



## SOMMARIO

1	PREMESSE .....	2
2	CENNI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO.....	3
2.1	SISMICITÀ.....	3
2.2	ZONA SISMICA DEI COMUNI DI SARNANO E AMANDOLA .....	7
2.3	STORIA SISMICA DEI COMUNI DI SARNANO E AMANDOLA.....	8
3	LA STRATEGIA SISMICA – TRATTA 01 .....	22
3.1	IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI .....	23
3.2	PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE.....	24
3.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	26
3.4	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	27
3.5	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA .....	27
3.6	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	28
4	LA STRATEGIA SISMICA – TRATTA 02.....	31
4.1	IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI .....	32
4.2	PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE.....	33
4.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	35
4.4	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	36
4.5	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA .....	36
4.6	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA.....	37
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	40

## 1 PREMESSE

La presente relazione riporta la descrizione della sismicità dell'area oggetto di intervento e definisce la strategia sismica utilizzata nella progettazione delle opere in appalto.

## 2 CENNI SULLA SISMICITÀ DEL TERRITORIO

### 2.1 SISMICITÀ

OPCM 20 marzo 2003: sulla base del documento Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito dalla Commissione Naz. di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi (23 aprile 1997) e successive precisazioni, sono state individuate in tutto il territorio nazionale 4 zone sismiche, secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. La valutazione di  $a_g$  è stata calcolata con metodologie internazionali aggiornate periodicamente con procedure trasparenti e riproducibili.

La zonizzazione sismica dell'intero territorio nazionale è stata effettuata secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/03 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8/05/03 Supplemento Ordinario n. 72: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1 - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

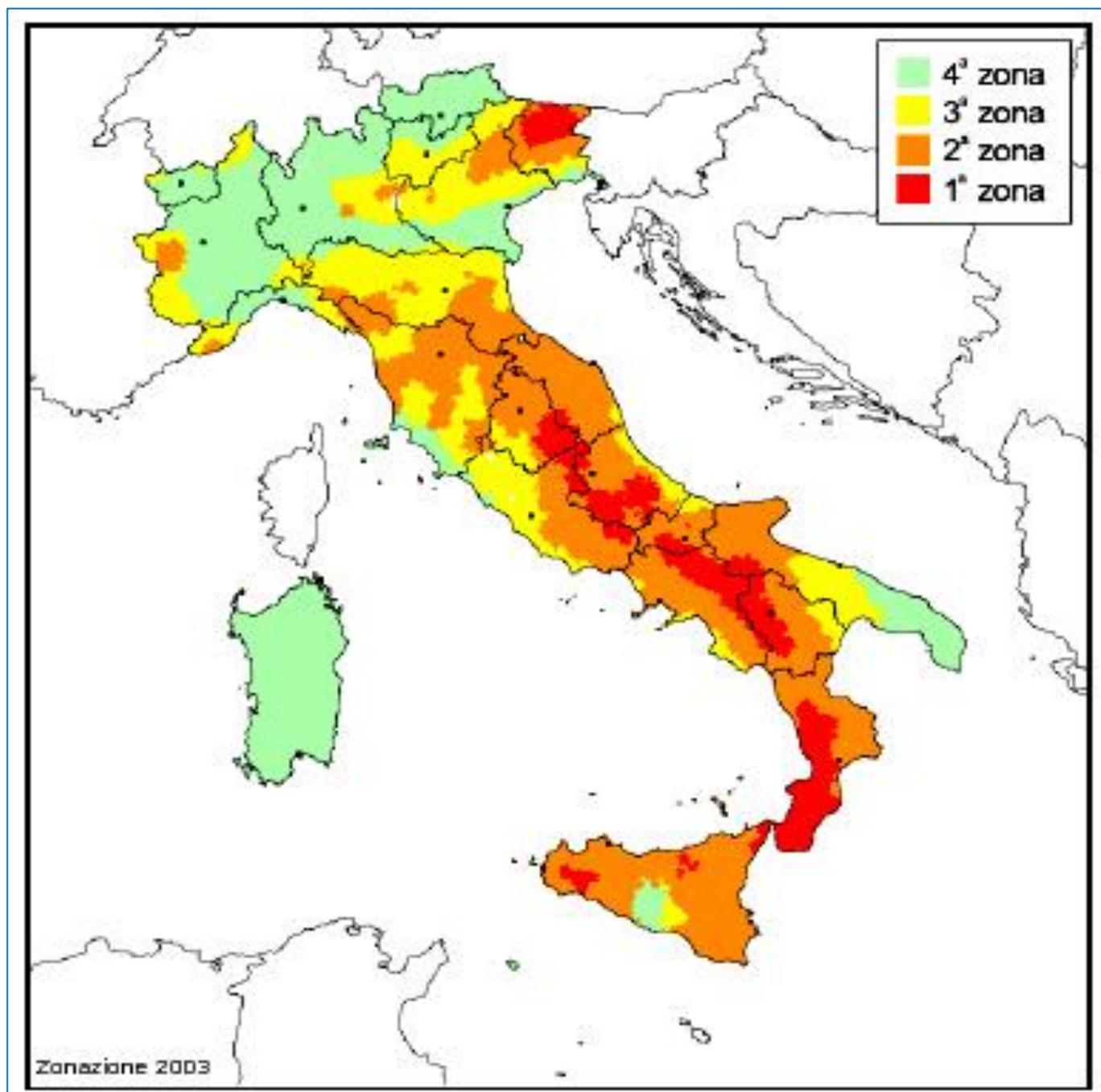
Allegato 2 - *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*

Allegato 3 - *Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti*

Allegato 4 - *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazioni e di sostegno dei terreni.*

Secondo questa zonizzazione (cfr. Figura 6.1) tutto il territorio dell'area in studio si trova in zona 2 (colore arancione), cioè in zona a pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

Figura 6.1 – Zonizzazione territorio nazionale - OPCM 20 marzo 2003



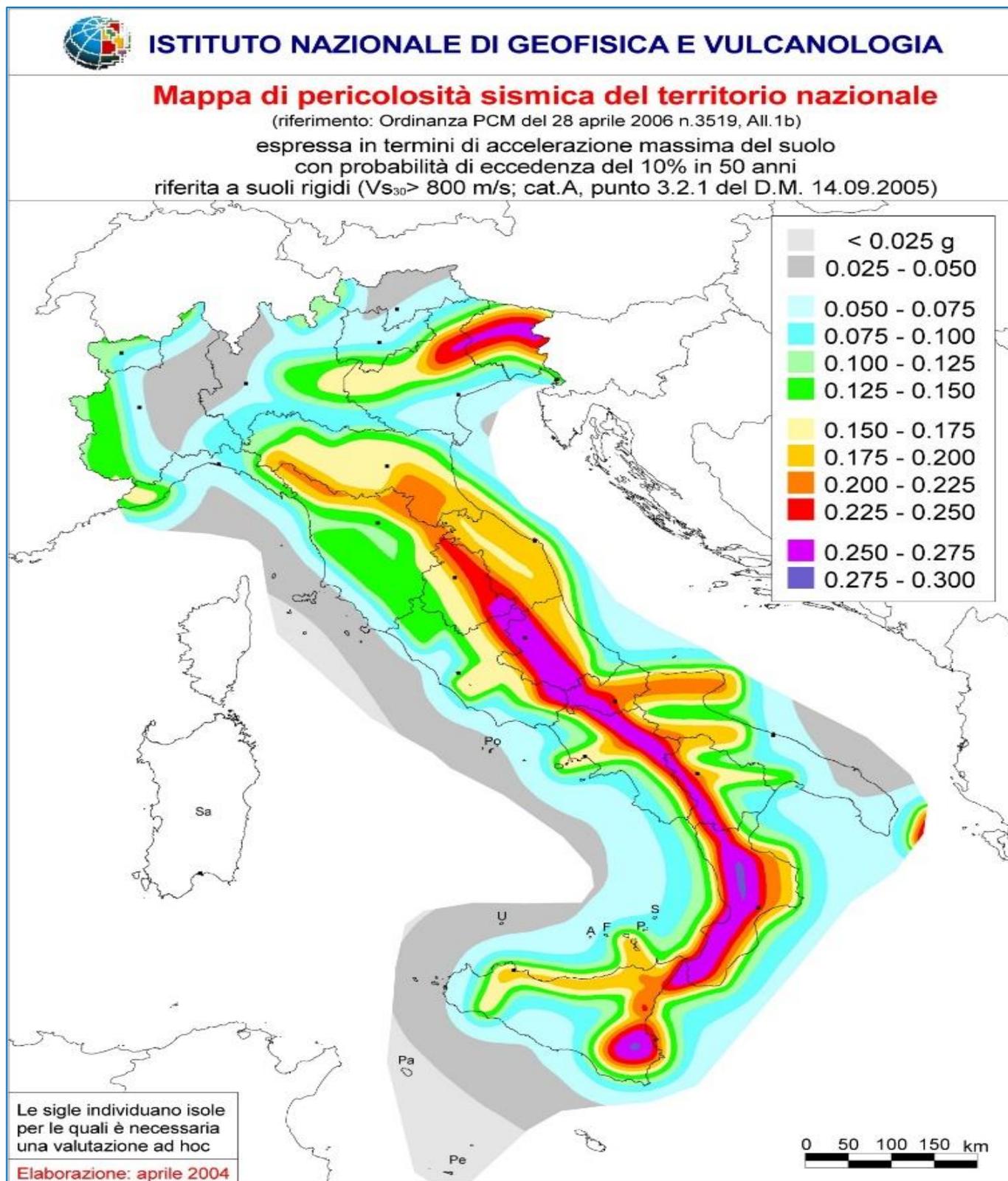
OPCM 28 aprile 2006: L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° n. 108 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

Allegato 1A - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*

Allegato 1B - *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.*

La mappa di Figura 6.2 rappresenta graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s.

Figura 6.2 – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale



D.M. 17/1/2018 (NTC 2018): la nuova normativa NTC 2018, su cui si basa la presente progettazione, ha risolto molti problemi della precedente normativa (NTC 2008) ed ha fatto chiarezza sui punti che creavano dei dubbi.

In estrema sintesi i cambiamenti toccano i seguenti argomenti, che riguardano aspetti di rilevanza generale o puntuale.

L'approccio metodologico non è cambiato: pertanto il professionista non deve confrontarsi con un cambiamento radicale nell'impostazione della norma, come è avvenuto con le NTC 2008.

- E' stata data maggior rilievo alle verifiche di duttilità
- Sono state specificate le modalità di verifica in campo sostanzialmente elastico, che coinvolgono, in particolare, le opere di fondazione e le strutture non dissipative
- E' stato incrementato il fattore di struttura per le opere non dissipative
- Sono stati rivisti i minimi di norma e i dettagli costruttivi, in particolare per i pilastri, le pareti in cemento armato e per i nodi trave-pilastro (che ora coinvolgono anche le strutture in classe di duttilità bassa e le strutture non dissipative)
- E' stato aumentato il coefficiente di sovrarresistenza a pressoflessione nell'applicazione della gerarchia delle resistenze trave-pilastro (c.a.) per classe di duttilità bassa.
- Viene dato maggior rilievo e fornite indicazioni di calcolo più precise per gli elementi secondari e per quelli non strutturali
- Sono stati introdotti criteri di verifica più severi per le strutture prefabbricate
- Nel capitolo 8, che riguarda gli edifici esistenti, viene modificato l'indirizzo generale: si tende ora a privilegiare, realisticamente, gli interventi di miglioramento rispetto a quelli di adeguamento, che si riferiscono a cambiamenti significativi nell'impianto strutturale
- Per le strutture in legno si possono adottare coefficienti di sicurezza meno gravosi per materiali prodotti con linee di produzione di qualità
- Sono stati introdotti criteri più severi per le prove di accettazione dei materiali in cantiere (ad esempio per le opere in muratura)
- Sono scomparsi i riferimenti alle zone sismiche sostituiti da indicazioni sui valori di accelerazione di sito
- Per zone a bassa sismicità è ancora previsto un calcolo semplificato

*Nei paragrafi seguenti viene sintetizzata la metodologia della valutazione della sismicità locale, della sicurezza e delle prestazioni di un'opera in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto.*

## 2.2 ZONA SISMICA DEI COMUNI DI SARNANO E AMANDOLA

Nella seguente Tabella 6.1 si riporta un estratto dell'Allegato A della DGR 1142/2022 della Regione Marche "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche della Regione Marche" da cui risulta che i Comuni di Sarnano (in cui ricade la Tratta 01) e Amandola (in cui ricade la Tratta 02), evidenziati in rosso, ricadono in zona sismica 2 "Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti".

