







Comune di Verbania

PROVINCIA DI VERBANO CUSIO OSSOLA

PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER APPALTO INTEGRATO DELLE OPERE DI "VARIANTE ALL'ABITATO DI VERBANIA" DELLA S.S. N.34 - 1° LOTTO

STUDI E INDAGINI GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA RELAZIONE SISMICA

Mandataria:  IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Alberto Checchi	Mandanti:  IL RESPONSABILE : Dott. Ing. G.S. Kalamaras	 IL RESPONSABILE E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE : Dott. Ing. A. Salvago de Gennaro	 IL GEOLOGO : Dott. Carlo Alessio
--	---	--	--

COMMESSA	FASE	COMPARTO	DOCUMENTO	REV	SCALA	FILE
B357	PD	SIS	OG02RT0101	0	—	SISOG02RT01010.DOC

3						
2						
1						
0	30/05/2012	PRIMA EMISSIONE	A. K.	G. KALAMARAS	C. ALESSIO	A. CHECCHI
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

SOMMARIO

1-	INTRODUZIONE	1-1
1.1.	Normative di riferimento	1-2
2-	Inquadramento sismico	2-3
1.2.	Sismicità storica	2-3
1.3.	Strutture sismo genetiche.....	2-6
1.4.	Classificazione sismica del territorio.....	2-7
3-	INDAGINI FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	3-10
4-	criteri di verifica	4-13
5-	valutazione dell'azione sismica	5-14



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Leggi e decreti

- [1] D.M.LL.PP. 11 Marzo 1988
"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate naturali, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
Gazzetta Ufficiale 1.6.1988

- [2] D.M. 14 Gennaio 2008
"Nuove norme tecniche per le costruzioni"
Gazzetta Ufficiale 4.2.2008

Circolari

- [3] Circolare Ministero dei Lavori Pubblici del 24.9.1988, n. 30483.
Legge 3 febbraio 1974 n.64, art. 1 - D.M. 11 marzo 1988
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. istruzioni per l'applicazione.

- [4] Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2.02.2009, n. 617 C.S.LL.PP.
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

1- INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta dal Raggruppamento Temporaneo di Progettisti (RTP) costituita da Systra Sotecn S.p.A. mandataria, MSM Ingegneria SNC, AK Ingegneria Geotecnica S.r.l. mandanti, nell'ambito del Progetto Definitivo per l'appalto integrato dei lavori della "Variante all'abitato di Verbania della S.S. n° 34" (in seguito indicata con il termine di Variante), commissionato dal Comune di Verbania.

Il tracciato della Variante in progetto si estende indicativamente in direzione E-O per circa 9 km a partire dal cimitero di Fondotoce e fino a poco oltre la località Ca' di Lader situata in comune di Ghiffa. Il tracciato dell'opera è stato suddiviso in 4 lotti di cui, attualmente, solo il primo risulta finanziato e quindi oggetto di progettazione definitiva. Tale tratta presenta una lunghezza complessiva di 2,9 km e permetterà di aggirare la frazione di Fondotoce del Comune di Verbania.

L'opera principale del 1° Lotto è rappresentata dalla galleria naturale Fondotoce, di circa 2100 m di lunghezza, seguita dal ponte per l'attraversamento del canale artificiale emissario del Lago di Mergozzo situato in corrispondenza dell'imbocco lato Mergozzo. Oltre ai manufatti citati sono inoltre previste una serie di opere accessorie di raccordo e adeguamento della viabilità esistente.

In questa fase progettuale, per la descrizione del contesto geologico generale, si fa riferimento alla relazione geologica di questa fase progettuale i cui dati sono stati integrati dai nuovi studi e approfondimenti di indagine di dettaglio, appositamente realizzati durante il presente studio.

Oltre alla presente relazione, completano lo studio geologico del settore di tracciato in oggetto i seguenti elaborati cartografici allegati al progetto:

- Carta della sismicità; scala 1:25.000;

In questo documento vengono illustrati i criteri di progettazione sismica adottati per il progetto definitivo in oggetto, nonché la classificazione sismica del territorio interessato dalle opere rientranti nel Lotto 1.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

1.1. Normative di riferimento

La progettazione degli elementi strutturali soggetti ad azioni sismiche è stata condotta in conformità al quadro legislativo attualmente vigente. In particolare il capitolo 7 del NTC2008 – Norme Tecniche delle costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008 è riservato alla progettazioni delle opere sottoposte a tali azioni, che va ad integrarsi alle indicazioni riportate nei Cap. 4, 5 e 6. Inoltre si fa sempre riferimento a quanto indicato nel Cap. 2 per la valutazione della sicurezza e nel Cap. 3 per la valutazione dell'azione sismica.

In particolare nel capitolo relativo ai ponti la normativa fornisce criteri e regole per il progetto di tali opere per i quali è previsto un sistema d'isolamento sismico, allo scopo di migliorarne la risposta nei confronti delle azioni sismiche orizzontali. La riduzione della risposta sismica orizzontale, qualunque siano la tipologia e i materiali strutturali della costruzione, può essere ottenuta mediante una delle seguenti strategie d'isolamento, o mediante una loro appropriata combinazione:

a) incrementando il periodo fondamentale della costruzione per portarlo nel campo delle minori accelerazioni di risposta;

b) limitando la massima forza orizzontale trasmessa.

