

S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola

PROGETTO ESECUTIVO

COD. **PG143**

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

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

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL PROGETTISTA:

Dott. Ing. David Carlacchini
 Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n° A1245

Dott.Ing. N.Granieri
 Dott.Arch. N.Kamenicky
 Dott.Ing. V.Truffini
 Dott.Arch. A.Bracchini
 Dott.Ing. F.Durastanti
 Dott.Ing. E.Bartolucci
 Dott.Geol. G.Cerquiglioni
 Geom. S.Scopetta
 Dott.Ing. L.Sbrenna
 Dott.Ing. E.Sellari
 Dott.Ing. L.Dinelli
 Dott.Ing. L.Nani
 Dott.Ing. F.Pambianco
 Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini
 Dott. Ing. S.Sacconi
 Dott. Ing. C.Consorti
 Dott. Ing. E.Loffredo
 Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani
 Dott. Ing. F.Macchioni
 Geom. C.Vischini
 Dott. Ing. V.Piunno
 Dott. Ing. G.Pulli
 Geom. C.Sugaroni

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

Il Responsabile di Progetto

Arch. Pianificatore Marco Colazza

Il Responsabile del Procedimento

Dott. Ing. Alessandro Micheli



PROTOCOLLO

DATA

03.STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO
03.03 SISMICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	T00GE03GEORE01A		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00GE03GEORE01	A	-
A	Emissione		Ago 2023	D.Carlaccini	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	APPROVATO

RELAZIONE SISMICA

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
3	EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN PROSPETTIVA SISMICA	5
4	SISMICITA' DELL'AREA	8
5	CLASSIFICAZIONE SISMICA	22
6	COEFFICIENTE TOPOGRAFICO.....	32

1 PREMESSA

Il presente elaborato inquadra da un punto di vista sismico l'intervento di completamento dell'itinerario della strada delle "Tre Valli Umbre" tratto Acquasparta (E45) - Spoleto (SS3bis). Il tracciato sviluppa lo stralcio funzionale di 4+436 km, a partire dalla progr. km 6+820 (con immissione diretta sulla S.R. 418 in corrispondenza dello svincolo Firenzuola), sino alla progr. km 11+256 (appena dopo lo svincolo di Baiano di Spoleto).

Obiettivo del progetto è il completamento della strada delle "Tre Valli Umbre" di collegamento fra la S.S. 209 Valnerina (oggi S.P.209) e la S.S. n°3 bis Tiberina, consentendo quindi lo sviluppo delle relazioni fra tre importanti Regioni (l'Umbria, Marche, Lazio).

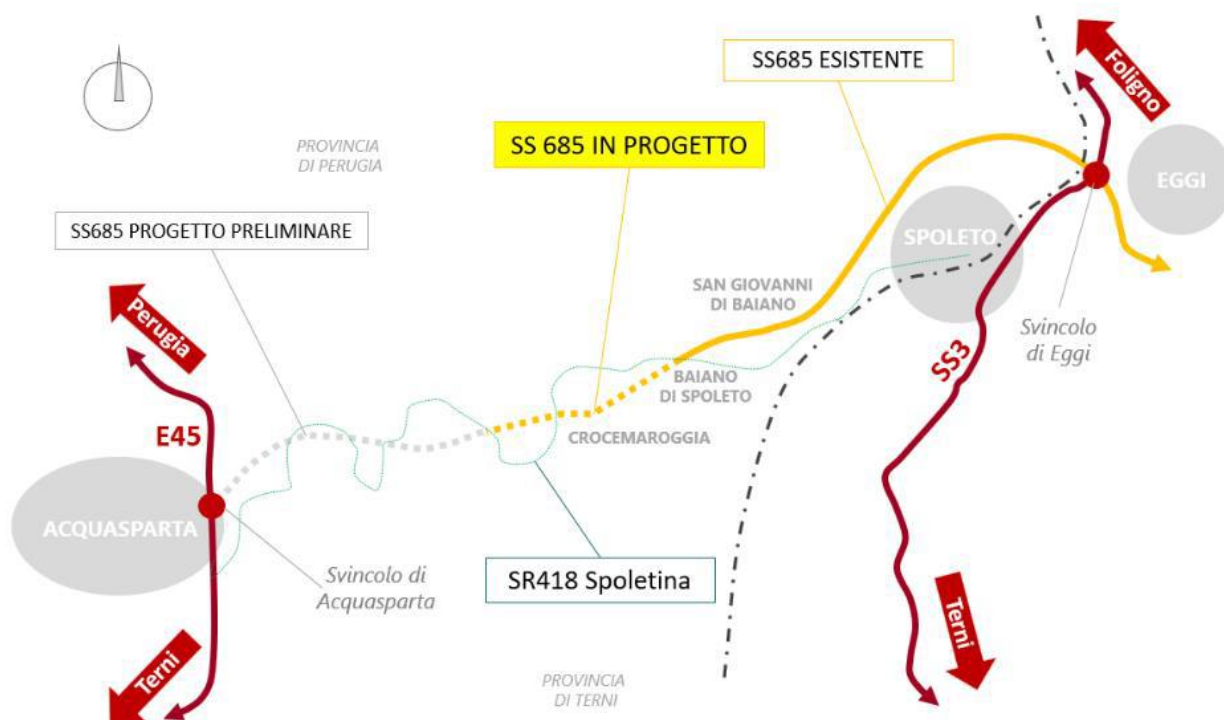


Fig.1 – Il tracciato della strada delle tre Valli umbre (Progetto Preliminare).

Il tracciato in esame interessa il territorio del comune di Spoleto. Il territorio del comune di Spoleto si è dotato di uno studio di Microzonazione sismica di I livello che però ha riguardato solo le aree antropizzate non interessando quindi l'area di progetto.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La zona esaminata, dal punto di vista geomorfologico, è situata lungo il versante orientale del rilievo collinare di Firenzuola che è parte integrante della struttura montuosa dei Monti Martani con direttrice appenninica NW-SE.

Nell'area affiorano termini litoidi appartenenti alla serie Umbro Marchigiana ricoperti frequentemente da depositi terrigeni riconducibili a facies fluviali e fluvio-lacustri (alluvioni recenti e antiche, apparati confidali, depositi villafranchiani, travertini).

Il primo tratto si sviluppa a partire dalla valle tiberina procedendo sul versante occidentale della struttura montuosa dei monti Martani dove si rinvencono, oltre ai depositi continentali recenti, i complessi sedimentari della Serie Umbro-Marchigiana.

La dorsale del M. Martano è parte dell'Appennino Umbro – Marchigiano. L'intera anticlinale è costituita dalla successione delle formazioni affioranti su tutta l'area appenninica della serie Umbro-Marchigiano, dal Trias al Miocene; un importante aspetto della sedimentazione giurassica è la presenza di serie complete sviluppate accanto a serie lacunose come nella zona di Castel del Monte e M. Rotondo, dove alti strutturali composti da Calcare Massiccio e serie ridotte sovrastanti, sono separate dalle successioni complete tramite faglie dirette giurassiche. La situazione geostrutturale evidenzia la formazione di pieghe asimmetriche parzialmente sovrapposte e rovesciate verso Est, accompagnate da fenomeni di distensione e collasso sui versanti occidentali.

L'ultimo tratto del tracciato stradale si sviluppa dopo aver superato la struttura montuosa all'interno di una ampia sinclinale ad andamento sigmoidale ricompresa tra le due brachianticlinali dei Monti Martani e dei Monti di Spoleto, costituite da litotipi carbonatici appartenenti alla Serie Umbro Marchigiana.

L'andamento morfologico rispecchia fedelmente quello strutturale che risulta caratterizzato da strutture montuose solcate da aree golenali minori ad andamento conforme, con direzione conseguente ai pendii e interrotte trasversalmente da valli fluviali con direzione S-N solcate rispettivamente dal torrente Naia, dal torrente Marroggia e dal torrente Tessino.

La dorsale dei Monti Martani delimita la parte occidentale della Valle Umbra Sud coinvolgendo nella deformazione i terreni della successione sedimentaria meso-cenozoica Umbro-

Marchigiana dai calcari e marne triassiche, che affiorano al nucleo della struttura, fino ai termini oligo-miocenici del Bisciario.

Un sovrascorrimento principale immergente verso WSW nella parte settentrionale e centrale della struttura e verso SSW nella parte meridionale disloca il fianco orientale dell'anticlinale e ne determina l'accavallamento verso Est sull'antistante sinclinorio di Icciano.

L'anticlinale dei monti Martani è dislocata sul fianco occidentale da un sistema di faglie dirette (faglia bordiera dei monti Martani) che costituisce il graben della Media Valle del Tevere ed è riferibile alla fase distensiva plio-pleistocenica.

La zona oggetto di studio dei M. Martani è caratterizzata da un sovrascorrimento immergente verso SW affiorante nella zona di Firenzuola. Il tetto di questo sovrascorrimento è individuato nell'anticlinale del M. Martano con direzione assiale N-S e NW- SE, l'anticlinale mostra vergenza orientale, il lato occidentale è dislocato da faglie dirette e transtensive immergenti verso W.

Il letto del sovrascorrimento è caratterizzato da una serie di sinclinali con il lato occidentale rovesciato, tale thrust si imposta sulla Scaglia Variegata e Scaglia Cinerea, dislocando localmente i sedimenti miocenici.

