

SS.4 - Variante dell'abitato di Monterotondo Scalo - 2°Stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. RM190

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 PROGETTISTA:

David Carlaccini
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° A1245

IL GEOLOGO:

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

Il R.U.P.

Dott. Ing.
Achille Devitofranceschi

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

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

PROTOCOLLO

DATA

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



Dott. Ing. N. Granieri	Dott. Ing. D. Carlaccini	Dott. Ing. V. Rotisciani
Dott. Arch. N. Kamenicky	Dott. Ing. S. Sacconi	Dott. Ing. F. Macchioni
Dott. Ing. V. Truffini	Dott. Ing. F. Aloe	Geom. C. Vischini
Dott. Arch. A. Bracchini	Dott. Ing. V. De Gori	Dott. Ing. V. Pionno
Dott. Ing. F. Durastanti	Dott. Ing. C. Consorti	Dott. Ing. G. Pulli
Dott. Ing. E. Bartolucci	Geom. M. Manzo	Geom. C. Sugarani
Dott. Geol. G. Cerquiglini		
Geom. S. Scopetta		
Dott. Ing. L. Sbrenna		
Dott. Ing. M. Briganti Botta		
Dott. Ing. E. Sellari		
Dott. Ing. L. Dinelli		
Dott. Ing. L. Nani		
Dott. Ing. F. Pambianco		
Dott. Agr. F. Berti Nulli		



GEOTECNICA

Relazione sismica

CODICE PROGETTO	NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO: DPRM0190 LIV. PROG.: D N. PROG.: 20	T00-GE00-GET-RE04-A CODICE ELAB.: T00GE00GETRE04	A	-
A	Emissione	17/01/2021	R.Salucci
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO
		VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	3
3	SISMICITA'	5
3.1	STORIA DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA	5
3.2	INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO.....	6
3.3	SISMICITÀ STORICA	9
3.4	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	14
3.5	VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE $V_{s,eq}$ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC 2018.....	23
3.6	MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO.....	27
3.7	DEFINIZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO	28
3.8	RIEPILOGO CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E DEI SUOLI	30

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della progettazione definitiva dell'intervento SS4 variante all'abitato di monterotondo Scalo – 2° stralcio, il presente documento ne rappresenta la Relazione Sismica.

L'area di studio ricade nel territorio del Comune di Monterotondo (RM) ed è rappresentata nella carta geologica d'Italia "Foglio 144 Palombara Sabina della carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, nel foglio 144, III Quadrante Tavoleta SW" della carta IGM in scala 1:25.000 e nei Fogli 365110-365120 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio in scala 1:10.000.

Il progetto per la realizzazione della variante all'abitato di Monterotondo Scalo dal punto di vista morfologico è ubicato all'interno della pianura alluvionale del fiume Tevere, un'area pianeggiante che si estende da NE verso SW, confinata lateralmente da rilievi collinari a morfologia arrotondata e quote piuttosto modeste e caratterizzata da un'estensione in larghezza variabile da 600 a 1.800 metri e quota topografica assoluta compresa tra 20 e 24 m s.l.m.



Figura 1 - Ubicazione tracciato in esame da ripresa satellitare.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area interessata dal tracciato, dal punto di vista geologico appartiene al Bacino del fiume Tevere, che riflette le caratteristiche tipiche proprie dell'appennino centrale, costituito da una serie di falde sovrapposte e sovrascorse in direzione Est e Nord-Est che creano aree strutturalmente e geologicamente differenziate. Il fiume Tevere si sviluppa in corrispondenza delle aree di depressione tettonica dando luogo ad una vasta pianura alluvionale che nel territorio di Monterotondo occupa una fascia di circa 9 km² estendendosi da Nord-Est verso Sud-Ovest.

L'attuale assetto geologico del territorio è il risultato dell'attività geodinamica iniziata a partire dall'orogenesi appenninica e tuttora in corso. Circa tre milioni e mezzo di anni fa la fascia tirrenica fino a nord di Roma era sommersa dal mare pliocenico dal quale emergevano le isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani, alti strutturali che la tettonica post-orogenica aveva determinato dopo aver disarticolato le successioni carbonatiche di bacino umbro-marchigiano meso-cenozoico. Successivamente si ebbe un'intensa deposizione di sedimenti marini prevalentemente argillosi confinati, a partire dal Plio-Pleistocene, in una grande depressione nota come Graben del Tevere.

A partire dal Pleistocene inferiore si assiste ad una intensa attività tettonica con movimenti che portarono una progressiva modifica dei lineamenti morfologici dell'area con cambiamenti geografici che sviluppano sempre di più gli elementi di continentalità, condizionati dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino.

Ai depositi argillosi tipici di ambienti di bassa energia seguirono progressivamente verso l'alto sedimenti limosi e sabbiosi che denunciano un periodo di emersione della serie marina.

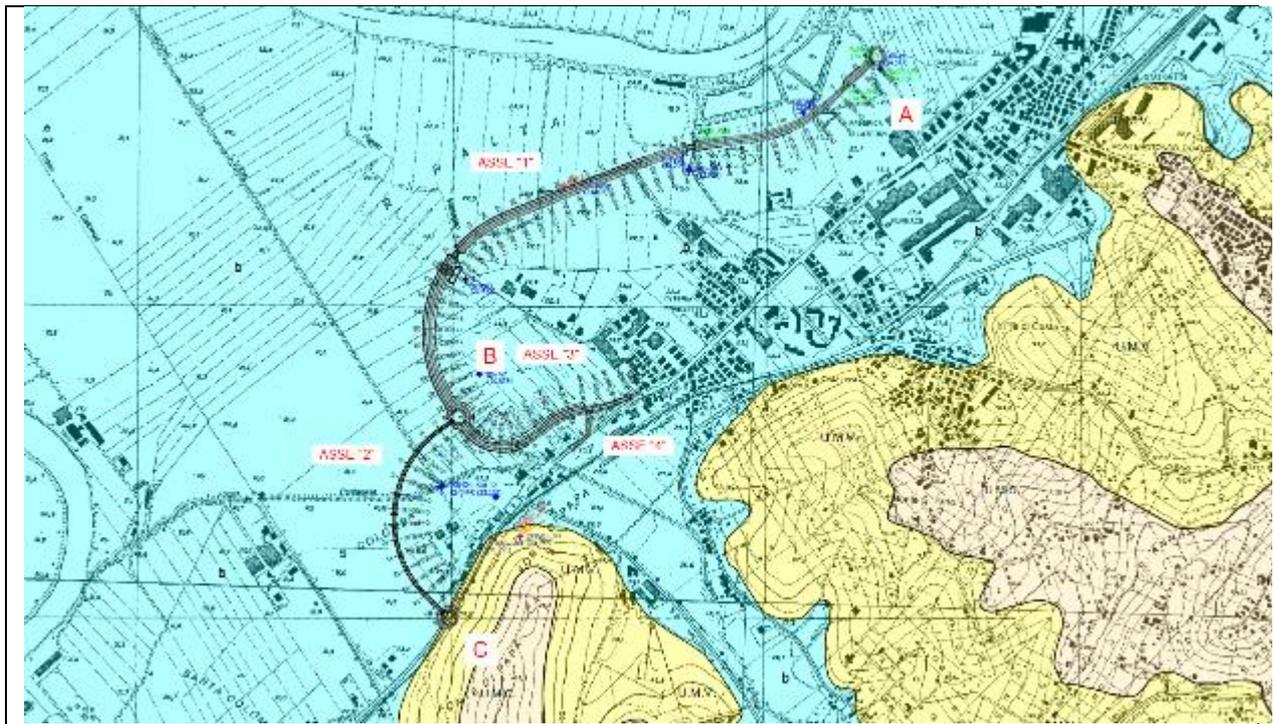
A partire dal Pleistocene medio, la tettonica distensiva favorì la risalita magmatica lungo le principali fratture tettoniche e tutta la fascia peritirrenica laziale fu interessata da un'intensa attività vulcanica cosicché anche la zona a nord di Roma è stata interessata da colate piroclastiche e da piroclastiti di ricaduta, provenienti dai centri di emissione Sabatini e dei Colli Albani, che ricoprirono le strutture esistenti e i sedimenti terrigeni plio-pleistocenici.

Durante l'attività vulcanica il corso del Tevere subì una deviazione verso est fino ad assumere la posizione attuale.

Successivamente durante l'ultima glaciazione, quando il livello marino scese sino a circa 100 metri sotto il livello attuale, si è verificata per effetto di tale abbassamento del livello del mare, un'intensa fase erosiva e di conseguenza il Tevere, ed i principali corsi d'acqua ad esso collegati incisero profondamente i depositi quaternari e pliocenici arrivando con i fondovalle a quote di oltre -50 metri rispetto al livello attuale.