Per la determinazione della classe sismica dei comuni interessati dall'opera in progetto si è fatto riferimento al D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010 entrato in vigore dal 31/12/2011 come espresso all'art. 29 della L.R. 11/7/201; tali normative definiscono la zonizzazione sismica dei territori comunali della Regione Piemonte



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

2- INQUADRAMENTO SISMICO

La caratterizzazione sismica di un territorio si basa da un lato sulla conoscenza degli eventi sismici già avvenuti, localizzati all'interno del territorio stesso o risentiti da aree contigue e, dall'altro, sulla conoscenza delle potenziali sorgenti geologiche esistenti e ritenute in grado di produrre terremoti significativi, anche a prescindere dal fatto che tali terremoti si siano o meno già verificati.

Informazioni sugli eventi già avvenuti vengono acquisite su base storico-documentale, analizzando cioè documenti di archivio che abbiano registrato gli effetti dei terremoti avvenuti in epoca storica; tale procedura dipende fortemente dalla disponibilità e dalla qualità di tali documenti ed è quindi influenzata dall'esistenza in epoca storica di fonti (registri parrocchiali, archivi pubblici) e dalla loro conservazione e accessibilità. Per i terremoti più forti e più antichi è poi possibile riconoscere, sulla base di ricerche mirate, l'esistenza di particolari strutture geologiche (ad es. dislocazioni o liquefazioni) che abbiano interessato sedimenti quaternari databili con una certa accuratezza. Infine, per i terremoti più recenti, vengono utilizzate le registrazioni strumentali effettuate dalle reti sismiche regionali e nazionali esistenti sul territorio.

1.2. Sismicità storica

Per la sismicità storica dell'area in oggetto sono stati consultati i maggiori cataloghi degli eventi sismici del territorio nazionale consultabili tramite il sito ufficiale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Da questi cataloghi sono state estrapolate le immagini sotto riportate sia relativamente ai sismi recenti (ultimi 90 giorni) sia relativamente agli eventi verificatisi nell'ultimo secolo sia a quelli relativi ad un lasso di tempo millenario.

Dall'analisi dei cataloghi consultati, e come si evince dalle immagini sottostanti, l'area in oggetto risulta essere un territorio caratterizzato da una bassa frequenza di eventi sismici.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

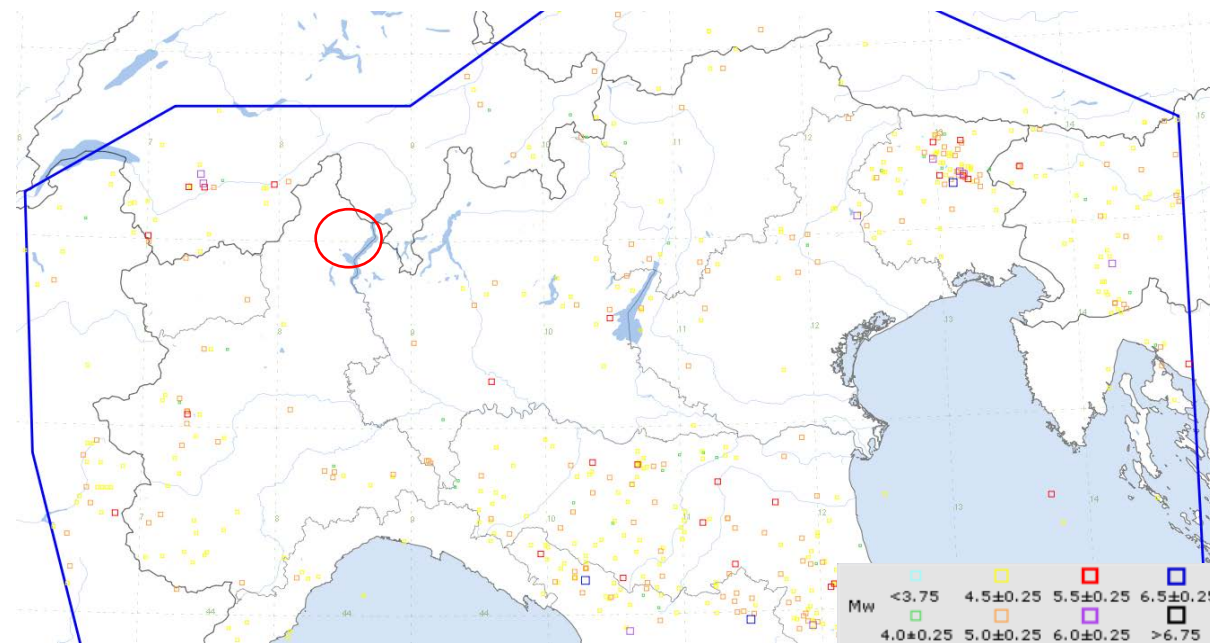


Figura 2.1: Terremoti da 1900 al 2006 - catalogo CPTI 11.