Parte del tracciato in oggetto attraversa rocce a componente prevalentemente calcarea, con caratteristiche geomeccaniche tipiche del bedrock e molto spesso interessata da frequenti e notevoli disturbi tettonici che hanno determinato una intensa fratturazione e cataclasizzazione del materiale.

La condizione di intensa fratturazione determina condizioni di elevata sensibilità in riferimento all'opera e alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati.

La stessa valutazione può essere effettuata relativamente alla stabilità geomorfologica nel campo degli ammassi rocciosi, quando ci si trovi nelle condizioni di strati intensamente cataclasizzati e/o disposti a franapoggio e interessati da numerose diaclasi e/o tension crack. Vengono di seguito descritte le facies rilevate con indicazione delle aree di affioramento all'interno del corridoio di interesse.

3 EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO IN PROSPETTIVA SISMICA

- L. 02/02/74, n. 64:

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- D.G.R. 10.12.1987. N. 8396 (B.U.R. n.111 del 28.01.1988):

Norme Tecniche relative alle costruzioni sismiche. D.M. 24.01/86. Paragrafo C.9. “Interventi su edifici esistenti”. Determinazione.

- D.M. 16/01/96:

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche. Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;

- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E’ in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri Vs30, Nspt, Cu.

- Ord.P.C.M. del 2 ottobre 2003 n. 3316:

Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003

- Ord.P.C.M. del 3 maggio 2005 n. 3431:

Ulteriori modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 Allegati

- D.G.R. n. 852 del 18.06.2003:

“Approvazione classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria”.

- D.G.R. 25.06.2004 n. 911:

Programma annuale per la prevenzione sismica. Art. 3 leggeregionale 23 ottobre 2002, n. 18. Approvazione.

- DM Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005:

“Norme Tecniche per le Costruzioni” del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l’Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell’accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia;

- OPCM n. 3519 del 28.04.2006:

“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.

E’ stata emanata ad integrazione della OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale.

- D.P.C.M. del 12 ottobre 2007:

"Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" (G. U. 29 gennaio 2007 n. 24).

- DM Infrastrutture 14.01.2008:

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che entrano in vigore il 30 giugno 2009. E di cui escono le istruzioni in data 02 febbraio 2008.

- D.G.R. n. 1111 del 18.09.2012:

“Aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale dell’Umbria”.

- NTC2018:

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l’applicazione.

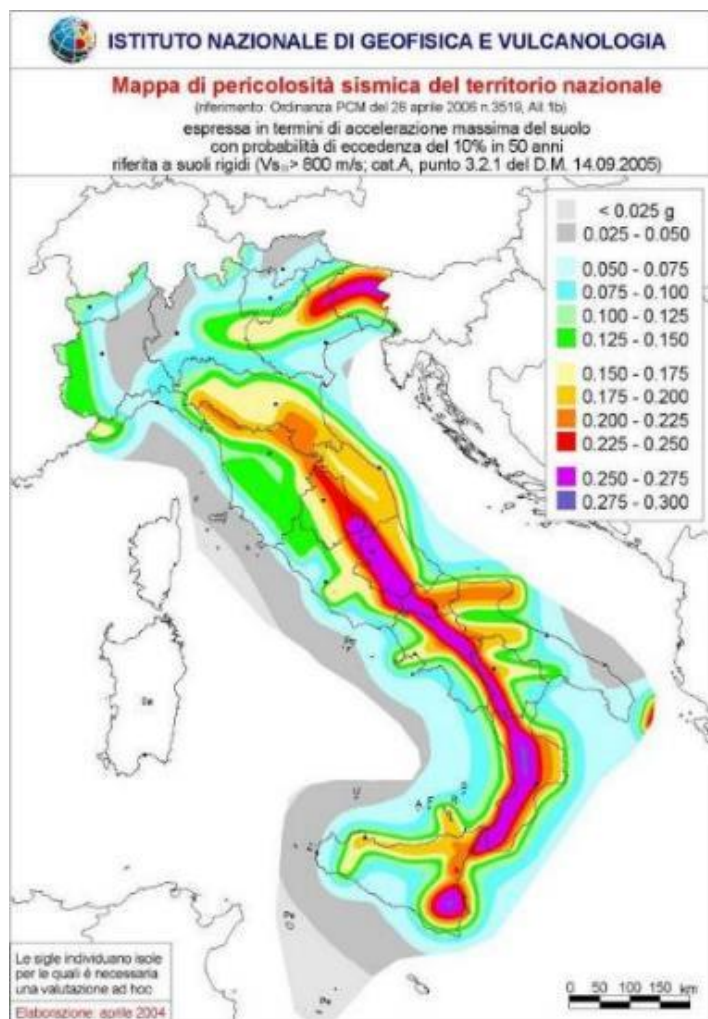


Figura 2 – Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06)

4 SISMICITA' DELL'AREA

L'area della catena montuosa dell'Appennino Umbro Marchigiano e dei Monti Martani è caratterizzata da una sismicità diffusa con sequenze sismiche frequenti.

I recenti eventi sismici hanno evidenziato in maniera inequivocabile che la catena dei monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano è in una fase di deformazione sismica di tipo distensivo, in grado di riattivare sistemi dislocativi tali da produrre un elevato numero di repliche.

Di seguito vengono riportati i dati relativi ai principali terremoti storici dell'area UmbroMarchigiana:

Alla luce delle conoscenze acquisite in occasione delle numerose sequenze e di altre sequenze sismiche studiate (Norcia 79 – Gubbio 84 – Colfiorito 97) si delinea un meccanismo di attivazione che interessa strutture sismogenetiche poste all'interno della struttura dei monti Martani e dell'Appennino Umbro-Marchigiano il cui campo di sforzo regionale sia contraddistinto da una estensione in senso anti-appenninico.

Le profondità ipocentrali sono comprese entro i primi 15 Km della crosta e la sequenza sismica mostra una particolarità data dalla concentrazione in zone differenti attivate distintamente nel tempo.

La "Faglia Bordiera dei monti Martani" sembra essere uno dei principali lineamenti sismogenetici dell'area data la natura estensionale, la recente attività geologica nonché l'attività sismica registrata negli ultimi anni lungo questo settore.

Si riportano dati relativi ai principali terremoti storici dell'Appennino Umbro-Marchigiano.

- Il 30 aprile 1279 l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino toscano-emiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni".
- Il terremoto del dicembre 1328 a Norcia fu causa di crolli di gran parte degli edifici e delle mura.

- L'evento del 5 novembre 1599 fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di case e danni gravi a tutti gli altri edifici.
- I terremoti del gennaio-febbraio 1703, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice.
- La mattina del 27 giugno 1719 una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703.
- Quello del 17 aprile 1747 potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano).
- Gli eventi del 13 gennaio 1832 furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori.
- Il terremoto della mattina del 14 febbraio 1838 si verificò nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo) fino a Spoleto.
- Il terremoto del 19 settembre 1979 colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche.

- Il terremoto del 26 settembre 1997 colpì gravemente l'Umbria e le Marche e moltissime località montane dell'Appennino Umbro Marchigiano con scosse disastrose e migliaia di repliche che provocarono crolli di edifici e paesi interi rese inagibili (Assisi, Nocera Umbra, Colfiorito, Verchiano, Sellano, Gualdo Tadino e Foligno). L'area di danno grave si estese sull'intero appennino da Spoleto a Gualdo Tadino. L'evento ha causato danni in numerose località umbre e marchigiane.

L'Umbria ha una lunga e densa storia sismica che permette di escludere che gli eventi sismici che si sono protratti per quasi un anno a partire dal 26 settembre 1997 siano episodi isolati.

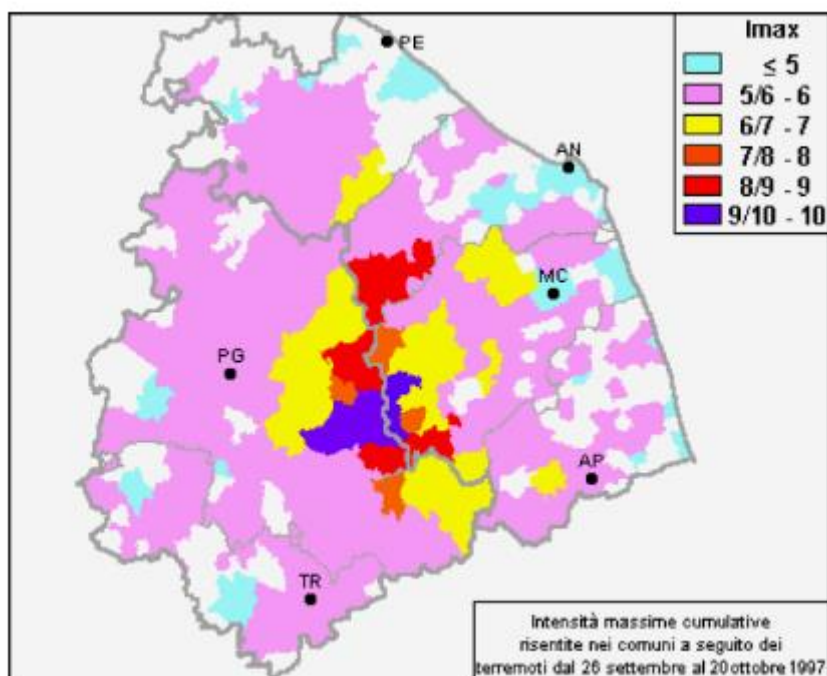


Figura 3 – Regione Umbria Marche – Massima Intensità sismica (fonte GNDT-INGV)..