Tabella 6.1

Classificazione sismica dei comuni della Regione Marche						
Provincia	Comune	Cod. Istat Comune	Classificazione precedente (DGR 1046/2003)	Nuova classificazione	variazione	note
PU	Acqualagna	041001	zona 2	zona 2	nessuna	
AP	Acquasanta Terme	044001	zona 2	zona 2	nessuna	
AP	Acquaviva Picena	044002	zona 3	zona 2	da 3 a 2	
AN	Agugliano	042001	zona 2	zona 2	nessuna	
FM	Altidona	109001	zona 3	zona 2	da 3 a 2	
FM	Amandola	109002	zona 2	zona 2	nessuna	
AN	Ancona	042002	zona 2	zona 2	nessuna	
PU	Sant'Ippolito	041058	zona 2	zona 2	nessuna	
MC	Sarnano	043049	zona 2	zona 2	nessuna	
PU	Sassocorvaro Auditore*	041071	zona 2	zona 2	nessuna	[9]

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale 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 in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25$ g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.224
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.002
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.982

## 2.3 STORIA SISMICA DEI COMUNI DI SARNANO E AMANDOLA

---

### *Classificazione sismica del 1916*

A seguito del distruttivo terremoto di Avezzano del 1915, fu classificato sismico un solo comune ricadente nell'attuale provincia di Fermo. Tale classificazione rimase in vigore fino al 1924, data in cui, a seguito del terremoto avvenuto in Garfagnana nel 1920, diversi comuni della sola provincia di Pesaro furono classificati sismici.

### *Classificazione sismica del 1924*

Il primo vero evento sismico che coinvolse direttamente le Marche fu il terremoto di Senigallia del 1930; a seguito di tale evento furono classificati sismici diversi comuni anche della provincia di Ancona, tutti collocati però in prossimità della fascia costiera, proprio dove era avvenuto il sisma.

### *Classificazione sismica del 1937*

Dopo appena qualche anno la classificazione cambiò di nuovo, non tanto nell'elenco dei comuni classificati o non classificati, quanto piuttosto sull'assegnazione della categoria sismica; i comuni classificati in zona di prima categoria furono spostati in seconda. Tale declassificazione ha comportato in termini pratici una riduzione delle forze sismiche orizzontali con cui si dovevano progettare le strutture, facendola scendere a circa un 7% della massa dell'edificio, contro il 10% della precedente catalogazione.

### *Classificazione sismica del 1962*

La successiva classificazione del territorio marchigiano avvenne nel 1962 a seguito del terremoto dell'Irpinia (1962); nonostante nel 1943 la Marche furono interessate dal forte terremoto di Offida (AP) la legge che sancì la nuova classificazione comportò il declassamento di molti comuni del pesarese.

### *Classificazione sismica del 1983*

La storia della classificazione sismica del territorio nazionale ed in particolare di quello marchigiano, subì una forte inversione di tendenza a seguito del distruttivo terremoto che coinvolse il Friuli nel 1976 e di nuovo l'Irpinia nel 1980. Mentre fino al 1980 infatti la classificazione andava dietro gli eventi sismici e non si adottavano misure preventive, da questo momento in poi iniziò il primo studio per la realizzazione di mappe di scuotibilità – (Progetto Finalizzato Geodinamica ).

Le Marche furono coinvolte direttamente dal forte terremoto umbro-marchigiano del 1997; tale evento suscitò ovviamente ulteriori dubbi sulla correttezza e significatività dell'allora vigente mappa di pericolosità (1983), ma solo dopo l'anno 2003 (terremoto di San Giuliano di Puglia) si mise fine alle incertezze ed ai tentennamenti sull'adozione di una nuova classificazione sismica del territorio nazionale e si costrinse la varie regione a riclassificare i propri comuni.

Con delibera 1046 del 2003 la Regione adottò quella che è attualmente la divisione in zone sismiche del territorio marchigiano.

Con delibera 1142 del 2022 è stato aggiornato l'elenco delle zone sismiche della Regione Marche.

Per maggiore informazione sulla disponibilità di dati sismici inerenti al territorio in studio si riportano qui di seguito alcune notizie per i terremoti dal 1279 al 1979, per un arco temporale di 700 anni.

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 tosco-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 castello di Serravalle (di Chienti) sarebbe restato sepolto da una frana, forse innescata dal terremoto. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime né sull'estensione dell'area di risentimento, a parte il fatto che essa comprese certamente Roma. Le notizie dei terremoti del 1279 ebbero vasta eco nell'Europa centrosettentrionale: se ne trovano menzioni in cronache austriache, tedesche e polacche. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

L'area di danneggiamento del terremoto del 1 o forse del 4 dicembre 1328 comprende Norcia, dove gran parte degli edifici e le mura crollarono, Preci, Visso, S. Martino, Montesanto, Cerreto e Castel S. Giovanni, che subirono danni genericamente gravissimi. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata ma l'evento fu certamente avvertito a Foligno, Roma e Ripatransone, nelle Marche meridionali. Non si hanno dati attendibili sul numero - comunque molto elevato - delle vittime. Le repliche potrebbero essere proseguite per un mese. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

L'area di danneggiamento del terremoto del 25 dicembre 1352 comprese le colline a sud di Monterchi e l'alta Val Tiberina. La rocca d'Elci crollò uccidendo la guarnigione; l'abbazia di S. Giovanni di Marzano subì gravissimi danni. A Sansepolcro parte degli edifici e delle mura crollò, causando alcune vittime. Gli edifici pubblici di Città di Castello subirono danni gravi ma riparabili. La notte tra il 31 dicembre 1352 e il 1 gennaio 1353 una nuova forte scossa causò ulteriori crolli e un maggior numero di morti a Sansepolcro. Le repliche potrebbero essersi protratte per un mese. Non si hanno dati attendibili sul numero dei morti, che furono comunque molti, anche per la presenza a Sansepolcro di truppe mercenarie dei Visconti, acquisite per l'inverno. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; l'evento del 25 dicembre fu avvertito probabilmente ad Arezzo e certamente a Bologna. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

I danni maggiori del terremoto del 18 ottobre 1389 si concentrarono nel territorio a nord-est di Città di Castello dove, oltre a un numero imprecisato di edifici isolati, crollarono i castelli (insediamenti fortificati) di Castelguelfo, Baciucchetto e Pietragialla, al confine con le Marche. Crolli e danni più o meno gravi e diffusi si ebbero a Sansepolcro, Città di Castello, Mercatello sul Metauro e Urbania. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata, anche se l'evento potrebbe essere stato avvertito a Gubbio e forse a Forlì. L'evento principale fu preceduto da una scossa minore il 16 ottobre e seguito da repliche fino alla seconda metà di novembre 1389. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

Il terremoto del 26 aprile 1458 fu preceduto da parecchie scosse avvertite a Città di Castello il giorno e la notte precedenti. L'evento principale si verificò tra le 12 e le 13 ore locale, causando crolli e danni gravi a circa 400 edifici di Città di Castello (circa un terzo del totale, secondo stime coeve) e lesionando gli altri.

Nel contado di Città di Castello subirono danni ville (case signorili) e villaggi imprecisati. L'area di danneggiamento comprese Sansepolcro e Montone. L'estensione dell'area di risentimento è imprecisata; le scosse furono certamente avvertite a Gubbio e a Perugia, la cui popolazione ai primi di maggio continuava a pernottare all'aperto. I morti furono da 14 a 25 a Città di Castello e "assai" nel contado. Le repliche proseguirono almeno fino al 4 maggio. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

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 più di quaranta case, e danni gravi a tutti gli altri edifici. L'area di massimo danneggiamento comprese Cascia, Chiavano, Castel S. Giovanni, Roccatamburo, Mucciafora, Colle Giacone, Giappiedi e Maltignano. Norcia subì danni più lievi. I morti furono 8 a Cascia e 40 nel contado. L'area di risentimento comprese le Marche, parte della Romagna, Roma e L'Aquila. Numerose repliche forti ma senza danni si ebbero fino al gennaio 1600. (Studio di riferimento: GNDT (1994)

Il 23 dicembre 1690 si ebbe un terremoto di magnitudo stimata: 5.7 (cfr. Figura 6.3), con area epicentrale nell'anconetano, con morti poche vittime. Le località maggiormente colpite da questo terremoto furono Ancona e Sirolo dove crollarono numerosi edifici ; nella città di Ancona si contarono alcune vittime; danni minori furono registrati nell'area compresa tra Falconara Marittima, Osimo, Loreto, Castelfilardo.

Figura 6.3 – Terremoto del 1690



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. Quello del 16 gennaio è meno ben conosciuto e sembrerebbe meno significativo. L'evento del 2 febbraio 1703 causò invece gravissime distruzioni tra Lazio e Abruzzo, specialmente nell'area compresa tra Antrodoco e L'Aquila e "finì di distruggere" varie località danneggiate dalle scosse precedenti. Numerosi villaggi completamente distrutti furono abbandonati. Le vittime furono circa 10000. L'estensione dell'area di risentimento non è stata affrontata in maniera sistematica, ma incluse certamente Milano, Venezia e Napoli. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

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. Subirono danni abbastanza gravi l'abbazia di S. Eutizio, Preci, Saccovescio, Croce, Castelvechio e Tutturano. Fonti di seconda mano sostengono che a Norcia ci sarebbero state alcune vittime e che l'area di danneggiamento non avrebbe compreso la pur vicina Visso. L'evento fu avvertito a Spoleto, Foligno, Perugia, Rieti e Roma. Una replica meno forte viene segnalata, la sera dello stesso giorno, da osservatori di Cascia e Perugia. (Studio di riferimento: GNDT (1994)

Il terremoto del 12 maggio 1730 interessò con i maggiori effetti il territorio di Norcia, dove i castelli di Onde, S. Martino, Casciolino, Castell'Innocenzo e Belvedere rimasero "adeguati al suolo". Crolli e danni abbastanza gravi si ebbero a Norcia, Campi, Ancarano Cascia. Un danneggiamento meno intenso si ebbe nella confinante area marchigiana, a Castelsantangelo sul Nera, Ussita, Vallestretta, Vallinfante e Visso. L'evento fu avvertito in tutto il territorio marchigiano, fino a Pesaro, Senigallia, Macerata e Ascoli Piceno; in Umbria, almeno fino a Foligno; in Abruzzo a L'Aquila e Vasto; nel Lazio ad Amatrice e Roma. L'evento ricade in un'area interessata dai violentissimi terremoti del 1703. Per alcune località non è possibile distinguere quanto il danneggiamento attestato sia imputabile al terremoto del 1730 e quanto alle preesistenti cattive condizioni degli edifici. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

Il terremoto del 24 aprile 1741 interessò con i maggiori effetti il territorio compreso tra Serrasanquirico e Fabriano ma ebbe un'area di danneggiamento estremamente estesa (da Pesaro e Urbino a Gubbio e Perugia, da Macerata a Fermo). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che fu comunque vasta (da Udine a Roma, mentre non si hanno dati precisi sul limite di percettibilità nell'Italia meridionale). Abbastanza stranamente, non si hanno notizie precise in merito a possibili repliche. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