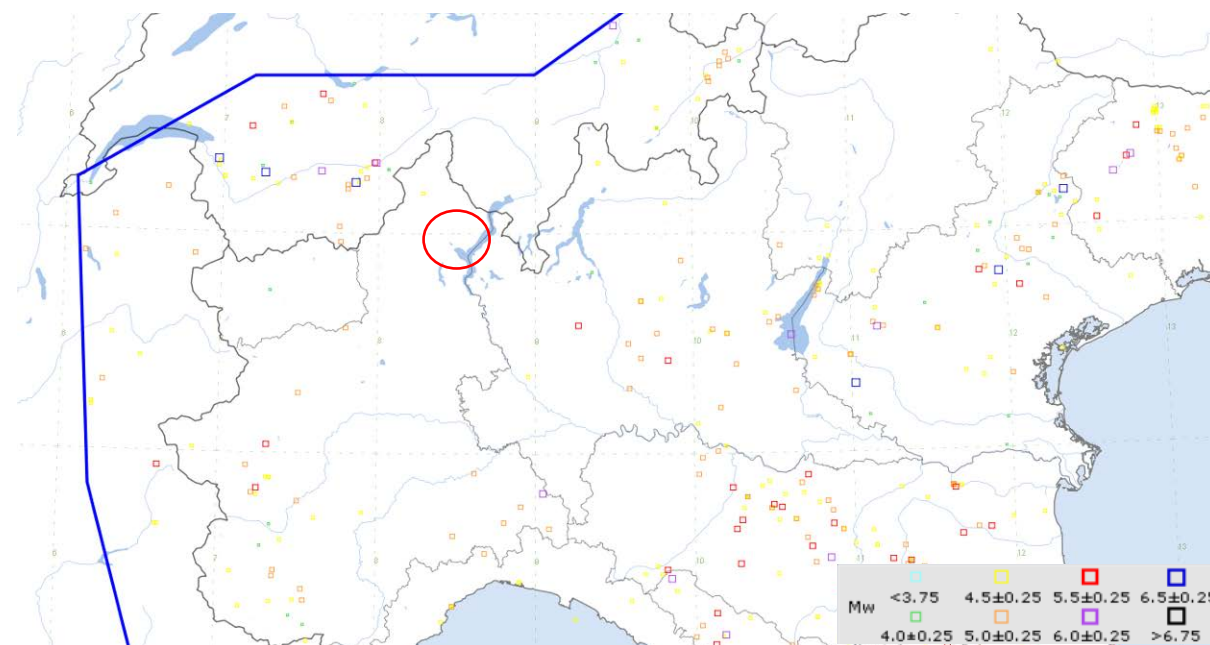


Figura 2.2: Terremoti da 1005 al 1899 - catalogo CPTI 11.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