Negli ultimi 15.000 anni, con un progressivo innalzamento del livello marino, si è instaurata una fase deposizionale che ha portato al conseguente ricolmamento delle valli del Fiume Tevere e dei corsi d'acqua affluenti, con materiali alluvionali costituiti da orizzonti ricchi in ghiaia, sabbia e argille con frequenti livelli di torbe.

Come si evince dalla carta geologica di dettaglio, l'area di progetto è ubicata nella pianura alluvionale del Tevere ed è interessata dalle alluvioni recenti e attuali del fiume stesso ("b" in carta), essi risultano frequentemente ricoperti da un orizzonte di terreno vegetale e in alcuni tratti da riporti antropici. Le alluvioni recenti poggiano sulle sottostanti argille grigie plioceniche.



Legenda

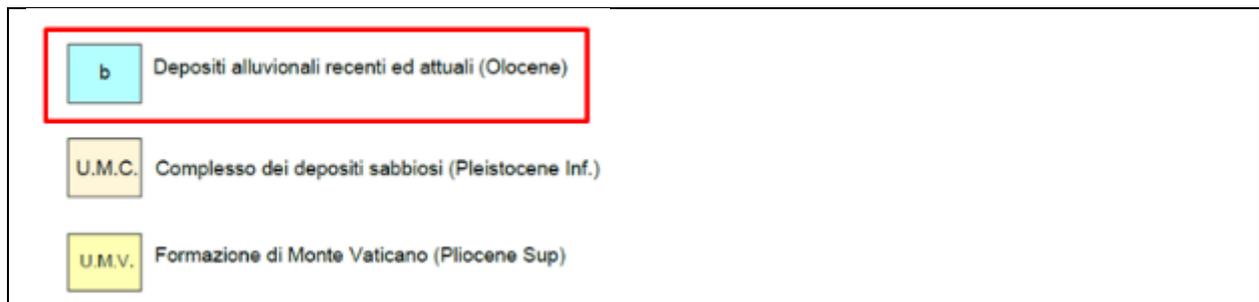


Figura 2 - Stralcio della carta geologica di progetto- scala 1:5000

Le **alluvioni recenti ed attuali** sono costituite da alternanze di strati argillosi, limoso sabbiosi, e sabbioso limosi con intercalazioni di lenti di argille torbose. I materiali torbosi sono prevalenti nelle valli in sinistra idrografica del Tevere (un livello di torba è stato rinvenuto nel sondaggio S03-DH dai 28 ai 29.5 m e nel sondaggio S02-PZ da circa 25.80 m a 27.00 m). Alla base dei terreni alluvionali è presente uno strato di ghiaia eterometrica e poligenica (gli strati ghiaiosi sono stati individuati nel sondaggio S05-DH da 27.70 m a 32 m con torba, nel sondaggio S04-PZ da 26.70 a 30 m in matrice sabbiosa, e nel sondaggio S03-DH a partire da 31.30 m fino a 35 m).

La **formazione di Monte Vaticano - U.M.V.** - (Pliocene sup.) è costituita da argilla e argilla limosa grigio azzurra, da consistente a molto consistente, con intercalazioni di sabbia fine che passa verso l'alto a limo sabbioso.

La **formazione di Monte Ciocci - U.M.C.** - (Pleistocene inf.) è costituita da sabbie quarzose fini a laminazione incrociata con livello basale costituito da ghiaie eterometriche, da consistente a molto consistente.

3 SISMICITA'

3.1 STORIA DEL QUADRO NORMATIVO IN MATERIA ANTISISMICA

L'esecuzione delle indagini e la stesura della relazione sono state condotte secondo i criteri generali stabiliti dalle norme in vigore e dagli standard di lavoro pubblicati. In particolare è stato fatto riferimento ai seguenti documenti normativi e legislativi:

-O.P.C.M. n.3274 del 2003

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 al parametro Vs30.

- DGR Lazio n. 7566 01 agosto 2003

Prime disposizioni per la riclassificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione della OPCM 3274/2003

- NTC 23 settembre 2005

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici.

-OPCM n. 3519 28 aprile 2006

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

- DM 14 gennaio 2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008.

Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.

Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

-DGR Lazio n.387 del 22 maggio 2009 e s.m.i.

Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.

-DM N.8/2018

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.

3.2 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

Il territorio nazionale è caratterizzato da una sismicità che si distribuisce lungo fasce a caratteristiche sismiche omogenee, variamente orientate, denominate Zone Sismogenetiche.

La zonazione ZS9 (INGV, 2004), già evoluzione di zonazioni precedenti (ZS4, 2000) mette in risalto la disposizione di tali zone; essa è stata elaborata in modo da soddisfare alcuni requisiti fondamentali, tra i quali è opportuno citare:

- la possibilità di fornire, per ogni ZS, una stima di profondità dei terremoti utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale;
- fornire, per ogni ZS, un meccanismo di fagliazione prevalente utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate su tale meccanismo, mediante i coefficienti proposti tramite appositi algoritmi.



Figura 3 - Zonazione sismogenetica del territorio nazionale (INGV, 2004). I limiti di colore blu separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità.

I dati di sismicità ottenuti dai database di riferimento sono stati gestiti in associazione con gli elementi descritti attraverso la zonazione ZS9, allo scopo di predisporre gli elementi di ingresso per il calcolo della pericolosità sismica sull'intero territorio nazionale.

Il territorio del tracciato in esame compreso fra l'estremo nord del comune di Roma (Municipio III) e il comune di Monterotondo ricade in parte nella Zona Sismogenetica 920 che coincide con il settore in distensione tirrenica definito nel modello sismotettonico di Meletti et al. (2000). Questa zona è

caratterizzata da una sismicità generalmente di bassa energia che solo sporadicamente raggiunge valori di magnitudo relativamente elevati.

Le attuali strutture tettoniche dell'appennino derivano da due distinte fasi:

- una prima fase di tettonogenesi che va dal trias superiore al miocene medio (con una durata di circa 170 milioni di anni) durante la quale si origina un'alternanza di aree di alti paleostrutturali più stabili e poco subsidenti ed aree più prettamente subsidenti
- una seconda fase, di orogenesi, che dopo un periodo di arresto della subsidenza fra il miocene superiore ed il pliocene inferiore, è invece caratterizzata da rapidi sollevamenti, accompagnati da locali fenomeni di subsidenza che generano le fosse intermontane.

La natura relativamente recente (pliocenico-quadernaria) delle unità affioranti nell'area Romana fanno sì che le osservazioni dirette di faglie e fratture siano globalmente scarse, con rigetti in genere modesti in finzione di litologie per altro poco conservative. Dati recenti hanno consentito di confermare l'esistenza di elementi tettonici che interessano la formazione delle argille grigio azzurre plioceniche con una fase tettonica prevalentemente posizionata al passaggio fra pliocene superiore e pliocene inferiore e caratterizzata da sistemi coniugati orientati tra NO-SE e NNO-SSE con una generale immersione verso SE.

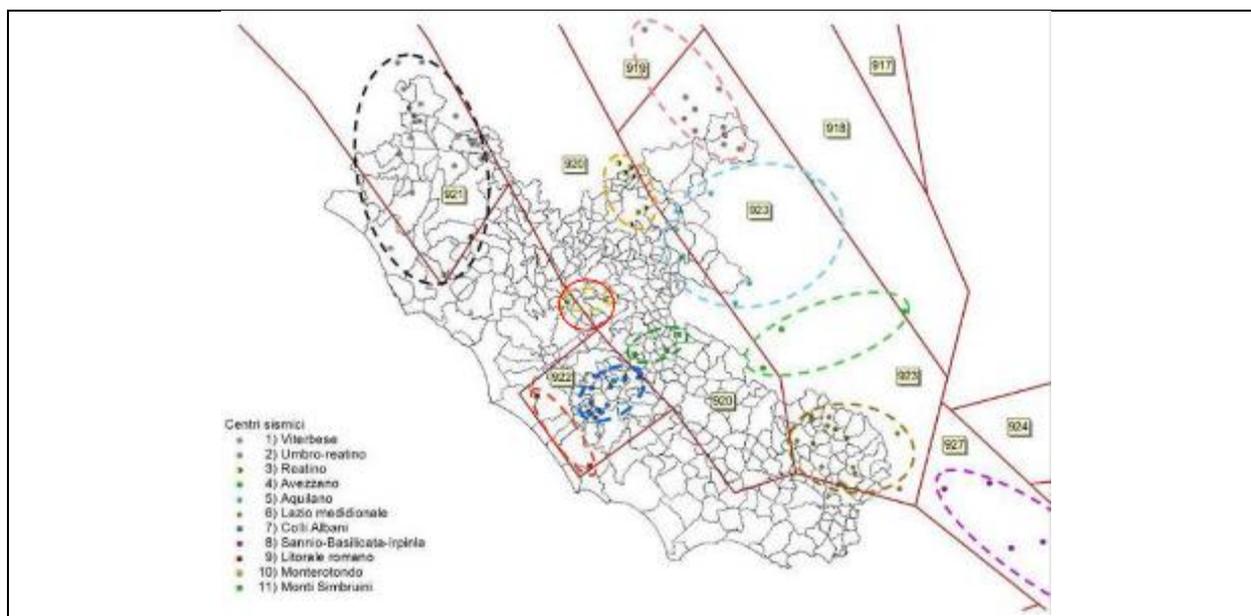


Figura 4 - Localizzazione dell'area di intervento e zone sismogenetiche per la regione Lazio.

