpita dalla sequenza sismica è caratterizzata da sistemi di faglia attivi, si ritiene che queste faglie costituiscano l'espressione superficiale di sorgenti sismogenetiche potenzialmente in grado di generare terremoti con magnitudo compresa tra 5.5 e 7.0.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Il meccanismo focale (TDMT) del terremoto del 30 ottobre mostra delle faglie distensive orientate SSE-NNW. Il piano di rottura del terremoto di M6.5 del 30 ottobre 2016 si è propagato verso la superficie ed ha prodotto una vistosa fagliazione sul terreno lungo il Sistema di faglia Vettore-Bove. Si è potuta mappare una rottura in superficie che si estende con continuità per un minimo di 15 km tra Castelluccio di Norcia e Ussita. La rottura cosismica si è prodotta su più piani di faglia del sistema tettonico, lungo il settore del Mt. Vettore è stata riconosciuta l'attivazione di tre faglie sintetiche e di due strutture tettoniche antitetiche. Le entità delle dislocazioni sono importanti e raggiungono i 2 metri sulla componente verticale della rottura lungo i piani di faglia principali, ovest immergenti, sia in roccia che in depositi incoerenti.

Nel territorio comunale di Norcia sono presenti strutture (segmenti) riconosciute quali potenziali sorgenti di terremoti forti. I segmenti individuati presentano caratteristiche di faglia diretta e/o transtensiva, con inclinazione variabile, ma immersione a S-SW. Nell'area in studio si riconoscono la struttura di Norcia e la struttura di Monte Bove-Monte Vettore. Il sistema di Norcia si sviluppa per circa 30 km tra Preci e Cittareale. La struttura Nursina si raccorda verso NW a quella di Colfiorito attraverso un "confine di segmento" caratterizzato da faglie di limitata lunghezza.

Il sistema è costituito da sotto-segmenti con geometria en-echelon.

In chiave di aspetti geologico-strutturali e geomorfologici la struttura di Norcia può essere suddivisa in tre settori:

- settore "Preci-Campi"
- settore del "Piano di Santa Scolastica"
- settore di "Castel Santa Maria-Cittareale".

La depressione tettonica di Norcia, è bordata da due faglie principali ad andamento NNW-SSE. A Sud del bacino di Norcia esiste un'altra piccola depressione che presenta una netta scarpata ad alto angolo. Ancora più a Sud, vi è la presenza di faglie che mostrano nel substrato scarpate di faglie.

La struttura sismogenetica del territorio di Norcia può rompersi come elemento unitario per l'azione di eventi maggiori o può rompersi parzialmente se è sollecitato da eventi minori.

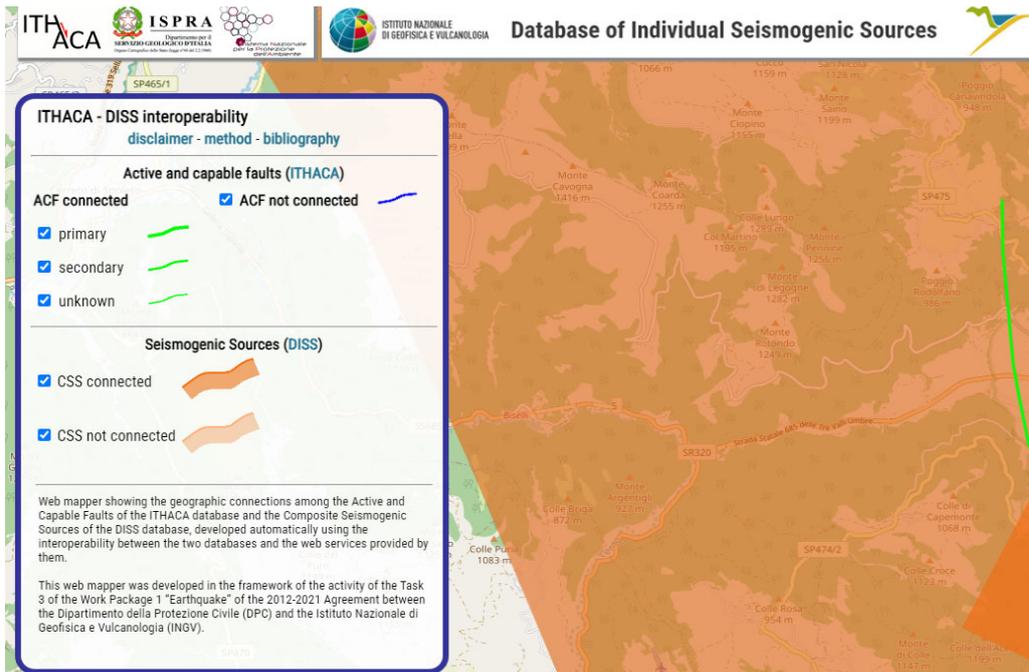
La magnitudo massima attesa è assimilabile a quella relativa all'evento del 1703.

Il sistema di Monte Vettore si sviluppa per circa 30 km da Ussita a Monte Comunitore.

La cinematica è di tipo distensivo e la profondità dello strato sismogenetico è pari a 12 km.

La stima dell'immersione si basa su dati geologici e sismologici. Il rake è rappresentativo della pura estensione e si basa su osservazioni geologiche e sismologiche. Anche la profondità minima e massima sono basati su dati geologici e sismologici. Il tasso di scorrimento è stato dedotto da osservazioni geologiche lungo strutture adiacenti che condividono lo stesso ambiente tettonico con questa Sorgente. La massima magnitudine è stata presa dalla grande sorgente individuale ad essa associata. (Fonte INGV – Copyright Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, [doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014](https://doi.org/10.1016/j.tecto.2007.04.014)) - DISS Working Group (2009). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2009 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved).

Relazione Geologica e Idrogeologica



DISS-ID	ITCS028
Name	Colfiorito-Cittareale
Compiler(s)	Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Maesano F.E.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Fracassi U.(1), Mariano S.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08/01/2005
Updated	12/10/2020
Display map	
Related sources	ITIS017 ITIS018 ITIS019

PARAMETRIC INFORMATION

Parameter	Quality	Evidence	
Min depth [km]	2.5	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Max depth [km]	14.0	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Strike [deg] min... max	130...150	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Dip [deg] min... max	35...55	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Rake [deg] min... max	260...280	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.1	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.

LD=Literature Data: OD=Original Data: ER=Emoirical Relationship: AR=Analytical Relationship: EJ=Exoert Judgement

Nella pagine seguenti sono riportati i principali terremoti che hanno interessato il territorio di Norcia (DBMI15)

Relazione Geologica e Idrogeologica

Norcia

PlacelD	IT_49251
Coordinate (lat, lon)	42.793, 13.094
Comune (ISTAT 2015)	Norcia
Provincia	Perugia

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9-10	1328 12 01	Valnerina	13	10	6.49
D	1567	Norcia	1	6-7	4.86
8	1599 11 06 01 25	Valnerina	20	9	6.07
NF	1639 10 07	Monti della Laga	39	9-10	6.21
6	1702 10 18	Valnerina	5	5	4.16
10	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
8	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22		
5-6	1703 06 29 18	Valnerina	3	5-6	4.40
5	1704 05 20	Valnerina	3	5	4.16
8	1719 06 27 06 30	Valnerina	16	8	5.59
9	1730 05 12 05	Valnerina	115	9	6.04
4	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6.17
3-4	1743 01 21 21 55	Lazio settentrionale	22	7	5.01
6	1766 12 24 12 24	Valnerina	2	6	4.63
F	1785 10 09 03 15	Monti Reatini	33	8-9	5.76
7	1815 09 03 23	Valnerina	24	8	5.58
4	1838 02 14 07 30	Valnerina	24	8	5.48
8-9	1859 08 22	Valnerina	20	8-9	5.73
5-6	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	1876 05 22 00 30	Spoletto	14	5-6	4.57
6	1878 09 15 07 20	Valle Umbra	34	8	5.46
8	1879 02 23 18 30	Valnerina	15	8	5.59
3	1882 05 26 04 15	Cascia	16	5	4.45
4-5	1893 08 02 00 59	Valnerina	84	5-6	4.55
F	1895 05 20 15 32 5	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	1895 08 25 00 17 1	Sellano	13	5	4.25
4-5	1897 01 19 19 20	Poggiodomo	19	6	4.68
4-5	1898 06 27 23 38	Reatino	186	8	5.50
3-4	1898 09 12 14 14 1	Valnerina	16	8	5.48
4	1899 04 21 00 57 5	Narni	45	4	3.96