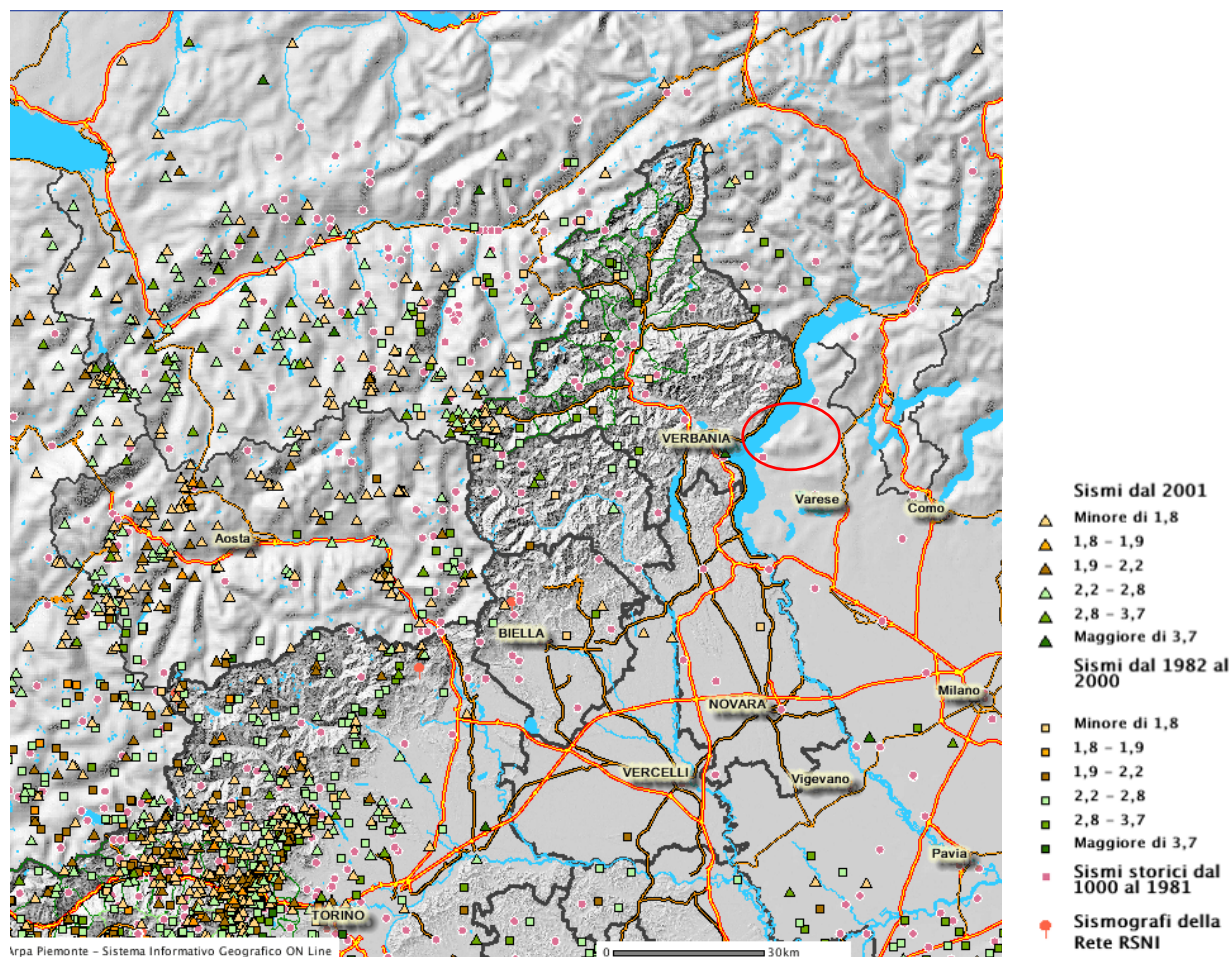


Figura 2.3: Arpa Piemonte – Webgis – Storicità sismica dell'area in oggetto evidenziata dal circolo rosso.

Questi cataloghi, compilati prevalentemente sulla base dell'interpretazione di fonti storiche (eccetto che per gli eventi più recenti, supportati da misurazioni strumentali), riporta gli eventi sismici storicamente documentati che abbiano superato la soglia del danno, per un arco di circa 2.000 anni. La posizione stimata dell'epicentro di ciascun evento e la sua intensità massima osservata (I_x , espressa in unità MCS), convertita poi in magnitudo (M_s , espressa in gradi Richter), insieme a molti altri parametri relativi alla qualità della stima, forniscono un'indicazione del massimo terremoto atteso, in una certa area, con la finalità di valutare la pericolosità sismica.

Dall'analisi dei dati, risulta che per l'area in oggetto, i terremoti più forti registrati sono concentrati ad alcune decine di chilometri a Ovest e a Nord Ovest del Verbanio.

Gli eventi sismici più recenti relativi al periodo compreso negli ultimi 90 giorni circa sono rappresentati in Figura 2.4.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