Il Lazio, è attraversato da fasce allungate preferenzialmente in direzione NW – SE, nella direzione della costa tirrenica e della catena montuosa appenninica. Lungo queste fasce la sismicità si distribuisce in modo omogeneo e gradualmente crescente dalla costa verso l'Appennino.

Le fasce sismiche presenti determinano una distribuzione degli effetti sismici differenziati a seconda dei vari territori della regione: con massimi danneggiamenti nelle zone pedemontane del reatino e del frusinate e gradualmente minori spostandosi verso le aree costiere.

Come si evince dalla Mappa delle Massime Intensità Macrosismiche osservate – I_{max} negli ultimi 1000 anni la metà dei comuni della Regione risentano di intensità comprese fra l'VIII/IX° della scala MCS. Inoltre si nota come nel frusinate e nel reatino non vi siano comuni che abbiano risentito intensità macrosismiche inferiori all'VIII° della scala MCS.

Relazione sismica

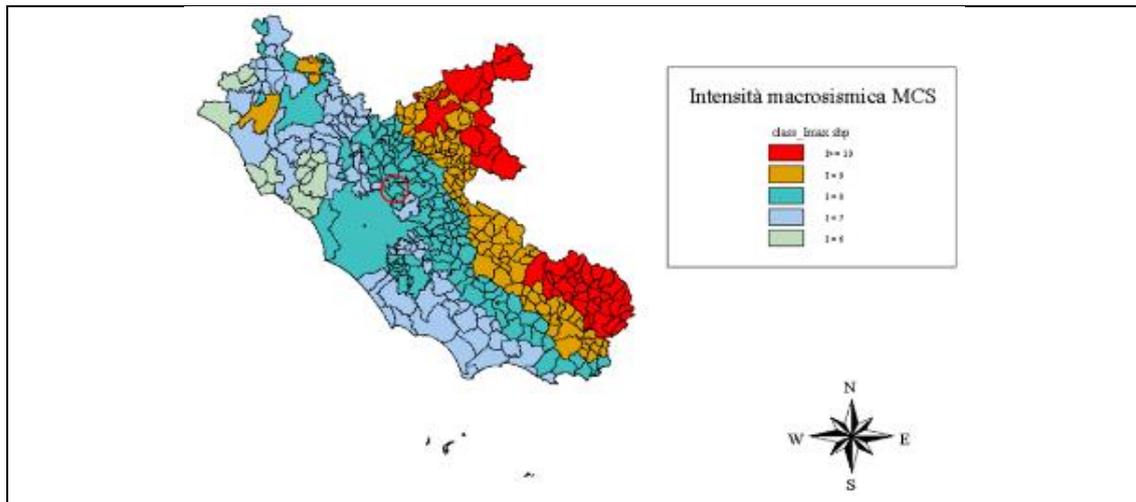


Figura 5 - Mappa delle Massime Intensità Macrosismiche.

Per il territorio in esame (Settore settentrionale del III Municipio del comune di Roma e comune di Monterotondo) è stata stimata un'intensità macrosismica I_{max} pari ad 8 della scala MCS.

La figura sottostante illustra l'ubicazione delle cosiddette "faglie capaci" nell'intorno dell'area di Monterotondo, la cui presenza è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA, disponibile on-line presso il Servizio Geologico Nazionale (ISPRA, 2011).

Il termine faglie capaci è utilizzato per descrivere le faglie 'sismiche' con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni, potenzialmente capaci di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione di faglie capaci in occasione di eventi sismici di intensità elevata è in grado di produrre fenomeni di rottura superficiale in prossimità delle aree epicentrali.

Dall'analisi del suddetto catalogo non si rileva la presenza di faglie capaci nelle aree prossime alla zona di studio.



Figura 6 - Mappa a grande scala delle faglie capaci estratta dal "Catalogo delle Faglie Capaci (ITHACA-ISPRA)" con in evidenza la zona di progetto.

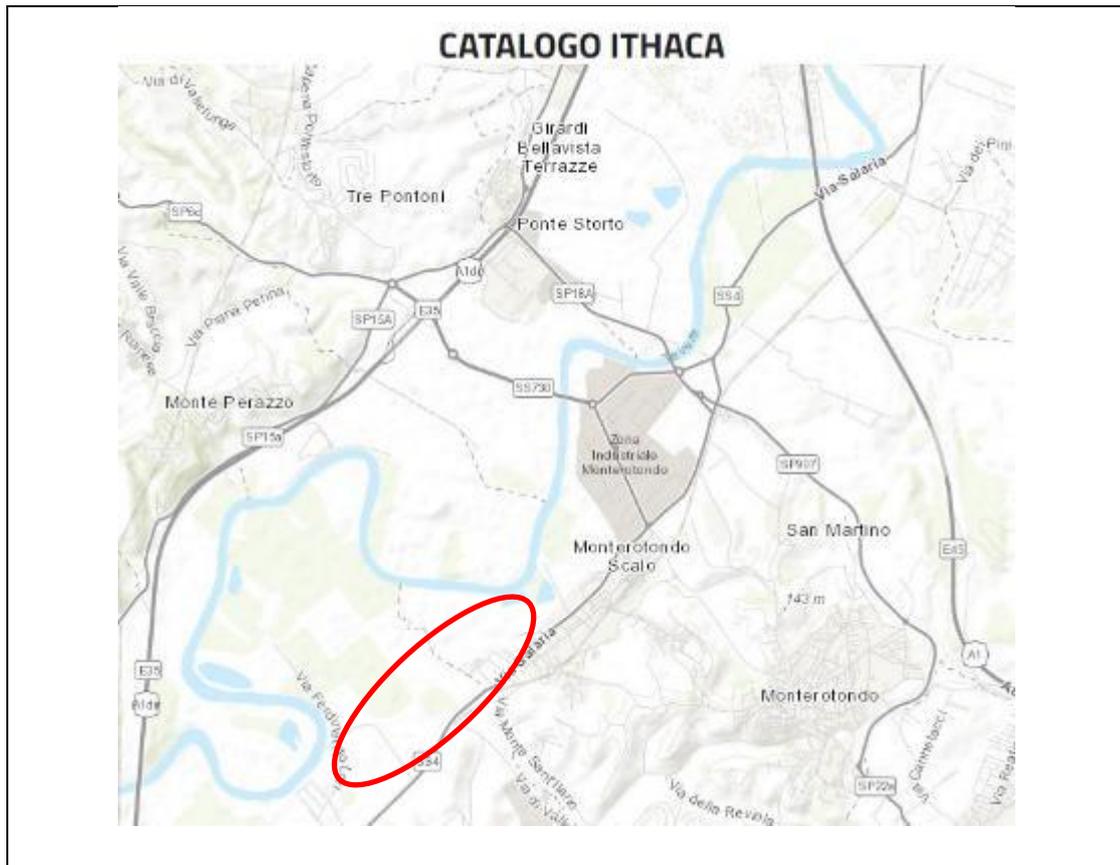


Figura 7 - Mappa di dettaglio estratta dal "Catalogo delle Faglie Capaci (ITHACA-ISPRA)" che evidenzia l'assenza di faglie capaci nell'area di progetto.

3.3 SISMICITÀ STORICA

L'analisi della sismicità storica per l'area oggetto di studio è stata condotta consultando il Database Macrosismico Italiano DBMI15, 2015 (disponibile nel portale dell'INGV), da fonti storiche e informazioni reperibili in letteratura. Il DBMI fornisce un set di dati d'intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani dal 1000 al 2014. Per ogni evento nel database è riportata l'indicazione della data, la descrizione dei danni e la stima dell'Intensità macrosismica secondo la scala EMS98 (European Macroseismic Scale; Grünthal,1998). Il DBMI15 presenta le intensità adottando lo standard proposto da AHEAD, cioè numeri arabi interi e, nel caso di attribuzioni incerte si indicano i due estremi separati da un trattino (es.: 5-6, 7-8).

Tale standard applica rigorosamente anche le indicazioni delle scale macrosismiche, secondo cui non è possibile assegnare un'intensità a edifici isolati o territori estesi, nei cui casi si altera l'intensità riportata dallo studio originale. Se le informazioni disponibili non sono considerate sufficienti per stimare un'intensità, è possibile adottare codici descrittivi come "D" per danno, o "F" per sentito ("Felt").

Il tracciato in esame partendo da Sud ricade inizialmente nella parte finale del territorio del III municipio del comune di Roma per poi passare ad interessare il territorio del comune di Monterotondo.