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). Dopo repliche quotidiane durate un mese circa, l'attività si attenuò fino al 20 e 22 settembre 1747, quando si registrarono ulteriori danni nel Fabrianese. L'evento del 17 aprile fu avvertito ad Ancona, Fermo, Senigallia e Roma e causò almeno una vittima a Belvedere (Fabriano). Il fatto che le scosse interessassero

edifici già danneggiati dal terremoto `fabrianese' del 1741, contribuì certamente ad accentuare la severità degli effetti. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

L'evento del 27 luglio 1751 è il maggiore in una sequenza di scosse avvertite a partire dal marzo 1751 in una vasta area dell'Umbria e delle Marche e proseguite forse fino al luglio 1752. Esso causò danni in un'ampia area, estesa da parte umbra, fino a Città di Castello, Perugia, Assisi, Terni e da parte marchigiana fino a Cagli, Fabriano, Matelica e Montefano. Il massimo danneggiamento si ebbe in alcuni villaggi poco a sud di Gualdo Tadino (Broccaro, Busche, Voltole etc.), in cui la maggior parte delle case fu atterrata e il resto rimase inagibile. Gli estremi noti dell'area di risentimento sono Arezzo, Forlì Ancona e Roma. Il fatto che le scosse interessassero aree già danneggiate dai terremoti del 1741 e del 1747 terremoto `fabrianese' del 1741, contribuì probabilmente ad accentuare la severità degli effetti. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

Il terremoto del 3 giugno 1781 (cfr. Figura 6.4) è caratterizzato da due fortissime scosse verificatesi a distanza di circa 10 minuti l'una dall'altra, che interessarono con i maggiori effetti una vasta area dell'Appennino al confine tra Marche settentrionali, Umbria e Toscana. Il massimo danneggiamento si ebbe nell'area di Piobbico e Cagli. L'area compresa tra Gubbio e Fabriano fu interessata da effetti relativamente minori (dal VI al VII grado MCS). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprese comunque buona parte della Toscana (da Firenze a Monte Oliveto Maggiore) e della Romagna (fino a Ravenna). (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987)

Figura 6.4 – Terremoto del 1781



L'area di massimo danneggiamento del terremoto del 30 settembre 1789 comprende gli insediamenti rurali situati nella pianura tra Città di Castello e Sansepolcro, specie sulla riva sinistra del Tevere (Selci, Grumale, San Giustino etc.). L'area di danneggiamento è delimitata a nord da Sansepolcro a ovest da Anghiari e Citerna, a sud da Montone. Le più dettagliate descrizioni di effetti riguardano Città di Castello, dove sembra che la tipologia di danno più grave e diffusa sia stata il crollo dei tetti, con conseguente sfondamento di volte e solai e perdita di coesione delle pareti. L'area di risentimento comprende buona parte della Toscana (Siena, Firenze, Cortona, Castiglion Fiorentino) e forse qualche località dell'interno nelle Marche settentrionali. L'evento principale era stato preceduto di circa 5 ore da una scossa avvertita a Città di Castello e Sansepolcro. Repliche sono segnalate, da Città di Castello, l'11 ottobre e nei giorni immediatamente precedenti il 31 ottobre 1789. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996))

I danni più gravi causati dal terremoto dell'11 ottobre 1791 si concentrarono nell'area montuosa ad est di Foligno, sul versante umbro della strada per Colfiorito. I villaggi di "Scopoli [...] Leggiana, Case Nuove, Volperino, Serrone, Pale, Morro, Casale, ed altri prossimi luoghi" furono particolarmente colpiti. I testimoni lasciano peraltro intendere che all'entità complessiva dei danni non furono estranee le preesistenti cattive condizioni degli edifici ("è caduto quel ch'era cadente, e rovinato, ciò ch'era già rovinoso"). La tipologia del danneggiamento è in corso di studio sulla base di perizie scoperte di recente. A Foligno, Trevi e Perugia si ebbero danni più lievi di quelli dei villaggi della montagna (sbilanciamento di muri, fenditure, distacchi di intonaco). Si dispone di pochi dati sull'estensione dell'area di risentimento, che comprese comunque almeno Spoleto, Tolentino e Roma. (Studio di riferimento: GNDT (1994))

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 (crolli di camini e volte, crepe) 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 13 gennaio 1832 due violentissime scosse a distanza di un quarto d'ora l'una dall'altra causarono danni in un'area compresa tra Assisi, Bevagna, Montefalco, Trevi e le montagne a est di Foligno. Le località maggiormente colpite furono Budino, Castellaccio e Scafali. I morti furono tra 40 e 50. Le repliche continuarono nei mesi di gennaio, febbraio e marzo, causando talvolta nuovi danni in singole località. In particolare un evento del 13 marzo causò il crollo del tetto della già lesionata basilica di S. Maria degli Angeli. (Studio di riferimento: Monachesi ed. (1987))

I danni maggiori (crollo di molti edifici) verificatisi a seguito del terremoto della mattina del 14 febbraio 1838 si concentrarono 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). A Foligno e Spoleto alcuni fabbricati in cattive condizioni subirono danni lievi. L'estensione dell'area di risentimento è sconosciuta. Varie repliche sono segnalate da Foligno durante la giornata e la notte seguenti e il 17 febbraio. Non è chiaro se debbano essere collegate a questo terremoto anche due forti scosse avvertite senza danni a Spoleto il 5 gennaio 1838. (Studio di riferimento: Conversini et al. (1990))

Il terremoto del 22 agosto 1859 iniziò con lievi scosse avvertite per alcuni giorni a Norcia senza causare preoccupazione. L'evento principale si verificò tra le 13.15 e le 13.30 ora locale del 22 agosto. I danni più gravi si ebbero a Norcia e nelle vicine Campi, Casali di Serravalle e Capo del Colle. Danni più lievi subirono

Abeto, Todiano, Ancarano, Frascaro e Visso. A Norcia circa metà degli edifici crollò e gli altri subirono danni gravi e crolli parziali soprattutto nei piani superiori. Furono particolarmente colpiti i rioni posti "sul pendio della collina verso levante e ponente" e i pochi edifici moderni - generalmente più alti della media di 6/10 m - che furono "tutti atterrati". Morirono 101 persone. L'area di risentimento si estese da Roma a Pesaro e Camerino. Le repliche proseguirono "quasi quotidianamente per circa un anno" e ce ne furono di forti a metà novembre 1859 e nel maggio 1860. (Studio di riferimento: GNDT (1994)

L'Alta Valtiberina fu interessata da una serie di scosse la mattina del 26 aprile 1917. La più violenta - alle ore 10:36' - rese inabitabili il 90% delle case di Monterchi con la morte di 23 persone; i feriti furono 35. Una situazione analoga si registrò a Petretolo, Citerna, Lippiano, Lugnano, Monte Santa Maria Tiberina e Padonchia. Sansepolcro fu danneggiata gravemente mentre danni meno gravi si ebbero a Selci, Anghiari, Città di Castello, Umbertide, Montone e San Giustino. Morti e feriti furono relativamente pochi, perchè la gran parte della popolazione era all'aperto, allarmata dalle scosse precedenti. L'evento fu avvertito in numerose località umbre, marchigiane, toscane e romagnole. All'evento principale seguirono numerose repliche, che seguitarono ad essere avvertite per una decina di giorni. Una di queste, il 27 aprile, produsse nuovi danni agli edifici già colpiti. (Studio di riferimento: Castelli et al. (1996)

Il terremoto del 19 settembre 1979 colpì gravemente alcune piccole località montane della Valnerina (Civita, Chiavano, Castel Santa Maria e Trimezzo). I danni più gravi riguardarono gli edifici di antica o carente costruzione che subirono lo scollamento di pareti esterne il collasso di pareti interne e fessure alle giunzioni con il tetto. Gli edifici in cemento armato subirono solo in pochi casi danni lievi. Si ebbero alcuni morti e alcune decine di feriti. 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.

studio di riferimento: Spadea et al. (1981).

Dalla consultazione del Database Sismico Italiano DBMI15 v4.0 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) si può apprezzare la storia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio del Comune di Sarnano dall'anno 1703 al 2017, visualizzata nel grafico della Figura 6.5 e nella Tabella 6.2, dove è riportato l'elenco di tutti gli eventi sismici noti. A seguire si riportano i dati relativi al Comune di Amandola.

Figura 6.5 – Grafico della storia sismica del Comune di Sarnano

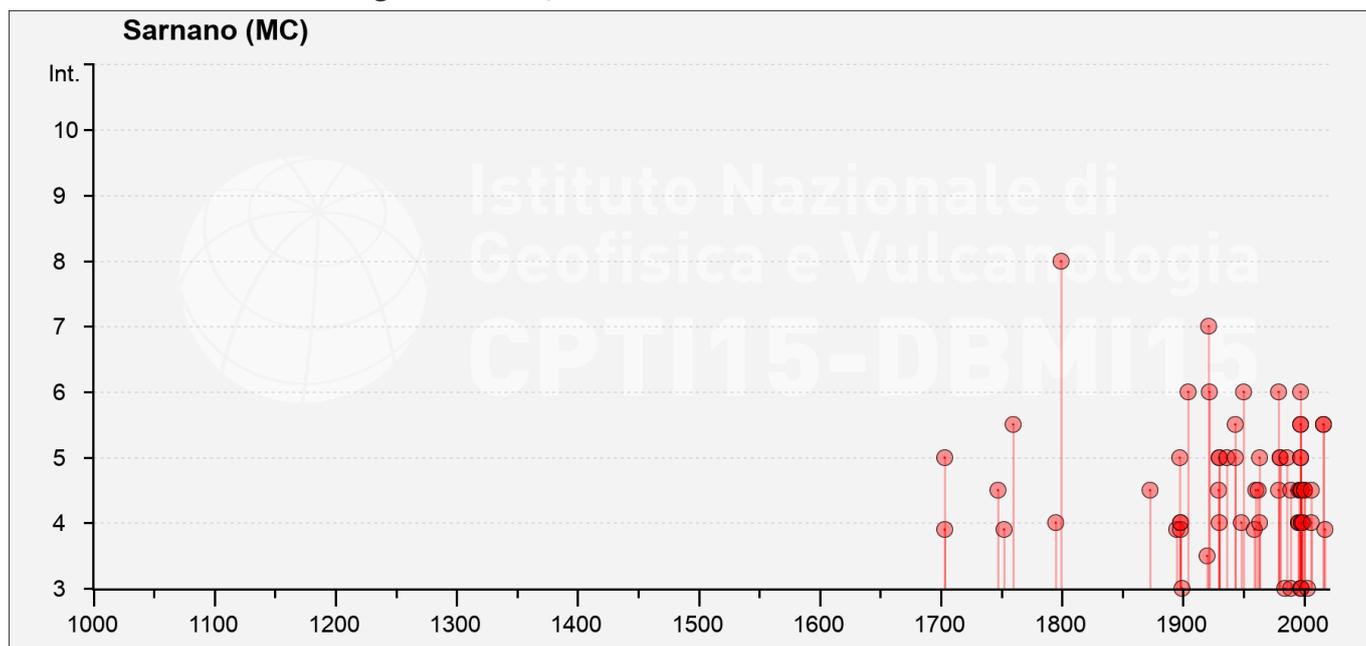


Tabella 6.2 – Elenco dei terremoti dall'anno 1639 al 2017 nel comune di Sarnano

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
F	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
5	1703	02	02	11	05		Aquilano	69	10	6.67
4-5	1747	04	17				Appennino umbro-marchigiano	63	9	6.05
F	1752	07	13	21	40		Appennino umbro-marchigiano	11	5	4.61
5-6	1760	01	12				Valnerina	6	5-6	4.40
4	1795	06	19	23	30		Maceratese	17	6	4.70
8	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4-5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8	5.85
F	1895	08	09	17	38	2	Adriatico centrale	103	6	5.11
5	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7	5.40
4	1898	08	25	16	37	4	Valnerina	67	7	5.03
F	1898	09	12	14	14	1	Valnerina	16	8	5.48
4	1898	11	27	01			San Ginesio	35	5-6	4.39
2-3	1899	02	07	12	35	3	Appennino umbro-marchigiano	49	4	4.04
3	1899	06	22	13	20		Corridonia	30	5	4.08
6	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
NF	1906	02	05	16	34		Valnerina	55	5	4.41
3-4	1920	02	10	23	57		Monti Sibillini	18	5	4.30
7	1921	08	28	10	45		Monti Sibillini	12	7	4.66
6	1922	06	08	07	47		Valle del Chienti	47	6	4.73
4-5	1929	01	22	10	06	5	Marche Centrali	20	5-6	4.40
5	1930	04	07	17	17	1	Monti Sibillini	28	5-6	4.50

