



COMUNE DI VILLADOSSOLA



PROVINCIA DEL VERBANO-CUSIO-OSSOLA



REGIONE



PIEMONTE

INTERVENTO DI SOMMA URGENZA PER LA MESSA IN SICUREZZA
DI UN TRATTO DI VIA RONDOLINI IN LOC. VALPIANA

art. 140 D.Lgs. 36/2023

D.M. 17 gennaio 2018

Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA

Committente

Comune di VILLADOSSOLA

Via G. Marconi, 21
28844 Villadossola (VB)

Data:

Aprile 2024

Il Tecnico:

Dr. Geol. Fabio Rastelli

STUDIO GEOLOGICO Dr. Fabio RASTELLI

Piazza Dell'Oro, 6 - 28845 Domodossola (VB)

Tel./Fax.: +39 0324 235477 - Mob. +39 347 8283919 - e-mail: georastelli@gmail.com

INDICE

1. PREMESSA	2
2. DESCRIZIONE SINTETICA INTERVENTO	2
3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	2
4. ASPETTI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA E SPECIFICI	3
4.1 Lineamenti strutturali dell'area vasta	6
5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI DELL'AREA	7
6. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' E DELLA PARAMETRAZIONE SISMICA DEL SITO INDAGATO	8
6.1 Pericolosità sismica del sito	9
6.2 Strategia di progettazione con prestazioni dell'opera attese	10
6.3 Determinazione dell'azione sismica di progetto	12
6.3.1 Analisi di risposta sismica locale	12
6.3.2 Risultati ottenuti	13
7. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA	14
8. CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE	14
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	15

ALLEGATI

- ✓ COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE - SCALA 1:10.000

1. PREMESSA

La presente Relazione geologico-geotecnica e sismica è stata redatta su incarico dell'A.C. di Villadossola, ed è a supporto del progetto per esecuzione di lavori di somma urgenza, ai sensi dell'art. 140 del D.Lgs. 36/2023, per la messa in sicurezza di un tratto di Via Rondolini in località Valpiana, nel Comune di Villadossola (VB).

Le caratteristiche dell'intervento previsto sono riportate negli elaborati progettuali redatti dallo Studio Tecnico Ing. Andrea Pagani di Domodossola (VB).

L'indagine, svolta in conformità al D.M. 17/01/2018 (NTC'18), si è posta l'unico obiettivo di caratterizzare il modello geologico-geotecnico e sismico dei terreni di imposta delle strutture, al fine di fornire il supporto geologico al Tecnico Ing. A. Pagani incaricato all'esecuzione delle verifiche di sicurezza/stabilità delle opere in progetto.

2. DESCRIZIONE SINTETICA INTERVENTO

L'intervento riguarda, in sintesi, il ripristino in somma urgenza del pendio franato immediatamente a valle della sede stradale comunale che collega la località Valpiana alla località Tappia, a seguito dell'evento meteorico dei giorni 30 e 31 marzo 2024.

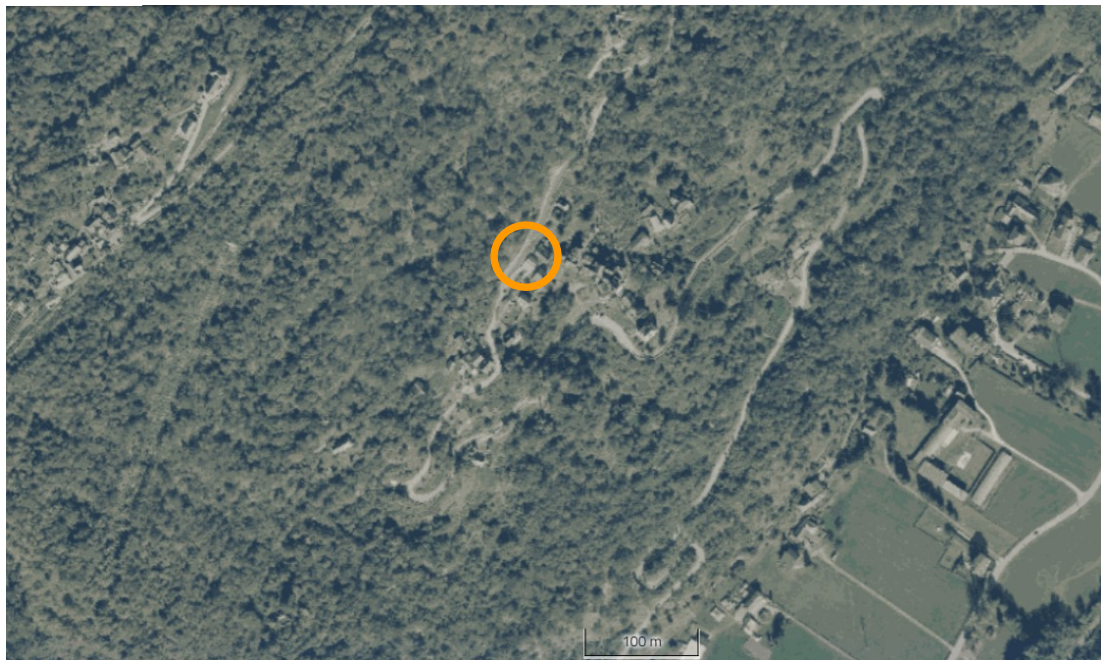
Le caratteristiche peculiari dell'intervento sono dettagliatamente riportate negli elaborati progettuali redatti dall'Ing. Andrea Pagani di Domodossola (VB).

3. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in analisi è localizzata nel territorio di competenza del Comune di Villadossola (VB), in località Valpiana, ad una quota altimetrica media pari a 420 metri s.l.m. circa.



La cartografia di riferimento, relativa all'area di intervento, si può rinvenire sulla tavoletta dell'I.G.M., a scala 1:25.000, Foglio 15 - II S.O. "Villadossola", nonché sulla Carta Tecnica Regionale BDTRE, a scala 1:10.000, "Villadossola" - sezione n° 051120.



4. ASPETTI GEOLOGICI E STRUTTURALI DELL'AREA VASTA E SPECIFICI

La caratterizzazione geologica dell'area, su ampia scala, fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio n° 15 "Domodossola", nonché la Guida Geologica Regionale – Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore – a cura

della Società Geologica Italiana, oltre alla cartografia geologica a supporto del P.R.G.C. e studi specifici eseguiti nell'intorno della zona analizzata.

L'area vasta in analisi rientra in un settore delle Alpi Occidentali dove intensi processi erosivi e deformativi hanno portato alla luce gli elementi strutturali più profondi dell'edificio alpino.

Per comprendere la storia geologica regionale, occorre riassumere i concetti fondamentali della geologia strutturale della catena alpina.

Le Alpi hanno una struttura crostale a doppia vergenza, ossia esse comprendono due catene a falde che si sono propagate in senso opposto; in particolare si possono distinguere una catena a vergenza europea o Catena Alpina in senso stretto, costituita da una sequenza di sistemi tettonici traslati verso l'avampaese europeo (generalmente verso N-W), ed un sistema tettonico meridionale a prevalente vergenza africana (traslato verso S) noto con il termine di Alpi Meridionali o Subalpino.

La Catena alpina a vergenza europea è suddivisa in alcuni elementi strutturali maggiori (sistemi tettonici) nei quali sono riuniti gruppi di falde rappresentanti precisi domini paleogeografici. Facendo riferimento all'attuale struttura delle Alpi si osservano, in successione dall'alto verso il basso stratigrafico e procedendo dalle zone interne della catena verso l'Europa centrale, i seguenti sistemi:

- ❖ Sistemi Austroalpini delle Alpi occidentali ed orientali;
- ❖ Sistemi tettonici della Zona Pennidica (superiori/interni, intermedi ed inferiori/esterni), dominanti nelle Alpi occidentali ed ai quali risultano spesso associate unità ofiolitiche di origine oceanica;
- ❖ Sistema Elvetico-Delfinese, molto esteso nelle Alpi occidentali e centrali;
- ❖ il bacino della Molassa che si estende dal Lago di Ginevra a Vienna;
- ❖ le sottili falde di scollamento del Giura Svizzero.

Le Alpi Meridionali sono a contatto con la catena a vergenza europea (Catena Alpina) con un lineamento tettonico detto Periadriatico, che si estende dalla linea del Canavese a quella del Tonale (linea Insubrica), della Gaitai e delle Karawanken (Dal Piaz, Hunziker & Martinotti, 1972).

In un breve tratto del settore Nord-Occidentale, il lineamento si suddivide in due rami che delimitano la ristretta zona tettonica del Canavese, interposta fra l'Austroalpino ed il Sudalpino.