Nelle tabelle che seguono sono riportati gli effetti risentiti, estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI) dell'INGV riferiti al comune di Monterotondo che risulta più vicino alle sorgenti sismogenetiche e risulta maggiormente valido come riferimento per la tratta in oggetto rispetto al centro di Roma.

Relazione sismica

Il Database Macrosismico Italiano 2015 riporta per l'area in esame (area di Monterotondo) n° 39 eventi, che si riportano di seguito:

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6-7	1484	01	19				Sabina	6	6-7	5.02
5	1750	02	08				Colli Albani	6	5	4.50
F	1751	07	27	01			Appennino umbro-marchigiano	66	10	6.38
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
4	1876	10	26	14	18		Monti Prenestini	29	7	5.06
5-6	1892	01	22				Colli Albani	81	7	5.14
3	1894	10	29	03	58		Alto Aniene	13	5	4.12
4-5	1895	11	01				Campagna romana	94	6-7	4.83
4-5	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
4-5	1899	07	19	13	18	5	Colli Albani	122	7	5.10
6	1901	04	24	14	20		Sabina	44	8	5.25
5	1902	10	23	08	51		Reatino	77	6	4.74
4-5	1904	02	24	15	53	2	Marsica	56	8-9	5.68
2-3	1904	02	25	00	29	1	Marsica	34	5-6	4.56
4	1909	08	31	13	41		Roma	44	5	4.15
5	1911	04	10	09	43		Colli Albani	79	6	4.74
7-8	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
4-5	1917	07	08	02			Appennino laziale-abruzzese	44	5-6	4.68
4	1919	10	22	06	10		Anzio	142	6-7	5.22
4-5	1922	12	29	12	22	0	Val Roveto	119	6-7	5.24
3-4	1923	05	13	14	30	5	Valle del Salto	21	5	4.33
3	1927	10	11	14	45	0	Marsica	81	7	5.20
4-5	1927	12	26	15	06	1	Colli Albani	38	7	4.89
2	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
3	1957	04	11	16	19		Valle del Salto	46	6	4.94
4	1958	06	24	06	07		Aquilano	222	7	5.04
2-3	1961	04	10	06	56		Alto Aniene	19	6	4.55
2	1961	10	31	13	37		Reatino	84	8	5.09
4-5	1979	09	19	21	35	3	Valnerina	694	8-9	5.83
NF	1980	10	01	00	57	3	Frusinate	41	5	4.26
3	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1989	10	23	21	19	1	Colli Albani	65	6	4.32
NF	1995	06	12	18	27	4	Campagna romana	125	5-6	3.79
4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
4-5	1997	11	06	02	20	2	Monti Tiburtini	91	5-6	4.19
4-5	2000	06	27	07	32	3	Valle dell'Aniene	138	6	4.24
NF	2001	03	23	00	50	1	Sabina	85	5	3.77
NF	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14

Tabella 1 - Catalogo sismico di sito di Monterotondo. Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2004 (Io = intensità epicentrale; Mw= magnitudo; Int= intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

Relazione sismica

Le intensità seguono la normalizzazione effettuata dal DBMI15 che seguono i codici riportati nelle tabelle A e B a seguire.

Codice	Val. ass.	Descrizione	MDP
RS	-	Registrazione strumentale. Osservazioni scartate	-
NR	-	Non riportato (<i>Not Reported</i>). Osservazioni scartate	-
W	-	Onde anomale, tsunami (<i>sea Waves</i>). Oss. scartate	-
E	-	Effetti ambientali (<i>Environmental effects</i>). Oss. scartate	-
G	0.2	Indicazione generica di danno a un sito	5
NF	1	Non percepito (<i>Not Felt</i>)	24012
NC	1.8	Non classificato (<i>Not Classified</i>)	111
SF	2.9	Percepito leggermente (<i>Slightly Felt</i>)	49
F	3.9	Percepito (Felt)	5146
HF	5.1	Percepito distintamente (<i>Highly Felt</i>)	118
SD	5.6	Danno leggero (<i>Slight Damage</i>)	22
D	6.4	Danno (<i>Damage</i>)	679
HD	8.6	Danno grave (<i>Heavy Damage</i>)	184

Tabella 2 - Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.

Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Intensità originale	1	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	MDP
no SC											91116
AL											106
CQ											32
DL	NF	1-2	2	2-3	3	3-4	4	4-5	5	5-6	53
SS	(1)	(1.5)	(2)	(2.5)	(3)	(3.5)	(4)	(4.5)	(5)	(5.5)	241
MS											3603
UL											43
IB	NF			SF			F		HF	SD	87
TE	(1)			(2.9)			(3.9)		(5.1)	(5.6)	28

Intensità originale	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	MDP
no SC											20135
AL											42
CQ											12
DL	6	6-7	7	7-8	8	8-9	9	9-10	10	10-11	146
SS	(6)	(6.5)	(7)	(7.5)	(8)	(8.5)	(9)	(9.5)	(10)	(10.5)	207
MS											517
UL											33
IB			D					HD			77
TE			(6.4)					(8.6)			25

Tabella 3 - Normalizzazione delle intensità originali per tipologia di località particolari.

Tra parentesi è indicato il valore numerico associato ad uso interno di DBMI.

Nel grafico sottostante si riportano gli andamenti delle intensità degli eventi sismici nel tempo, il grafico considera tutti i terremoti con intensità comprese tra 2 e 8 per un arco temporale dal 1450 al 2020.

Relazione sismica

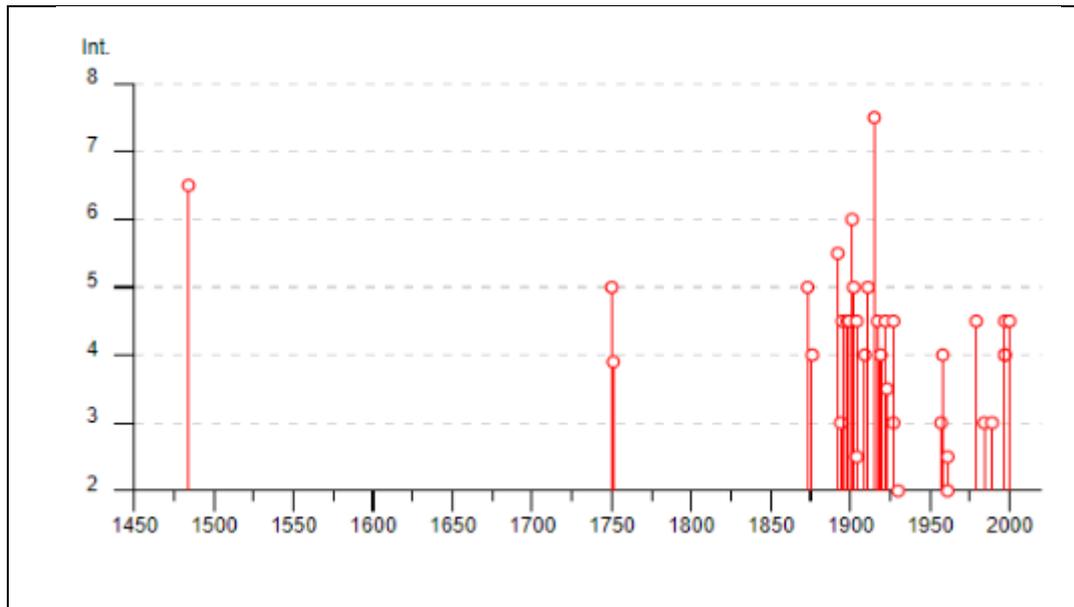


Figura 8 - Grafico di distribuzione tempo-intensità risentita al sito di interesse (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Monterotondo dall'anno 1000 all'anno 2017, con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (fonte INGV).

Come si evince a partire dal 1850 si è verificato un aumento degli eventi sismici, la zona infatti risente delle seguenti sorgenti sismogenetiche composite: la sorgente "Salto Lake-Ovindoli-Barrea-ITCS025" ad est e a sorgente composta "Castelli Romani- ITCS086" a sud.