Relazione Geologica e Idrogeologica

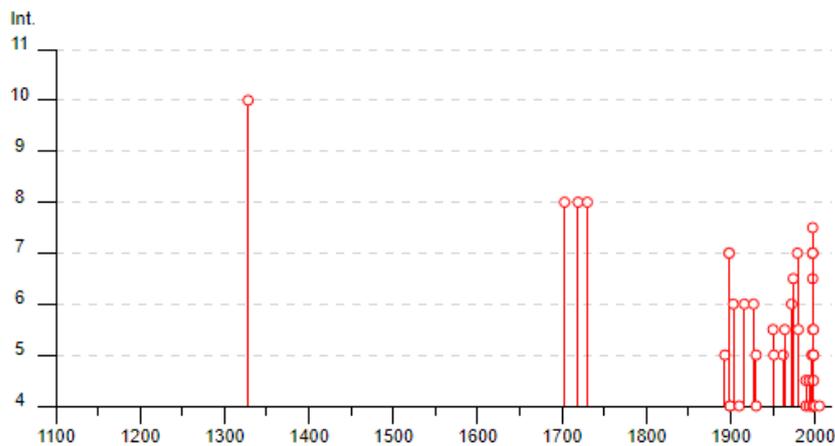
6-7	 1903 11 02 21 52	Valnerina	33	6	4.81
3	 1904 09 02 11 21	Maceratese	59	5-6	4.63
3	 1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4.41
NF	 1906 07 01 00 50	Reatino	41	5	4.29
3-4	 1908 03 17 03 59	Marche meridionali	54	5-6	4.61
4	 1910 06 29 13 52	Valnerina	58	7	4.93
4-5	 1910 12 22 12 34	Monti della Laga	19	5	4.30
4-5	 1910 12 26 16 30	Monti della Laga	50	5-6	4.56
5	 1915 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
3-4	 1915 09 16 02 58 4	Valnerina	2	4-5	3.93
3	 1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
5	 1916 07 04 05 06	Monti Sibillini	18	6-7	4.82
6	 1916 11 16 06 35	Alto Reatino	40	8	5.50
4	 1917 03 21 00 30	Monti Sibillini	21	5	4.44
4-5	 1920 02 10 23 57	Monti Sibillini	18	5	4.30
4	 1922 06 08 07 47	Valle del Chienti	47	6	4.73
5-6	 1927 08 16 00 53	Valnerina	17	6	4.57
5-6	 1930 04 07 17 17 1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
3	 1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76
3	 1938 08 12 02 28 3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
D	 1941 12 19	Monti Sibillini	30	7	5.02
D	 1943 01 16	Monti Sibillini	22	6-7	5.04
5	 1943 01 29	Monti Sibillini	50	6-7	4.94
5	 1949 03 28 21 34 2	Valnerina	2	4	3.70
6	 1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69
F	 1951 08 08 19 56	Gran Sasso	94	7	5.25
6	 1951 09 01	Monti Sibillini	80	7	5.25
6	 1957 03 12 16 20	Valnerina	62	5	4.16
NF	 1957 07 19 09 04 0	Valle Umbra	58	6-7	4.58
4	 1958 05 08 00 13 2	Valnerina	17	5	4.25
4	 1960 03 16 01 52 4	Monti della Laga	81	5	4.44
NF	 1960 07 18 04 07	Ternano	32	6-7	4.53
5	 1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5.02
5	 1963 05 19 22 45	Valnerina	12	6	4.74
6	 1964 08 02 10 40	Valnerina	25	6	4.53
4-5	 1969 09 26 23 40 3	Teramano	97	5	4.39
6	 1971 04 02 01 43 5	Valnerina	68	6	4.50
6-7	 1971 10 04 16 43 3	Valnerina	43	5-6	4.51

Relazione Geologica e Idrogeologica

3	 1973 12 30 06 30 3	Valle del Chiascio	16	7-8	5.11
6	 1974 12 02 01 55 1	Valnerina	27	7-8	4.58
5-6	 1979 01 25 23 53 0	Valnerina	8	5	4.44
8	 1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
6	 1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97
5-6	 1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
4	 1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	 1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
3	 1987 07 03 10 21 5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
4	 1989 11 19 03 40 2	Valnerina	38	5	4.13
4-5	 1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44
NF	 1990 09 12 02 59 4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
NF	 1992 10 24 18 44 4	Monti della Laga	32	5	4.08
2	 1993 06 04 21 36 5	Valle del Topino	90	5-6	4.39
2	 1993 06 05 19 16 1	Valle del Topino	326	6	4.72
NF	 1994 06 02 17 38 1	Aquilano	106	5	4.21
3-4	 1996 10 20 19 06 5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
3	 1997 09 03 22 07 2	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54
2	 1997 09 07 23 28 0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
NF	 1997 09 09 16 54 4	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
NF	 1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
5-6	 1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5-6	 1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5	 1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
5-6	 1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
6	 1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62
3-4	 1997 10 23 08 58 4	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
5	 1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180		4.87
4	 1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
2-3	 1998 02 16 13 45 1	Valnerina	33		3.75
4-5	 1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00
4-5	 1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	 1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
2	 1998 08 15 05 18 0	Reatino	233	5-6	4.42
3-4	 1999 10 10 15 35 5	Alto Reatino	79	4-5	4.21
4-5	 1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4	 2000 09 02 05 17 0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	 2000 10 24 07 52 2	Monti Sibillini	65	5	4.11

Relazione Geologica e Idrogeologica

NF	2004 12 09 02 44 2	Teramano	213	5	4.09
NF	2005 04 12 00 31 5	Maceratese	131	4	3.74
4	2005 12 15 13 28 3	Val Nerina	350	5	4.14
NF	2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5	4.06
NF	2006 10 21 07 04 1	Anconetano	287	5	4.21
5-6	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
8-9	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61
5	2017 01 18 10 14 0	Aquilano	280		5.70



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Casali di Serravalle	2	3
Ospedaletto	2	3
Belvedere	2	4
Casciolino	1	4
Fiano	1	4
Popoli	7	5
Sant'Angelo	3	5
Ancarano	5	5
Colle di Avendita	5	5
Abeto	7	5
Legogne	3	6
Piè del Colle	3	6
Ocricchio	3	6
Capo del Colle	2	6
Aliena	4	6
Avendita	8	6

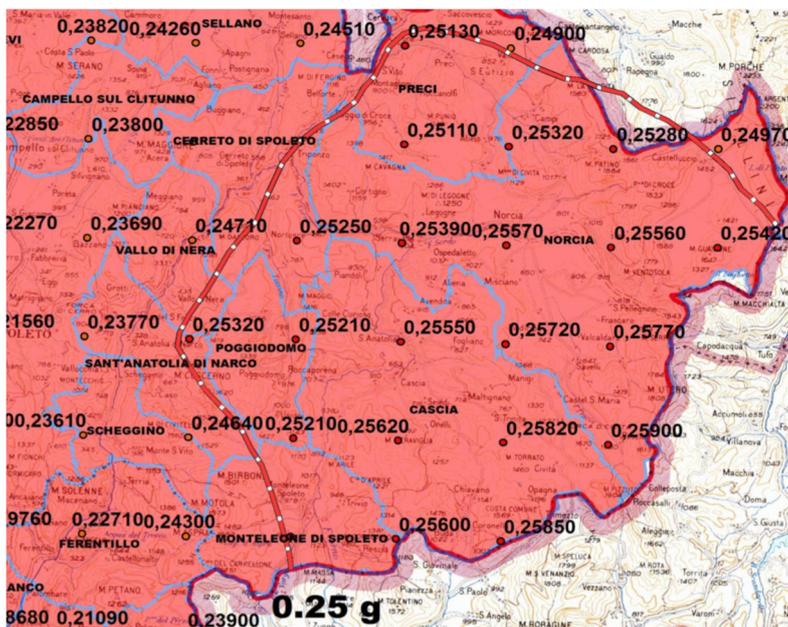
Relazione Geologica e Idrogeologica

Serravalle	6	6
Piediripa	3	6
Agriano	5	6
Madonna della Quercia	1	6
San Pellegrino	10	6
Todiano	6	6
Campi	5	6
Onde	1	6
Valcaldara	4	6
Forsivo	3	6
Frascaro	6	6
Montebufo	3	7
Campi Alto	2	7
Paganelli	2	7
Argentigli	3	7
Frenfano	1	8
Fogliano	4	8
San Giorgio	5	8
Savelli	8	8
Cerasola	6	8
Puro	3	8
Biselli	5	8
Colforcella	5	9
Acquaro	4	9
Piedivalle	4	9
Logna	4	9
Tazzo	3	9
Palmaiolo	4	9
Collazzoni	4	9
Nottoria	3	9
Rocca Tervi	1	9
Piandoli	6	9
Manigi	4	9
Madonna della Neve	1	9
Sant'Eutizio	3	9
Sant'Anatolia	3	9
Valle	4	9
Civitella	1	9

Relazione Geologica e Idrogeologica

Sant'Andrea	2	9
San Marco	4	9
Colmotino	4	9
Villa del Guado	1	9
Collescille	3	9
Villa Campanara	1	10
Poggio di Croce	2	10
Roccanolfi	5	10
Colle Curioso	1	10
Castel Santa Maria	5	10
<u>Cortigno</u>	4	10
Forca Canapine	1	10
Maltignano	8	10
Poggio Primocaso	5	10