La sismicità storica dell'Umbria, con particolare riferimento all'Appennino Umbro-Marchigiano, presenta caratteristiche ben conosciute, anche sulla base di ricerche condotte sin dall'inizio del secolo e dai dati del Catalogo dei Terremoti, dalle ricerche sulla zonazione sismogenetica, dagli studi delle relazioni di attenuazione del moto del suolo e dalle valutazioni di a_{max} (accelerazione massima) attesa con determinati tempi di ritorno.

La zonazione sismogenetica del territorio nazionale, assegna l'Umbria a più zone sismogenetiche della Catena Appenninica settentrionale e centrale; principalmente sono coinvolte le zone 919, 920 e 923 che, anche in virtù della loro maggiore estensione in senso

NN/O-SS/E, coprono quasi tutto il territorio regionale in senso appenninico. L'area di progetto ricade interamente nella zona 920 (Val di Chiana – Ciociaria) caratterizzata da una sismicità di bassa energia che sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati. Le profondità degli eventi sismici in questa zona sismogenetica si concentrano tra i 5-8 km di profondità (profondità efficace=6 km) con una magnitudo massima $M_d = 4.6$, il meccanismo di fagliazione prevalente è di tipo normale in accordo con il sistema distensivo peritirrenico del territorio.



Figura 4 – Zonazione Sismogenetica ZS9 (da INGV, C.Meletti e G.Valensise,2004).

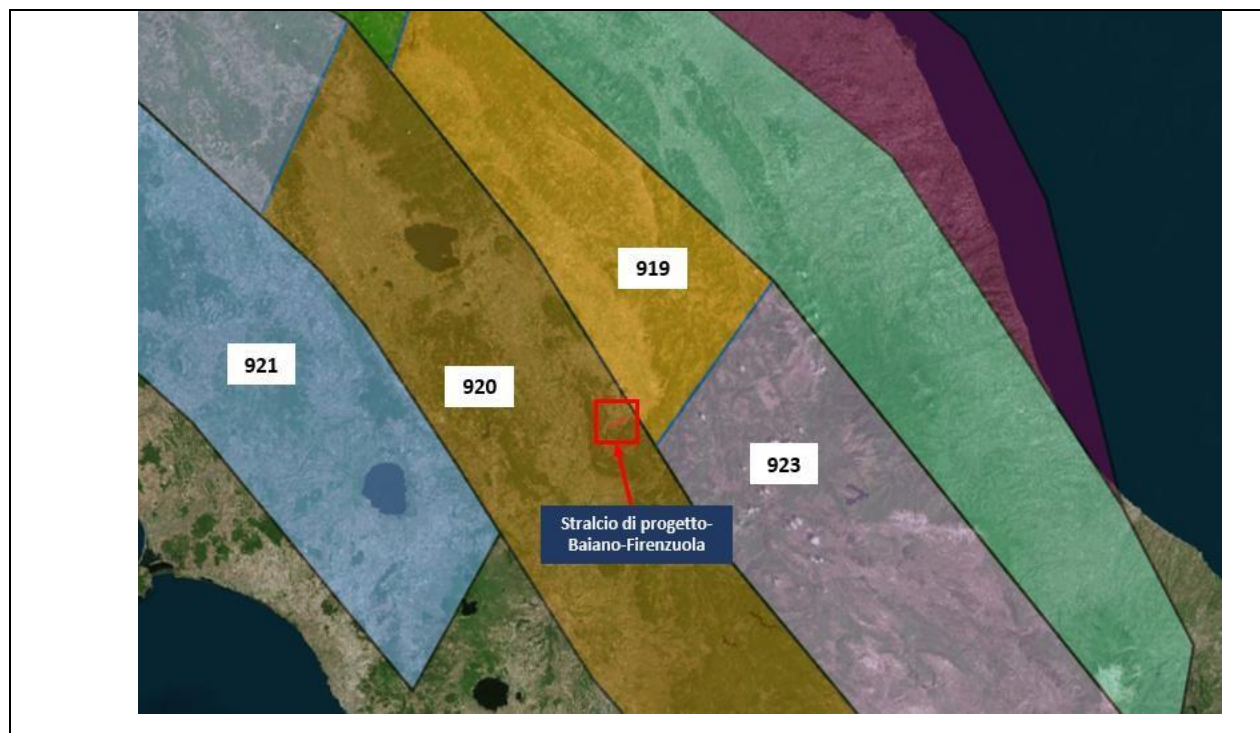


Figura 4 – Zonazione sismogenetica del territorio nazionale (INGV, 2004) con ubicazione della viabilità di progetto.

Solo negli ultimi 30 anni, in questa regione, oltre agli innumerevoli terremoti di bassa magnitudo (l'attuale rete sismica locale RE.SI.L ne registra molte centinaia l'anno), si sono verificate significative crisi sismiche. Le più importanti sono state quelle di: Valfabbrica, iniziatasi nel 1971 e protrattasi a più riprese per quasi tutta la prima metà degli anni settanta; di Norcia e Cascia del 1979 con repliche che durarono alcuni mesi dopo l'evento principale del 19 settembre, e di Gubbio, con scossa principale del 29/aprile/ 1984 e repliche protrattesi, anche in questo caso, per alcuni mesi.

La storia sismica della fascia preappenninica umbra e dell'intero Appennino umbro – marchigiano- abruzzese, a partire dall'anno 1000 registra molti terremoti con intensità superiore al X grado (M.C.S.). Tra i secoli più attivi troviamo: il tredicesimo con il terremoto del 1279 il cui epicentro è circa coincidente con quello recente di Colfiorito; il quattordicesimo con i due eventi del 1328 e del 1389 con epicentri rispettivamente nelle zone di Preci e di Cagli; il diciottesimo con una impressionante sequenza di terremoti distruttivi cominciati all'inizio del secolo all'Aquila e a Norcia (1703) e migrati poi verso Nord ovest ove hanno raggiunto e colpito ripetutamente (1741, 1747 e 1751) le aree di Gualdo Tadino e Fabriano e quella di Cagli nel 1781; il ventesimo con l'evento distruttivo dell'alta Val Tiberina (1917) e quelli prima ricordati.

Per quanto riguarda la localizzazione, si può osservare che gli epicentri dei terremoti sono mediamente distribuiti, anche se in modo non uniforme, su tutta una fascia larga una quarantina di km ed orientata circa NW-SE che dall'alta Val Tiberina attraverso il preappennino Eugubino e le strutture di Gualdo Tadino e Nocera Umbra raggiunge le zone di Colfiorito e di Sellano. Di qui essa si prolunga verso l'area di Preci ed interessa il Nursino spingendosi fino all'Aquilano e oltre.

L'andamento di questa fascia è certamente posteriore, da un punto di vista geologico, alle strutture compressive arcuate dell'Appennino e del preappennino, in quanto essa taglia queste ultime, mentre è facilmente immaginabile una relazione tra la fascia stessa e le depressioni strutturali della Val Tiberina e della valle Umbra formatesi per l'azione di faglie dirette a partire dal pleistocene inferiore e, forse, anche da prima. La profondità dei terremoti umbri varia da 7 a 14 km circa; si tratta quindi di terremoti che si originano nella parte superiore della crosta, alla base delle coperture sedimentarie o , quelli più superficiali , entro le coperture stesse; le profondità minori si registrano nel lato sud occidentale della fascia attiva (Val Tiberina e preappennino, valle Umbra) quelle più elevate nella parte nordorientale della stessa (zona di Cagli, di Gualdo Tadino, Fabriano, di Nocera Umbra – Colfiorito – Preci e zona di Norcia – Cascia).

Le intensità con cui i terremoti umbri si manifestano ricalcano da vicino l'andamento della loro profondità: i più severi (con magnitudo superiore a 5,5) sono quelli più profondi della fascia appenninica (parte NE della fascia sismica) mentre i più blandi (Magnitudo inferiore a 5,5) sono quelli più superficiali della Val Tiberina, preappennino e valle Umbra (parte SW della fascia sismica). I meccanismi focali della gran parte dei terremoti umbri, determinati sulle scosse principali e sulle repliche più importanti degli eventi degli ultimi venti anni, dalla Val Tiberina all'Appennino e dalla valle Umbra al Nursino sono essenzialmente di carattere estensionale. Ciò dimostra che la crosta superiore, sede dei fenomeni sismici più importanti della regione, è sottoposta a sforzi di estensione e di assottigliamento, i quali determinano la formazione di faglie dirette. Questo risultato è in accordo con i dati di geologia di superficie che mettono in evidenza l'esistenza di importanti faglie dirette quaternarie responsabili della formazione dei principali bacini intermontani dell'Umbria dalla Val Tiberina a Norcia.

In chiave sismogenetica, il progetto Crosta Profonda (CROP) basato sulla esecuzione di linee sismiche a riflessione, ha messo in evidenza nel tratto tosco-umbro l'esistenza di un sistema di

faglie dirette est- immergenti responsabile della formazione del bacino intermontano della Val Tiberina e, con tutta probabilità, di quello della valle umbra.

Al tetto di questo sistema si trovano faglie dirette antitetiche immergenti ad ovest delle quali quelle più note di Gubbio e del M. Subasio costituiscono le emersioni in affioramento

La distribuzione dei sismi è conseguente alla disposizione delle zone sismogenetiche ed alle loro caratteristiche geologico-strutturali.

In linea generale si può affermare che la zona ad Est dell'allineamento F. Tevere-Valle Umbra risente di una sismicità medio-alta ed alta mentre, quella ad Ovest è interessata da un più modesto grado di sismicità da medio- basso a medio.