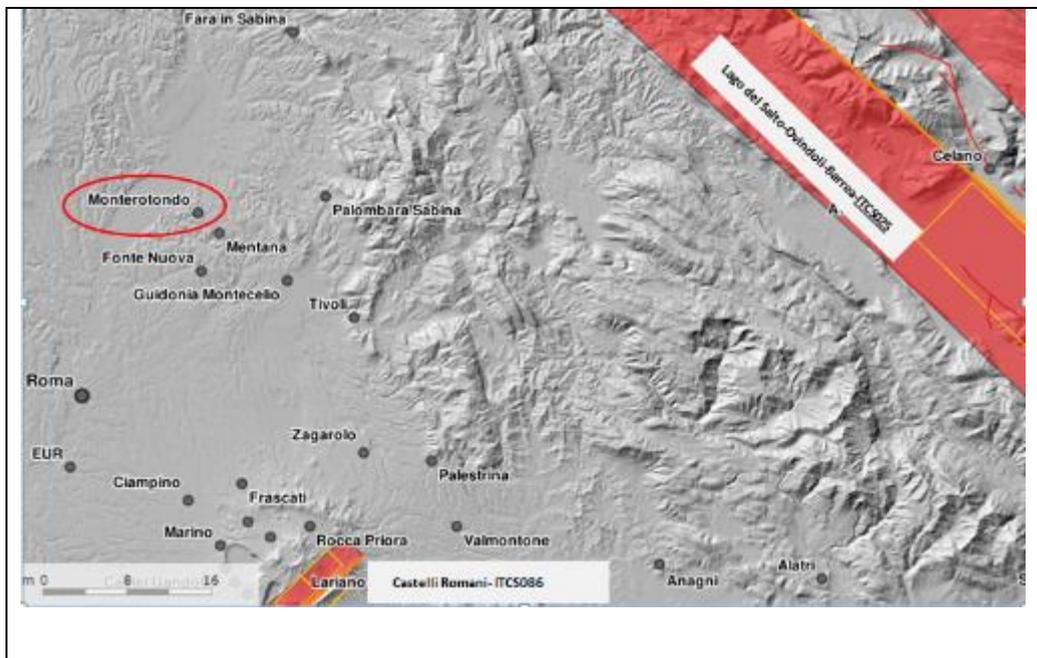


Figura 9 - Mappa delle sorgenti sismogenetiche estratta dal "Database of Individual Seismogenic Sources (DISS-version 3)".

La sorgente composta *Salto Lake-Ovindoli-Barrea* si trova a cavallo della dorsale dell'Appennino centrale tra i rilievi della pianura reatina (a nord-ovest) e l'alta valle del Sangro R. (a sud-est), attraversando la

pianura del Fucino. Questa Sorgente fa parte del nucleo del sistema di faglie normali dell'entroterra abruzzese che segna il confine estensionale occidentale dell'Appennino centrale.

I cataloghi storici e i rilevamenti strumentali (Boschi et al., 2000; CPTI Working Group, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) evidenziano che questa zona è caratterizzata da una magnitudo compresa tra $4,5 < M_w < 5,0$, riflettendo uno scenario di danno particolarmente significativo. Infatti questa sorgente è stata colpita da vari terremoti complessi e distruttivi; tra i principali si ricordano quello del 9 settembre 1349 (con M_w 6.5, Aquilano) e quello del 13 gennaio 1915 (M_w 7.0, Avezzano). Quest'ultimo è sicuramente uno dei terremoti più studiati della storia sismica italiana, vista anche la sua insorgenza entro il XX secolo. Infine, all'estremità meridionale di questa sorgente, si è verificato il terremoto dell'Appennino Abruzzese del 7 maggio 1984 (M_w 5.9).

Uno dei segmenti di questa faglia è stato responsabile del catastrofico evento del 1915, e a sud della Sorgente, un'ulteriore faglia ha causato l'evento del 1984, che si rivela abbastanza significativo per la sua posizione al passaggio tra i sistemi di faglia normale di grandi dimensioni con immersione SW (in Abruzzo) e di NE (in Molise) dal centro all'Appennino meridionale.

Alcuni segmenti di questa sorgente sono stati associati a terremoti distruttivi chiave che si sono verificati in quest'area.

Parametri della zona sismogenetica **Salto Lake-Ovindoli-Barrea**

- Profondità massima: 1.0
- Profondità minima: 14.5
- Magnitudo massima: 6.7

La sorgente composita "*Castelli Romani- ITCS086*" si trova a cavallo della spalla meridionale e sud-occidentale del Complesso Vulcanico dei Colli Albani, a circa 30 km a SE di Roma. Questa sorgente è caratterizzata dalla presenza di una faglia normale ad angolo alto, con immersione NW, perpendicolare al margine tirrenico tendente NW-SE della regione Lazio. La zona interessata è quella situata sul bordo settentrionale del complesso vulcanico dei Colli Albani, un'area dove in tempi geologicamente recenti sono stati attivi alcuni crateri vulcanici.

I cataloghi storici (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione di terremoti che hanno provocato effetti da moderati a molto importanti. In particolare, questa regione è stata interessata dal 1 giugno 1829 (M_w 5.2, Colli Albani), 13 luglio 1810 (M_w 5.2, Albano), 6 febbraio 1884 (M_w 5.2, Albano), 17 gennaio 1886 (M_w 5.2, Albano), 22 gennaio 1892 (M_w 5.2, Colli Albani), e il 26 agosto 1806 (M_w 5.6, Colli Albani).

Questa sorgente si basa sul principale sistema di faglie orientate NE-SW presente nell'area del Complesso dei Colli Albani (De Rita et al., 1988; Faccenna et al., 1994; De Rita et al., 1995a; Giordano et al., 2006) , e sul modello strutturale principale, desunto dai dati geomorfologici (Caputo et al., 1995).

Il segmento principale di questa sorgente è stato associato al terremoto del 26 agosto 1806.

Parametri della Zona Sismogenetica **Castelli Romani**:

- Profondità massima: 1.0
- Profondità minima: 14.5
- Magnitudo massima: 5.6

In conseguenza dei recenti eventi sismici che hanno interessato la provincia di Roma e la città stessa (sisma del 23 giugno 2019 con magnitudo 3.6 località Colonna) l'INGV ha spiegato come osservando i

fenomeni sismici recenti, dal 1985 ad oggi, si nota che sono 5 gli eventi di magnitudo pari o superiore a 3.0 con epicentri molto vicini tra di loro. La zona interessata è quella situata sul bordo settentrionale del complesso vulcanico dei Colli Albani, un'area dove in tempi geologicamente recenti sono stati attivi alcuni crateri vulcanici. Si tratta di una zona che si trova compresa tra l'area sismica dei Colli Albani a sud, la quale è caratterizzata da una sismicità superficiale e la catena appenninica a est, dove invece si sono registrati eventi sismici con una magnitudo "importante".

Generalmente nell'area romana, e pertanto nella zona interessata dai lavori di progetto (Monterotondo) gli eventi sismici hanno raggiunto la magnitudo 4. Per quanto riguarda i terremoti recenti non sono avvertiti "di riflesso" come nel caso di quelli dell'estate del 2016 ma si tratta di eventi sismici generati da una faglia che si estende parallelamente alla dorsale appenninica.

La provincia di Roma è ricompresa, quindi, nella zona a bassa sismicità che comprende i Comuni che "possono essere soggetti a modesti scuotimenti". Le zone sismogenetiche del Lazio che si trovano nell'area romana comprendono, oltre all'area vulcanica dei Colli Albani, anche la valle dell'Aniene, i monti Tiburtini e Prenestini, il Frusinate e i monti Vulsini e poi via via verso il rietino e la zona di Amatrice. Il rischio sismico del territorio, pertanto aumenta man mano che ci si sposta verso la catena appenninica,

In conclusione, per quanto riguarda la zona di Monterotondo, nonostante non sia interessata direttamente dalla presenza di faglie capaci e zone sismogenetiche, la conformazione geologica e stratigrafica del sito in esame, caratterizzato dalla presenza dei terreni alluvionali della valle del Tevere da luogo a fenomeni di amplificazione delle onde sismiche, fa sì che anche eventi sismici distanti vengano avvertiti nell'area.

3.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica è da intendersi come "grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane". L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fagliazione superficiale, fenomeni di densificazione, fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi e amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Fino al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 rappresenta una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei Comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006.

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV – DPC. Gli intervalli di accelerazione (a_g) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/2006. Tale classificazione è basata su

un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

A ciascuna zona è attribuito un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (a_g); tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Di seguito si riporta la carta di pericolosità sismica del territorio nazionale:

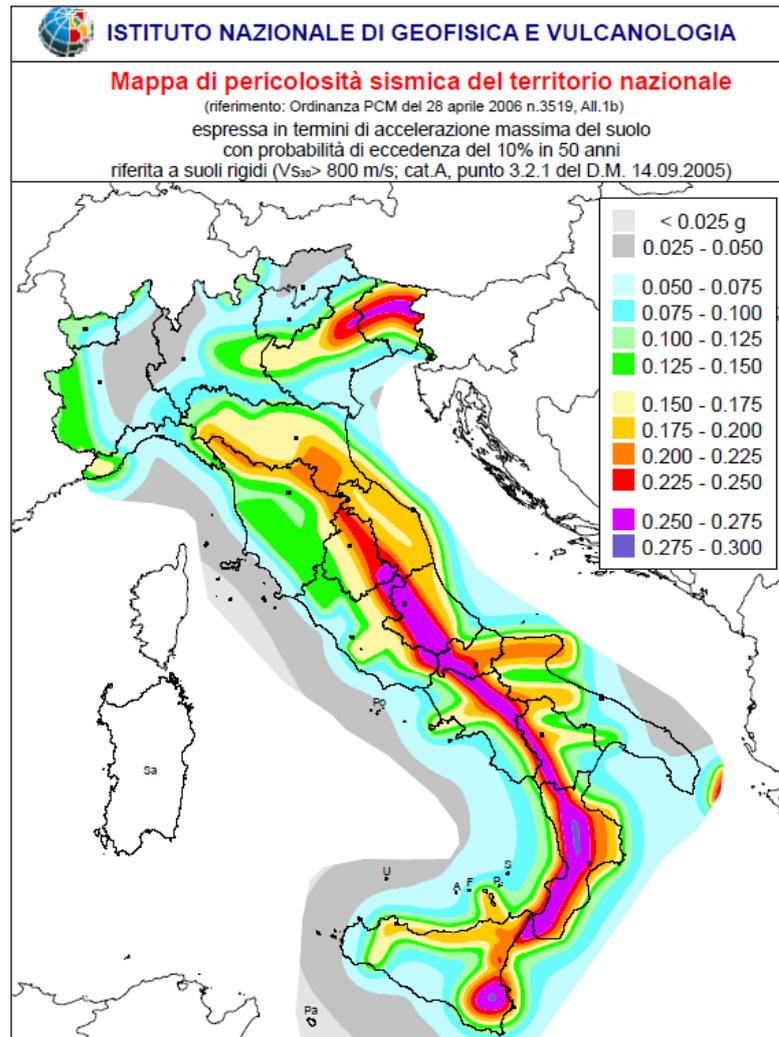


Figura 10 - Carta di pericolosità sismica del territorio nazionale (fonte INGV).

La mappa delle zone sismiche del 2003, suddivide il territorio italiano in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata nel periodo di riferimento di 50 anni.

Relazione sismica

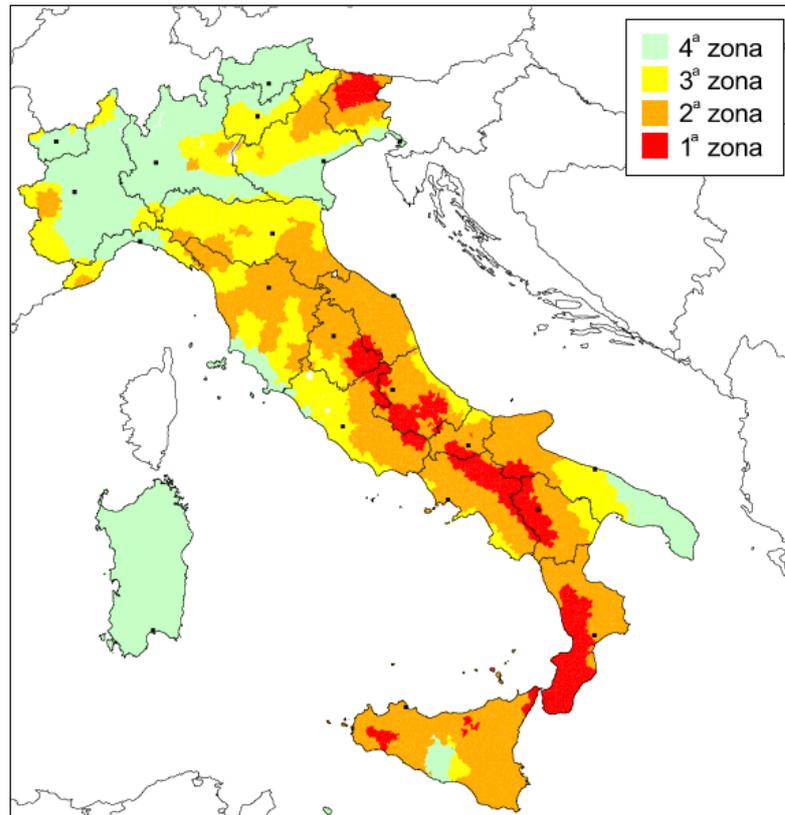


Figura 11 - Mappa delle zone sismiche del territorio nazionale del 2003 (fonte INGV).

Zona sismica	Descrizione
Zona 1	É la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4	É la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

I valori di accelerazione orizzontale massima (a_g) per le varie zone sismiche sono riportate nella tabella seguente:

Zona Sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1	$a_g > 0.25$
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	$a_g \leq 0.05$

L'analisi della sismicità nel territorio romano evidenzia che i valori di accelerazione al suolo (a_g) della zona costiera (Ostia) differiscono significativamente da quelli delle zone in prossimità dei Colli Albani o dei Monti Tiburtini e Prenestini pertanto la Regione Lazio nel 2009 ha elaborato una nuova classificazione di tutto il territorio regionale e nella quale il territorio di Roma è passato dall'essere classificato in un'unica zona sismica (zona 3) ad una suddivisione in Unità Amministrative Sismiche (U.A.S.) che coincidono con i Municipi (i cui confini sono stati ridefiniti con la deliberazione di Giunta Capitolina n.392/2013).



Figura 12 - Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio secondo il DGR n. 387/2009 e n. 835/2009 con ubicazione dell'area in esame

La diversa attribuzione ad una zona sismica comporta una differente applicazione della normativa, in particolare in sede di strumenti urbanistici.

Il tracciato in esame ricade nella parte meridionale nel territorio del III Municipio del comune di Roma e nella parte settentrionale nel territorio del comune di Monterotondo. Secondo quanto previsto nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Lazio n. 387 del 22 maggio 2009 e con la D.G.R. n. 571 del 2 agosto 2019 il comune di Monterotondo ricade nella categoria 2B (Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti), mentre il territorio del III municipio di Roma ricade nella categoria 3° (Zona con pericolosità sismica bassa che può essere soggetta a scuotimenti modesti).

Nella Tabella che segue si riassumono le categorie sismiche :

Comune	Nuova Zona sismica DGR 387/09 e DGR 835/09	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274/03 e precedente DGR 766/03
Monterotondo	Zona 2B	Zona 2
III Municipio Roma	Zona 3A	Zona 3

Tabella 4 - Classificazione sismica del comune di Monterotondo e del III Municipio del comune di Roma.

Nella tabella che segue si riportano i valori di accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della regione Lazio, da cui si evince una a_g compresa fra 0,15 e 0,20 per il comune di Monterotondo e una a_g compresa fra 0,10 e 0,15 per il III municipio di Roma.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0,278g$ (val. Max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

Tabella 5 - Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

Alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate nel 2008 ed aggiornate nel 2018, 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.

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;
- FO 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 13, Tr 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).

Le figure 13 e 14 riportano i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b per l'area in esame. Nella mappa, pubblicata dall'INGV, 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 (accelerazione di picco su terreno rigido) dell'ordine di 0.100 - 0.150g.

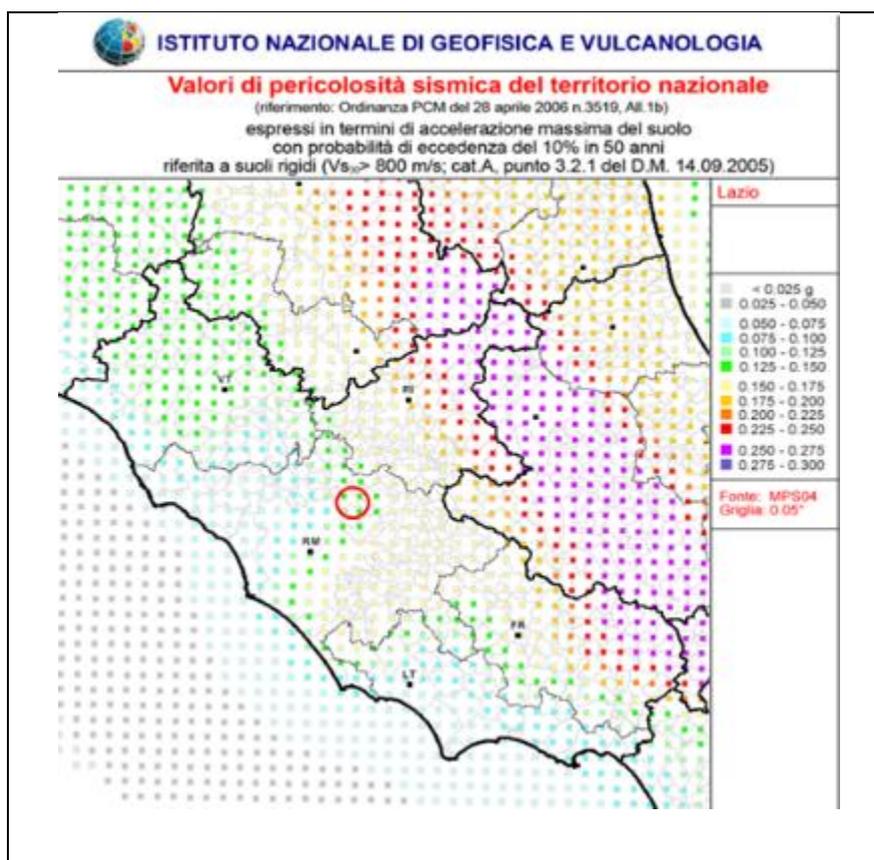


Figura 13 - Mappa di pericolosità sismica della regione Lazio (fonte INGV).