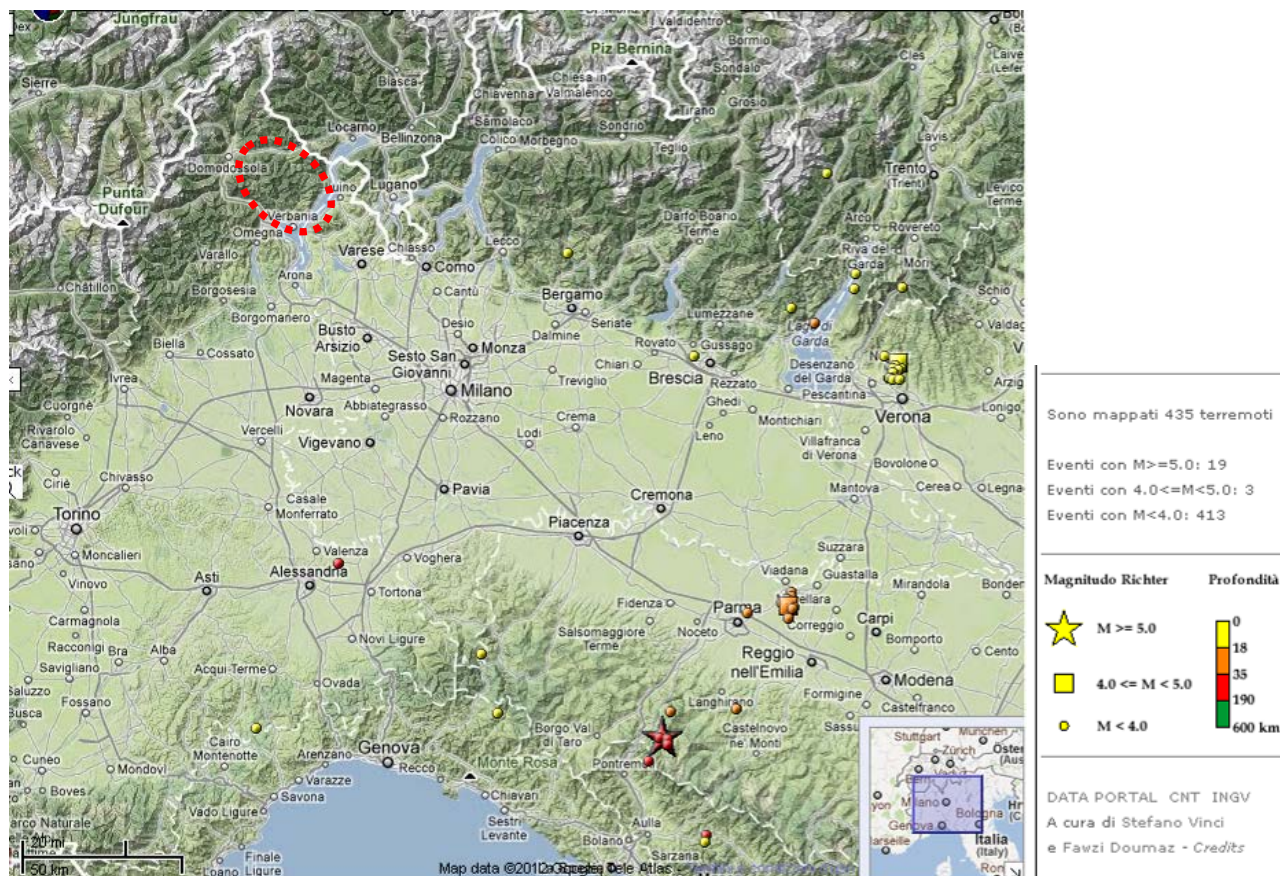


Figura 2.4: Sismi recenti (dal 20/12/2011 al 20022012).

1.3. Strutture sismo genetiche

Negli ultimi anni, e fino al 2002, la zonazione sismo genetica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000) è stato il documento di principale riferimento per la classificazione del territorio nazionale.

Studi più recenti e conoscenze maggiormente approfondite hanno dimostrato alcune incongruenze del modello ZS4 e hanno portato alla definizione di un nuovo modello delle zone sismo genetiche denominato ZS9

L'area di interesse appartiene alle Alpi Lepontine Sud-occidentali e rientra nella zona sismo genetica 10 dal modello ZS4 ed è esterna alle zone sismo genetiche definite dal modello ZS9.

La zona 10 del modello ZS4 appartiene alle zone di interazione tra piastra adriatica e piastra europea (Alpi e Sudalpino) ed è un'area di svincolo con meccanismi di rottura attesi di tipo transpressivo o strike-slip.

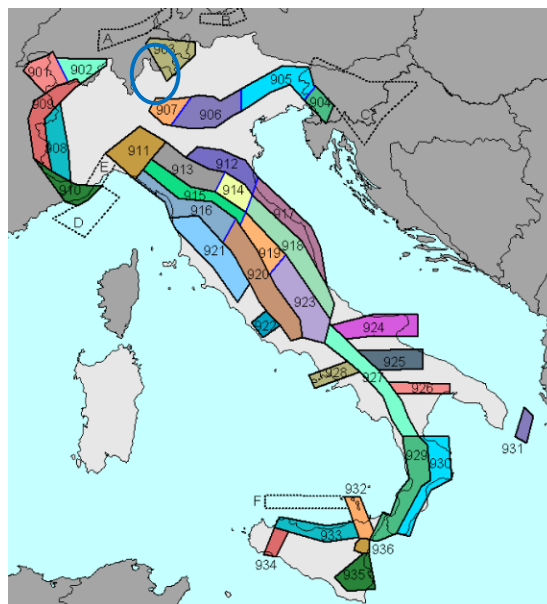


COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



ZS4



ZS9

Figura 2.5: Confronto tra zone sismo genetiche dei modelli ZS4 e ZS9: nel circolo l'area in oggetto

1.4. Classificazione sismica del territorio

La classificazione sismica del territorio italiano (G.U., OPCM 3519/2006) è articolata in quattro classi, dalla classe 1 (massimo livello di sismicità) alla classe 4 (minimo livello), ed è costruita sia sulla base del catalogo dei terremoti storici che degli studi sismotettonici; con il progredire delle conoscenze, essa viene periodicamente aggiornata.

La Legge Regionale 11/7/2011 all'articolo n° 29 determina l'entrata in vigore del D.G.R. n° 11-13058 del 19/01/2010 che identifica la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Piemonte

Questa classificazione si fonda sul concetto della massima accelerazione sismica attesa, ovvero sul terremoto più forte che ci si può attendere in una certa area. La finalità di tale classificazione è essenzialmente di tipo preventivo, ovvero quella di realizzare opere (infrastrutture ed edifici) che siano in grado di resistere ai più forti eventi attesi. Tale classificazione deve poi essere completata con studi di microzonazione sismica, realizzati a scala comunale, che possano cioè definire le condizioni geologiche di dettaglio che possono causare locali amplificazioni o attenuazioni delle accelerazioni imposte dall'evento sismico.

Nella classificazione vigente, i comuni di Verbania e di San Bernardino Verbano interessati dal tracciato sono tutti in classe 4 che definisce le porzioni di territorio a basso rischio sismico (Figura 2.6 e Figura 2.7).