Un esame del database DISS delle sorgenti sismogenetiche attive evidenzia che l'area in esame non intercetta lineamenti attivi e che il più vicino è costituito dalla sorgente ITCS037 Mugello-Città di Castello-Leonessa che corre con andamento circa NNW-SSE all'altezza della città di Spoleto.

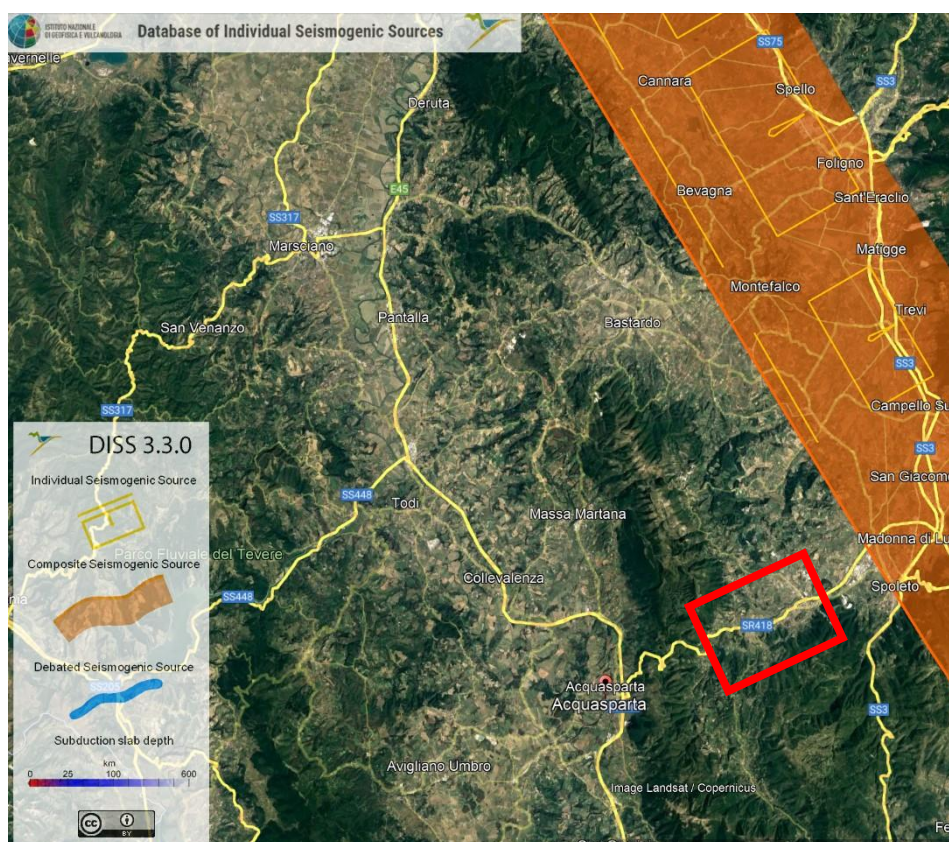


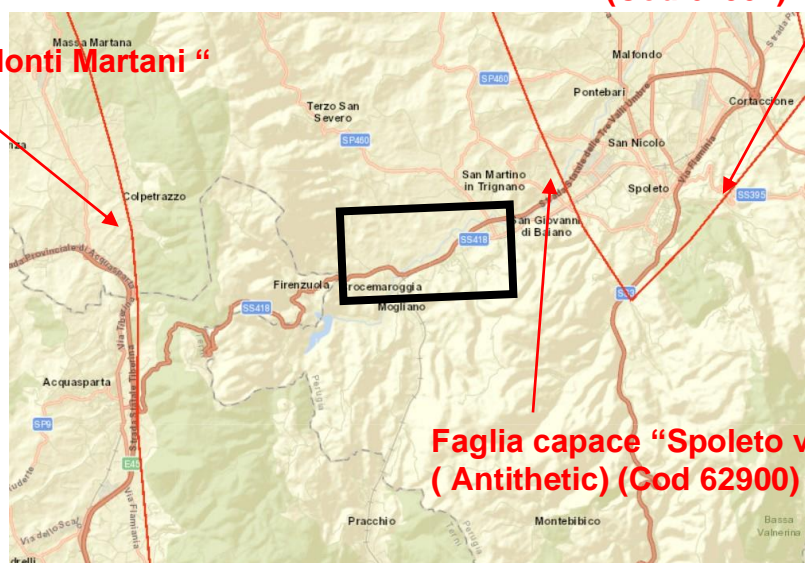
Figura 5 – Database sorgenti sismogenetiche DISS (INGV).

Dal catalogo delle faglie capaci ITHACA (ISPRA 2011) il tracciato in esame interessa una fascia compresa fra la faglia capace dei "Monti Martani" (identificata con il codice 62500), ad ovest, e le faglie capaci "Spoleto Valley" (identificata con il codice 62900) e "Spoleto" (identificata con il codice 62901), ad est.

Nessuna di queste tre faglie capaci viene intersecata direttamente dal tracciato.

Denominazione Faglia	Codice faglia	Cinematica	Lunghezza (Km)	Direzione dell'Inclinazione	Direzione media (°)
"Spoleto valley (antithetic)"	62900	faglia diretta	14,3	NENE	330
"Spoleto "	62901	faglia diretta	8	NW	230
"Martani Mts."	62500	faglia diretta	37,9	WSW	160

Faglia capace "Monti Martani"
(Cod 62500)



Faglia capace "Spoleto"
(Cod 62901)

Faglia capace "Spoleto valley"
(Antithetic) (Cod 62900)

Figura 6 – Database faglie capaci ITHACA (ISPRA).

Nelle tabelle che segue è riportato il grafico che evidenzia la distribuzione delle Intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatesi dall'anno 1000 all'anno 2002 nel comune di Spoleto interessato dal progetto.

RELAZIONE SISMICA

Effects	Reported earthquakes									
Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7-8	1246						Spoleto	1	7-8	5.33
8	1277						Spoleto	1	8	5.56
8	1298	12	01				Monti Reatini	5	9-10	6.26
5	1352	12	25				Alta Valtiberina	7	9	6.31
6	1496	06					Valle Umbra	3	5	4.16
6-7	1529	01	01				Spoleto	1	6-7	4.86
F	1599	11	06	01	25		Valnerina	20	9	6.07
NF	1639	10	07				Monti della Laga	39	9-10	6.21
5	1646	04	28	07			Monti della Laga	10	9	5.90
6-7	1648	01	01				Spoleto	1	6-7	4.86
6-7	1655	02	03				Spoleto	2	6-7	4.86
7	1667						Spoleto	1	7	5.10
3-4	1672	04	14	15	45		Riminese	92	8	5.59
F	1702	10	18				Valnerina	5	5	4.16
7-8	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
8	1703	01	16	13	30		Appennino laziale-abruzzese	22		
8	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
5-6	1703	06	29	18			Valnerina	3	5-6	4.40
5	1719	06	27	06	30		Valnerina	16	8	5.59
5	1730	05	12	05			Valnerina	115	9	6.04
8	1745	03					Valle Umbra	2	7	5.10
5	1751	06	11				Ternano	8	7	5.12
F	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
7-8	1767	06	05	01	30		Valle Umbra	10	7-8	5.45
5-6	1767	09	02				Valle Umbra	2	5-6	4.40
NF	1785	05	03	02	30		Appennino umbro-marchigiano	11	7	5.10
F	1785	10	09	03	15		Monti Reatini	33	8-9	5.76
4-5	1791	10	11	13	05		Appennino umbro-marchigiano	54	8	5.57
6	1804	07	28	23			Valle Umbra	7	6-7	4.95
F	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
7	1832	01	13	13			Valle Umbra	101	10	6.43
5	1832	11	21	21			Appennino umbro-marchigiano	8	6	4.78
6	1838	01	05	14			Valnerina	8	7	5.10
6	1838	02	14	07	30		Valnerina	24	8	5.48
6	1838	08	05	17	15		Valnerina	10	7	5.19
6	1853	09	22				Spoleto	1	6	4.63
F	1854	01	17	09			Narni	6	5-6	4.71
6	1854	02	12	05			Valle Umbra	21	8	5.57
5	1859	08	22				Valnerina	20	8-9	5.73
6-7	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8	5.74
6-7	1876	05	22	00	30		Spoleto	14	5-6	4.57

Figura 7 – Catalogo sismico di sito riferito al comune di Spoleto, Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 – INGV (Io=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito).