Classificazione sismica comune di Norcia



O.P.C.M. n° 3519 del 28.04.2006, all. 1b

Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008) all. B

Legenda

0,2055

- Valori di ag puntuali (tempo di ritorno = 475 anni)
- 0.1250 - 0.1500
- 0.1501 - 0.1750
- 0.1751 - 0.2000
- 0.2001 - 0.2250
- 0.2251 - 0.2500
- 0.2501 - 0.2750

Classificazione DGR 852/03 O.P.C.M. 3274/03

- Zona sismica 1
- Zona sismica 2
- Zona sismica 3

SISMICITÀ RECENTE - SEQUENZA SISMICA 2016-2017

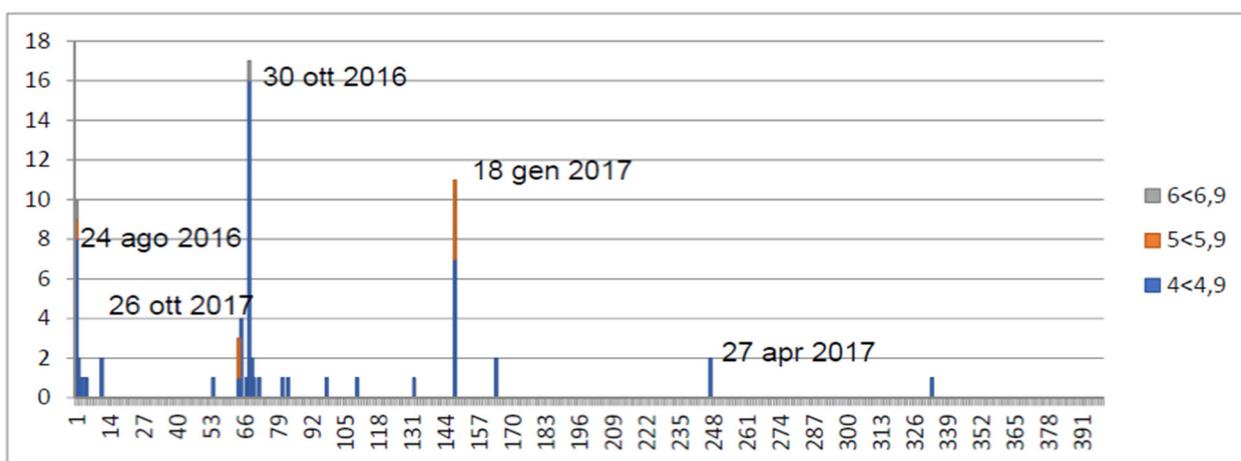
Lo sciame sismico iniziato il 19 settembre 1979 era stato per Norcia un grave evento, con interi centri abitati distrutti e intensità pari all'ottavo grado per Norcia ed il suo territorio.

La sequenza sismica del 1997-1998 dell'Appennino umbro-marchigiano ebbe un risentimento forte, ma minore rispetto al 1979, essendo l'area epicentrale spostata più a nord.

Nuovamente Norcia e il suo territorio hanno sofferto per i forti terremoti succedutisi nella sequenza sismica iniziata il 24 agosto 2016.

Il terremoto più distruttivo della sequenza del 2016 – 2017, ad oggi, è quello del 30 ottobre 2016, ora italiana 07:40, con Mw 6.5.

Il terremoto più forte, quello del 30 ottobre 2016, è stato preceduto da due forti terremoti avvenuti il 26 ottobre di Mw 5,4 delle ore 19:10 e Mw 5,9 delle ore 21:18 (ora italiana) con epicentri molto prossimi a Visso.



Sequenza sismica 2016-2017 dal 24 agosto 2016 al 03 dicembre 2017: n.° eventi con $M > 4.0$.

La criticità del territorio di Norcia nei confronti della pericolosità sismica, evidenziata dai forti terremoti storici ed attuali, è connessa alla presenza di strutture sismogenetiche quali i sistemi di faglie dirette che bordano il bacino tettonico e alla vicinanza di importanti strutture che possono generare terremoti distruttivi, quali la faglia di Leonessa, la faglia Norcia – Preci (attivatasi nel 1979), la faglia del M. Vettore (attivatasi con la sequenza del 2016-2017).

Disaggregazione della pericolosità sismica

La disaggregazione della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. Il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni.

I risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni M-R-ε da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri (Gruppo di Lavoro MPS, 2004, Progetto DPC-INGV S1).

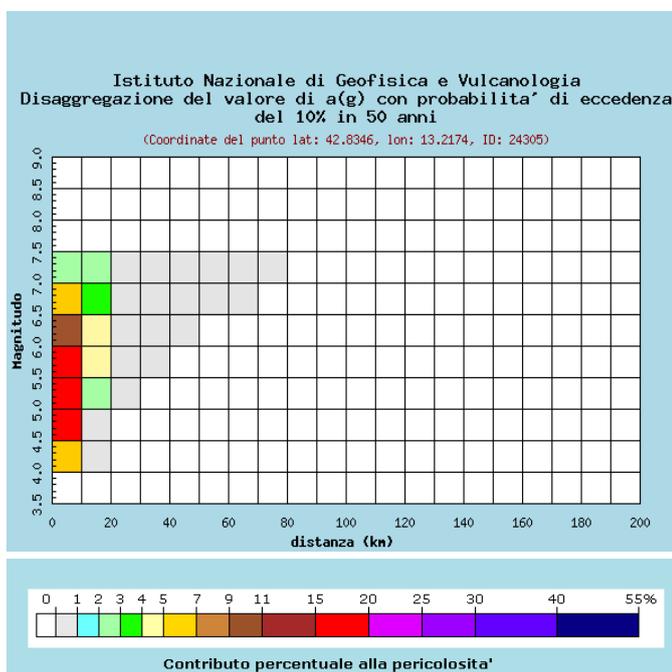
I risultati evidenziano che all'aumentare del periodo di ritorno aumenta il contributo alla pericolosità di un dato sito da parte di terremoti forti a brevi distanze.

Relazione Geologica e Idrogeologica

Le mappe di disaggregazione della pericolosità nazionale mostrano che:

- terremoti da moderati a forti, a distanze non superiori di 10 km controllano la pericolosità in siti caratterizzati da alti valori di scuotimento;
- in siti caratterizzati da eventi frequenti di modesta magnitudo, la pericolosità è dominata da terremoti deboli e locali;
- La pericolosità in aree che in passato sono state colpite da eventi deboli è controllata da terremoti forti e distanti.

Di seguito vengono riportate la mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (ag) con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni, con disaggregazione della pericolosità sismica, e la mappa degli spettri iso probabili (periodo di 0.50 sec) con spettri di risposta a pericolosità uniforme.



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.8346, lon: 13.2174, ID: 24305)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0	6.720	18.800	18.500	15.100	10.400	6.060	2.410	0	0	0
10-20	0	49	842	2.520	4.090	4.610	3.730	2.090	0	0	0
20-30	0	0	0	43	471	988	884	675	0	0	0
30-40	0	0	0	0	14	185	270	271	0	0	0
40-50	0	0	0	0	0	11	66	95	0	0	0
50-60	0	0	0	0	0	0	9	30	0	0	0
60-70	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0
70-80	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Relazione Geologica e Idrogeologica

80-90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
90-100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100-110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
110-120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120-130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
130-140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140-150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150-160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160-170	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170-180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180-190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190-200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

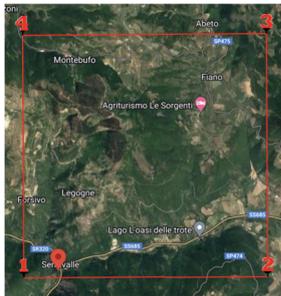
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.620	7.2700	916

Nel sito di studio il contributo maggiore alla pericolosità lo danno terremoti con magnitudo Mw compresa fra 6.0 e 6.5.

3.2 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (MACROZONAZIONE SISMICA)(ELABORAZIONI EFFETTUATE CON "SPETTRI NTC VER. 1.0.3)

La pericolosità sismica del sito di costruzione è definita dall'accelerazione orizzontale di picco attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale, e dai parametri F_0 e Tc^* dello spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) su suolo rigido (categoria A) su superficie topografica orizzontale. F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di risposta in accelerazione

Tc^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta in accelerazione.