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

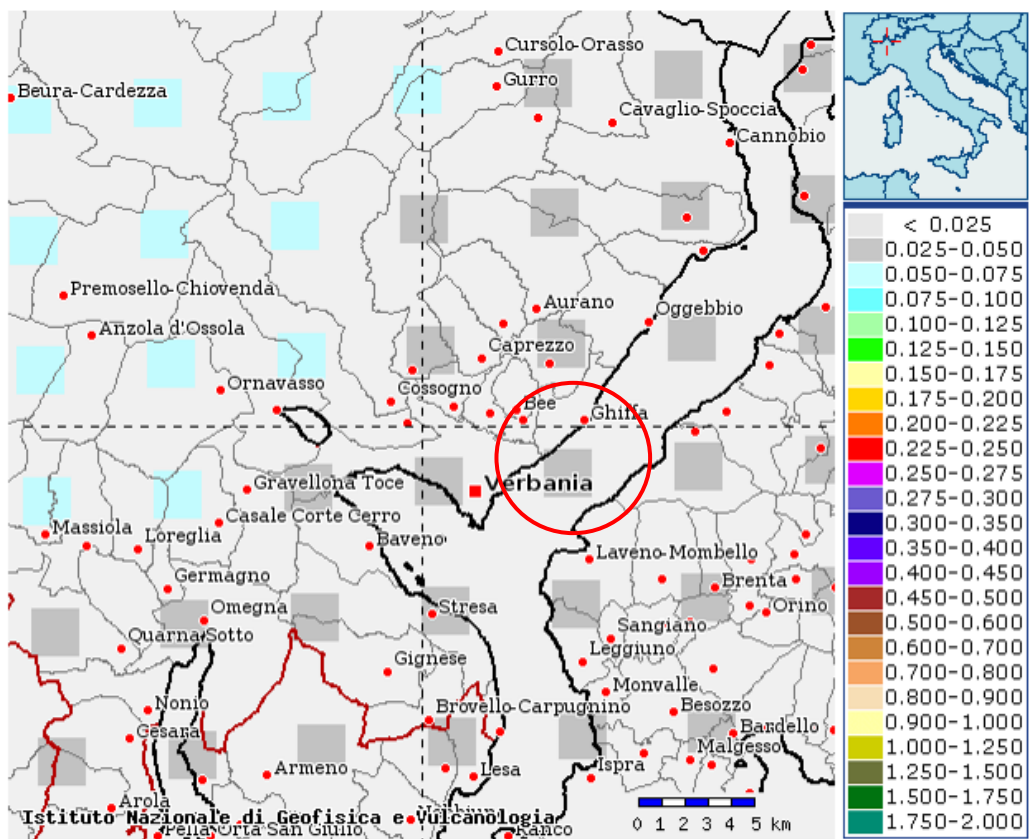
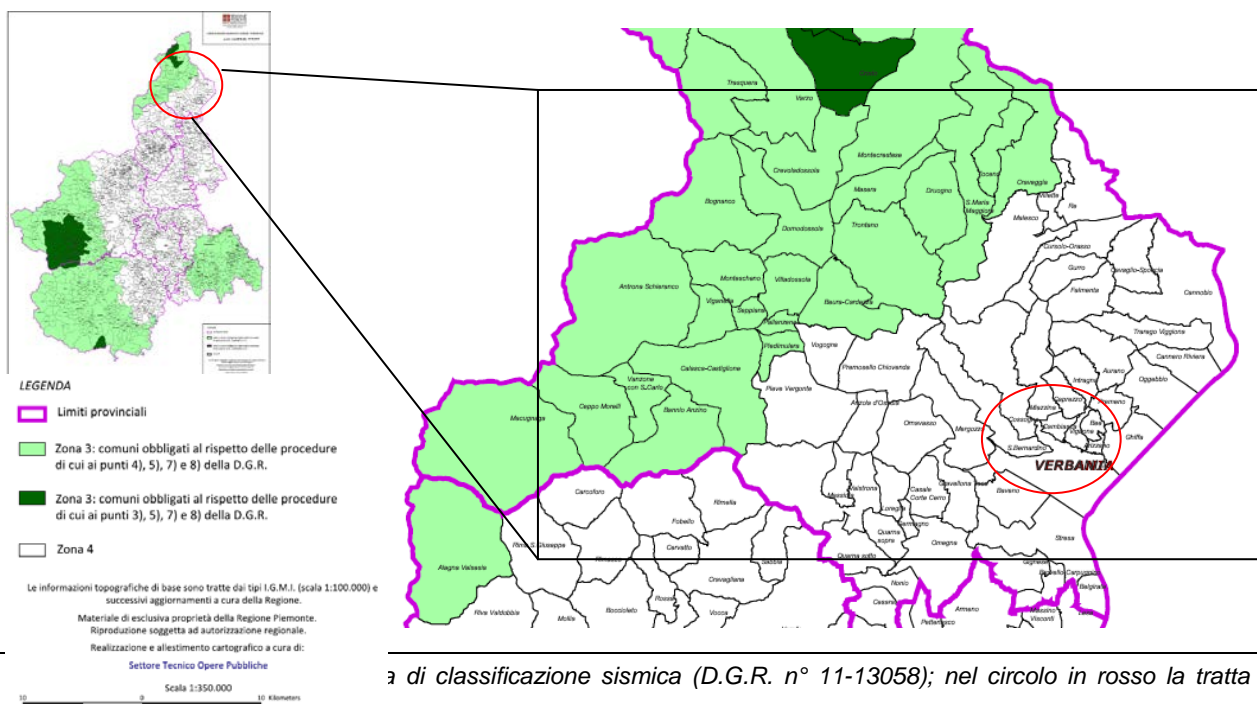


Figura 2.6: Mappa interattiva nazionale delle accelerazioni sismiche massime attese; nel circolo in rosso l'area in oggetto.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15



Da questa situazione, tenuto conto delle considerazioni espresse in precedenza, si evince come la classificazione sismica del territorio in quest'area sia comunque influenzata dai terremoti avvenuti in epoca storica. Il consolidamento degli studi sismotettonici recenti non hanno individuato sorgenti sismogenetiche potenziali.