RELAZIONE SISMICA

6	1878	09	15	07	20	Valle Umbra	34	8	5.46	
6	1879	02	23	18	30	Valnerina	15	8	5.59	
5-6	1881	03	11	22	50	Valle Umbra	15	5	4.51	
5	1882	05	26	04	15	Cascia	16	5	4.45	
4	1885	04	10	01	44	Appennino laziale-abruzzese	44	5	4.57	
4	1885	06	17	22	34	Monti Reatini	9	7	4.90	
F	1891	07	14	05	58	Trevi	9	5	4.16	
2	1892	01	22			Colli Albani	81	7	5.14	
5	1893	08	02	00	59	Valnerina	84	5-6	4.55	
6-7	1895	05	20	15	32	5	Valle Umbra	27	5-6	4.49
4	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
4-5	1895	08	25	00	17	1	Sellano	13	5	4.25
2	1895	11	01			Campagna romana	94	6-7	4.83	
3	1896	01	06	15	59	Narni	13	5	4.08	
4	1897	01	19	19	20	Poggiodoro	19	6	4.68	
3	1897	12	18	07	24	2	Alta Valtiberina	132	7	5.09
5	1898	06	27	23	38	Reatino	186	8	5.50	
3	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7	5.03
3-4	1899	04	21	00	57	5	Narni	45	4	3.96
3	1899	07	19	13	18	5	Colli Albani	122	7	5.10
3	1900	05	19	16	55	Arrone	13	6	4.22	
2	1901	07	31	10	38	3	Sorano	76	7	5.16
6	1901	08	04	06	52	Valle Umbra	3	5	4.16	
4	1902	06	14	14	30	4	Giano dell'Umbria	3	5	4.16
4	1902	10	23	08	51	Reatino	77	6	4.74	
3-4	1903	11	02	21	52	Valnerina	33	6	4.81	
2	1904	06	20	01	24	Assisi	24	5	4.10	
4	1904	09	02	11	21	Maceratese	59	5-6	4.63	
3-4	1905	12	09	21	41	Valle Umbra	42	5	4.24	
5	1906	02	05	16	34	Valnerina	55	5	4.41	
3	1909	01	13	00	45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36	
NF	1909	02	06	08	05	Ternano	12	5	4.16	
2-3	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34	
5-6	1909	10	01	01	08	Spoletto	8	5-6	4.40	
4	1910	06	29	13	52	Valnerina	58	7	4.93	
6-7	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
2	1915	03	26	23	37	Perugino	40	6	4.55	
F	1916	04	22	04	33	Aquilano	9	6-7	5.09	
3	1916	05	17	12	50	Riminese	132	8	5.82	
3	1916	11	16	06	35	Alto Reatino	40	8	5.50	
3	1917	05	12	15	34	3	Ternano	34	7-8	5.03
4	1918	04	14	01	56	Monti Martani	21	6	4.48	
3	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
2-3	1919	09	10	16	57	Val di Paglia	67	7-8	5.36	
F	1919	10	22	06	10	Anzio	142	6-7	5.22	

Figura 7 – Catalogo sismico di sito riferito al comune di Spoleto, Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 – INGV (I0=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito).

RELAZIONE SISMICA

4		1922	12	29	12	22	0	Val Roveto	119	6-7	5.24
3		1923	07	12	20	49		Marche meridionali	20	5	4.28
2		1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8	5.48
4		1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50
4		1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
3		1938	08	12	02	28	3	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
4		1940	10	16	13	17		Val di Paglia	106	7-8	5.29
4		1948	12	31	03	32		Monti Reatini	95	8	5.42
5-6		1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
F		1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
NF		1954	03	23	17	55		Collestatte	20	5	4.16
NF		1957	03	12	16	20		Valnerina	62	5	4.16
6-7		1957	07	19	09	04	0	Valle Umbra	58	6-7	4.58
3		1960	02	06	12	00	3	Valle Umbra	11	5	4.18
2-3		1960	02	24	01	51		Appennino umbro-marchigiano	25	5	4.32
3		1960	04	23	11	44		Monti Martani	21	6	4.66
F		1960	07	12	14	08		Monti Martani	35	7-8	4.93
3		1962	08	30	12	10		Valnerina	35	7	5.02
5		1962	10	20	09	27		Valle Umbra	7	7-8	5.34
3		1969	09	26	23	40	3	Teramano	97	5	4.39
4		1970	09	07	14	02	2	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
5		1971	04	02	01	43	5	Valnerina	68	6	4.50
4		1972	11	26	16	03		Marche meridionali	73	8	5.48
5		1974	12	02	01	55	1	Valnerina	27	7-8	4.58
F		1976	05	06	20	00	1	Friuli	770	9-10	6.45
5		1978	07	30	05	19	2	Ternano	25	7	4.32
6-7		1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
4		1980	02	28	21	04	4	Valnerina	146	6	4.97
4		1980	05	24	20	16	0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48
NF		1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5		1984	04	29	05	02	5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3		1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
NF		1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
3		1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
NF		1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
4		1989	12	22	06	48	1	Valle Umbra	114	5	4.44
5-6		1990	09	12	02	59	4	Valle Umbra	62	5-6	4.12
3-4		1993	06	05	19	16	1	Valle del Topino	326	6	4.72
4-5		1996	10	20	19	06	5	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36
5		1997	05	12	13	50	1	Monti Martani	57	6	4.72
NF		1997	09	07	23	28	0	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
6		1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
6		1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
5-6		1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5		1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47

Figura 7 – Catalogo sismico di sito riferito al comune di Spoleto, Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 – INGV (I₀=intensità epicentrale; M_w=magnitudo; I_s=intensità risentita al sito).

RELAZIONE SISMICA

5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786	5.62
3-4	1997	10	23	08	58	4	Appennino umbro-marchigiano	56	3.86
4-5	1997	11	09	19	07	3	Valnerina	180	4.87
3	1998	02	07	00	59	4	Appennino umbro-marchigiano	62	4.41
NF	1998	02	16	13	45	1	Valnerina	33	3.75
4	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
NF	1998	04	05	15	52	2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
NF	1998	08	15	05	18	0	Reatino	233	5-6 4.42
2-3	1999	10	10	15	35	5	Alto Reatino	79	4-5 4.21
4	1999	11	29	03	20	3	Monti della Laga	62	5-6 4.15
NF	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5 4.40
NF	2000	12	16	07	31	0	Ternano	129	5-6 4.29
4-5	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5 4.14
F	2009	12	15	13	11	5	Valle del Tevere	26	7 4.23
5	2016	08	24	01	36	3	Monti della Laga	221	10 6.18
5	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379	6.61
F	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280	5.70

Figura 7 – Catalogo sismico di sito riferito al comune di Spoleto, Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2011 – INGV (I0=intensità epicentrale; Mw=magnitudo; Is=intensità risentita al sito).

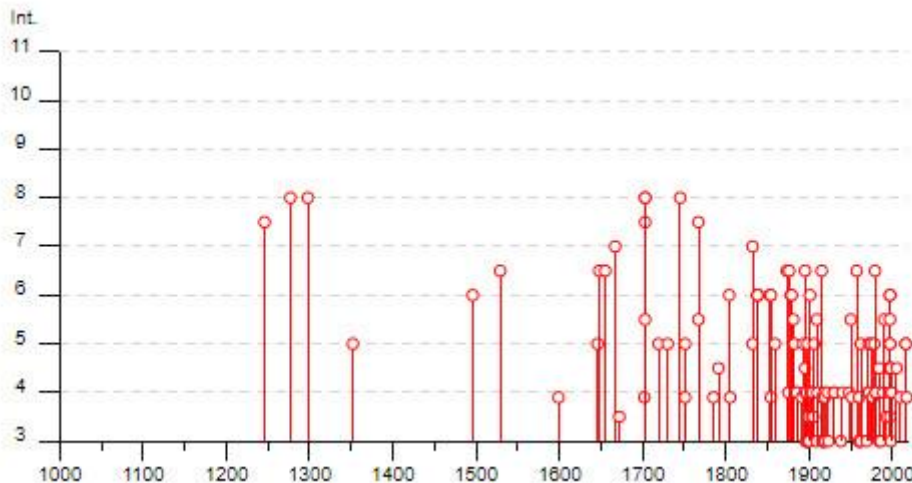


Figura 8 – Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Spoleto dal 1000 al 2014 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

Dall'analisi dei dati disponibili si evince che per quanto riguarda il comune di Spoleto le massime intensità sismiche hanno raggiunto il grado 8 MCS in occasione degli eventi del 1246 di Spoleto e del 1703 della Valnerina, dell'Appennino Laziale Abruzzese e dell'Aquilano.

Oltre ai suddetti eventi si riportano di seguito, i principali terremoti storici dell'Appennino Umbro-Marchigiano che hanno coinvolto indirettamente il corridoio di progetto in esame

- Il 30 aprile 1279 l'Appennino umbro-marchigiano fu interessato da un terremoto che precedette di poche ore un secondo evento distruttivo verificatosi nell'Appennino toscoemiliano. Alcuni cronisti medievali hanno descritto questi eventi come un unico fenomeno abbracciante gran parte dell'Italia centrale. L'area di danneggiamento del terremoto umbro-marchigiano fu comunque ampia. Fonti coeve e attendibili attestano che due terzi degli edifici di Camerino furono distrutti mentre Cagli, Fabriano, Matelica, San Severino Marche, Cingoli, Nocera, Foligno e Spello rimasero "diroccate". Tutti i castelli (ossia insediamenti minori cinti da mura) nelle montagne tra Nocera e Camerino "patirono molti danni". hanno coinvolto indirettamente anche il territorio d'interesse:
- Il terremoto del dicembre 1328 a Norcia fu causa di crolli di gran parte degli edifici e delle mura.
- L'evento del 5 novembre 1599 fu preceduto da lievi scosse avvertite a Cascia dal principio di ottobre e da una scossa che lesionò parecchi edifici il 4 novembre. Nella notte 5-6 novembre la scossa maggiore causò a Cascia il crollo di case e danni gravi a tutti gli altri edifici.
- I terremoti del gennaio-febbraio 1703, localizzati in Umbria e Abruzzo sono per l'Italia centrale una delle più significative sequenze sismiche dell'ultimo millennio. Gli eventi maggiori si ebbero il 14 e 16 gennaio e il 2 febbraio 1703. L'evento del 14 gennaio interessò con i massimi effetti una vasta area dell'Umbria e del Lazio all'incirca compresa tra Norcia e Amatrice.
- La mattina del 27 giugno 1719 una scossa di terremoto interessò Norcia e Cascia dove si aprirono ampie fenditure negli edifici nuovi, costruiti dopo i terremoti del 1703.
- Quello del 17 aprile 1747 potrebbe essere il principale in una sequenza di eventi verificatisi tra il 26 gennaio e il 20 dicembre 1747 in un vasto territorio compreso tra

Nocera Umbra e Senigallia. Esso causò crolli e danni abbastanza gravi nel territorio della diocesi di Nocera Umbra e nel Fabrianese (Nocera Umbra e località minori del Nocerino, Gualdo Tadino, Sigillo, Belvedere, Campodonico, Fabriano).