La storia dell'orogenesi alpina è caratterizzata dal susseguirsi di più eventi deformativi sia di età prealpina che alpina.

La genesi delle falde è un processo controllato da discontinuità preesistenti e da meccanismi di taglio. Superata la transizione fragile-duttile assumono grande sviluppo le deformazioni plicative circoscritte all'interno di una singola falda o estese a più grandi gruppi di falde.

Percorrendo le Alpi Pennine e Lepontine dalla Valle d'Aosta all'alta Val d'Ossola, si osserva la potente sezione dell'intera catena alpina, costituita da una successione di falde di ricoprimento visibili per uno spessore complessivo di 20 Km.

Questa opportunità è resa possibile dall'inclinazione regionale verso S.S.W. dell'edificio a falde, da processi di denudazione tettonica, da un sollevamento differenziale che è minimo nella depressione strutturale di Aosta e massimo nella culminazione della Val Formazza, cuore della finestra tettonica dell'Ossola.

Il basamento e le coperture di queste unità sono caratterizzati, in genere, da una profonda rigenerazione metamorfica e da molteplici deformazioni duttili di età alpina (Casati, 1987).

L'evoluzione strutturale della catena alpina è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi, metamorfici e magmatici, particolarmente attivi nel tardo Paleozoico e nel Cretaceo-Terziario, che hanno profondamente mutato l'originaria ubicazione geografica dei basamenti metamorfici.

L'area di studio si colloca all'interno delle strutture appartenenti alla Zona Moncucco-Orselina-Isorno, in cui le formazioni rocciose sono composte da prevalenti paragneiss e micascisti a biotite e muscovite, con locali orizzonti minori anfibolitici. A tali unità si intercalano livelli più o meno potenti di ortogneiss granitici a grana media.

La serie Moncucco-Orselina-Isorno, del Pennidico Medio del Gran San Bernardo, rientra nel gruppo delle falde europa-vergenti, ed appartiene alla "zona delle radici" la quale costituisce il nucleo profondo delle unità Austroalpine e Pennidiche.

A questa complessa storia geologica si sono sovrapposti fenomeni di rimodellamento glaciale, fluvio-glaciale e fluviale, con relativi depositi, che hanno dato luogo alle caratteristiche morfologie vallive attualmente osservabili.

4.1 Lineamenti strutturali dell'area vasta

Da un punto di vista strutturale, l'areale ampio di indagine è caratterizzato dal passaggio di un importante lineamento tettonico denominato Linea delle Centovalli.

Circa in corrispondenza del fondovalle vigezzino, e quindi lungo circa l'asta del torrente Melezza Occidentale, passa la linea tettonica delle Centovalli, con decorso E-W, che separa in modo netto le strutture austro-alpine e sud-alpine (Sud) dalle strutture penniniche (Nord), ed è stata causa di brusche deviazioni dei corsi d'acqua locali e di forme morfologiche particolari.

In particolare, la Linea delle Centovalli è interpretabile come una dislocazione tettonica (Faglia) sub-verticale che, secondo le teorie più accreditate, prende origine dalla Linea Insubrica nei pressi di Locarno, sviluppandosi lungo le Centovalli e la Valle Vigizzo, per continuare nel fondovalle nei pressi di Domodossola e risalire verso Ovest attraversando la Valle Bognanco con il nome di Linea del Sempione.

Tale lineamento presenta, invece, andamento S.E.-N.O. e costituisce una diramazione della Linea delle Centovalli che, biforcandosi nei pressi di Bognanco, si sviluppa fino al passo del Sempione.

La presenza di questo disturbo tettonico, su vasta scala, è indicata da una fascia abbastanza continua e di spessore variabile di miloniti; queste si presentano come rocce a grana molto fine, di colore scuro, composte principalmente da biotite e quarzo ed hanno origine da processi di frantumazione e ricristallizzazione, in condizioni duttili. La grana aumenta allontanandosi dalla zona di shear.

Inoltre si evidenzia la presenza di un ulteriore lineamento strutturale che si delinea più a Nord-Est, circa lungo l'alveo del torrente Isorno, denominato Linea Isorno-Fenocchio.

Le strutture deformative che interessano l'area vasta hanno determinato l'assetto dei principali sistemi di lineazione e foliazione; questi sistemi sono attribuibili alle fasi deformative del Mishabel nonché alla successiva fase di Vanzone, sovrainposte talora dalle lineazioni milonitiche della Linea del Sempione.