3- INDAGINI FINALIZZATE ALLA CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Al fine di caratterizzare la risposta sismica dei terreni e consentire di valutarne le eventuali amplificazioni locali sono state condotte due indagini specifiche consistenti in un'indagine tipo MASW per la determinazione della velocità delle onde di taglio e del parametro sismico caratteristico V_{s30} e in un'indagine tipo Down-hole per la valutazione sia dei moduli dinamici di Young e di taglio sia delle V_{s30} .

L'indagine di tipo Masw è stata realizzata tra le progressive progettuali 0+455 e 0+555 circa dove è prevista la realizzazione di un viadotto in cemento armato precompresso sul Canale mergozzo e dove sono presenti terreni alluvionali di natura sabbiosa e argillosa limosa.

L'indagine Down-hole, eseguita all'interno del perforo del sondaggio S.PD.05 alla progressiva progettuale 2+640 circa, ha indagato il substrato roccioso di natura micascistosa nei quali saranno realizzati gli ultimi metri della galleria in progetto.

Di seguito si riportano i risultati dell'indagine MASW, con l'indicazione della velocità delle onde di taglio rilevate; tali risultati sono stati confrontati con la stratigrafia rinvenuta dalla perforazione del sondaggio a carotaggio continuo S.PD.01_PZ nel quale si è rinvenuto il substrato roccioso sano a 15m di profondità.

Tabella 3.1: sintesi dei risultati dell'indagini MASW.

Indagine	pk	V_{s30} [m/s] media	Unità geotecnica	Categoria di sottosuolo	Profondità [m]	V_{s30} [m/s]	litologia
MA.PD.01	0-455 – 0+555	283	FL	E	0-3.2	127	Sabbie e sub. ghiaie
					3.2-10.3	138	Sabbie fini e limi
					10.3-15.1	326	Limi argillosi e sottostanti micascisti fratturati
					15.1-30.0	1022	Micascisti

I

In relazione ai risultati ottenuti e con riferimento alle formazioni geologiche superficiali che controllano la risposta sismica nei confronti del viadotto previsto in progetto è stata stabilita la seguente corrispondenza tra unità geotecniche e categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2008.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Tabella 3.2: attribuzione delle categorie di sottosuolo (NTC 2008).

Unità geotecnica	Categoria di sottosuolo	Profondità [m]
FL	E	0-15.1
SC3	A	>15.1
SC1	A	

Dall'indagine tipo down-hole e dal confronto della stratigrafia rinvenuta dal carotaggio del perforo stesso (S.PD.05) è emerso che il materiale indagato, ad esclusione dei primi metri costituiti da terreni di copertura, è afferibile alla categoria di sottosuolo "A" che definisce gli ammassi rocciosi caratterizzati da $V_{s30} > 800$.

Il valore medio di V_{s30} determinato è pari a 888m/s; tale valore è raggiunto tra i 4m e i 5m di profondità dal piano campagna dove è stato rinvenuto il substrato micascistoso sano.

Nei grafici riportati in Figura 3.1 sono riportati gli andamenti dei valori del modulo dinamico di Young e del modulo dinamico di taglio in funzione della profondità così come enerso dall' indagine realizzata.

In tali grafici, è anche evidenziata la proiezione della posizione della galleria in progetto.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