- Gli eventi del 13 gennaio 1832 furono i maggiori in una sequenza di scosse che interessarono l'area di Foligno a partire dal 27 ottobre 1831. Il primo evento causò a Foligno danni di media entità e fu seguito da leggere repliche nei giorni seguenti. Tali danni furono aggravati il 6 novembre 1831 da una forte scossa seguita da repliche minori.
- Il terremoto della mattina del 14 febbraio 1838 si verificò nell'area compresa tra Sellano, Acera e Cerreto di Spoleto, e in due località situate nell'area montuosa ad est di Foligno (Verchiano e Val Lupo) fino a Spoleto.
- Il terremoto del 19 settembre 1979 colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). L'area di danno medio grave si estese tra Leonessa, Accumoli, Visso, Sellano e Poggiodomo. A Norcia si ebbero alcuni crolli parziali e danni a moltissimi edifici; a Cascia molte case furono danneggiate anche gravemente, e si ebbero alcuni crolli parziali. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, abruzzesi e laziali, e fu seguito da numerose repliche.
- Il terremoto del 26 settembre 1997 colpì gravemente l'Umbria e le Marche e moltissime località montane dell'Appennino Umbro Marchigiano con scosse disastrose e migliaia di repliche che provocarono crolli di edifici e paesi interi rese inagibili (Assisi, Nocera Umbra, Colfiorito, Verchiano, Sellano, Gualdo Tadino e Foligno). L'area di danno grave si estese sull'intero appennino da Spoleto a Gualdo Tadino. L'evento ha causato danni in numerose località umbre e marchigiane.

5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto.

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" - ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri nazionali che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio. Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

La regione Umbria ha inizialmente recepito l'Ordinanza OPCM nel 2003 con la DGRU n. 852/2003 per poi aggiornare la classificazione sismica regionale con DGRU n. 1111 del 18-09-2012.

In conclusione, il territorio del comune di Spoleto ricade in categoria 1.

Alle Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori è allegato un documento sulla pericolosità sismica (allegato A) che prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica.

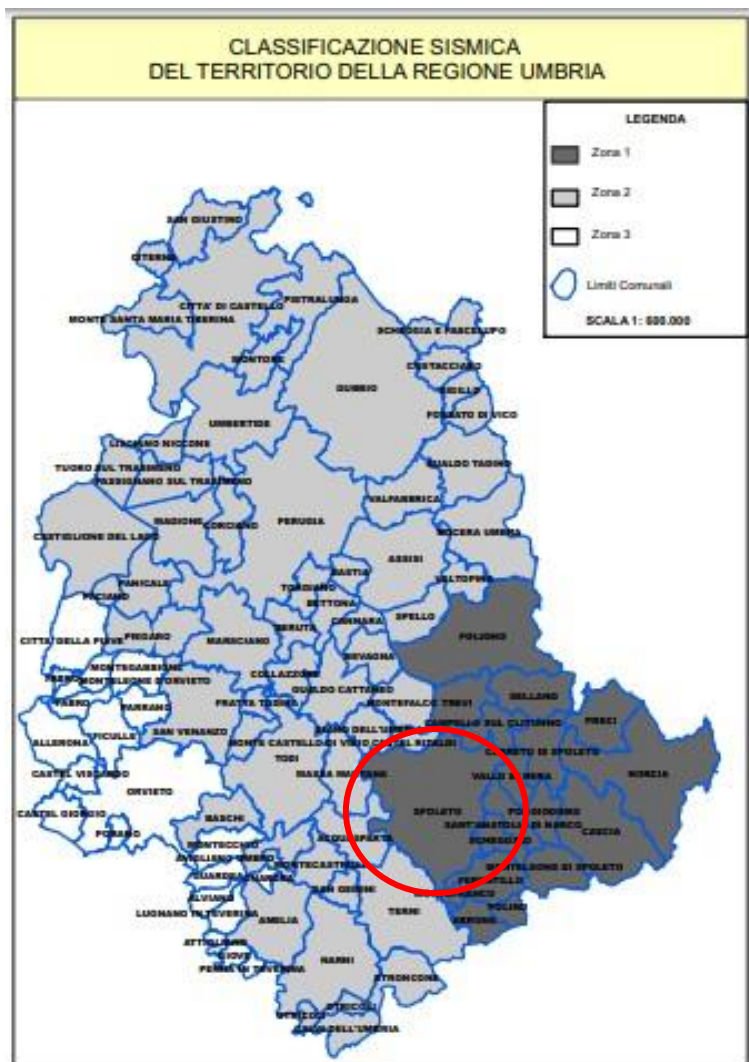


Figura 9 – Classificazione sismica della regione Umbria

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno, su suolo rigido o pianeggiante;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento; cfr. Figura 5, $T_r = 475$ anni), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

La Figura che segue riporta i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All.1b per l'area in esame. Nella mappa vengono rappresentati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration). Dalla Figura è possibile evincere che l'area in oggetto ha una PGA crescente da 0,175 a 0,200 generalmente crescente spostandosi da ovest verso est.

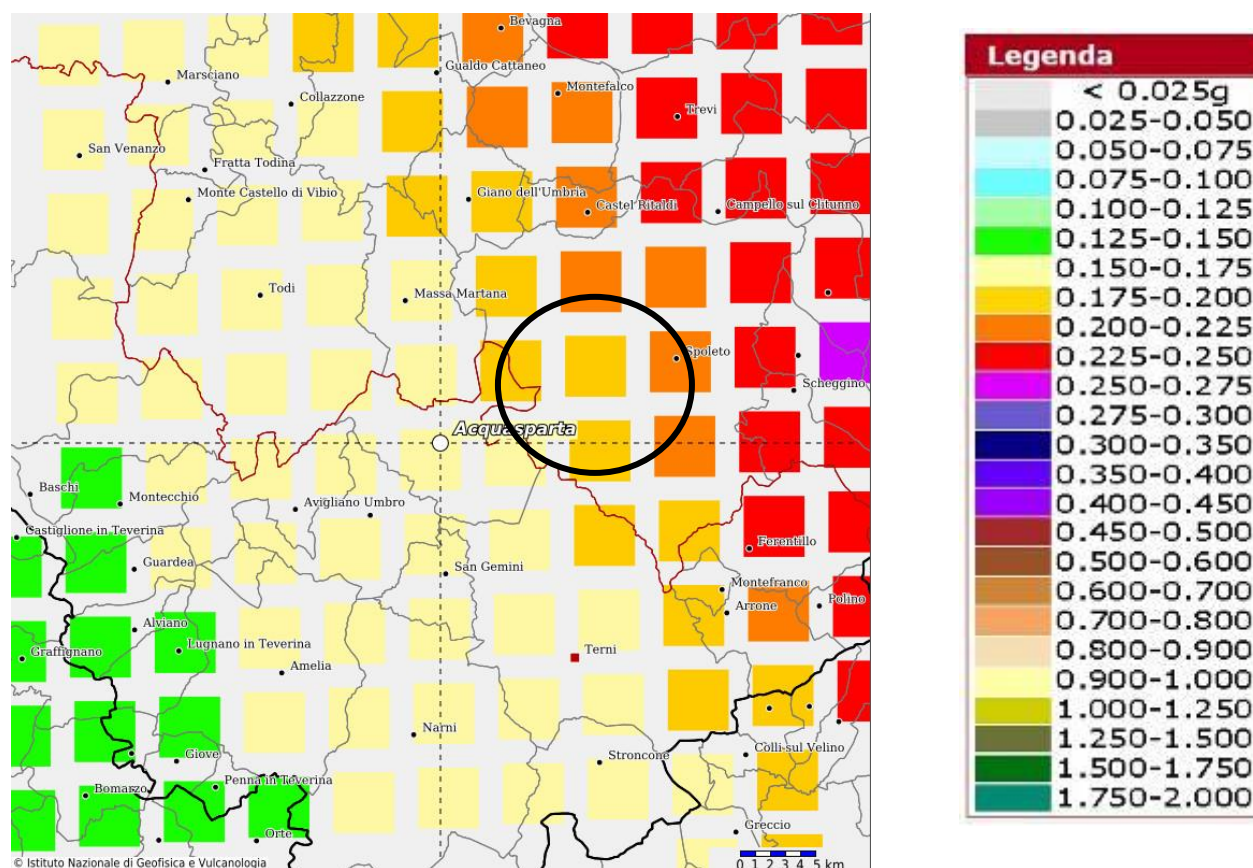
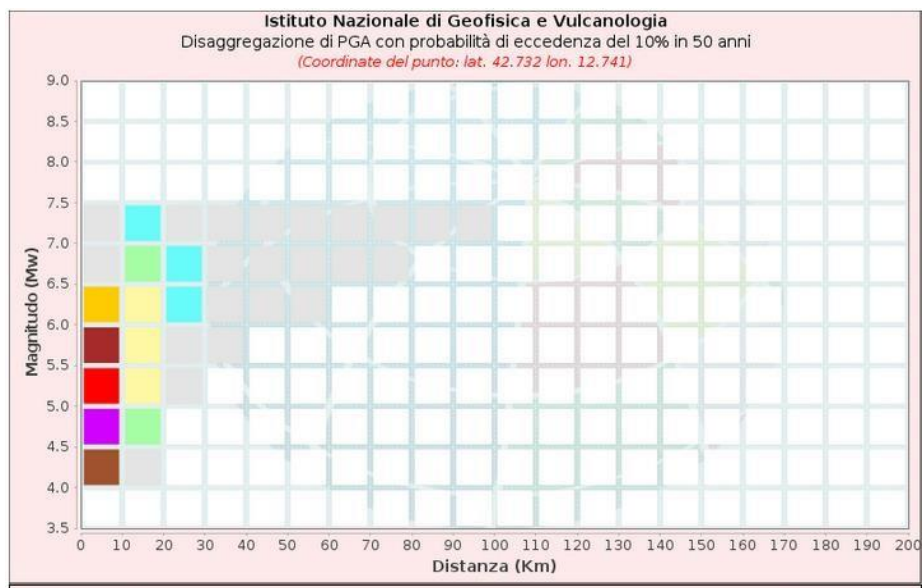