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	24524	42,783940	13,013210	803,7
Sito 2	24525	42,784200	13,081360	4774,5
Sito 3	24303	42,834210	13,080970	7210,9
Sito 4	24302	42,833940	13,012790	5467,1

Valore dei parametri a_g , F_0 e Tc^* per i tempi di ritorno Tr di riferimento

Tr	a_g	F_0	Tc^*
[anni]	[g]	[-]	[s]

Relazione Geologica e Idrogeologica

30	0,079	2,391	0,271
50	0,102	2,341	0,278
72	0,123	2,289	0,286
101	0,141	2,289	0,291
140	0,161	2,302	0,298
201	0,186	2,330	0,311
475	0,254	2,389	0,333
975	0,325	2,418	0,350
2475	0,444	2,456	0,370

Coordinate geografiche sistema di riferimento ED50 (in gradi sessadecimali):

Latitudine: 42.785333°

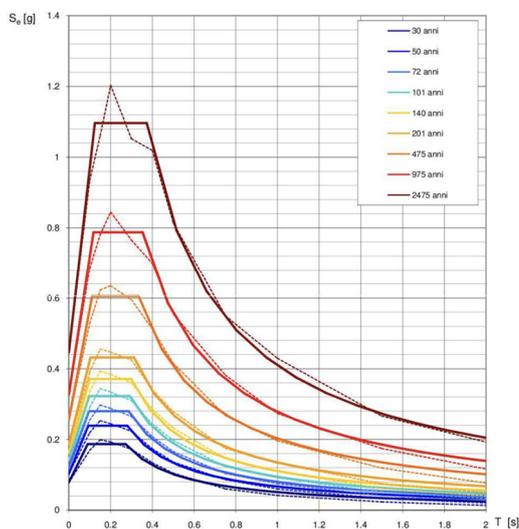
Longitudine: 13.022874°

Valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per i tempi di ritorno T_r associati a ciascun SL

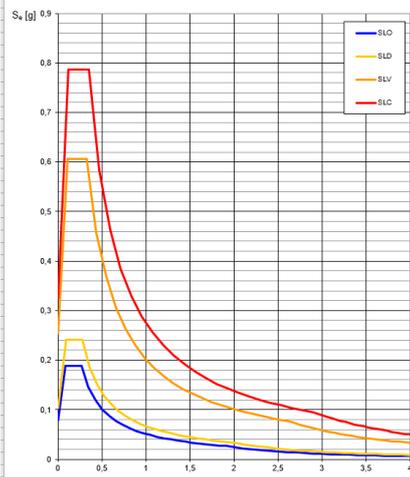
STATI LIMITE	T_r [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,079	2,390	0,271
SLD	50	0,103	2,340	0,279
SLV	475	0,254	2,389	0,333
SLC	975	0,325	2,418	0,350

Costruzione in *II classe - vita nominale V_n superiore ai 50 anni - coefficiente d'uso $c_u=1.0$*

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



3.3 EFFETTI DI (MICRO ZONAZIONE SISMICA)

§ Categoria terreno di fondazione

Per la determinazione preliminare della categoria di suolo di fondazione sono stati utilizzati i dati di indagini di tipo sismico M.A.S.W eseguite su terreni con medesime caratteristiche geologiche e storia deposizionale.

Le indicazioni numeriche rispetto alla velocità delle onde di taglio V_s hanno permesso la determinazione della velocità equivalente $V_{s,eq}$ per la definizione del **suolo tipo** ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "NTC18 Norme Tecniche per le Costruzioni" e della circolare applicativa del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti del gennaio 2019;

DEFINIZIONE SUOLO TIPO (3.2.2. *Categorie di sottosuolo*)

In base alle sismostratigrafie ricostruite, la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, è individuabile entro i primi 30 m di profondità, la $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,eq}$, tramite l'espressione sottostante e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità (NTC 2018 3.2.2. *Categorie di sottosuolo*)

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

$H = 30$ m

$V_{s,eq}$ = velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, definita per i depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m dal parametro $V_{s,30}$

h_i = spessore dello strato i -esimo

$V_{s,i}$ = velocità delle onde S dello strato i -esimo

N = numero di strati

$V_{s,eq}$ = 330 m/sec

Viene ricostruito un valore **V_{seq} di ~ 400 m/s** che permette di classificare in base alla normativa vigente i terreni in oggetto come **Sottosuolo di categoria B** (Paragrafo 3.2.2. NTC 18 – Tab. 3.2.II).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato

Cat.	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o 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 m/s e 180 m/s.</i>
E	<i>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.</i>

3.4 VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

3.4.1 Stato Limite SLV

§ - Amplificazione stratigrafica

I coefficienti di amplificazione stratigrafica in base a quanto stabilito al § 3.2.3.2.1 NTC-18 Tabella 3.2 V sono così assunti:

$$S_s = 1.158 \quad C_c = 1.371$$

§ - Amplificazione topografica

Per configurazioni topografiche come quella in esame posizionata in zona pianeggiante si ritiene si possa riferire il sito alla categoria topografica T1.

$$S_T = 1,000$$

In base a quanto sopra esposto il coefficiente di categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche S risulta essere:

$$S_s * S_t = 1.158 * 1.000 = 1.158$$

§ PGA per lo stato limite di salvaguardia della Vita (SLV) e Khk

La massima accelerazione attesa per il sito di ubicazione della struttura per lo Stato Limite Ultimo risulta essere:

$$PGA_{SLV} = a_{gSLV} * S = 0.254 g * 1.158 = 0.2941g$$

Il Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (tab. 7.11.I NTC 08) corrispondente è pari a $\beta_s = 0.24$, per cui il coefficiente sismico Khk risulta pari a:

$$K_{hk} 0.2941g * 0.28 = 0.0824$$

3.4.2 Stato Limite SLD

Per lo stato limite di danno SLD sono dati i seguenti parametri:

- Amplificazione stratigrafica

I coefficienti di amplificazione stratigrafica in base a quanto stabilito al § 3.2.3.2.1 NTC-08 Tabella 3.2 V sono così assunti:

$$S_s = 1.200 \quad C_c = 1.420$$

§ - Amplificazione topografica

Per configurazioni topografiche come quella in esame posizionata in zona pianeggiante si ritiene si debba riferire il sito alla categoria topografica T1.

$$S_T = 1,000$$

Relazione Geologica e Idrogeologica

In base a quanto sopra esposto il coefficiente di categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche S risulta essere:

$$S_s * S_t = 1.200 * 1.000 = 1.200$$

§ PGA per lo stato limite di danno (SLD) e Khk

La massima accelerazione attesa per il sito di ubicazione della struttura per lo Stato Limite di Danno risulta essere:

$$PGA_{SLD} = a_{gSLD} * S = 0.103 g * 1.200 = 0.1236g$$

Il Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (tab. 7.11.I NTC 08) corrispondente è pari a $\beta_s = 0.20$, per cui il coefficiente sismico Khk risulta pari a:

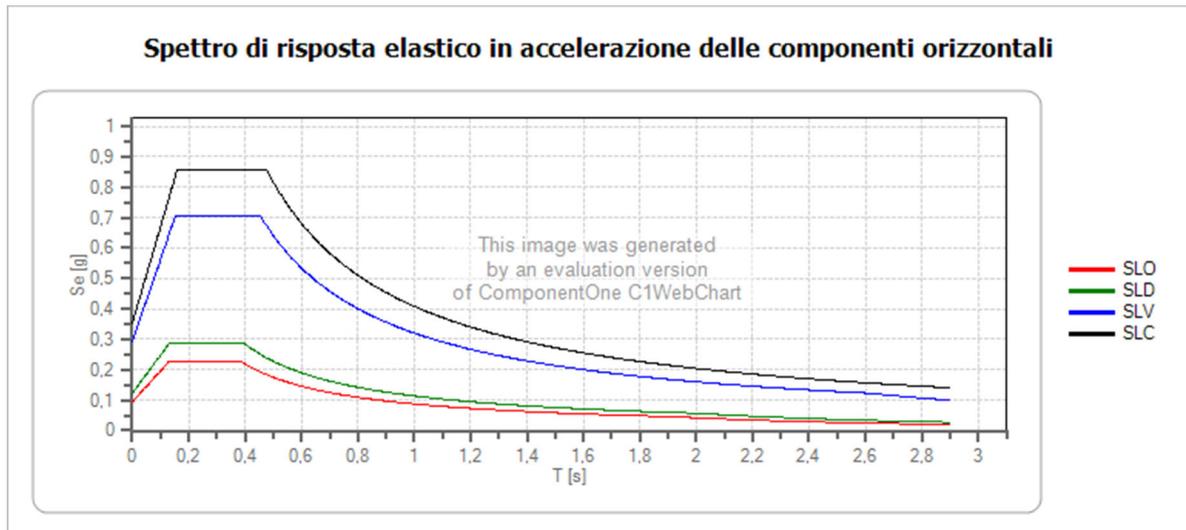
$$K_{hk} 0.093 * 0.24 = 0.0297$$

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,430	1,000	0,019	0,009	0,927	0,200
SLD	1,200	1,420	1,000	0,030	0,015	1,206	0,240
SLV	1,160	1,370	1,000	0,082	0,041	2,887	0,280
SLC	1,090	1,360	1,000	0,099	0,050	3,475	0,280