Relazione sismica

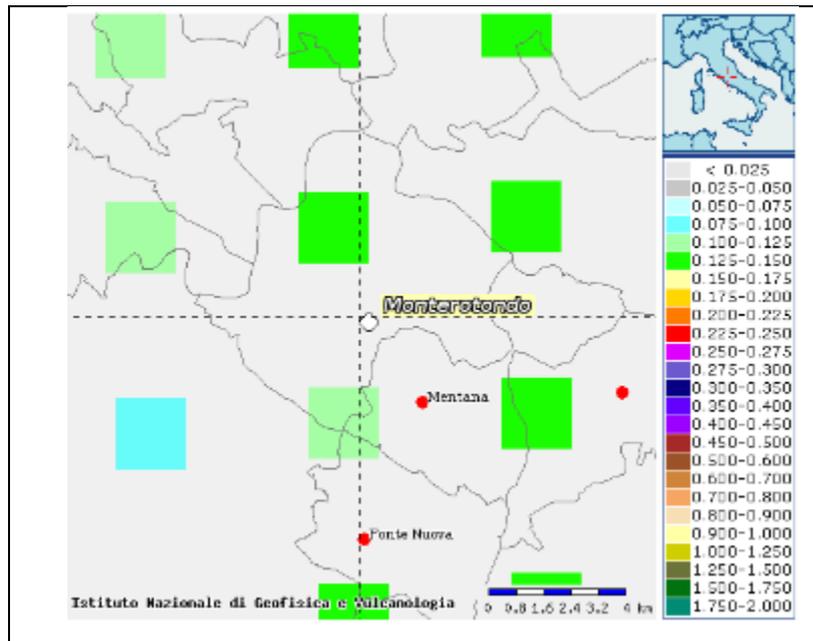


Figura 14 - Mappa di pericolosità sismica per la zona di Monterotondo (fonte INGV)

Infine attraverso il processo di disaggregazione è possibile valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità sismica di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini 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.

Di seguito si riportano le mappe e i grafici di disaggregazione ricavati per l'area di progetto da cui risulta che il terremoto che domina lo scenario di pericolosità presenta magnitudo $M=4.9$ ad una distanza R dal sito di 14.2 km .

Relazione sismica

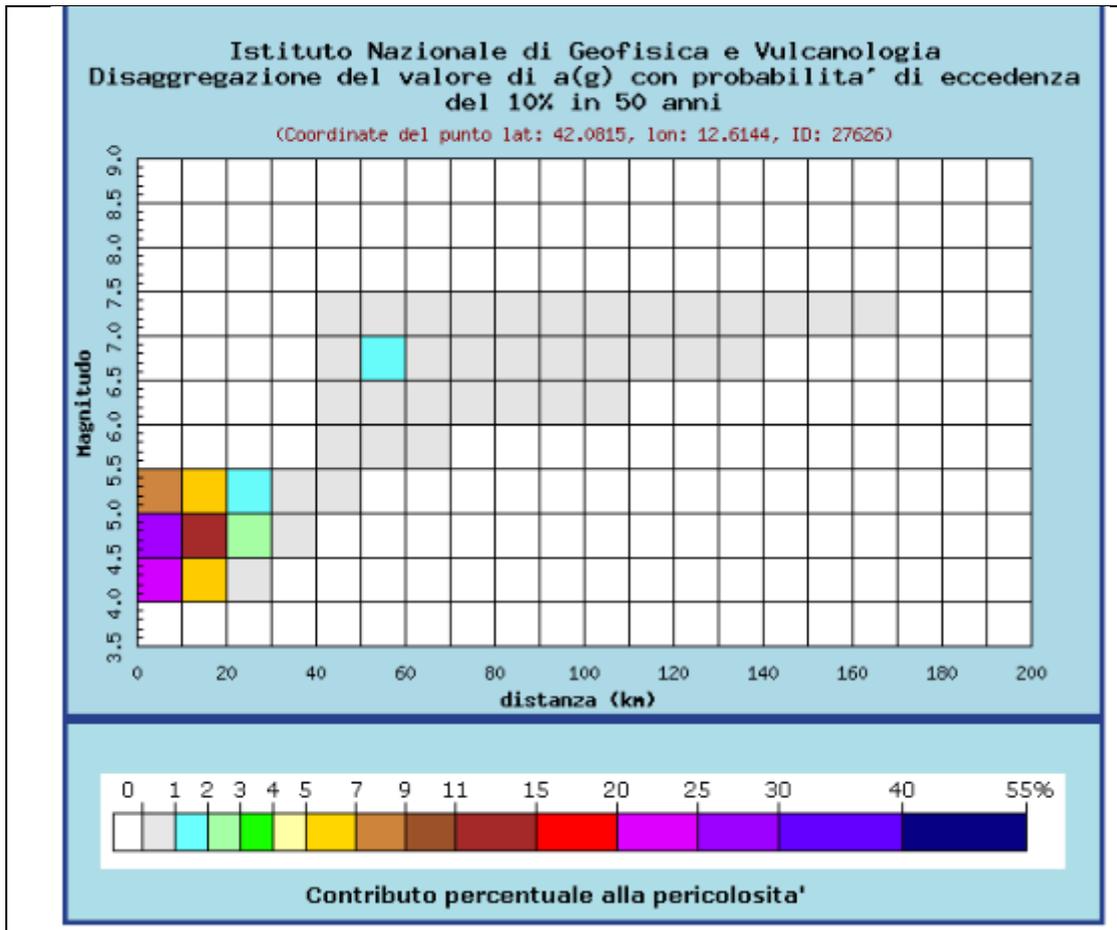


Figura 15 - Grafico di disaggregazione per l'area d'interesse (fonte INGV).

Relazione sismica

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.0815, lon: 12.6144, ID: 27626)										
	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	0,000	23,200	28,300	8,500	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10-20	0,000	6,700	12,700	5,960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
20-30	0,000	0,398	2,350	1,890	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30-40	0,000	0,000	0,077	0,411	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
40-50	0,000	0,000	0,000	0,033	0,133	0,206	0,308	0,204	0,000	0,000	0,000
50-60	0,000	0,000	0,000	0,000	0,198	0,701	1,100	0,886	0,000	0,000	0,000
60-70	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	0,447	0,917	0,831	0,000	0,000	0,000
70-80	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,191	0,603	0,621	0,000	0,000	0,000
80-90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,055	0,382	0,461	0,000	0,000	0,000
90-100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,216	0,322	0,000	0,000	0,000
100-110	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,067	0,140	0,000	0,000	0,000
110-120	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,060	0,000	0,000	0,000
120-130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,029	0,000	0,000	0,000
130-140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000
140-150	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,000
150-160	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
160-170	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000
170-180	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
180-190	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
190-200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4,900	14,200	1,050

Figura 16 - Tabella dei valori di disaggregazione per l'area d'interesse (fonte INGV).

3.5 VELOCITÀ SISMICA EQUIVALENTE $V_{s,eq}$ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC 2018

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, si valuta mediante specifiche analisi (cap. 7.11.3 delle NTC2018), oppure si può fare riferimento all'approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Nello specifico, ai fini della classificazione del sottosuolo, con le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, si fa riferimento alla $V_{s,eq}$, velocità equivalente delle onde di taglio, e non più alla $V_{s,30}$ (NTC2008).

La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dalla seguente espressione:

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

con

h_i = spessore dello stato i -esimo;

$V_{s,i}$ = 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, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

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/s) a profondità inferiori di 30 m.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali 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 viene riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo per le quali è possibile il ricorso all'approccio semplificato, secondo le NTC2018; nella determinazione della risposta sismica locale sono le seguenti:

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

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nel progetto in esame sono state effettuate le seguenti indagini geofisiche che hanno consentito di valutare la velocità delle onde S (V_s) e delle onde P (V_p)

- n.1 prospezione sismica a rifrazione tomografica (RIFR_1)
- n.1 indagine sismica in foro down-hole (DH3);
- n.2 prospezioni sismiche MASW (MASW_1bis e MASW_2)

Le indagini in oggetto sono state effettuate nel mese di luglio 2020.

La prospezione sismica a rifrazione ha permesso di ricostruire il modello simostratigrafico del terreno individuando la presenza di tre sismostrati:

- Il primo sismostrato si attesta ad una profondità massima dal piano campagna pari ad 1,5 m, ed è costituito da terreno vegetale. La velocità delle onde di taglio è inferiore a 180 m/s.
- Il secondo sismostrato, la cui interfaccia ha una morfologia irregolare, si attesta ad una profondità media dal piano campagna compresa tra 7 e 18 m, ed è costituito da limo argilloso sabbioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 360 m/s.
- Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da argilla maggiormente consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 360 e 530 m/s.