Figura 10 – Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

RELAZIONE SISMICA

Per quanto riguarda i parametri di disaggregazione e la sismicità storica (3.2 NTC) si evince che il terremoto che domina lo scenario di pericolosità presenta una magnitudo $M = 5.37$, con epicentri con distanza di circa 8.15 km.



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 42.732 lon. 12.741)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	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	0.0000	10.9000	24.6000	18.8000	11.8000	6.1900	0.9180	0.3790	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	0.3080	2.0900	4.0100	4.7400	4.4900	2.4400	1.2800	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0000	0.1870	0.8800	1.4600	1.2900	0.8950	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0639	0.4100	0.5750	0.5040	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0649	0.2250	0.2510	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0029	0.0512	0.0846	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0088	0.0332	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0113	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.37	8.15	1.02

Figura 11 – Valori di disaggregazione.

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s è possibile determinare una velocità equivalente rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo della V_s equivalente viene eseguito utilizzando la seguente formula:

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

dove:

- h_i spessore dell'i-esimo strato
- $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato
- N numero di strati
- H profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiori a 800 m/sec

La classificazione si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente V_s di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità o entro profondità inferiori nel caso si sia in

presenza di un substrato sismico ($v_s > 800$ m/sec) a profondità inferiori di 30 m. Per le fondazioni superficiali tale profondità è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano d'imposta della fondazione.

In data 17 gennaio 2018 è stato pubblicato il decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie eliminandone alcune e prevedendo che nei casi in cui le condizioni di sottosuolo non siano classificabili nelle categorie A, B, C, D ed E è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Classificazione del tipo di suolo secondo le Nuove NORME tecniche sulle costruzioni NTC 17/01/2018		
Suolo	Descrizione geotecnica	Vs30(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori ad 800 m/sec eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessori massimo pari a 3 m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 360 e 800 m/sec.	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi fra 180 e 360 m/sec	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/sec	100÷180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

La campagna geofisica eseguita ha permesso di caratterizzare i terreni del sito indagato in termini di velocità delle onde sismiche trasversali ($V_{s,30}$). In particolare, sono state eseguite n. 4 prove Down hole (S02-dH-2021/S03-DH-2021/S06-DH-2021/S12-DH-2021) e n. 2 Masw (Masw L1-2021 ed L2-2021). Inoltre, è stata stimata in maniera indiretta, la velocità delle onde di Taglio V_s anche lungo la verticale centrale di due sismiche a rifrazione in onde S (L1-2021 ed L2-2021) e due tomografie in onde P (sez 1-2009 e sez 2-2009).

Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle categorie sismiche di sottosuolo definite sulla base dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$, ricavati dalle indagini sismiche.

RELAZIONE SISMICA

prova sismica	Pk	$V_{s,eq}$ [m/s]	Categoria di sottosuolo
S02-DH - 2021	0+103	370	B
S03-DH - 2021	0+372	474	B
S06-DH - 2021	1+288	453	B
S12-DH - 2021	3+477	616	B
Tomo in onde P sez.1 - 2009	0+209	316	C
Tomo in onde P sez.2 - 2009	0+791	396	B
Rifrazione onde S_L1 sez. 1 - 2021	1+205	398	B
Rifrazione onde S_L1 sez. 2 - 2021	1+725	330	C
Rifrazione onde S_L1 sez. 3 - 2021	1+985	299	C
Rifrazione onde S_L1 sez. 4 - 2021	2+181	400	B
Rifrazione onde S_L2 - 2021	0+012	259	C
Masw 100_L1 - 2021	1+404	477	B
Masw 100_L2 - 2021	3+256	455	B

Nei grafici a seguire viene riportato l'andamento della V_s con la profondità ottenuto per le diverse prove (Masw e Down-Hole).

RELAZIONE SISMICA

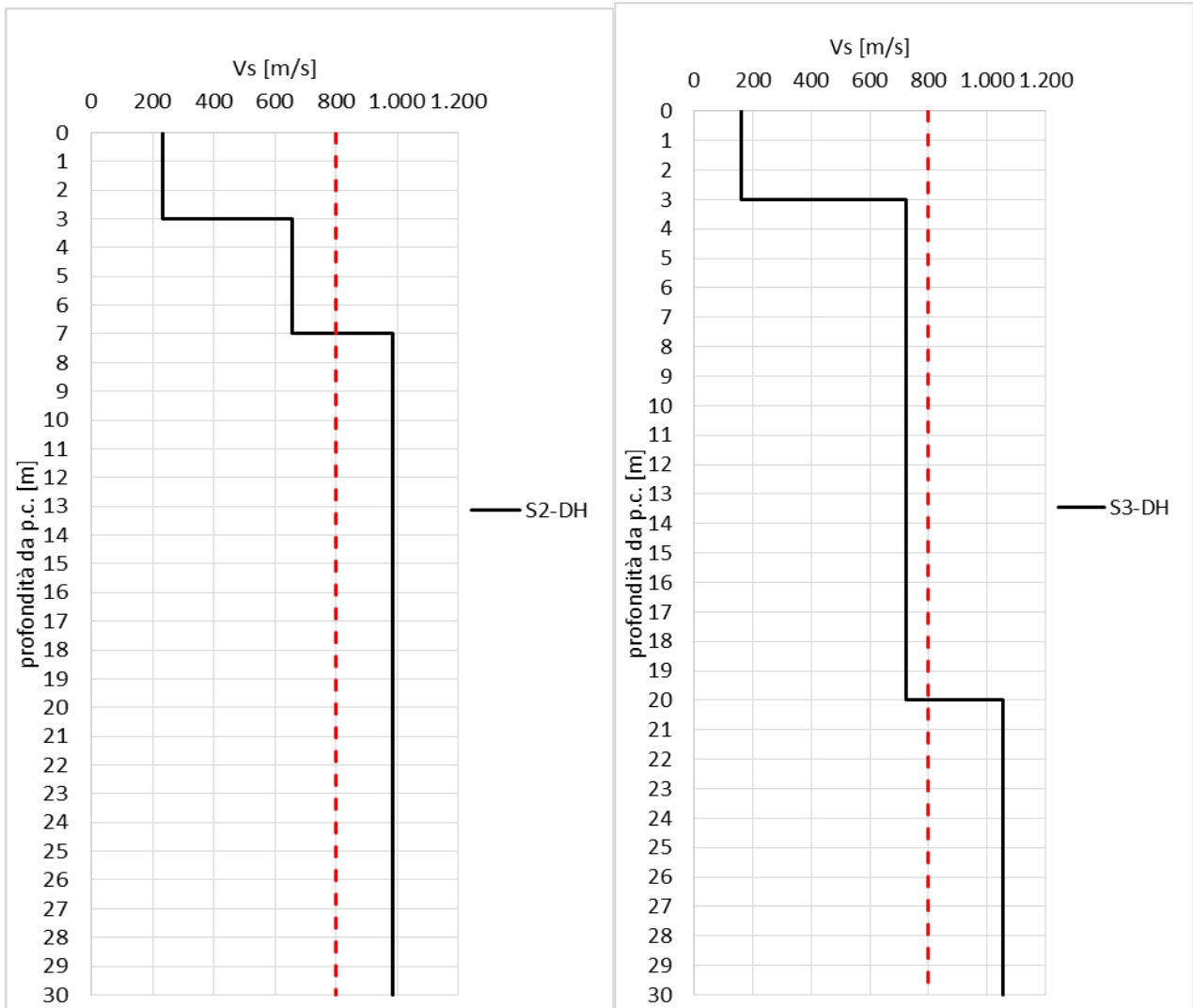


Figura 12 – Verticali sismiche DH: andamento Vs con la profondità.