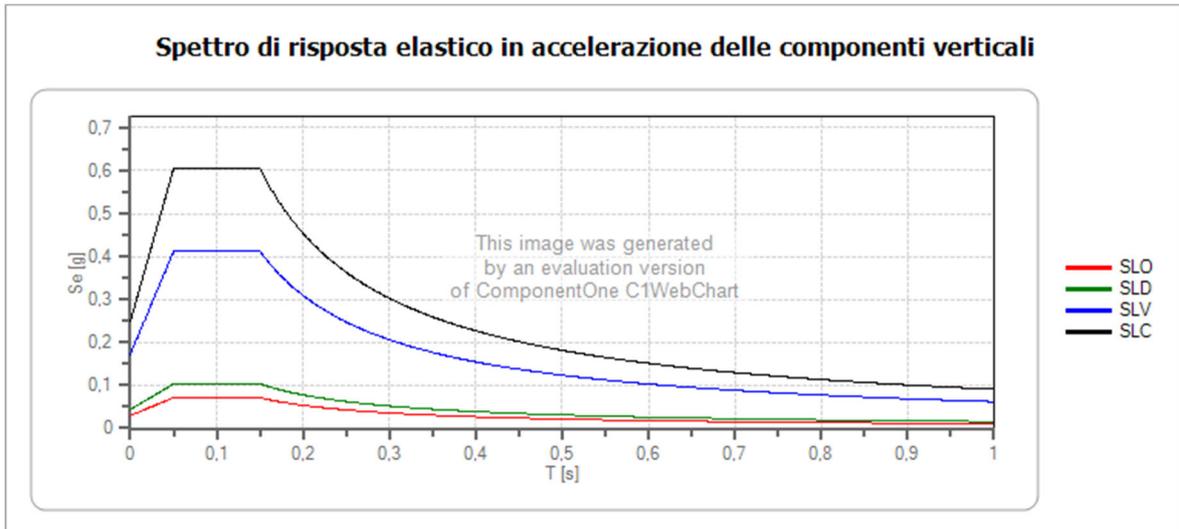
3.4.3 Spettri di risposta

§- *Spettro di risposta elastico - componenti orizzontali e verticali*

In base ai parametri e coefficienti sopra definiti è quindi possibile calcolare i parametri e punti dello spettro di risposta per lo stato **limite** : SLV e per lo **stato limite**: SLD.



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,079	2,391	0,271	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,129	0,387	1,915
SLD	1	0,102	2,341	0,278	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,132	0,395	2,010
SLV	1	0,254	2,389	0,333	1,160	1,370	1,000	1,160	1,000	0,152	0,456	2,615
SLC	1	0,325	2,418	0,350	1,090	1,360	1,000	1,090	1,000	0,159	0,477	2,900



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,079	2,391	0,271	1,000	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,102	2,341	0,278	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,254	2,389	0,333	1,000	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,325	2,418	0,350	1,000	1,360	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

3.5 VERIFICA DELLA LIQUEFAZIONE

In base a quanto stabilito dalle NTC-18 la verifica nei confronti alla liquefazione del terreno di fondazione può essere **omessa** ai sensi di quanto esposto al punto 7.11.3.4.2 qualora si verificano le seguenti condizioni.

Parametri di verifica	Dati di progetto	Stato di verifica
Acc. Max attese al p.c. in assenza di manufatti minori di 0.1 g	0,255 g	Non verificato
Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per p.c. sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali	+ 10 m	Non verificato
Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_t)_{60} > 30$ oppure $q_{dN} > 180$	Terreni etero granulari $(N_t)_{60} < 15$	Verificato
Distribuzione granulometrica delle terree con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e $U_c > 3,5$	-	

Relazione Geologica e Idrogeologica

Per la natura dei futuri terreni di imposta delle fondazioni " *Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di sabbia e ghiaia, spessore 10 m su substrato litoide*", il rischio di liquefazione e/o fluidificazione delle terre è da considerarsi basso-nullo.

Tale considerazione è in sintonia con quanto riportato nello studio di MS1 e MS3 per l'abitato di Serravalle, -Regione Umbria-Comune di Norcia-Commissario straordinario per la ricostruzione sisma 2016.

Non si ravvedono, per quanto di competenza geologica controindicazioni all'esecuzione dell'intervento di cui al titolo, in fase di lavori si dovrà in ogni caso effettuare la verifica puntuale dei dati prevedendo l'assistenza geologica di cantiere alla Direzione Lavori.

4 MODELLO GEOTECNICO

4.1 PROGRAMMA DELLE INDAGINI GEOTECNICHE

Per la caratterizzazione geognostica delle terre in fase preliminare ci si è avvalsi del rilevamento geologico coadiuvato dai dati esistenti in bibliografia per l'area in esame.

Inoltre per la valutazione dei parametri sismici e geotecnici è stata programmata ed è in fase di realizzazione la seguente campagna di indagine geognostica:

- N° 9 Test DPSH spinti fino alla profondità di 15 m dal p.c.;
- N° 6 sondaggi con carotaggio in continuo spinti a profondità variabile fra i 30 e i 40 m dal p.c., con esecuzione di prove SPT in foro;
- N° 3 prove sismiche dirette Down-Hole nei fori di sondaggio precedentemente completati a tale scopo;
- N° 3 indagini di tipo sismico M.A.S.W. per l'acquisizione delle Vseq;
- N° 3 indagine di sismica a rifrazione.
- N° 2 indagini sismiche miste a riflessione.

In fase di sondaggio è previsto il prelievo di 6 campioni indisturbati nei fori di sondaggio, su cui saranno eseguite le seguenti analisi di laboratorio:

- determinazione parametri indice
- determinazione limiti di Atterberg, compreso limite di ritiro
- analisi granulometrica
- Prova di Taglio diretto CD e prova di taglio residuo
- Prova di compressibilità edometrica.

4.2 ANALISI DEI DATI GEOGNOSTICI E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE TERRE

Le indicazioni sotto riportate sono necessariamente preliminari.

Ciò non di meno e sulla base dei dati acquisiti:

La zona di imposta della futura viabilità ponte ricade all'interno di un'area dove affiorano materassi alluvionali attuali e recenti a prevalente composizione ghiaiosa-clastica in scarsa matrice sabbiosa nella parte più superficiale.

Lo spessore dei depositi alluvionali di fondo alveo è da ritenere spesso non oltre i 10-15 m con componente granulare prevalente, talora leggermente coesiva in condizioni di saturazione al di sotto dei 8 m.

Al di sotto dei litotipi alluvionali è presente il substrato litoide, costituito da alternanze di calcari stratificati con selce.

Nell'uno e nell'altro caso la competenza geomeccanica delle terre è da ritenere discreta ed in aumento verso il basso con variazioni del comportamento geotecnico dei materiali connesso alla variabilità dei costituenti.

Relazione Geologica e Idrogeologica

La buona stabilità dell'opera potrebbe essere garantita prevedendo un idoneo incastro del sistema di appoggio ricorrendo a soluzioni fondali profonde per quanto riguarda i ponti e con piano di appoggio rappresentato dal substrato litoide, con profondità di imposta di almeno 25 m dall'attuale piano di campagna.

Per la realizzazione della rotatoria e delle parti in rilevato potrà essere prevista una parziale bonifica dei terreni del piano di appoggio ove questi mostrino caratteristiche geotecniche non adeguate alle sollecitazioni indotte.

Si dovrà in ogni caso tenere particolarmente in conto l'evoluzione morfologica di fondo alveo che è da considerare in erosione.

Nell'analisi dei **dati geotecnici raccolti dalla bibliografia esistente** per ricostruire una modellazione preliminare geotecnica, va tenuto in considerazione che le indagini analizzate sono state realizzate nella zona esterna dell'alveo del fiume.

Tale considerazione si ritiene opportuna in quanto nella zona di futuro intervento, contrariamente a quanto riscontrato nelle zone dove sono state condotte le indagini, non sono presenti conoidi detritiche.

Pur tenendo in conto quanto appena riportato, la distribuzione spaziale dei terreni e che costituiranno il futuro piano di appoggio, sono da considerare tendenzialmente omogenei sia nella distribuzione areale che in quella verticale almeno per quanto riguarda la caratterizzazione del "Volume Significativo" di terreno interessato dai sovraccarichi dell'opera.

L'andamento del grafico dei tests indica che la risposta delle terre all'avanzamento, al di sotto dei terreni detritici, è discreta e migliora verso il basso per la presenza di ghiaie sciolte più o meno classate fino a circa 5 m dal p.c, dove si è intercettato il substrato litoide che ha prodotto il rifiuto all'avanzamento.

In fase di indagine non era stata rilevata presenza di acque di circolazione sotterranea.

In base alle informazioni reperite dalla campagna geognostica a cui ci siamo riferiti, sono stati elaborati il profilo geologico-tecnico lungo l'asse stradale e le sezioni geologiche in corrispondenza dei n. 3 viadotti in progetto che verranno ulteriormente approfondite a seguito delle risultanze della campagna di indagini prevista e da realizzare nella successiva fase progettuale.

4.2.1 Risultati delle indagini geotecniche preesistenti

In base al programma di indagine geognostica e geotecnica si riportano di seguito i risultati delle prove eseguite in campagna.