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
4	1930 08 04 15 02 2	Marche meridionali	24	5-6	4.44	
5	1930 11 09 01 33	Monti Sibillini	17	5	4.31	
2	1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9	5.90	
5	1936 12 09 07 34	Caldarola	31	6-7	4.76	
5-6	1943 03 25	Marche meridionali	15	6	4.85	
5	1943 10 03 08 28 2	Ascolano	170	8	5.67	
4	1948 01 10	Loro Piceno	21	4-5	3.93	
6	1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8	5.69	
F	1959 01 01 23 58 1	Teramano	46	5	4.33	
4-5	1960 03 16 01 52 4	Monti della Laga	81	5	4.44	
4-5	1962 08 30 12 10	Valnerina	35	7	5.02	
4	1963 01 25 05 27	Monti Sibillini	30	5	4.31	
5	1963 07 21 11 09	Monti della Laga	11	7	4.71	
4-5	1979 01 25 23 53 0	Valnerina	8	5	4.44	
6	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83	
5	1980 02 28 21 04 4	Valnerina	146	6	4.97	
5	1980 05 24 20 16 0	Monti Sibillini	58	5-6	4.48	
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86	
5	1986 10 13 05 10 0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46	
4-5	1989 09 11 02 46 2	Marche meridionali	60	5	4.04	
3	1989 12 22 06 48 1	Valle Umbra	114	5	4.44	
4	1995 12 30 15 22 0	Fermano	106	5	4.19	
4	1996 01 01 12 21 4	Maceratese	91	5-6	4.20	
4-5	1996 01 22 18 37 4	Fermano	76	5	3.96	
3	1997 09 10 06 46 5	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85	
5-6	1997 09 26 00 33 1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
5-6	1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
5	1997 10 03 08 55 2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
6	1997 10 06 23 24 5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
5	1997 10 14 15 23 1	Valnerina	786		5.62	
4-5	1997 11 09 19 07 3	Valnerina	180		4.87	
4	1998 02 07 00 59 4	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41	
4-5	1998 03 21 16 45 0	Appennino umbro-marchigiano	141		5.00	
4-5	1998 03 26 16 26 1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
4	1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
3	1998 06 02 23 11 2	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25	
4	1999 11 29 03 20 3	Monti della Laga	62	5-6	4.15	

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	2000	09	02	05	17	0	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.40
4-5	2000	10	24	07	52	2	Monti Sibillini	65	5	4.11
3	2003	05	25	17	15	1	Ascolano	88	4-5	3.81
NF	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
2-3	2005	12	15	13	28	3	Val Nerina	350	5	4.14
4-5	2006	04	10	19	03	3	Maceratese	211	5	4.06
4	2006	10	21	07	04	1	Anconetano	287	5	4.21
5-6	2016	08	24	01	36	3	Monti della Laga	221	10	6.18
<b>5-6</b>	<b>2016</b>	<b>10</b>	<b>30</b>	<b>06</b>	<b>40</b>	<b>1</b>	<b>Valnerina</b>	<b>379</b>		<b>6.61</b>
F	2017	01	18	10	14	0	Aquilano	280		5.70

Figura 6.6 – Grafico della storia sismica del Comune di Amandola

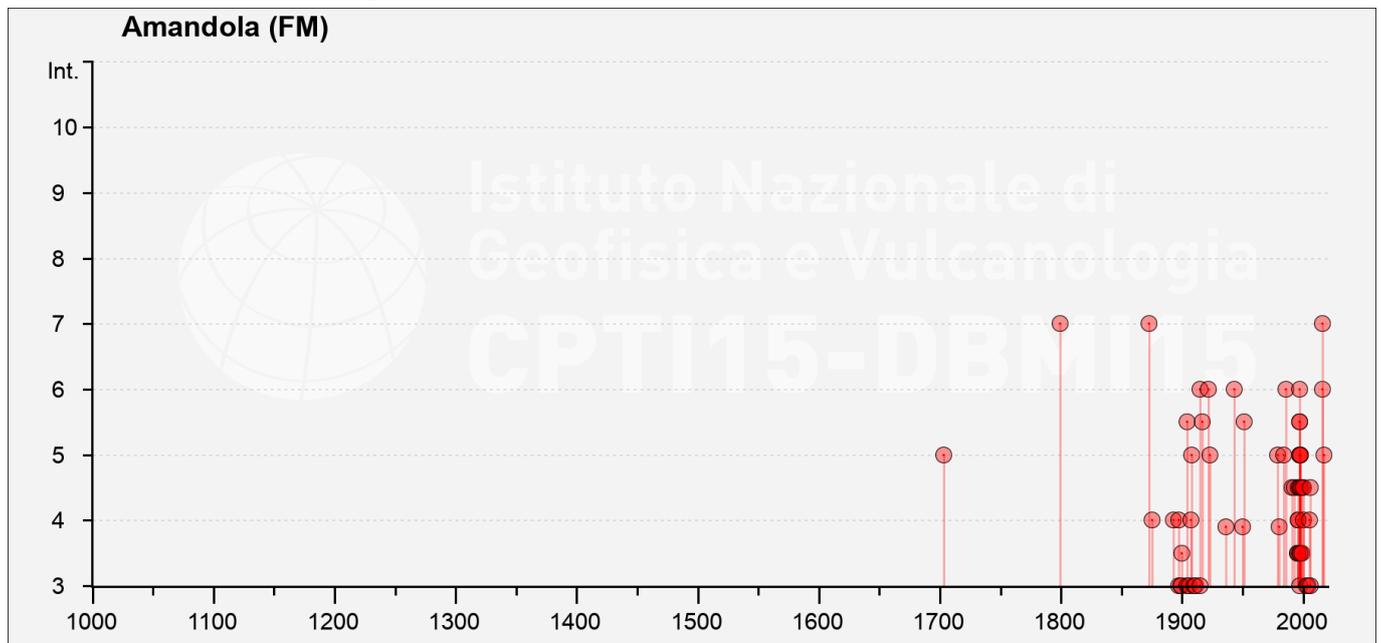


Tabella 6.3 – Elenco dei terremoti dall'anno 1639 al 2017 nel comune di Amandola

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
5	<a href="#">703 01 14 18</a>	Valnerina	197	11	6.92	
7	<a href="#">799 07 28 22 05</a>	Appennino marchigiano	70	9	6.18	
7	<a href="#">873 03 12 20 04</a>	Appennino marchigiano	196	8	5.85	
4	<a href="#">875 03 17 23 51</a>	Costa romagnola	144	8	5.74	
4	<a href="#">893 08 02 00 59</a>	Valnerina	84	5-6	4.55	
3	<a href="#">897 10 28 10 40</a>	Fermano	25	4-5	4.16	
4	<a href="#">897 12 18 07 24 2</a>	Alta Valtiberina	132	7	5.09	
3	<a href="#">899 04 21 00 57 5</a>	Narni	45	4	3.96	
3	<a href="#">899 06 22 13 20</a>	Corridonia	30	5	4.08	
3-4	<a href="#">900 08 10 04 28 1</a>	Teramano	15	5	4.28	
3	<a href="#">904 06 20 01 24</a>	Assisi	24	5	4.1	
5-6	<a href="#">904 09 02 11 21</a>	Maceratese	59	5-6	4.63	
NF	<a href="#">905 12 09 21 41</a>	Valle Umbra	42	5	4.24	
3	<a href="#">906 02 05 16 34</a>	Valnerina	55	5	4.41	
4	<a href="#">907 01 23 00 25</a>	Adriatico centrale	93	5	4.75	
5	<a href="#">908 03 17 03 59</a>	Marche meridionali	54	5-6	4.61	
NF	<a href="#">909 08 25 00 22</a>	Crete Senesi	259	7-8	5.34	
3	<a href="#">910 12 26 16 30</a>	Monti della Laga	50	5-6	4.56	
3	<a href="#">911 02 19 07 18 3</a>	Forlivese	181	7	5.26	
6	<a href="#">915 01 13 06 52 4</a>	Marsica	1041	11	7.08	
3	<a href="#">915 03 15 11 23</a>	Alta Valle del Chienti	24	7	4.97	
5-6	<a href="#">917 03 21 00 30</a>	Monti Sibillini	21	5	4.44	
6	<a href="#">922 06 08 07 47</a>	Valle del Chienti	47	6	4.73	
5	<a href="#">923 07 12 20 49</a>	Marche meridionali	20	5	4.28	
F	<a href="#">936 12 09 07 34</a>	Caldarola	31	6-7	4.76	
6	<a href="#">943 10 03 08 28 2</a>	Ascolano	170	8	5.67	
F	<a href="#">950 09 05 04 08</a>	Gran Sasso	386	8	5.69	
5-6	<a href="#">951 08 08 19 56</a>	Gran Sasso	94	7	5.25	
2	<a href="#">964 08 02 10 40</a>	Valnerina	25	6	4.53	
5	<a href="#">979 09 19 21 35 3</a>	Valnerina	694	8-9	5.83	

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
F	<a href="#">1980 02 28 21 04 4</a>	Valnerina	146	6	4.97	
NF	<a href="#">1983 11 09 16 29 5</a>	Parmense	850	6-7	5.04	
5	<a href="#">1984 04 29 05 02 5</a>	Umbria settentrionale	709	7	5.62	
6	<a href="#">1986 10 13 05 10 0</a>	Monti Sibillini	322	5-6	4.46	
NF	<a href="#">1987 09 04 16 42 4</a>	Costa Marchigiana	75	6	4.66	
NF	<a href="#">1987 09 10 13 24 2</a>	Costa Marchigiana	21		4.38	
NF	<a href="#">1989 09 11 02 46 2</a>	Marche meridionali	60	5	4.04	
4-5	<a href="#">1991 11 12 21 45 5</a>	Ascolano	19	5-6	3.54	
NF	<a href="#">1992 10 24 18 44 4</a>	Monti della Laga	32	5	4.08	
4-5	<a href="#">1993 06 05 19 16 1</a>	Valle del Topino	326	6	4.72	
3-4	<a href="#">1995 12 30 15 22 0</a>	Fermano	106	5	4.19	
4	<a href="#">1996 01 01 12 21 4</a>	Maceratese	91	5-6	4.2	
4-5	<a href="#">1996 01 22 18 37 4</a>	Fermano	76	5	3.96	
3-4	<a href="#">1996 01 22 23 14 0</a>	Maceratese	45	5	3.66	
4	<a href="#">1996 10 20 19 06 5</a>	Appennino laziale-abruzzese	100	5	4.36	
3	<a href="#">1997 09 03 22 07 2</a>	Appennino umbro-marchigiano	62	6	4.54	
6	<a href="#">1997 09 26 00 33 1</a>	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66	
5-6	<a href="#">1997 09 26 09 40 2</a>	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97	
5	<a href="#">1997 10 03 08 55 2</a>	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22	
5-6	<a href="#">1997 10 06 23 24 5</a>	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47	
5	<a href="#">1997 10 14 15 23 1</a>	Valnerina	786		5.62	
3-4	<a href="#">1997 10 23 08 58 4</a>	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86	
4-5	<a href="#">1997 11 09 19 07 3</a>	Valnerina	180		4.87	
3-4	<a href="#">1998 02 07 00 59 4</a>	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41	
4-5	<a href="#">1998 03 21 16 45 0</a>	Appennino umbro-marchigiano	141		5	
5	<a href="#">1998 03 26 16 26 1</a>	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
5	<a href="#">1998 04 05 15 52 2</a>	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78	
3-4	<a href="#">1999 10 10 15 35 5</a>	Alto Reatino	79	4-5	4.21	
4-5	<a href="#">1999 11 29 03 20 3</a>	Monti della Laga	62	5-6	4.15	
4	<a href="#">2000 09 02 05 17 0</a>	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.4	
4-5	<a href="#">2000 10 24 07 52 2</a>	Monti Sibillini	65	5	4.11	
3	<a href="#">2003 05 25 17 15 1</a>	Ascolano	88	4-5	3.81	