Nello specifico, la zona territoriale oggetto di studio conserva l'impronta dell'evento collisionale tra la Valle d'Aosta e la Val d'Ossola, che si manifesta con una serie di deformazioni (antiforme di Vanzone, sinforme di Antrona-Bognanco, antiforme-piega retroflessa del Weissmies-Mischabel).

Le sopra citate strutture tettoniche ripiegano una preesistente pila di falde e la loro età è posteriore all'accavallamento della crosta continentale paleoafricana su quella europea ed alla sutura dell'interposto bacino ofiolitico piemontese.

Verso Sud, invece, si delinea la linea del Canavese, impostata in corrispondenza della Località Vogogna, e con decorso circa S.S.W-N.N.E.

Tale lineamento separa in modo pressoché netto la Serie Dioritico-kinzigitica dalla Serie dei Massicci gneissici, e più in dettaglio la zona Sesia-Lanzo (a Nord) dal complesso kinzigitico (a Sud); immediatamente a nord di tale linea tettonica, si entra nella catena alpina a vergenza Europea, e più precisamente ci si trova nella "zona radicale", interpretabile come una struttura assottigliata e retroflessa che porta gli scisti di Fobello-Rimella, ed il settore interno della zona Sesia-Lanzo, al di sopra della zona Ivrea-Verbanò.

Gli effetti indotti dal passaggio di tale linea strutturale ha sicuramente influito sull'assetto idrografico del territorio vasto circostante.

5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI DELL'AREA

La conformazione morfologica del territorio vasto in analisi, è stata determinata da un insieme di processi che, nel corso del tempo, si sono susseguiti ed hanno intensamente modellato le vallate di tipo alpino.

Tali fattori si possono individuare sia nella predisposizione delle rocce (vale a dire diaciasi, fratture, stratificazione, scistosità, ecc...) a reagire ai vari cicli erosivi sia nell'azione combinata dei processi chimici e fisici causati dagli atmosferici.

Ovviamente, in un contesto territoriale come quello in esame, hanno avuto un'importanza essenziale i vari cicli di erosione glaciale che si sono alternati a partire dal periodo Quaternario. In tale contesto si è assistito ad un modellamento vallivo che ha fatto assumere al territorio un tipico profilo trasversale ad "U".

Tra le varie forme singolari dell'erosione glaciale, si osservano, in quota, circhi glaciali più o meno ampi, vette piramidali di alcuni rilievi, rocce in affioramento fortemente levigate e lisce.

Il ritiro dei ghiacciai ha condotto poi all'accumulo di detriti morenici, talora con potenze significative, e successivamente erosi, incisi, rielaborati e rimodellati dall'azione delle acque.

A grande scala, le alternate pulsazioni glaciali e i connessi fenomeni di esarazione hanno causato l'approfondimento delle valli in più fasi determinando

così un tipico profilo terrazzato, con gli spartiacque diffusamente arrotondati e con deposizione di fondo sui temporanei fondovalle durante i periodi di relativa stasi tettonico-erosiva.

L'origine del deposito alluvionale caratteristico della piana di fondovalle è da riferirsi al periodo immediatamente successivo al ritiro dei ghiacciai; in tale periodo le valli ossolane erano caratterizzate da potenti coltri di copertura morenica, le quali hanno successivamente subito un intenso rimodellamento ad opera dell'erosione fluvio-torrentizia e dell'azione determinata dai ruscellamenti superficiali delle acque meteoriche.

L'asportazione dei depositi morenici da parte delle acque superficiali, associata alla spinta erosione esercitata dalle stesse sul substrato roccioso in posto (rilievi montuosi ed alvei dei corsi d'acqua), ha causato un intenso trasporto solido verso valle, convogliando il materiale nel collettore di drenaggio principale rappresentato dal Fiume Toce. Presso il punto di sbocco nel fondovalle di tale corso d'acqua (nei pressi della Località Crevoladossola) iniziò a formarsi la piana alluvionale del Toce.

6. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' E DELLA PARAMETRAZIONE SISMICA DEL SITO INDAGATO

La presente analisi è stata condotta ai sensi dell'aggiornamento delle "*Norme tecniche per le costruzioni*" di cui al D.M. 17/01/2018.

Tale normativa impone l'utilizzo di metodi di calcolo agli stati limite e l'inserimento delle azioni sismiche locali.