RELAZIONE SISMICA

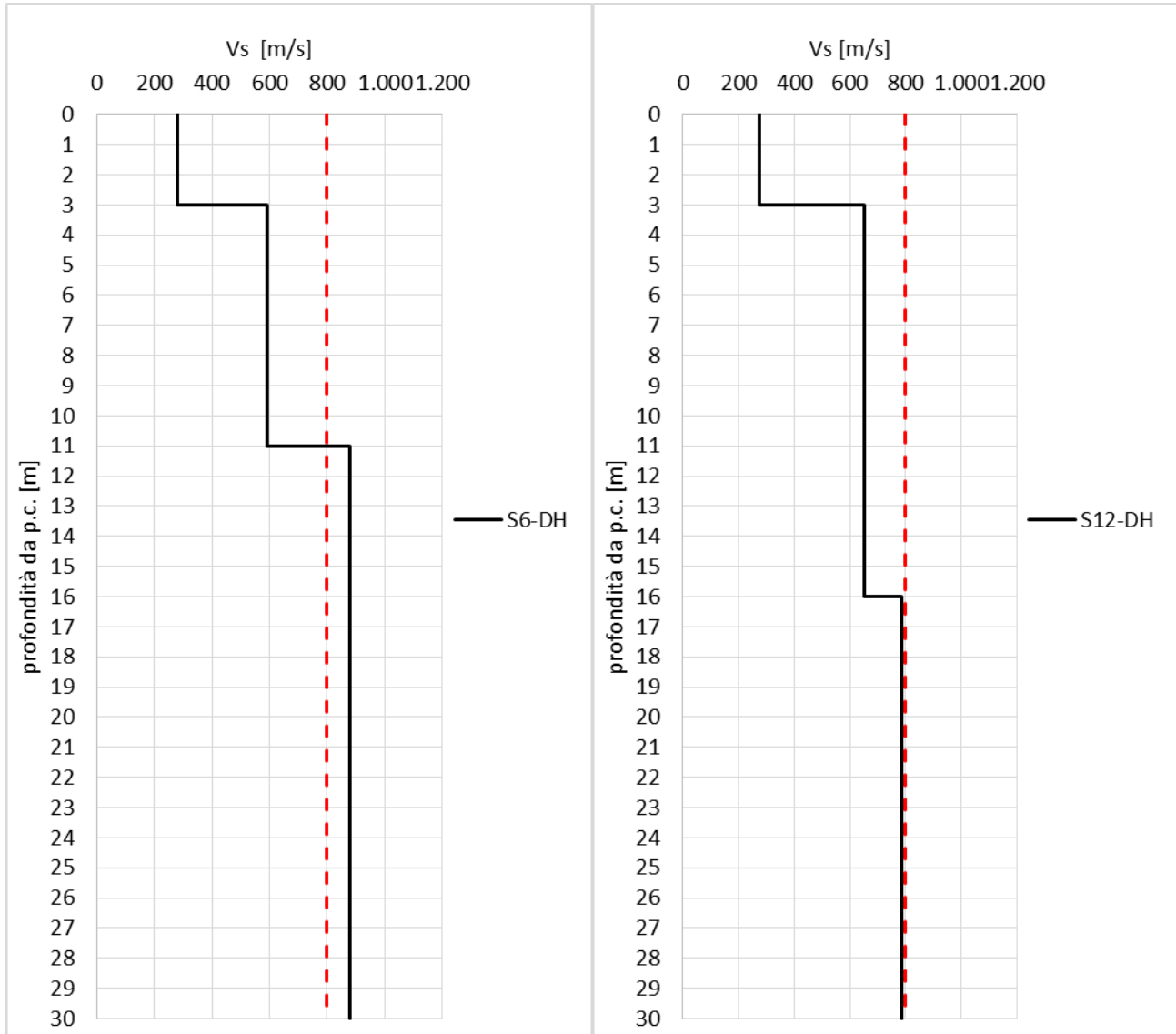


Figura 12 – Verticali sismiche DH: andamento Vs con la profondità.

RELAZIONE SISMICA

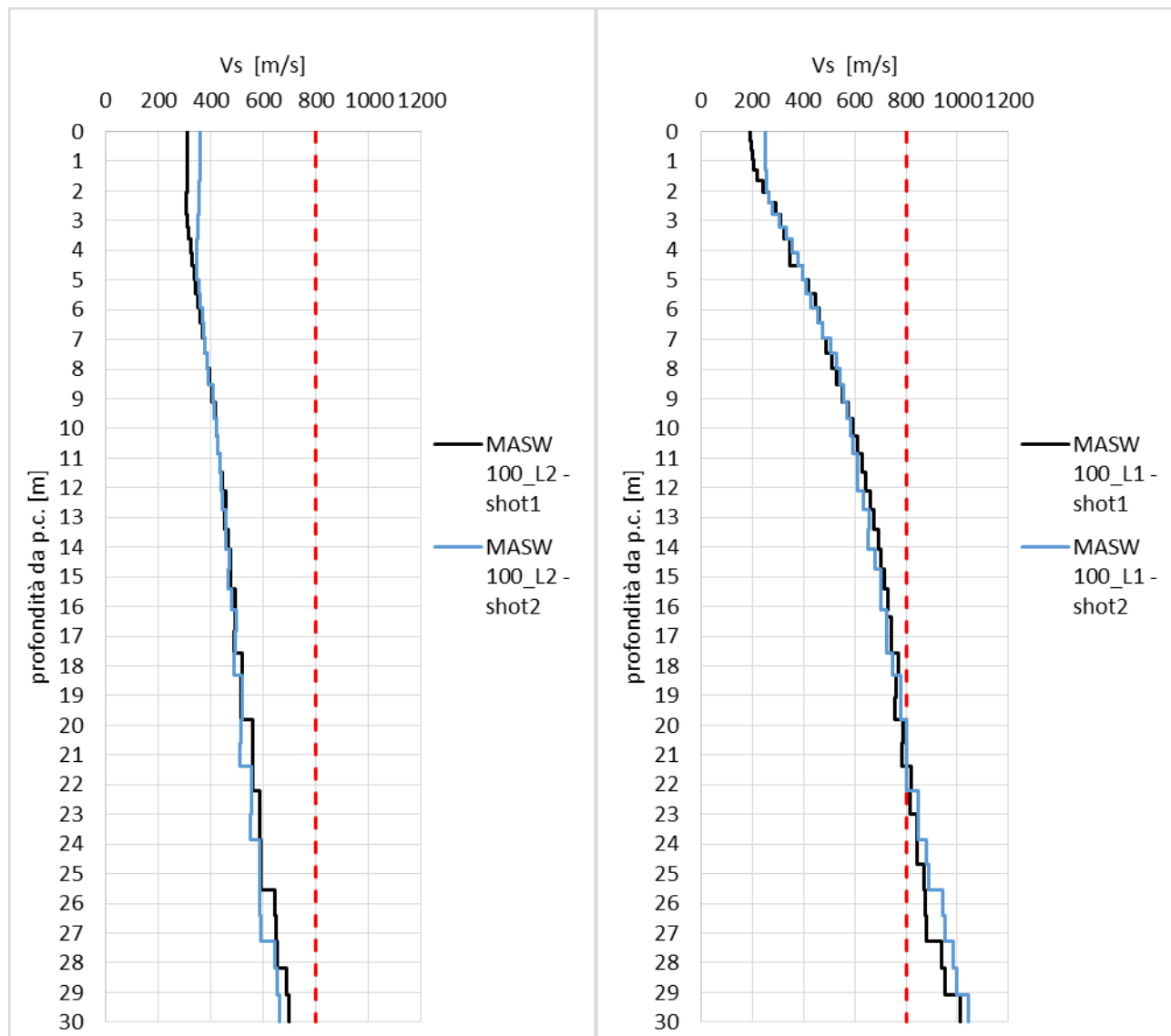


Figura 12- Verticali sismiche Masw: andamento Vs con la profondità.

6 COEFFICIENTE TOPOGRAFICO

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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

La valutazione della categoria topografica non può essere riferita ad un settore di tracciato ma deve essere riferita alle condizioni locali della singola opera d'arte.

In funzione della categoria topografica si valuta il coefficiente di amplificazione topografica S_T come da tabella a seguire.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

1 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TRACCIATO

Nella tabella seguente sono riportate le principali caratteristiche sismiche necessarie alla definizione dell'azione sismica per la progettazione delle opere lungo il tracciato, valutate considerando per l'opera una vita nominale $V_N = 50$ anni ed una classe d'uso IV (coefficiente d'uso $c_u = 2.0$) quindi un periodo di riferimento $V_R = c_u \cdot V_N = 100$ anni e, con riferimento allo stato limite ultimo SLV, un periodo di ritorno $T_R = 949$ anni.

Tabella 1: Riepilogo grandezze necessarie per la definizione dell'azione sismica.

<i>da prg. a prg.</i>	<i>Comune</i>	<i>Categoria sottosuolo</i>	a_g/g [-]	S_T [-]	S_S [-]	a_{max}/g [-]
0+000 ÷ 0+325	Spoletto	C	0.224	1.000	1.368	0.306
0+325 ÷ 1+575	Spoletto	B	0.227	1.000	1.176	0.266
1+575 ÷ 2+150	Spoletto	C	0.230	1.000	1.358	0.313
2+150 ÷ 4+370	Spoletto	B	0.237	1.000	1.167	0.276

Legenda:

a_g/g : accelerazione massima su suolo rigido;

Cat. sottosuolo: categoria di sottosuolo ai sensi OPCM 3274/2003 e NTC 2008;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

S_S : Coefficiente di amplificazione stratigrafica;

a_{max}/g : accelerazione massima al sito.

La caratterizzazione sismica lungo il tracciato è descritta anche nell'elaborato grafico "Planimetria con classificazione sismica del territorio" (T00GE03GEOCS01A).