Effetti	In occasione del terremoto del					
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
3	<a href="#">2004 12 09 02 44 2</a>	Teramano	213	5	4.09	
4	<a href="#">2005 04 12 00 31 5</a>	Maceratese	131	4	3.74	
2-3	<a href="#">2005 12 15 13 28 3</a>	Val Nerina	350	5	4.14	
4-5	<a href="#">2006 04 10 19 03 3</a>	Maceratese	211	5	4.06	
3	<a href="#">2006 10 21 07 04 1</a>	Anconetano	287	5	4.21	
6	<a href="#">2016 08 24 01 36 3</a>	Monti della Laga	221	10	6.18	
<b>7</b>	<a href="#">2016 10 30 06 40 1</a>	<b>Valnerina</b>	<b>379</b>	-	<b>6.61</b>	
5	<a href="#">2017 01 18 10 14 0</a>	Aquilano	280		5.7	

L'evento sismico recente più devastante, riportato nel Database Sismico Italiano DBMI15 v4.0 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), è la sequenza sismica di Amatrice - Visso - Norcia del 2016-2017. Quello con maggiore intensità nei comuni in esame è l'evento del 30 OTTOBRE 2016 - con Area epicentrale "Valnerina" evidenziato in grassetto nelle tabelle precedenti, che ha avuto un'Intensità di 5-6 a Sarnano e di 7 ad Amandola.

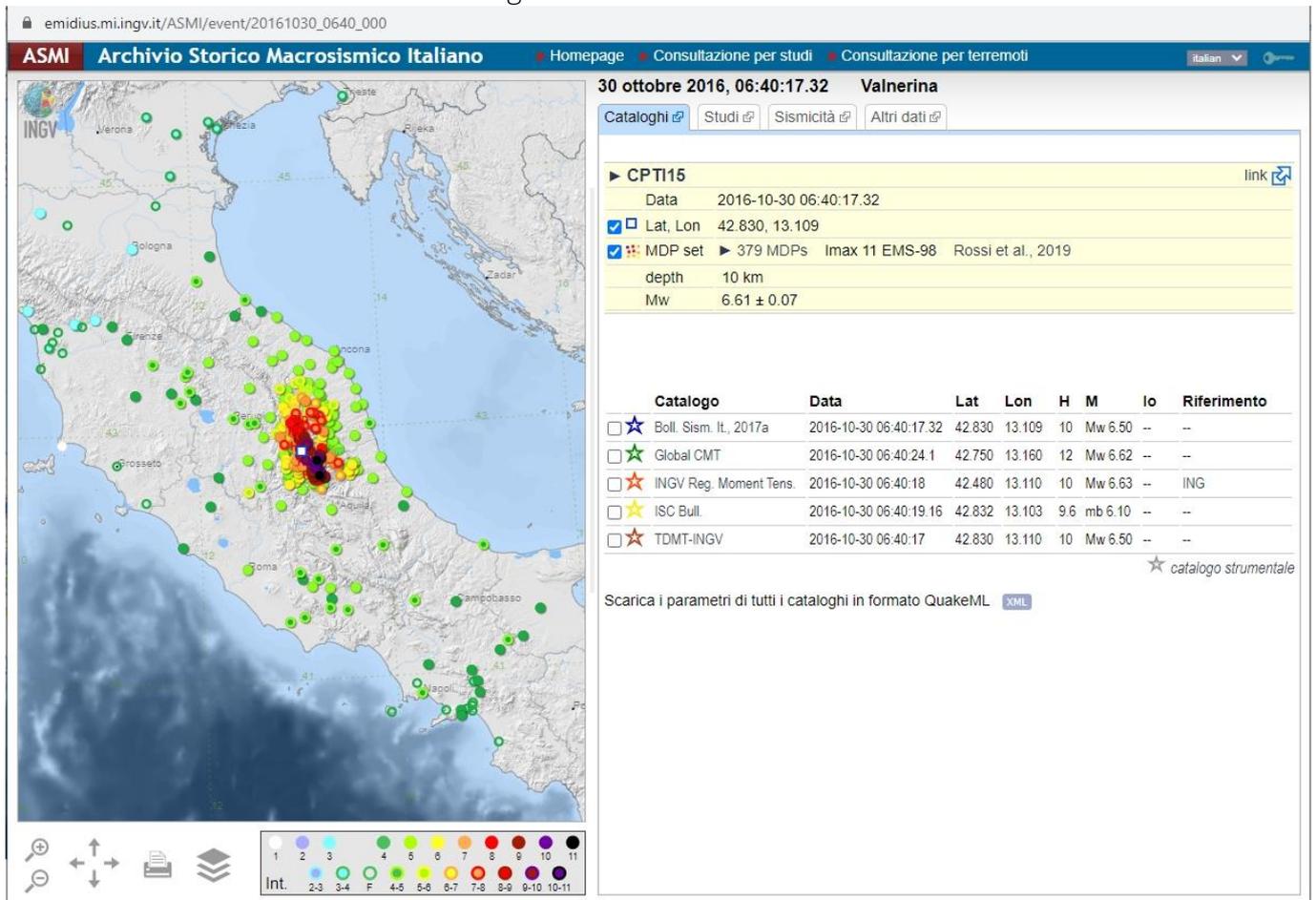
La scossa delle 6:40 di domenica 30 ottobre 2016 ha ferito profondamente Sarnano che già aveva subito danni per lo sciame sismico iniziato nell'agosto. Le frazioni sono cumuli di macerie, il centro è lesionato, molti uffici, edifici scolastici, palazzi storici e chiese sono inagibili.

I sarnanesi sfollati sono circa 700 e hanno perso non solo la possibilità di rientrare nelle loro case ma anche le loro attività, la loro occupazione, i luoghi di ritrovo e per un po' anche la loro normalità. Nell'immediatezza del sisma di ottobre, nonostante il grande numero di sfollati, tutti sono rimasti a Sarnano: nei primi giorni dopo la grande scossa circa 400 persone hanno alloggiato all'interno del palasport comunale, poi si è trovata loro sistemazione o in seconde case agibili o in strutture ricettive.

Per fare un rapido censimento risultavano danneggiate oltre 1100 unità abitative tra prime e seconde case, tre edifici scolastici che ospitavano asilo nido, scuola materna, primaria e media; sono state danneggiate irreparabilmente anche le terme di San Giacomo, il piccolo teatro della Vittoria, la pinacoteca e i musei civici, la cattedrale romanica di Santa Maria di Piazza Alta, l'abbazia di Piobbico, altri edifici pubblici e chiese.

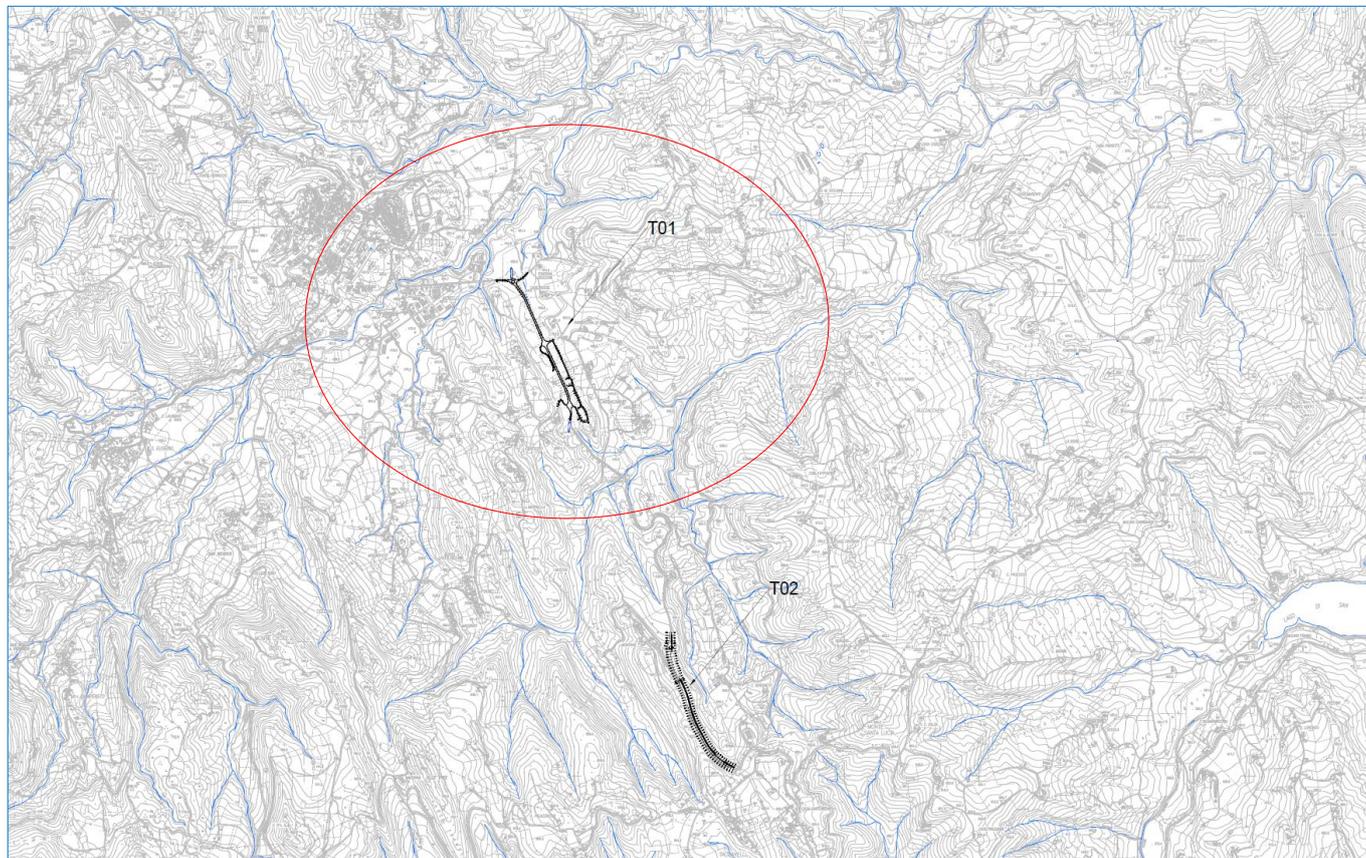
Nella Figura 6.7, tratta dall'Archivio Storico Macrosismico Italiano, è riportata la zona colpita dal terremoto.

Figura 6.7 – Terremoto del 2016



### 3 LA STRATEGIA SISMICA – TRATTA 01

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio del Comune di Sarnano in Provincia di Macerata.



### 3.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'opera è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 43,0247
- Longitudine: 13,1506

## FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

---

**Elaborazioni**

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

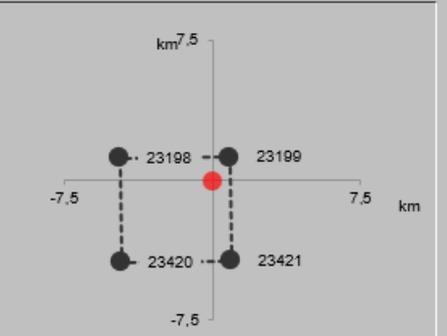
Interpolazione corretta

Interpolazione



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".