Lo studio si è articolato in tre diverse fasi allo scopo di determinare l'azione sismica massima di progetto preventivabile per un determinato tempo di ritorno della stessa ed una fissata probabilità di eccedenza, azione da inserire successivamente nei calcoli della capacità portante del terreno di fondazione in termini di effetti inerziali. Tale azione viene ottenuta sulla base di spettri di risposta definiti mediante le seguenti tre diverse fasi:

- ☞ individuazione della pericolosità del sito;
- ☞ scelta della strategia di progettazione;
- ☞ determinazione dell'azione di progetto.

Si sottolinea che tutte le tre fasi sopra indicate sono state affrontate con l'utilizzo del software "*Spettri NTC ver. 1.0.3*" approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e messo a disposizione dei tecnici di settore.

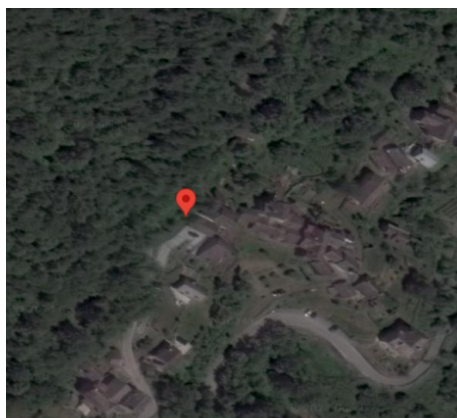
6.1 Pericolosità sismica del sito

Nella prima fase la "pericolosità sismica di base" del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A (*categorie classificate nella tabella 3.2.II del D.M. 17/01/2018*) con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} (*definite nella tabella 3.2.I. delle NTC-18*) nella vita di riferimento dell'opera V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali ottenute sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ a_g accelerazione massima sul sito (espressa in g/10);
- ✓ F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (valore adimensionale);
- ✓ T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

Tali parametri sono forniti per 10751 punti (nodi) del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano (ad esclusione delle isole per le quali occorre consultare la tabella 2) e per 9 valori del periodo di ritorno T_R . Tali punti sono definiti in termini di coordinate di latitudine e longitudine. Le coordinate del sito sono le seguenti:



WGS84: Lat 46.086211 - Lng 8.267304

ED50: Lat 46.087138 - Lng 8.268396

coordinate espresse in gradi decimali

Per qualunque punto del territorio non ricadente sui nodi del reticolo di riferimento, come nel caso in esame, il valore del generico p (a_g , F_0 , T^*_c) ad esso corrispondente è ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi a prefissati T_R (periodo di ritorno dell'azione sismica espresso in anni), utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.

Prendendo in considerazione lo stato limite ultimo SLV, dagli elaborati di calcolo si ottengono per il sito in esame (*vedi tabelle e grafici seguenti al Paragrafo 7.2*) i seguenti valori:

- ☞ $a_g = 0,076$ (g)
- ☞ $F_o = 2,527$
- ☞ $T^*_c = 0,290$ (s)
- ☞ $T_R = 475$ anni, ove $T_R = [-V_R / \ln(1-P_{VR})]$, con V_R e P_{VR} definiti di seguito

6.2 Strategia di progettazione con prestazioni dell'opera attese

Nella seconda fase, a partire dai coefficienti che definiscono il tipo di opera e la classe d'uso della costruzione, si valutano alcuni parametri *fondamentali* (*vedasi capitolo 2 NTC-18*) che brevemente riassumiamo, alcuni dei quali già menzionati sopra.

- ☐ **$V_N \Rightarrow$ vita nominale dell'opera** in base al tipo di costruzione "*intesa come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata*";

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

- ☐ **Classe d'uso** della costruzione in presenza di azioni sismiche;

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: 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.

Classe III: 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.

Classe IV: 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.

- ☐ **$V_R \Rightarrow$ Periodo di riferimento per l'azione sismica**, "*che si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_u* ", ove C_u è definito, al variare della classe d'uso, in base alla tabella seguente.