Le caratteristiche principali del penetrometro utilizzato vengono specificate nella seguente scheda tecnica:

Deep Drill DPH50 (Dinamic Penetrometer Heavy - penetrometro dinamico pesante classificazione ISSMFE 1988 – UNI)

Prove Penetrometriche Dinamiche Continue (DP)									
	Maglio		Volata		Aste		Punta		
DPSH (standard)	63,5 kg	140 pound	750 mm	29,5 inch	Ø32 mm	1,26 inch	20 cm ²	3,2 inch ²	60-90°
DPH (standard)	50 kg	110 pound	500 mm	19,6 inch	Ø32 mm	1,26 inch	15 cm ²	2,4 inch ²	60-90°
DPM (opzionale)	30 kg	66 pound	500 mm	19,6 inch	Ø32 mm	1,26 inch	15 cm ²	2,4 inch ²	60-90°

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt}. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Per quanto riguarda il penetrometro super pesante DPH, la relazione tra N₃₀ e N_{SPT} risulta (per terreni incoerenti, tipo sabbia):

$$N_{SPT} \sim 0,7 N_{30}$$

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd}

Formola Olandesi

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

Tramite il valore N SPT elaborato a partire da N30, è poi possibile ricavare i seguenti parametri geotecnici del terreno (si ricorda che le correlazioni sono affidabili solo per determinazioni su terreni di tipo granulare):

- La densità relativa;
- L'angolo di resistenza al taglio;
- Il modulo di deformazione;
- Il coefficiente di reazione del terreno K.

TERRENI GRANULARI			
N	STATO DI ADDENSAMENTO	ϕ (°)	D_r (%)
0-4	Sciolto	<30	<0,2
4-10	Poco addensato	30÷35	0,2÷0,4
10-30	Moderatamente addensato	35÷40	0,4÷0,6
30-50	Addensato	40÷45	0,6÷0,8
>50	Molto addensato	>45	>0,8

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione N_{spt} in presenza di falda

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

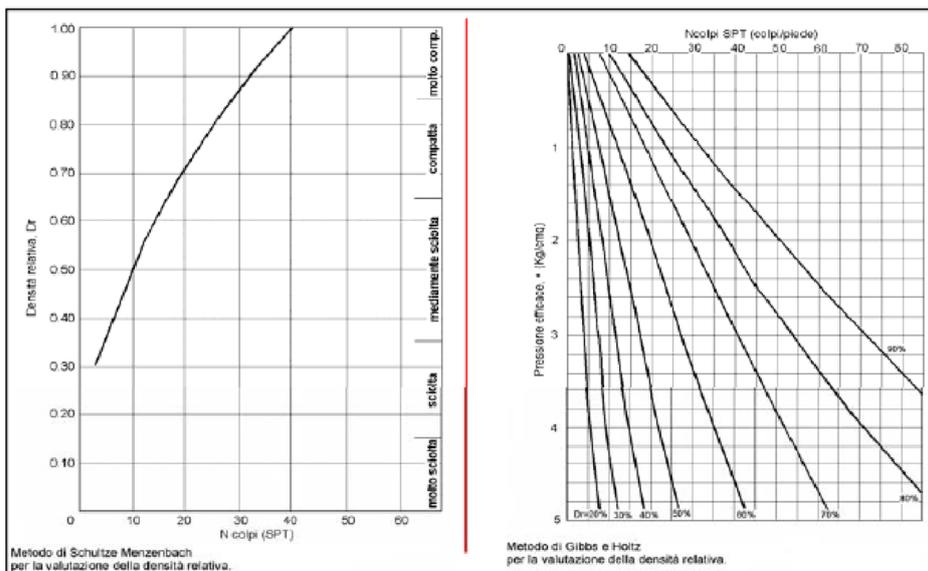
N_{spt} è il valore medio nello strato

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

Angolo di Attrito

- *Road Bridge Specification*. Il metodo è valido per sabbie fini o limose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità per profondità di prova superiori a 8 - 10 m per terreni sopra falda e superiori a 15 m per terreni in falda ($s > 15-20 \text{ t/m}^2$).
- Il metodo si basa sulla seguente relazione: $\phi' (\text{°}) = [(15 \times NSPT)^{0,5}] + 15$, dove NSPT è il numero di colpi medio misurato nello strato.
- *Japanese National Railway*. Il metodo è valido per sabbie medie - grosse fino a sabbie ghiaiose e trova le sue condizioni ottimali di applicabilità anche per deboli profondità. Il metodo si basa sulla seguente relazione: $\phi' (\text{°}) = 0,3 \times NSPT + 27$ dove NSPT è il numero di colpi medio misurato nello strato.

Relazione Geologica e Idrogeologica



Densità relativa (%)

- a) Gibbs & Holtz. (1957) è valido per le sabbie da fini a grossolane pulite, per qualunque valore di pressione efficace, in depositi normalmente consolidati.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$Dr (\%) = [NSPT / (32 + 0,288 q)]^{0,5}$$

dove: q = pressione efficace in Kg/cm²;

N SPT = numero di colpi medio nello strato.

- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo di deformazione degli strati incoerenti si utilizza generalmente il metodo di Denver (1982), valido sino a sabbie ricche in fine e plastico. Il metodo non considera l'influenza della pressione efficace, che porta a parità di N SPT ad una diminuzione di E con la profondità. In generale è il metodo più attendibile fra quelli proposti. Poiché è stato calibrato su materiali prevalentemente sabbiosi, comunque il metodo va usato con prudenza, nel caso di terreni limosi o ghiaiosi. Le formule di riferimento sono le seguenti:

$$E' \text{ (Mpa)} = 0,316 N \text{ SPT} + 1,58 \text{ (relativa alle sabbie ricche in fino)}$$

$$E' \text{ (Mpa)} = 0,478 N \text{ SPT} + 7,17 \text{ (relativa alle sabbie sature in acqua)}$$

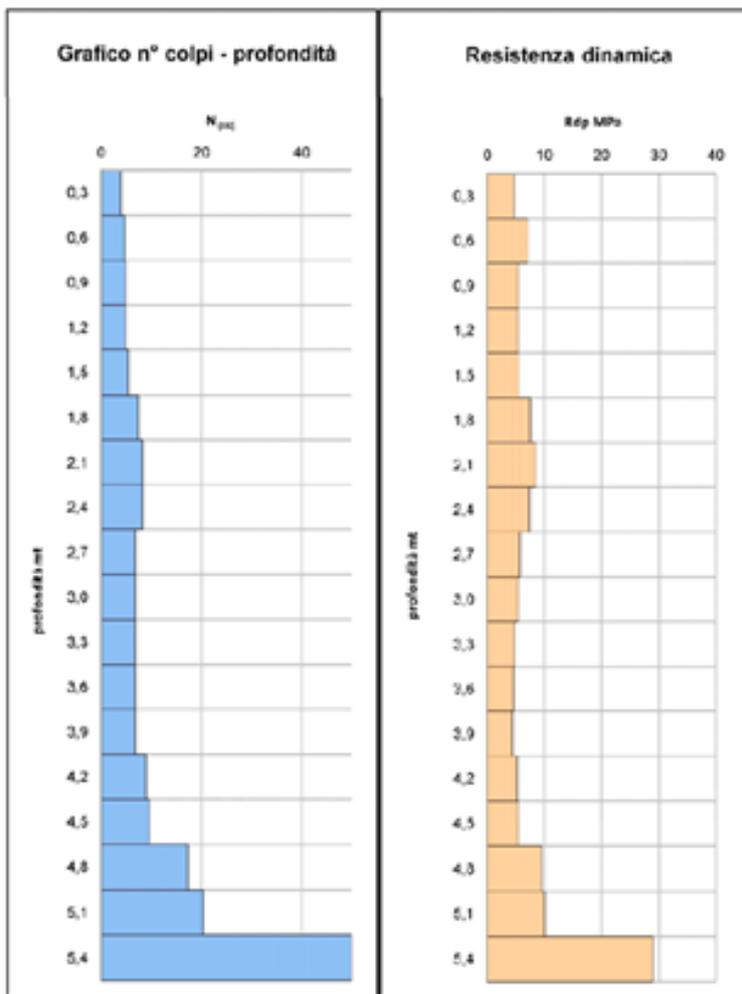
$$E' \text{ (Mpa)} = 0,517 N \text{ SPT} + 7,46 \text{ (relativa alle sabbie pulite asciutte)}$$

ove N SPT è il numero di colpi medio misurato nello strato.

Dall'elaborazione delle prove SPT è inoltre possibile calcolare il valore del **coefficiente di reazione del terreno K** (comunemente denominato anche "modulo di Winkler") a partire dal valore della densità relativa (*terreni granulari*) o della coesione non drenata (*terreni coesivi*), secondo le indicazioni NAVFAC-DM1 (1986).