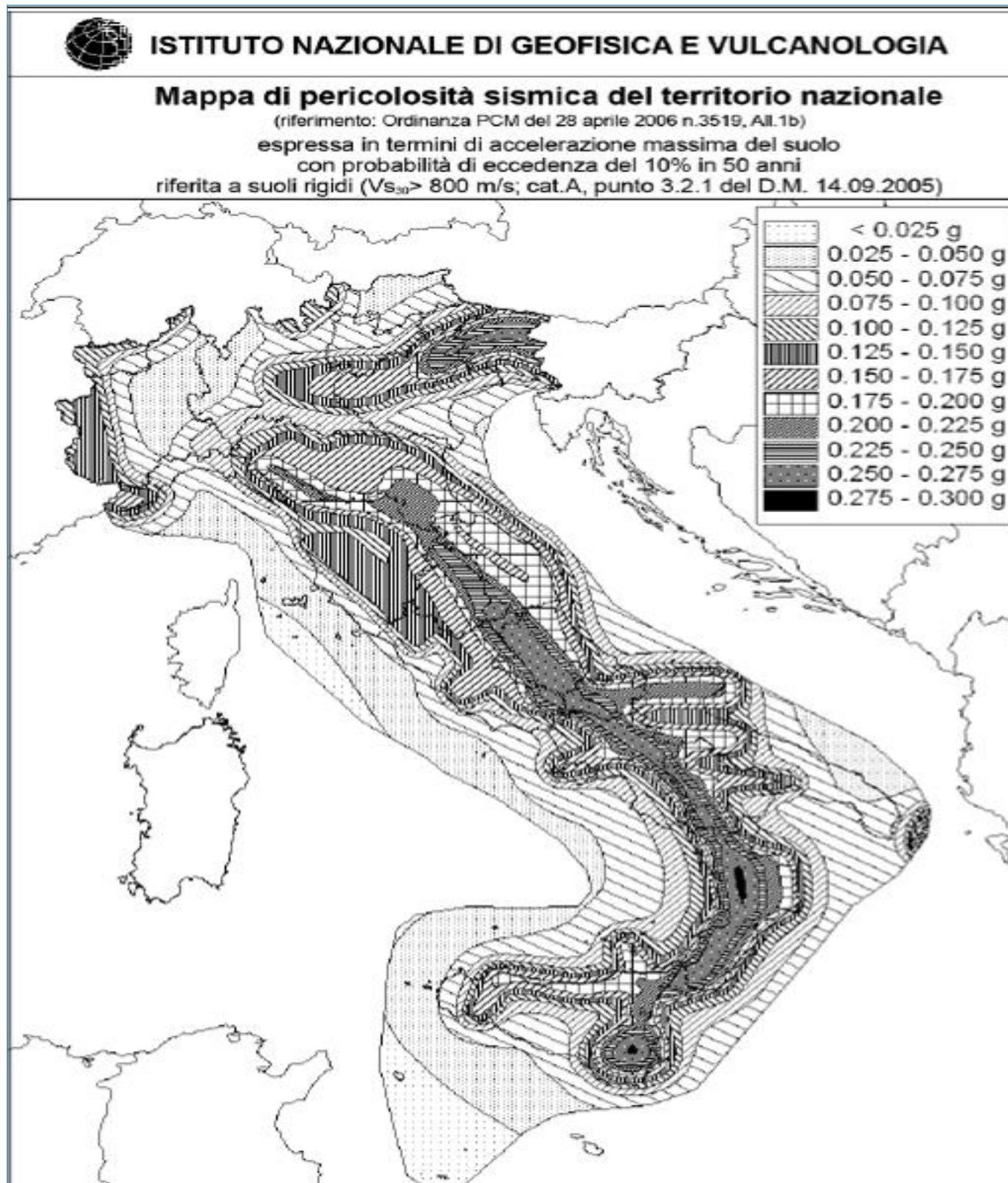
Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### 3.2 PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE

I parametri sismici della pericolosità di base del sito sono ricavati partendo dai dati della "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale" aggiornata dal gruppo di lavoro dell'I.N.G.V. adottata con l'Ordinanza n. 3519 del 28/04/2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri (la figura seguente rappresenta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale).



Per dedurre secondo le NTC 2018 i parametri sismici di base dei vari siti dalla pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, sono stati considerati per ogni zona di sbarramento i seguenti parametri:

- "Classe d'uso dell'edificio" IV (cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 2,00;

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- $V_N$ : "vita nominale di progetto" (numero di anni in cui è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali ) pari a **100 anni**, valore definito dalla committenza, concorde con quanto definito nelle NTC 2018 per costruzioni esistenti con livelli di prestazioni ordinarie; solo per le opere degli assi secondari locali (essenzialmente muri di sostegno) è stata assunta una Vita Nominale pari a 50 anni.
- $V_R$ : "periodo di riferimento" per l'azione sismica =  $V_N \cdot C_U = 200$  anni
- $P_{VR}$ : "probabilità di superamento" funzione dello stato limite considerato necessario al calcolo del tempo di ritorno  $T_R$ , come dalla seguente tabella tratta dalle NTC 2018:

**Tabella 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

- $T_R$ : "tempo di ritorno" relativo ad ogni stato limite, funzione del periodo di riferimento e della probabilità di superamento secondo la seguente relazione tratta dalle NTC 2018:

Questi ultimi parametri sono costanti per tutte le aree esaminate, in quanto dipendono solo dal tipo di opera e dalle relative prestazioni attese. Con questi dati sono poi stati calcolati, per ogni sito esaminato, i parametri di pericolosità sismica di base riferiti a sito rigido orizzontale che permettono di ottenere i coefficienti di risposta sismica locale:

- $ag$  (o  $PGA$ : accelerazione orizzontale massima al sito) [ $g/10$ ]
- $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) [n.p.]
- $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) [s]

Essi sono stati stimati per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun stato limite da applicare per il sito in esame. I valori che seguono relativi alla pericolosità di base sono comuni a tutti i calcoli dei vari coefficienti sismici di risposta sismica locale

- Classe: IV
- Vita nominale : 100 anni

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	120	0,125	2,420	0,305
SLD	201	0,153	2,440	0,315
SLV	1898	0,336	2,493	0,351
SLC	2475	0,365	2,501	0,355

### 3.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie del suolo di fondazione:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO CHE PERMETTONO L'UTILIZZO DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO	
Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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>B</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 $V_{S,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come da relazione geotecnica si è considerato un suolo tipo B per tutte le opere

### 3.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche delle superficie topografica, il suolo presenta forti pendenze sul lato di monte e più pianeggiante sul lato di valle.

Le opere in esame ricadono in categoria **T1** come definita nella seguente tabella tratta dalle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

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

### 3.5 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

Questi coefficienti sono necessari alla valutazione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito ( $a_{max}$ ), dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$ ,  $k_v$ ) e dello spettro di risposta elastico in accelerazione per l'azione sismica calcolata con metodi pseudostatici.

#### Amplificazione stratigrafica

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  ed il coefficiente  $C_c$  possono essere calcolati secondo le formule della seguente tabella.

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$*

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_C^*$  è espresso in secondi.

Per l'area in esame corrispondono valori del coefficiente  $C_c$  e di  $S_s$  di amplificazione stratigrafica variabili per ogni Stato Limite.

### Amplificazione topografica

Alla categoria T1 precedentemente definita per la zona studiata corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T=1,00$ . La tabella che segue è tratta dalle NTC 2018 e mostra la relazione tra categorie topografiche e relativo coefficiente

Tab. 3.2.V – Valori massimi 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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

### 3.6 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico per lo Stato Limite SLV

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**

Categoria di sottosuolo B info       $S_S =$  1,065       $C_C =$  1,357 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  $\xi$  (%) 5       $\eta =$  1,000 info

Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  1      Regol. in altezza si info

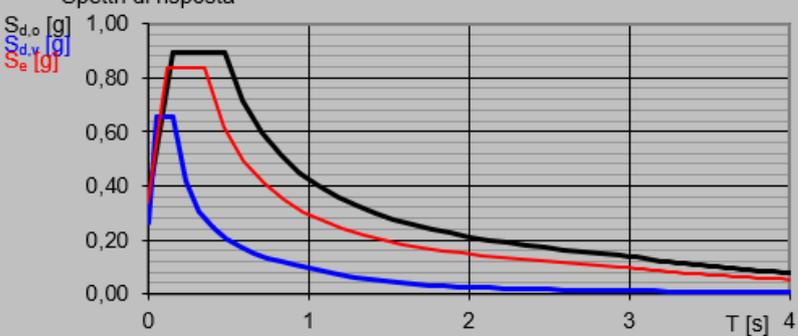
**Compon. verticale**  
Spettro di progetto      Fattore  $q$  1       $\eta =$  1,000 info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta info

Parametri e punti spettri di risposta info

**Spettri di risposta**

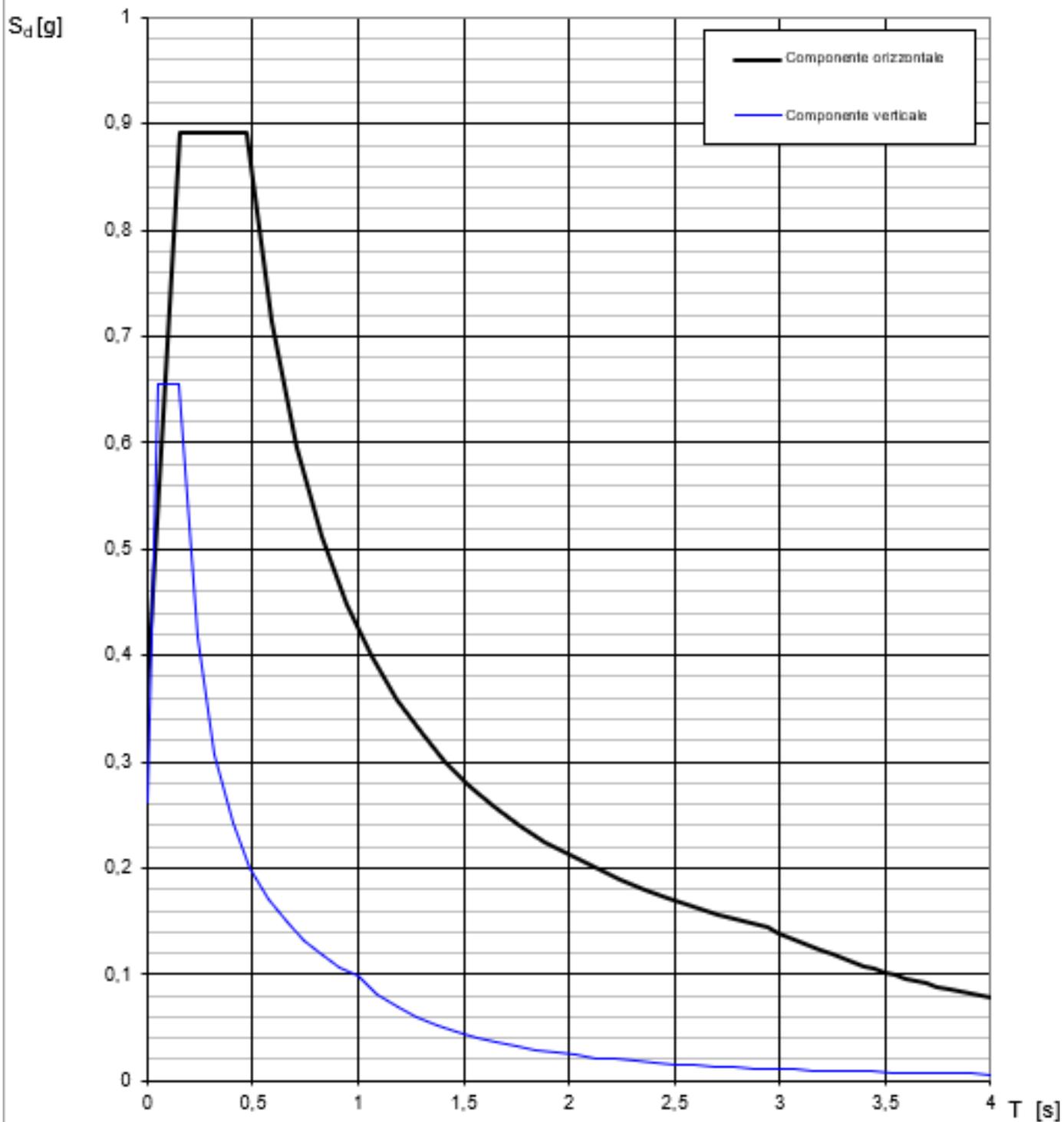


$S_{d,o}$  [g]  
 $S_{d,v}$  [g]  
 $S_e$  [g]