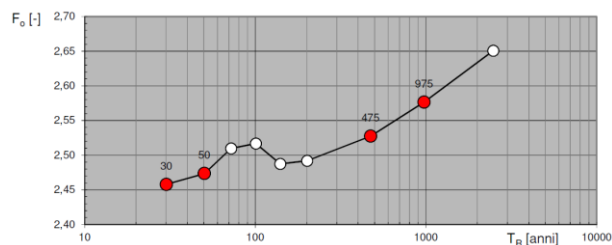
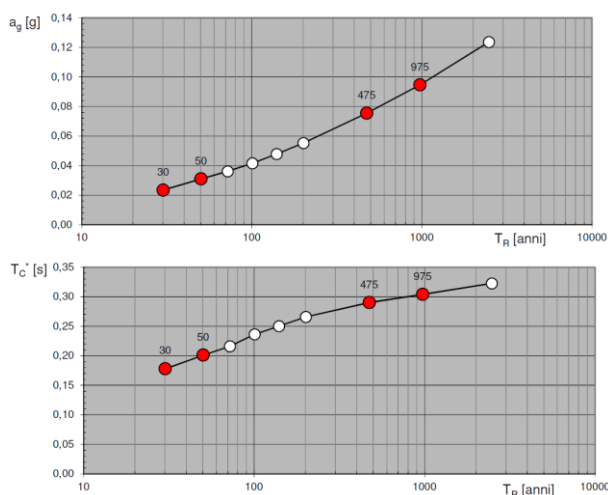
Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_u	0,7	1	1,5	2

- $P_{VR} \Rightarrow$ **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R** , che si ricava in valore percentuale per ciascuno Stato Limite considerato.

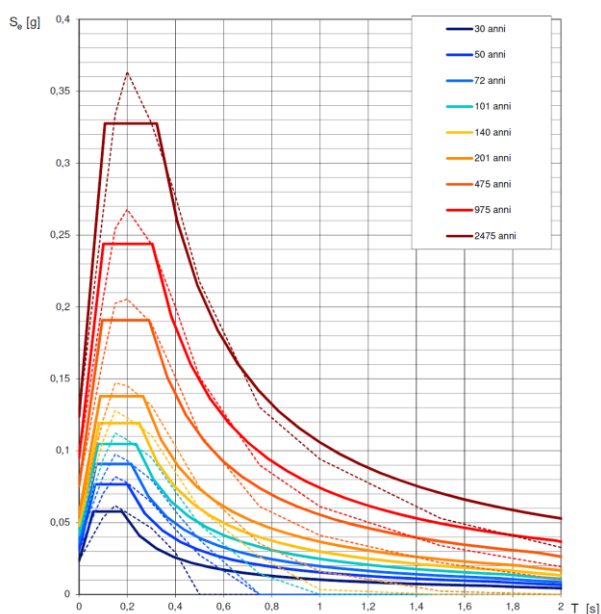
Considerando l'intervento in progetto sono stati attribuiti i seguenti valori riferiti alle tabelle relative inserite nel D.M. 17/01/2018:

- ◆ $V_N \geq 50$ ANNI (tipo di costruzione 2 $\Rightarrow$ tabella 2.4.I)
- ◆ **Classe d'uso II;**
- ◆ **Coefficiente d'uso C_u** riferibile a classe II $\Rightarrow 1$;
- ◆ $P_{VR} = 63\%$ per stato limite di esercizio (SLD);
- ◆ $P_{VR} = 10\%$ per stato limite ultimo (SLV).

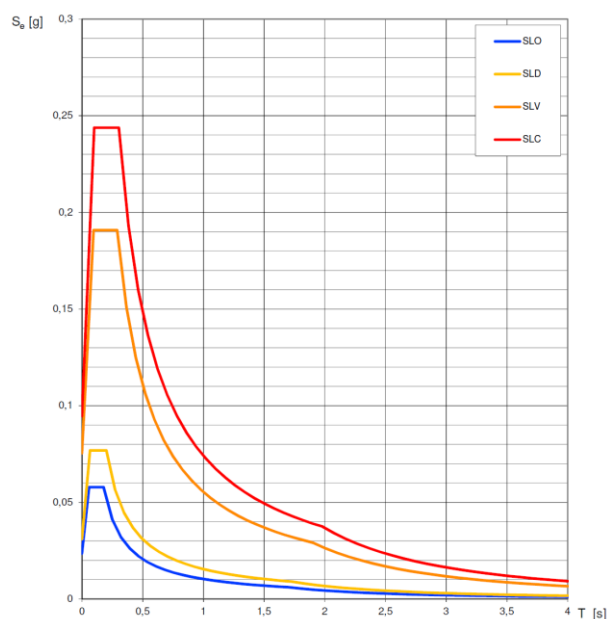
Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



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



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,024	2,458	0,178
SLD	50	0,031	2,474	0,201
SLV	475	0,075	2,528	0,290
SLC	975	0,095	2,576	0,304

6.3 Determinazione dell'azione sismica di progetto

La terza fase permette infine di ottenere il valore di progetto dell'azione sismica (*definita al § 3.2.3*) massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati T_R e P_{VR} . Tale azione è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante l'accelerazione massima attesa in superficie o accelerazione massima e relativi spettri di risposta attesi in superficie. Le due componenti orizzontali ortogonali tra loro sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.

Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale $\leq 4,0$ s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale a_g , ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di a_g si differenziano al variare della probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento T_R .

6.3.1 Analisi di risposta sismica locale

Al fine di rendere più puntuale l'analisi effettuata, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che si basa sui seguenti parametri:

- ☞ categoria di sottosuolo presente (*ottenuta dalla tabella 3.2.II delle NTC-18*);
- ☞ coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s (*ottenuto dalla tabella 3.2.IV delle NTC-18 in base a categoria di sottosuolo presente*);
- ☞ coefficiente di amplificazione topografica S_T (*ottenuto dalla tabella 3.2.V delle NTC-18*).

In riferimento ai criteri elencati al punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018 ed all'assetto litostratigrafico locale, ed in via sufficientemente cautelativa in assenza di indagini dirette, si identificano i terreni in analisi alla categoria di suolo (S_s) di fondazione tipo "E", ossia "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m".

Tale fattore è correlato al tipo di sottosuolo presente e nel caso in esame $S_s = 1,60$ [cat. sottosuolo "E"].

CATEGORIA DI SUOLO	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Di seguito si considerano, invece, le condizioni topografiche che possono determinare un'amplificazione sismica dell'evento in base alle categorie topografiche definite nelle norme (coefficiente S_t).

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	S_t (max)
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,40

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica

6.3.2 Risultati ottenuti

Ottenuti i parametri necessari per l'analisi di risposta sismica locale, è possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo A_{max} mediante la seguente relazione:

$$A_{max} = S \times a_g = [(1,60 \times 1,20) \times 0,076 \text{ g}] = \mathbf{0,146 \text{ g}}$$

dove $S = S_s \times S_t$

7. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA

Il rilievo di dettaglio ha permesso di evidenziare le caratteristiche litologiche dei terreni interessati dall'intervento in progetto, nonché di rilevare la situazione al contorno.

I materiali detritici superficiali rilevati in sito risultano quindi caratterizzati da una coltre di copertura di natura eluvio-colluviale, composta da una buona percentuale di matrice sabbioso-terrosa con debole componente limosa inglobante clasti sub-spigolosi ed eterometrici.

Dalla consultazione della tabella redatta da Casagrande e Fadum, a riguardo delle caratteristiche di permeabilità dei terreni, è possibile risalire un valore di permeabilità che, in questo caso, risulta *"discreta/scarsa"*.

Lo spessore ipotizzabile della coltre è piuttosto moderata, infatti il substrato roccioso affiora lungo la base del versante al margine di monte delle sede stradale, nonché a valle della stessa subito a monte dell'area oggetto di intervento.

8. CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

In relazione all'osservazione diretta dei terreni detritici naturali rilevati nell'intorno dell'areale di intervento, e sulla scorta di analisi correlative svolte in merito, il terreno può essere in prima analisi caratterizzato utilizzando la Classificazione U.S.C.S. (United Soil Classification System) ed assimilato al gruppo GM, definito come ghiaie limose, ghiaia mista a sabbia e limo.

La classificazione, inoltre, permette di "entrare" nella tabella che definisce i *"Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi-deformazioni di forma iperbolica - Primo Carico"*; in particolare si ricava il valore medio dell'angolo di attrito interno del materiale in oggetto, il quale nel caso specifico risulta pari a 38°. Le caratteristiche peculiari di tale gruppo di terre sono:

- possibile azione del gelo:	da lieve a media
- compressibilità e rigonfiamento:	molto lieve
- permeabilità:	da 10^{-3} a 10^{-6} cm/sec
- densità secca AASHO:	$1,90 \div 2,15$ T/m ³
- caratteristiche di compattazione:	buone con accurato controllo ruote gommate, rullo a piede di pecora
- valori tipici di progetto:	
C.B.R.	$40 \div 60$
moduli di sottofondo	$5,5 \div 8,3$ Kg/cm ²

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la definizione dei parametri caratteristici, le NTC'18 (D.M. 17/01/2018) nonché il C.S.L.P., ritengono inoltre corretto il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, quindi con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

Al fine di porsi nelle condizioni maggiormente cautelative, si è ritenuto idoneo, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine, valutare l'angolo d'attrito caratteristico attraverso l'elaborazione statistica di alcuni valori tipici acquisiti da bibliografia, nonché da rilievi diretti condotti su materiali analoghi, per la tipologia di terreno di copertura interessato dalle opere di fondazione.