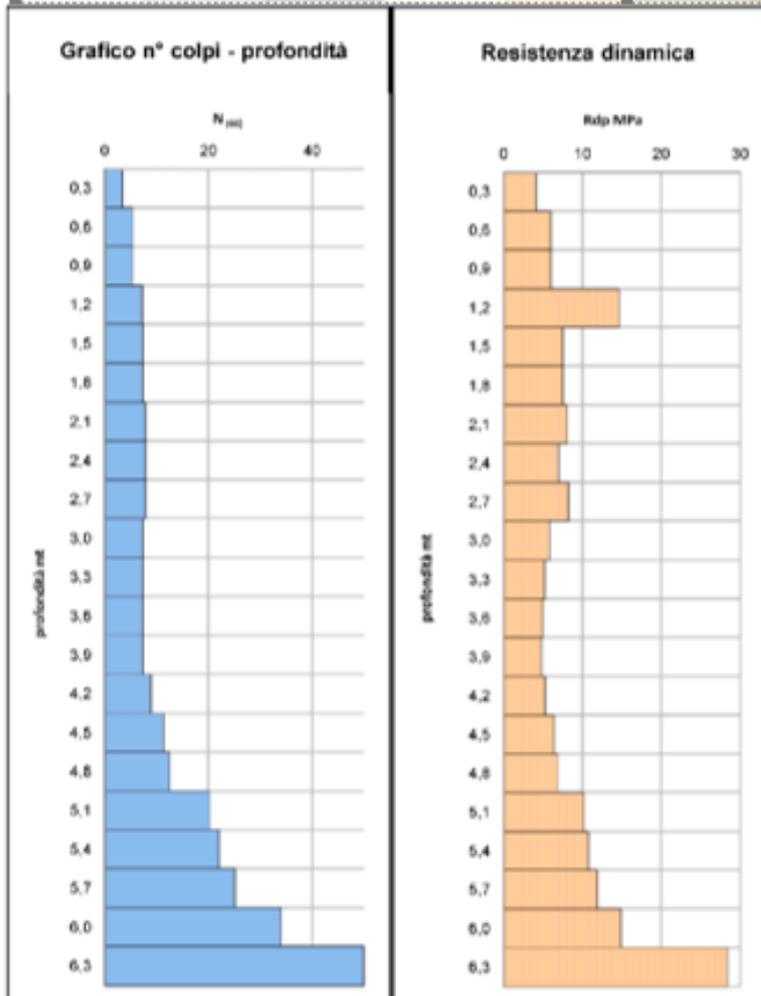
Relazione Geologica e Idrogeologica

profondità mt	N ₁ (60) n° colpi	rdp Mpa	terreni granulari				terreni coesivi		
			Dr %	φ gradi	E' daN/cm ²	K daN/cm ³	C _u daN/cm ²	E _{ed} daN/cm ²	K daN/cm ³
0,3	7	4,7	23,5	25,0	109,2	0,5	0,4	37,0	1,1
0,6	11	7,1	36,9	27,8	130,9	1,2	0,7	50,2	1,7
0,9	8	5,4	29,3	26,2	117,9	0,8	0,6	42,3	1,3
1,2	8	5,4	29,3	26,2	117,9	0,8	0,6	42,3	1,3
1,5	9	5,5	32,2	26,8	122,2	1,0	0,6	44,9	1,5
1,8	13	7,5	39,6	28,7	139,6	1,3	0,8	55,5	2,0
2,1	14	8,5	42,2	29,6	148,2	1,5	0,9	60,8	2,3
2,4	13	7,4	40,8	29,1	143,4	1,4	0,9	57,9	2,1
2,7	10	5,7	35,9	27,5	128,0	1,1	0,7	48,5	1,6
3,0	10	5,4	34,1	27,1	125,0	1,0	0,6	46,6	1,5
3,3	9	4,8	32,5	26,8	122,7	1,0	0,6	45,2	1,5
3,6	9	4,8	31,2	26,6	120,6	0,9	0,6	43,9	1,4
3,9	9	4,4	29,9	26,3	118,8	0,8	0,6	42,8	1,4
4,2	11	5,2	36,7	27,7	130,3	1,2	0,7	49,9	1,7
4,5	11	5,4	37,3	27,9	132,0	1,2	0,7	50,9	1,8
4,8	19	9,5	49,4	32,1	175,4	1,9	1,3	77,4	3,1
5,1	22	10,2	52,6	33,2	189,2	2,0	1,5	85,9	3,5
5,4	63	29,0	89,0	46,0	402,3	4,6	4,2	216,1	10,1



Relazione Geologica e Idrogeologica

profondità mt	N ₆₀ n° colpi	rdp Mpe	terreni granulari				terreni coesivi		
			Lr %	r gradi	E' daN/cm ²	K daN/cm ³	C _u daN/cm ²	E _{ed} daN/cm ²	K daN/cm ³
0,3	6	4,1	205	24,4	104,9	0,5	0,4	34,3	0,9
0,6	9	6,0	322	26,8	122,2	1,0	0,6	44,9	1,5
0,9	9	6,0	322	26,0	122,2	1,0	0,6	44,9	1,5
1,2	23	14,7	532	33,4	191,5	2,1	1,5	37,3	3,6
1,5	13	7,5	396	28,7	139,6	1,3	0,8	55,5	2,0
1,8	13	7,5	396	28,7	139,6	1,3	0,8	55,5	2,0
2,1	13	8,0	409	29,2	143,8	1,4	0,9	58,1	2,1
2,4	13	7,0	396	20,7	139,4	1,3	0,8	55,4	2,0
2,7	15	8,7	430	29,9	150,9	1,5	1,0	62,5	2,3
3,0	11	5,8	362	27,6	128,9	1,1	0,7	49,0	1,7
3,3	10	5,2	354	27,3	126,4	1,1	0,7	47,4	1,6
3,6	10	5,0	336	27,0	124,2	1,0	0,6	46,1	1,5
3,9	9	4,8	322	26,8	122,2	1,0	0,6	44,0	1,5
4,2	11	5,7	367	27,7	130,3	1,2	0,7	49,9	1,7
4,5	13	6,4	406	29,1	142,8	1,4	0,9	57,5	2,1
4,8	14	6,9	420	29,6	147,6	1,4	0,9	60,4	2,2
5,1	22	10,2	526	33,2	189,2	2,0	1,5	55,9	3,5
5,4	23	10,7	541	33,8	195,8	2,1	1,5	59,9	3,7
5,7	26	11,9	569	34,7	208,6	2,3	1,7	57,7	4,1
6,0	34	14,0	655	37,3	251,0	2,9	2,3	124,1	5,4
6,3	56	28,4	905	46,7	413,7	4,7	4,3	223,0	10,4



4.2.2 Valori caratteristici e valori di progetto

Nell'elaborazione delle prove penetrometriche per ogni livello di terreno da 20 cm attraversato è stato calcolato il relativo valore N_{spt} , e definiti i relativi parametri geotecnici). Sono stati così definiti i **valori caratteristici** per gli orizzonti di terreno in questione $X_k(c'_k, \phi'_k, Cu_k)$; ai valori caratteristici X_k ottenuti sono stati applicati i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, per ottenere i parametri di progetto $X_d(c'_d, \phi'_d, cu_d)$.

In corrispondenza del luogo di progetto possono cautelativamente essere individuati n° 3 strati aventi comportamento geomeccanico distinto.

Parametri nominali di riferimento

Orizzonte 1 coltri detritiche (assenti nell'area del tracciato stradale)

da 0.0 a 1.0 m

$\gamma_n=16-16.5 \text{ kN/m}^3$ $\phi_k = 33.8^\circ$ $C'_k= 0.0 \text{ (kPa)}$ $N_{1(60)} = 27,4$ $E'_k= 197 \text{ (daN/cm}^2)$

Orizzonte2 depositi alluvionali

TERRENO DI FONDAZIONE

da 1.0 a 5.0 m limi sabbioso/ghiaiosi mediamente addensati- ghiaie sciolte più o meno classate in matrice limo sabbiosa bruna

$\gamma_n=17-17.5 \text{ kN/m}^3$ $\phi_k = 28.7^\circ$ $C'_k= 0.0 \text{ (kPa)}$ $N_{1(60)} = 10,9$ $E'_k= 141 \text{ (daN/cm}^2)$

Orizzonte 3 coltre di alterazione del substrato litoide

da 5.0 m bed-rock Formazione della Scaglia Cinerea- alterazione (breccie calcaree-marnose molto addensate)

$\gamma_n=19-20 \text{ kN/m}^3$ $\phi_k > 35^\circ$ $C'_k= 0.0 \text{ (kPa)}$ $N_{1(60)} > 60$ $E'_k > 300 \text{ (daN/cm}^2)$

Orizzonte 4 bedrock sismico

da 6.0 m bed-rock Formazione della Scaglia Cinerea (marne calcaree e calcari marnosi)

$\gamma_n=22 \text{ kN/m}^3$ $\phi_k > 38^\circ$ $C'_k= 0.0 \text{ (kPa)}$ $N_{1(60)} > 60$ $E'_k > 300 \text{ (daN/cm}^2)$

PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO

PER GRANDI VOLUMI DI ROTTURA

5° percentile distribuzione della media ALLUVIONALI 1.0-10 m da p.c.				
Parametro	ϕ			
dati	media dati		X_k	
Vedi prove	28.25		27.6	Valore caratteristico
	COV ϕ %		X_d	
	7	$X_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	22.7	Valore di progetto
	n° dati			
	24			
		$z_{0.05}$	-1,6449	

Parametro		Cu daN/cm ² ALLUVIONALI		
dati	media	Y		
	1.32	233	X_k	
Vedi prove	COV	S	1.2	Valore caratteristico
	30	294	X_d	
DPH	n° dati	$z_{0.05}$	0.9	Valore di progetto