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV**



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,336 g
$F_o$	2,493
$T_c$	0,351 s
$S_s$	1,065
$C_c$	1,357
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,065
$\eta$	1,000
$T_B$	0,159 s
$T_C$	0,476 s
$T_D$	2,943 s

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

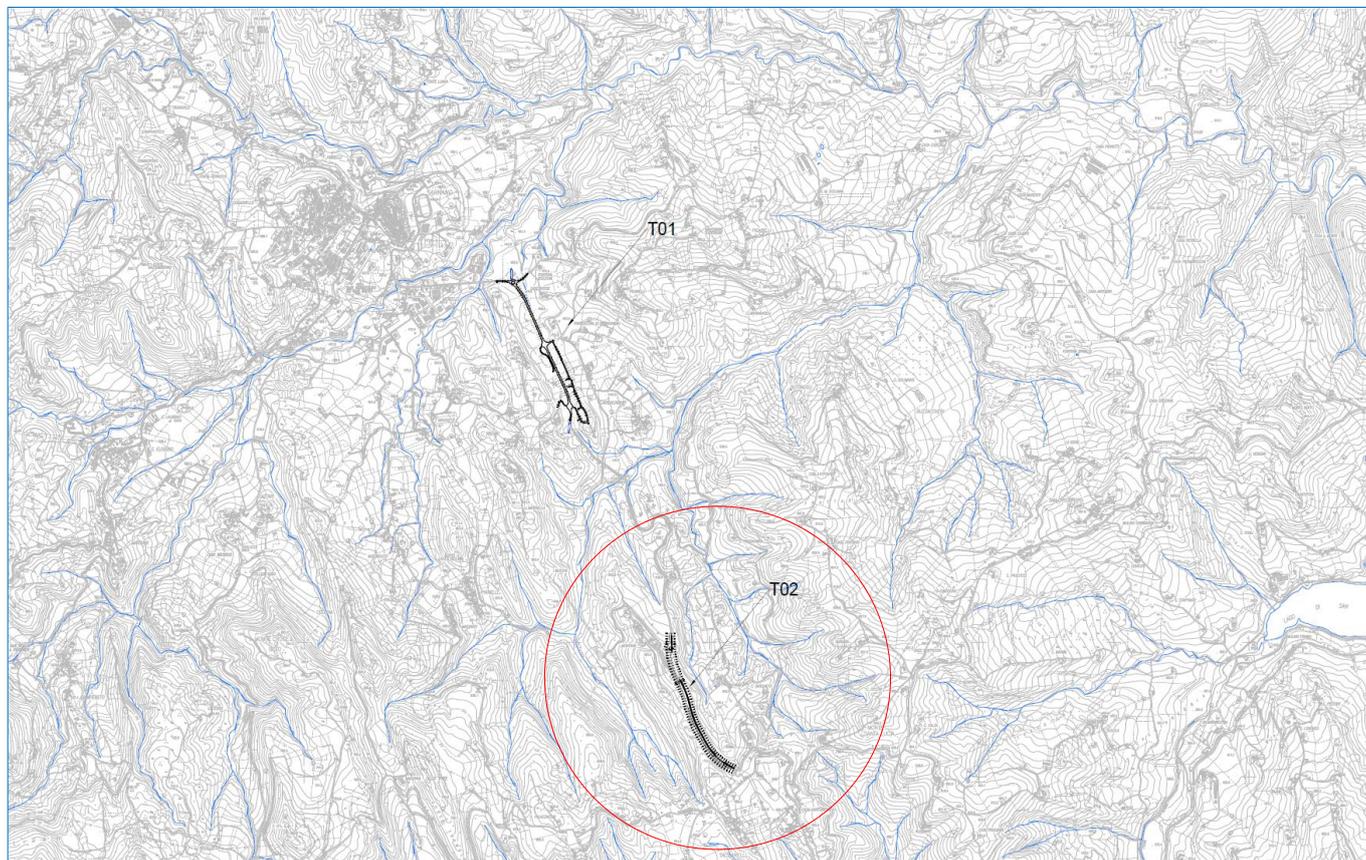
Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,358
$T_B$	0,159	0,892
$T_C$	0,476	0,892
	0,593	0,715
	0,711	0,597
	0,828	0,512
	0,946	0,448
	1,063	0,399
	1,181	0,359
	1,298	0,327
	1,416	0,300
	1,533	0,277
	1,651	0,257
	1,768	0,240
	1,886	0,225
	2,003	0,212
	2,121	0,200
	2,238	0,189
	2,356	0,180
	2,473	0,171
	2,590	0,164
	2,708	0,157
	2,825	0,150
$T_D$	2,943	0,144
	2,993	0,139
	3,044	0,135
	3,094	0,130
	3,144	0,126
	3,195	0,122
	3,245	0,119
	3,295	0,115
	3,346	0,111
	3,396	0,108
	3,446	0,105
	3,497	0,102
	3,547	0,099
	3,597	0,096
	3,648	0,094
	3,698	0,091
	3,748	0,089
	3,799	0,086
	3,849	0,084
	3,899	0,082
	3,950	0,080
	4,000	0,078

## 4 LA STRATEGIA SISMICA – TRATTA 02

L'area oggetto del presente intervento ricade all'interno del territorio del Comune di Amandola in Provincia di Fermo.



## 4.1 IDENTIFICAZIONE DELLA LOCALITÀ E DEI PARAMETRI SISMICI GENERALI

L'opera è individuata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 43,0011
- Longitudine: 13,3306

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

---

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

---

**Elaborazioni**

Tabella parametri →

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

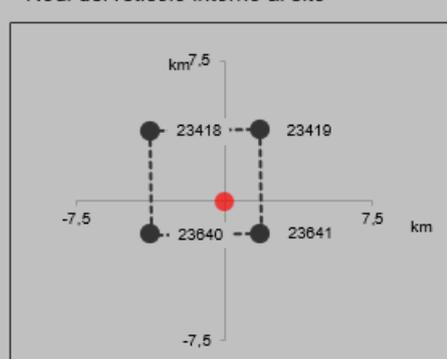
Interpolazione corretta

Interpolazione



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".

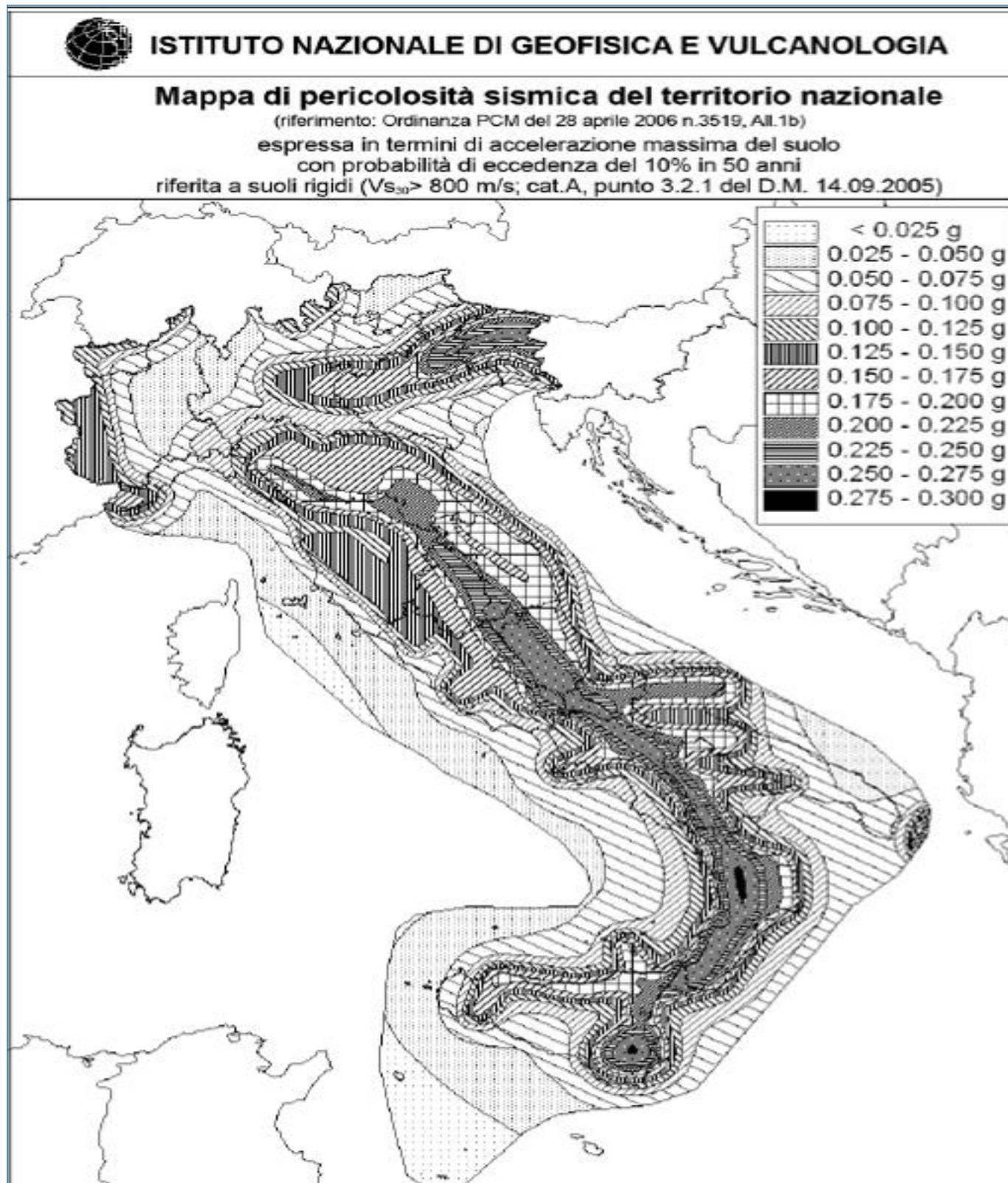
Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

## 4.2 PARAMETRI SISMICI DI PERICOLOSITÀ DI BASE

I parametri sismici della pericolosità di base del sito sono ricavati partendo dai dati della "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale" aggiornata dal gruppo di lavoro dell'I.N.G.V. adottata con l'Ordinanza n. 3519 del 28/04/2006 del Presidente del Consiglio dei Ministri (la figura seguente rappresenta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale).