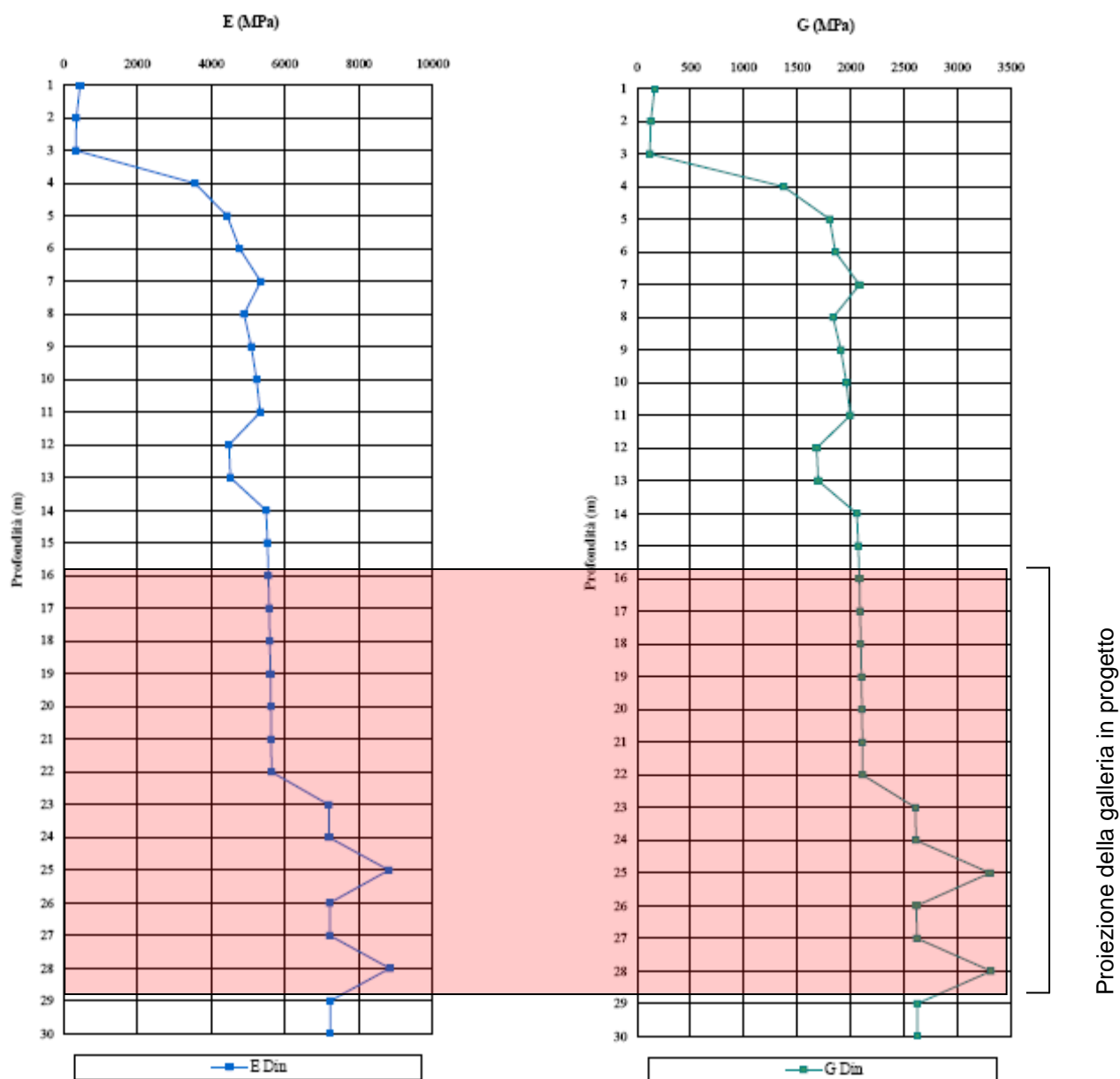


Figura 3.1: andamento in funzione della profondità del modulo dinamico di Young E e del modulo dinamico di taglio G – DH.PD.01.

Dall'analisi dei grafici sopra riportati si evince che a profondità pari a quelle di progetto dell'opera, l'ammasso roccioso è caratterizzato da valori del modulo dinamico di Young pari a circa 5800 MPa con valori massimi di circa 8400 MPa e valori del modulo dinamico di taglio pari a 2100 MPa con valori massimi di circa 3400 MPa.



4- CRITERI DI VERIFICA

La normativa definisce due differenti stati limite ultimi:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)**: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Per i ponti isolati le verifiche da eseguire sono le seguenti:

La **sottostruttura** deve essere verificata con i valori di γ_M utilizzati per le costruzioni non isolate rispetto allo **SLV**. Infatti per un corretto funzionamento del sistema di isolamento, occorre che la sottostruttura rimanga in campo sostanzialmente elastico, sotto l'effetto delle azioni sismiche di progetto. Le forze d'inerzia rispetto alle quali occorre verificare gli elementi della sottostruttura saranno quelle trasmesse dalla sovrastruttura, attraverso il sistema di isolamento, e quelle direttamente agenti su di essa.

I **dispositivi del sistema d'isolamento** debbono essere in grado di sostenere, senza rotture, gli spostamenti valutati per un terremoto avente probabilità di superamento pari a quella prevista per lo **SLC** e quindi prodotto da un terremoto di intensità superiore all'intensità del terremoto per il quale vengono progettate le strutture allo SLV e forma spettrale diversa. La verifica allo SLC dei dispositivi del sistema d'isolamento realizza il requisito, riguardante il livello superiore di sicurezza richiesto al sistema d'isolamento.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

5- VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta, invece la componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\ T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$

nelle quali T ed S_e sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale.

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_T$, essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica; η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi

convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$, dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_C \cdot T_C^*$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, $T_B = T_C / 3$;

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6.$$

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_C valgono 1.



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti 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 fornita dalla normativa, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – 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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche definite e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.VI – 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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned} 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\ T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\ T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\ T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \end{aligned}$$



COMUNE DI VERBANIA

Palazzo Civico - P.zza Garibaldi, 15

nelle quali T e S_v sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_o , S , η sono definiti per le componenti orizzontali; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente.

Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Nel caso delle costruzioni civili e industriali le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$