Relazione Geologica e Idrogeologica

	24	-	$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$		
Con n > 1; se n=1, Xk = inv. lognorm(0.05, Y, S)					

5° percentile distribuzione della media COLTRE ALTERAZIONE del bed rock					
Parametro	ϕ				
dati	media dati		Xk		
32.1	33.4	$x_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	31.7		Valore caratteristico
33.2	COV ϕ %		Xd		
33.2	7		26.3		Valore di progetto
33.8	n° dati				
34.7	5	$z_{0.05}$	-1.6449		

Cu daN/cm ² COLTRE ALTERAZIONE del bed rock					
Parametro	media	Y			
dati	media	Y	Xk		
1.3	1.50	362			
1.5	COV %	S	1.2		Valore caratteristico
1.5	30	294	Xd		
1.5	n° dati	$z_{0.05}$	0.9		Valore di progetto
1.7	5	-			
			$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$		
Con n > 1; se n=1, Xk = inv. lognorm(0.05, Y, S)					

5° percentile distribuzione della media SUBSTRATO LITOIDE FRATTURATO					
Parametro	ϕ				
dati	media dati		Xk		
46	43.33	$x_k = \bar{x} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	40.5		Valore caratteristico
37.3	COV ϕ %		Xd		
46.7	7		34.3		Valore di progetto
	n° dati		-1.6449		
	3				

SUBSTRATO LITOIDE FRATTURATO					
Parametro	C' (kPa)	Y			
dati	media	Y	Xk		
4.6	4.07	1.360			
2.9	COV %	S	3.1		Valore caratteristico
4.7	30	294	Xd		
	n° dati	$z_{0.05}$	2.2		Valore di progetto
	3	-1.645			
			$L_{1-\alpha}(\bar{Y}, S^2) = \bar{Y} + \frac{S^2}{2} \pm z_{1-\alpha/2} * \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^4}{2(n-1)}}$		

Relazione Geologica e Idrogeologica

Determinazione del coefficiente di sottofondo k (terreno alla Winkler)

Range indicativi del modulo di Winkler	Valori in kg/cm ³	
	Da	a
Torba	0,6	1,8
Terreno vegetale	1	1,5
Sabbia fine poco addensata	1,5	2
Terreno eterogeneo ghiaioso-sabbioso-limoso poco addensato	2	3,5
Terreni argillosi	5	15
Ghiaia con sabbia incoerente	10	15
Ghiaia con sabbia mediamente coerente	12	18
Ghiaia con sabbia compatta	15	20
Ghiaia e ciottoli con sabbia compatta	20	25
Roccia fratturata	15	25
Roccia sana (sedimentarie)	25	50
Rocce metamorfiche o intrusive	> 50	

Di seguito si riporta il valore di K ottenuto tramite la relazione proposta da Terzaghi per una fondazione di lato b:

$$k = E \times \frac{b + 2H}{b \times 2H}$$

dove: b = larghezza fondazione
h = spessore strato comprimibile
E = modulo Edometrico

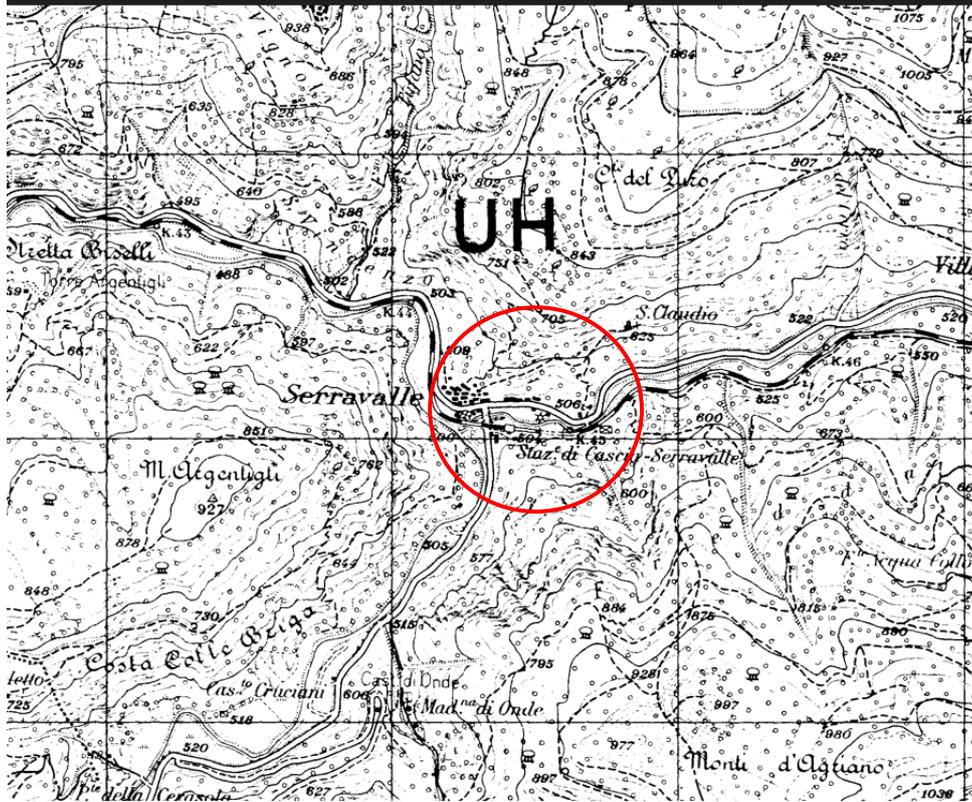
Il modulo E è stato assunto pari a 143 kg/cm² derivante dalle prove DPH al di sotto del futuro piano di appoggio della fondazione e pari a 3,0 m dal p.c. attuale.

Orizzonte	Intervallo considerato	E (Kg/cm ²)
Depositi	3-5 m	143

fondazione quadrata			
larghezza (cm)		6000,00	
modulo Ed		143,00	kg/cm ²
H spessore strato comprimibile (cm)		50,00	cm
K alla Winkler		2.907667	kgf/cm²

5 ALLEGATI

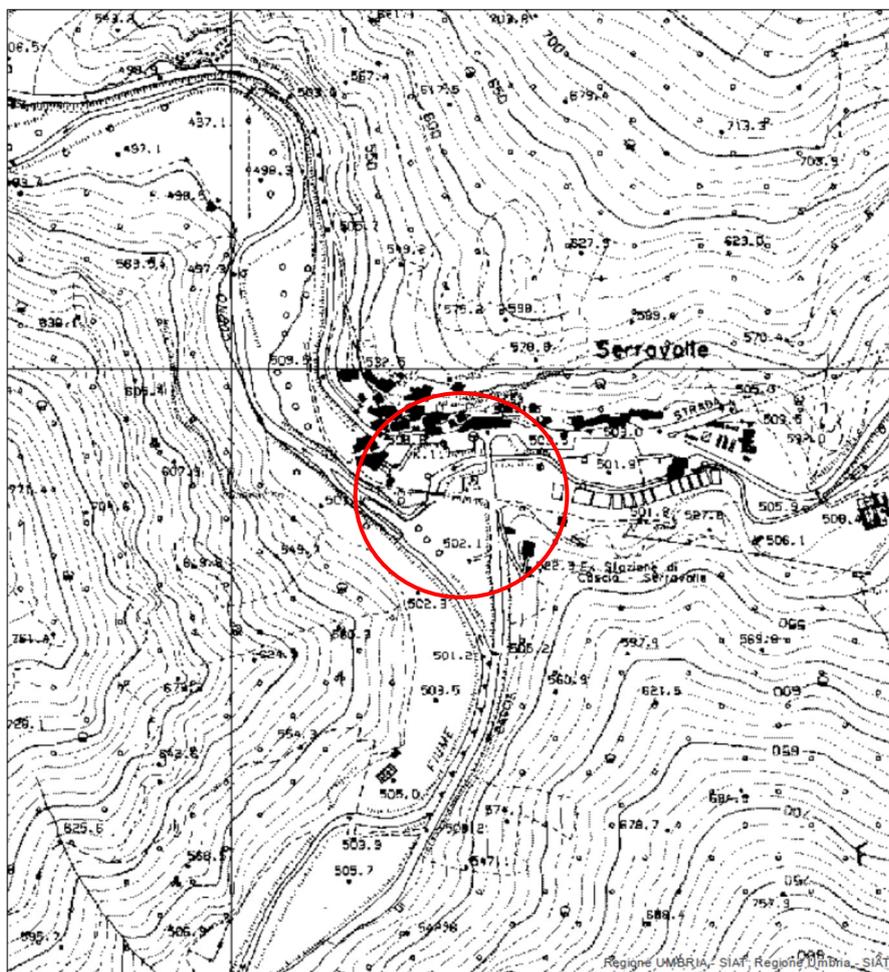
Rilevamento topografico dalla Carta d'Italia F° 132 III NW
scala 1:25.000



Relazione Geologica e Idrogeologica

Carta Tecnica Regionale dell'Umbria F° 337-010 Norcia

Scala 1:10.000



Mappa Catastale del Comune di Norcia F° 110-111-112