Per dedurre secondo le NTC 2018 i parametri sismici di base dei vari siti dalla pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale, sono stati considerati per ogni zona di sbarramento i seguenti parametri:

- "Classe d'uso dell'edificio" IV (cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U$  pari a 2,00;

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

- $V_N$ : "vita nominale di progetto" (numero di anni in cui è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali ) pari a **100 anni**, valore definito dalla committenza, concorde con quanto definito nelle NTC 2018 per costruzioni esistenti con livelli di prestazioni ordinarie;
- $V_R$ : "periodo di riferimento" per l'azione sismica =  $V_N \cdot C_U = 200$  anni
- $P_{VR}$ : "probabilità di superamento" funzione dello stato limite considerato necessario al calcolo del tempo di ritorno  $T_R$ , come dalla seguente tabella tratta dalle NTC 2018:

**Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato**

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

- $T_R$ : "tempo di ritorno" relativo ad ogni stato limite, funzione del periodo di riferimento e della probabilità di superamento secondo la seguente relazione tratta dalle NTC 2018:

Questi ultimi parametri sono costanti per tutte le aree esaminate, in quanto dipendono solo dal tipo di opera e dalle relative prestazioni attese. Con questi dati sono poi stati calcolati, per ogni sito esaminato, i parametri di pericolosità sismica di base riferiti a sito rigido orizzontale che permettono di ottenere i coefficienti di risposta sismica locale:

- $ag$  (o  $PGA$ : accelerazione orizzontale massima al sito) [ $g/10$ ]
- $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) [n.p.]
- $T_c^*$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) [s]

Essi sono stati stimati per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun stato limite da applicare per il sito in esame. I valori che seguono relativi alla pericolosità di base sono comuni a tutti i calcoli dei vari coefficienti sismici di risposta sismica locale

- Classe: IV
- Vita nominale : 100 anni

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	120	0,109	2,471	0,316
SLD	201	0,133	2,472	0,329
SLV	1898	0,295	2,559	0,361
SLC	2475	0,322	2,567	0,366

### 4.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, ai fini della definizione della azione sismica di progetto si definiscono le seguenti categorie del suolo di fondazione:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO CHE PERMETTONO L'UTILIZZO DELL'APPROCCIO SEMPLIFICATO	
Categoria	Descrizione
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori 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>B</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 $V_{S,eq}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiore a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente $V_{S,eq}$ riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Come da relazione geotecnica si è considerato un suolo tipo B per tutte le opere

#### 4.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche delle superficie topografica, il suolo presenta forti pendenze sul lato di monte e più pianeggiante sul lato di valle.

Le opere in esame ricadono parzialmente (da progressiva 0+000 - 0+920) in categoria **T1** e parzialmente (da progressiva 0+920 a fine intervento) in categoria **T2** come definita nella seguente tabella tratta dalle NTC 2018.

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

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

A favore di sicurezza per la tratta 2 si prevede come strategia sismica la classificazione in categoria **T2**

#### 4.5 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA E TOPOGRAFICA

Questi coefficienti sono necessari alla valutazione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito ( $a_{max}$ ), dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$ ,  $k_v$ ) e dello spettro di risposta elastico in accelerazione per l'azione sismica calcolata con metodi pseudostatici.

##### Amplificazione stratigrafica

Sulla base di quanto riportato nelle NTC del 17.01.2018, il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  ed il coefficiente  $C_c$  possono essere calcolati secondo le formule della seguente tabella.

Tab. 3.2.IV – *Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$*

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

$S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  è l'accelerazione di gravità e  $T_C^*$  è espresso in secondi.

Per l'area in esame corrispondono valori del coefficiente  $C_c$  e di  $S_s$  di amplificazione stratigrafica variabili per ogni Stato Limite.

### Amplificazione topografica

Alla categoria T2 precedentemente definita per la zona studiata corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T=1,20$ . La tabella che segue è tratta dalle NTC 2018 e mostra la relazione tra categorie topografiche e relativo coefficiente

Tab. 3.2.V – Valori massimi 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

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove  $S_T$  assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V, fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

### 4.6 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Di seguito è riportato lo spettro di risposta elastico per lo Stato Limite SLV.

## FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato SLV info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo B info       $S_S =$  1,098       $C_C =$  1,348 info  
 Categoria topografica T2 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  $\xi$  (%) 5       $\eta =$  1,000 info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$  1      Regol. in altezza si info

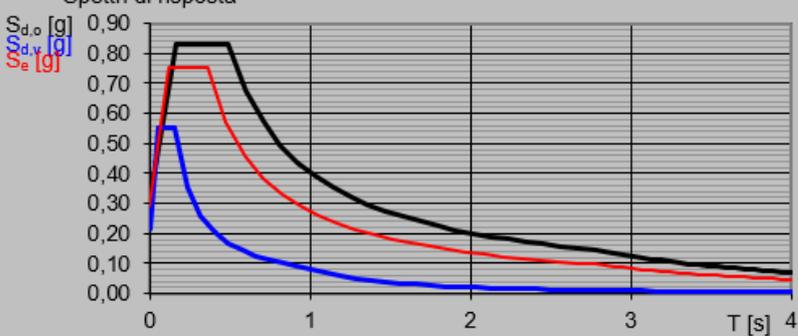
**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$  1       $\eta =$  1,000 info

**Elaborazioni**

Grafici spettri di risposta ➔

Parametri e punti spettri di risposta ➔

**Spettri di risposta**



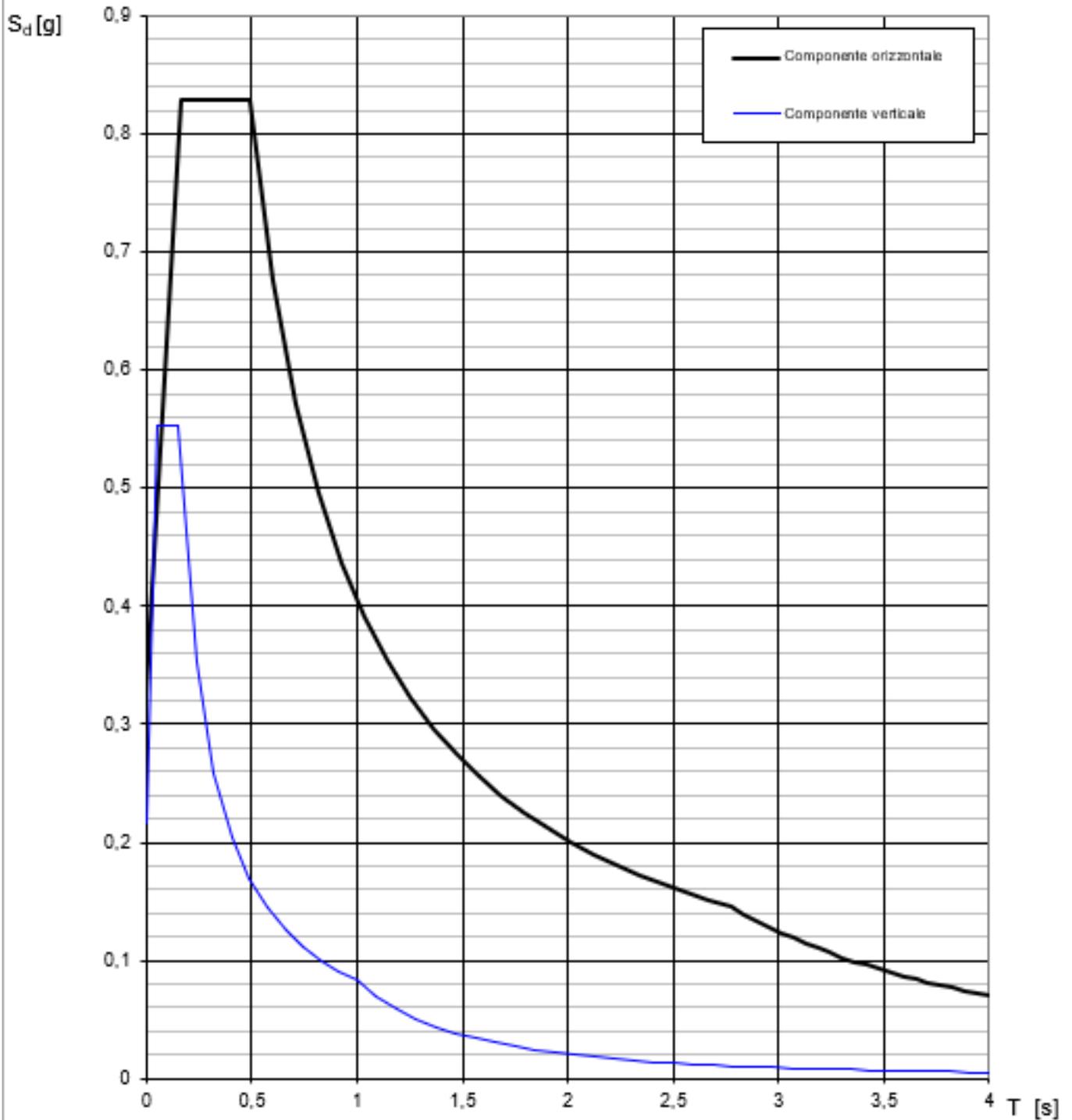
— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

### Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,295 g
$F_o$	2,559
$T_c$	0,361 s
$S_s$	1,098
$C_c$	1,348
$S_T$	1,000
$q$	1,000

### Parametri dipendenti

$S$	1,098
$\eta$	1,000
$T_B$	0,162 s
$T_C$	0,487 s
$T_D$	2,779 s

### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,324
$T_B$ ←	0,162	0,828
$T_C$ ←	0,487	0,828
	0,596	0,677
	0,705	0,572
	0,815	0,495
	0,924	0,437
	1,033	0,391
	1,142	0,353
	1,251	0,323
	1,360	0,297
	1,469	0,275
	1,579	0,256
	1,688	0,239
	1,797	0,225
	1,906	0,212
	2,015	0,200
	2,124	0,190
	2,233	0,181
	2,343	0,172
	2,452	0,165
	2,561	0,158
	2,670	0,151
$T_D$ ←	2,779	0,145
	2,837	0,139
	2,895	0,134
	2,954	0,129
	3,012	0,124
	3,070	0,119
	3,128	0,115
	3,186	0,110
	3,244	0,107
	3,302	0,103
	3,361	0,099
	3,419	0,096
	3,477	0,093
	3,535	0,090
	3,593	0,087
	3,651	0,084
	3,709	0,082
	3,767	0,079
	3,826	0,077
	3,884	0,074
	3,942	0,072
	4,000	0,070

### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_c(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

## 5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il territorio in cui risulta compresa l'area in studio ricade in Zona sismica 2, zona dove possono verificarsi forti terremoti con una accelerazione convenzionale massima (da NTC2018) pari a  $a_g = 0,25g$ .

Si rappresenta che nelle condizioni più sfavorevoli (suolo tipo B e classe topografica T2) l'accelerazione massima al suolo (PGA) risulta pari a 0,324g per la Tratta 01 e 0,258 per la tratta 02; l'accelerazione spettante normalizzata risulta di poco inferiore a 0,9g nel tratto di plateau (senza considerare la duttilità delle strutture) per entrambe le tratte.

Nelle verifiche geotecniche e strutturali i parametri sismici vengono ricavati dal sito Geostru (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>) che fa riferimento al reticolo sismico nazionale e fornisce in dettaglio tutti i dati necessari al calcolo, richiedendo l'inserimento dei dati di progetto (tipo di suolo, della condizione topografica, della classe dell'opera e della vita nominale).

In particolare, la strategia sismica utilizzata per la progettazione, in entrambe le tratte, è la seguente:

- Vita Nominale = 100anni  
(solo per le opere degli assi secondari locali (essenzialmente muri di sostegno) è stata assunta una Vita Nominale pari a 50 anni).
- Classe d'uso = IV ( $c_u=2,0$ )
- Tipo di suolo = B
- Classe topografica = T2.

I parametri sismici individuati (e poi particolareggiati nelle relazioni di calcolo e geotecniche per singola opera) sono stati impiegati oltre che per la progettazione delle opere necessarie alla realizzazione dell'opera (rilevati, trincee, fondazioni dei viadotti, muri di contenimento e di sottoscarpa) anche per lo studio delle seguenti due Frane censite nel catalogo IFFI:

- Frana Codice ID 0440161600 tra le Progr. Km 0+290 ÷ 0+340 della tratta 02
- Frana Codice ID 0440161700 tra le Progr. Km 0+420 ÷ 0+580 sempre della tratta 02

Tutte le verifiche (anche quelle in condizioni sismiche), condotte ai sensi della normativa vigente D.M. 17/01/2018) riportate nella relazione geotecnica hanno fornito risultati rientranti nel campo dell'equilibrio stabile.