In particolare, sulla scorta di dati pregressi acquisiti su terreni analoghi, si è attribuita alla litologia considerata la classificazione del suolo secondo la U.S.C.S. (Unified Soil Classification System), come indicato nel precedente *Capitolo 8*.

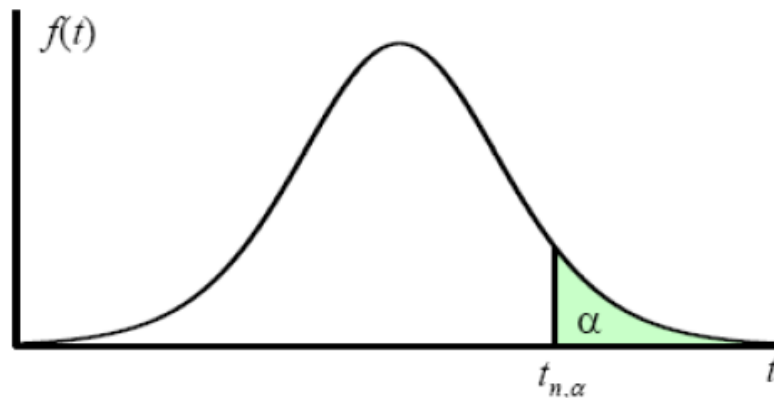
L'Eurocodice 7 introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU o di SLE.

Se si utilizzano metodi statistici (peraltro non obbligatori), la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

Si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale ci garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico ci cautele. Il valore del 95% è anche quello indicato come probabilità 'u', o integrale della funzione, nelle tavole statistiche relative ai percentili della legge di Student come illustrato in figura:

In geotecnica è circostanza decisamente non infrequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati.

Il trattamento statistico dei dati può essere eseguito anche con pochi dati a disposizione, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza regionale e locale.



Quando ci si trova, infatti, in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

L'equazione assume pertanto la seguente forma:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

- x_k è il valore caratteristico desiderato
- $\bar{x}$ con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
- z è la distribuzione normale standardizzata
- σ è la deviazione standard della popolazione
- n è la numerosità del campione

Il valore di σ nell'equazione precedente andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; quando questi mancano, si possono utilizzare i valori reperibili in letteratura. A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \frac{\sigma}{\mu}$$

dove:

σ = deviazione standard della popolazione

μ = media della popolazione

Schneider, al proposito, raccomanda i seguenti valori di COV:

- Angolo di attrito: 10 %
- Coesione: 40 %
- Modulo di comprimibilità: 40 %

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (5° PERCENTILE DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA)

Per tale tipologia di detrito di copertura si è considerata una classificazione U.S.C.S tipo GM con variabilità dell'angolo d'attrito di picco circa compresa tra 30° e 43°. Dalla trattazione statistica si ottiene:

dati	media dati		Xk	
30	36,50		32,3	Valore caratteristico
43	COV Φ %		Xd	
	10		26,8	Valore di progetto
	n° dati			
	2			
$X_k = \bar{X} - 1.645 \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$				
		Z _{0,05}	-1,6449	

I parametri geotecnici sotto indicati sono stati assunti in termini di valori caratteristici, ove con il termine caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato.

DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI			
angolo d'attrito	φ _K	32	[°]
peso di volume	γ	1,85	[T/m ³]
coesione	c	0,0÷0,2	[T/m ²]
permeabilità	k	discreta/scarsa	

Come indicato al precedente Capitolo 7, il substrato roccioso si insedia a bassa profondità dal p.c., pertanto non è da escludere l'intercettazione dello stesso, anche parziale, in fase di scavo preparativo all'imposta delle nuove opere di sostegno.

In tale eventualità si dovrà prevedere l'imposta in roccia previo livellamento del piano di appoggio ed asportazione della porzione superficiale, se alterata; le opere dovranno essere rese solidali all'ammasso mediante barre in acciaio ad aderenza migliorata.

Domodossola, Aprile 2024

COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO

SCALA 1:10.000

STRALCIO BDRE 051120 - VILLADOSSOLA