Per il calcolo della Velocità Sismica equivalente ($V_{s,eq}$) secondo le NTC2018, sono stati elaborati i risultati delle indagini MASW (MASW_2 e MASW_1bis) e della prova Down Hole (DH3).

Prova	Profondità (m)	Spessore h_i (m)	Velocità V_{si} (m/s)	H_i/V_{si} (s)	$\Sigma h_i/v_{si}$ (s)	H (m)	V_{seq} (m/s)	Categoria sottosuolo NTC2018
MASW2	0.4	0.4	182	0.0021	0.0862	30.0	348.1	C
	0.9	0,5	186	0.0026				
	1.4	0.6	172	0.0034				
	2.2	0.7	169	0.0044				
	3.1	0.9	208	0.0045				
	4.3	1.2	255	0.0045				
	5.7	1.4	263	0.0055				
	7.5	1.8	252	0.0072				
	9.8	2.3	275	0.0082				
	12.2	2.4	417	0.0059				
	25.1	12,9	455	0.0283				
	30.0	4.9	505	0.0097				

MASW1bis	1.2	1.2	220	0.0056	0.0840	30.0	357.1	C
	2.8	1.5	196	0.0078				
	4.7	1.9	281	0.0068				
	7.1	2.4	301	0.0080				
	10.1	3.0	314	0.0096				
	13.8	3.8	361	0.0104				
	18.5	4.7	375	0.0125				
	24.4	5.9	443	0.0132				
	30.0	5.6	547	0.0103				

Dalle indagini MASW è stata ricavata una velocità sismica equivalente pari a 348 m/s (MASW1) e di 357 m/s (MASW1_bis) entrambe riferibili ad una **categoria di sottosuolo C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Prova	Profondità m	Spessore hi	Velocità Vsi	Hi/Vsi	$\Sigma hi/vsi$	H(m)	Vseq	Categoria sottosuolo NTC2018
DH3	1	1	135	0.0074	0.099	30	303	C
	4	3	139	0.0216				
	16	12	296	0.0405				
	24	8	436	0.0183				
	30	6	535	0.0112				

Dalla indagine Down Hole DH3 è stata ricavata una velocità sismica equivalente pari a 303 m/s riferibile ad una **categoria di sottosuolo C**: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

Riassumendo tutte le indagini eseguite hanno evidenziato una categoria di suolo "C".

Per quanto riguarda l'analisi della risposta sismica locale in relazione alle condizioni topografiche del sito, le NTC2018 prevedono la seguente suddivisione in categorie topografiche.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 6 – Categorie Topografiche (Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018)

Dall'analisi morfologica emerge che il sito rientra nella categoria **T1** "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a 15° ".

Relazione sismica

In funzione delle categorie topografiche sopradescritte e dell'ubicazione dell'opera sono stati definiti i valori del coefficiente di amplificazione topografica S_T .

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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 7 – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018)

Dalla soprastante tabella emerge che per il sito in questione si può adottare $S_T=1.0$.

La classe di costruzione di riferimento è la classe IV “Funzioni pubbliche o strategiche importanti” per la quale il coefficiente d'uso C_u è pari a 2; la Vita Nominale V_N è stata assunta pari a 50anni; risulta quindi il periodo di riferimento $V_R = 2 \times 50 = 100$ anni.

3.6 MICROZONAZIONE SISMICA DI I LIVELLO

Il Territorio del III municipio del comune di Roma non è stato, alla data odierna, interessato da uno studio di microzonazione sismica di I livello mentre il territorio del comune di Monterotondo è stato nel 2013 interessato da uno studio di Microzonazione sismica di I livello eseguito da un gruppo coordinato dal Dr. Geol. Roberto Agnolet et Alii e successivamente validato dalla regione Lazio.

Tale studio ha consentito di elaborare la “carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”. Tale elaborato fa ricadere la parte di tracciato ricadente nel territorio del comune di Monterotondo in una area stabile ma suscettibile di fenomeni di amplificazione sismica locale.

Di seguito si riporta uno stralcio della suddetta carta con un estratto della legenda originaria



Figura 17 - Stralcio carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica – MSI livello.

— Tracciato in esame ricadente
nel territorio del comune di
Monterotondo

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

- ZAS 1 - Depositi sedimentari Plio-Pleistocenici e/o vulcanici con sub-strato carbonatico posto a profondità fino a 30 m
- ZAS 2 - Sub-strato sedimentare Plio-Pleistocenico
- ZAS 3 - Depositi vulcanici con intercalazioni di livelli di travertino
- ZAS 4 - Depositi eluvio-colluviali recenti e detritici con spessori < 5 m
- ZAS 5 - Depositi alluvionali recenti con spessori tra 5 e 15 m
- ZAS 6 - Depositi alluvionali recenti con spessori tra 15 e 40 m

3.7 DEFINIZIONE DELL'ACCELERAZIONE SISMICA DI PROGETTO

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante che ha una probabilità del 10% di essere superata nel periodo di riferimento V_R (100 anni), è stato ricavato puntualmente per il sito in esame attraverso il foglio Excel "Spettri-NTC ver. 1.0.3", disponibile *on-line* sul sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, facendo riferimento agli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto.

Nello specifico, considerando la variabilità dei parametri che definiscono lo spettro di risposta lungo il tracciato, si riportano di seguito i risultati ottenuti con riferimento alle coordinate del punto ubicato in corrispondenza della rotatoria A, per il quale si ottiene il valore più alto dell'accelerazione massima a_{max} .

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Reticolo di riferimento



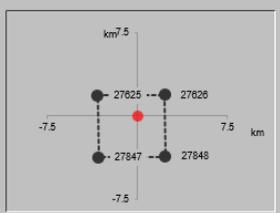
Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:

Elaborazioni grafiche:

Elaborazioni numeriche:

Nodi del reticolo intorno al sito



La "Ricerca per comune" utilizza le ... coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che ... all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

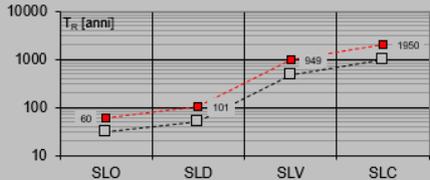
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950

Elaborazioni:

LEGENDA GRAFICO

--□-- Strategia per costruzioni ordinarie
- - ■ - - Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Relazione sismica

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info $S_S = 1.479$ $C_C = 1.511$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta_1 = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s : **2.4** Regol. in altezza: **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v : **1.5** $\eta_1 = 0.667$ info

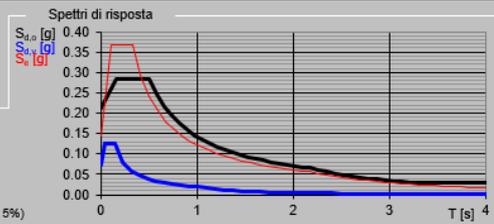
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

Spettri di risposta



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.057	2.562	0.277
SLD	101	0.068	2.575	0.290
SLV	949	0.143	2.572	0.332
SLC	1950	0.177	2.567	0.341

L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} , con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), è data da:

$$a_{max} = S \times a_g$$

dove

$$a_g = 0.143;$$

$$S = S_T \times S_S;$$

$$S_S = 1.479;$$

$$S_T = 1.0;$$

Risulta quindi:

$$a_{max} = 1.00 \times 1.479 \times 0.143 = 0.211$$

3.8 RIEPILOGO CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO E DEI SUOLI

- Regione Lazio
 - Comune di riferimento: Roma –Municipio III e Monterotondo
 - Classe sismica: Il territorio in cui si sviluppa il tracciato di progetto rientra, nella parte meridionale, nel territorio del III municipio del comune di Roma che ricade in zona sismica 3a (zona a pericolosità sismica media) mentre nella parte settentrionale rientra nel territorio del comune di Monterotondo che ricade in zona sismica 2b (zona a pericolosità sismica bassa che può essere soggetta a scuotimenti modesti). Ai fini di garantire maggiori condizioni di sicurezza si è ritenuto opportuno utilizzare per tutto il tracciato la zona 2b.
 - Categoria di sottosuolo: l'analisi delle velocità sismiche rilevate dalle prove MASW e da una prova Down hole emerge che la categoria di sottosuolo dei terreni investigati è la C (NTC 2018) (riferita alla quota di piano campagna).
 - Categoria topografica: in accordo con il contesto geomorfologico di pianura alluvionale del fiume Tevere, il sito di interesse è classificato con categoria topografica T1 (NTC 2018).
 - Coefficiente di amplificazione topografica: 1
 - Microzonazione sismica di I livello: studio presente solo per la porzione di territorio ricadente nel comune di Monterotondo in base alla quale il tracciato rientra in una area stabile ma suscettibile di amplificazione sismica locale.
- L'accelerazione massima attesa al sito a_{max} , con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), è valutata pari a **0.211**.