



**INTERVENTI DI MITIGAZIONE IDRAULICA INERENTI
L'INTERVENTO PNRR 03 DI COSTRUZIONE NUOVO PONTE
SUL TORRENTE LEALE, SR UD 41 DI FORGARIA AL
PROGRESSIVO KM 17+300 IN COMUNE DI TRASAGHIS E
MANUTENZIONE DEL PONTE DELL'ARMISTIZIO SUL
TORRENTE ARZINO AL PROGRESSIVO KM 1+200 IN
COMUNE DI FORGARIA NEL FRIULI**

**RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA
VARIANTE URBANISTICA N. 32**

COMMITTENTE: Ente di Decentramento Regionale di Udine



ZOZ dott. VANNI
Via Baldo, 38 – Tel. 0432/785711
Cell 00393383342579
33013 GEMONA DEL FRIULI (UD)
E-Mail: vanni.zoz@libero.it



SOMMARIO

PREMESSA	pag. 3
Riferimenti bibliografici	
Riferimenti normativi	
CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA	pag 4
Intervento	
Ubicazione geografica - Corografia	
Modello morfologico e geologico	
Lineamenti strutturali	
Carte geologiche e geolitologiche	
VINCOLI DI CARATTERE URBANISTICO E TERRITORIALE	pag 12
Analisi della sensibilità geologica del sito - P.R.G.C.	
Vincoli P.A.I. - P.G.R.A	
Faglie attive e capaci	
Classificazione sismica	
Parametri sismici	
Liquefazione del terreno	
INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	pag 24
Sondaggi a carotaggio continuo	
HVSr	
INDAGINI GEOGNOSTICHE SUL SITO	pag 27
Sondaggi a carotaggio e SPT	
MASW - HVSr	
Tomografie elettriche di resistività	
MODELLO GEOTECNICO	pag 34
Parametri geotecnici del sottosuolo	
CONCLUSIONI	pag 35

ALLEGATI:

Stratigrafie sondaggi S1 e S2

Relazione geofisica T. Leale e T. Arzino preliminare

PREMESSA

Riferimenti bibliografici

Riferimenti normativi

Al fine di poter rendere conforme urbanisticamente il progetto relativo all' "Intervento di mitigazione idraulica inerente l'intervento PNRR 03 di costruzione del nuovo ponte sul Torrente Leale, SR UD 41 di Forgaria al progressivo Km 17+300, in comune di Trasaghis" è stata redatta la presente relazione geologica in previsione della Variante n. 32 al P.R.G.C. del Comune di Trasaghis.

Il presente studio, accerta la compatibilità delle previsioni urbanistiche di nuova destinazione d'uso con l'assetto geolitologico morfologico ed idrologico dell'ambito d'interesse.

L'intervento si propone di mitigare l'effetto sulla dinamica fluviale dovuto alla modifica indotta dal progetto di rifacimento del ponte sulla SR UD 41.

Si prevede di realizzare un vaso atto a contenere quota parte delle portate dell'onda di piena di progetto per consentire di laminare la portata massima transitante a valle; in tal modo si viene ad annullare l'effetto dovuto all'eliminazione dell'attuale sbarramento idraulico costituito dal manufatto esistente ed anche ridimensionare il profilo di rigurgito che nelle condizioni attuali avrebbe come effetto una tracimazione in destra idraulica a monte del ponte. L'indagine condotta in rispetto della normativa del D.M. LL.PP. 11/03/88 (*Norme tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce, ecc.*) e del D.M. 17.01.2018 (*Norme tecniche per le costruzioni*), si è avvalsa dei seguenti studi generali sull'area:

Studio geologico in prospettiva sismica del territorio, a cura di F. Sgobino, Comunità Montana del Gemonese 1982;

Relazione geologica integrativa per il nuovo PRGC, F. Sgobino, 1994;

Stratigrafia e paleo-idrografia del Friuli Centrale (Prealpi Carniche) Miocene Superiore-Pliocene Inferiore, C. Venturini, K. Discenza, Gortania, 31, 2009;

Studio di microzonazione sismica (Comune di Trasaghis) a cura di D. Seravalli e N. Glenda (2016);

Relazione geologica Variante n. 14 al PRGC Comune di Forgaria, GEAR, 2012;

Relazione geologica Variante n. 18 al PRGC Comune di Forgaria, F. Furlani, 2022;

Studio di microzonazione sismica (Comune di Forgaria) a cura di F. Furlani e A. Di Giusto (2016)

Relazione geologica Intervento urgente di consolidamento del ponte a travata multipla sul torrente Leale, SR UD 41 "di Forgaria" alla progr. Km 17+300 e ponte dell'Armistizio sul torrente Arzino alla progr. Km 1+200 in Comune di Trasaghis e Forgaria del Friuli, Zoz V, 24.04.2024

NORMATIVA DI RIFERIMENTO COMUNITARIA

Eurocodice 7. Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8. Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO NAZIONALE

D.M. LL.PP. 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii 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.

D.M. II.TT. 14/01/2008. Norme Tecniche per le Costruzioni.

D.M. II.TT. 17.01.2018. Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO REGIONALE

D.P.R.G.C. 05/04/1989, n° 0164 Pres. Regolamento di esecuzione della legge regionale n° 27/1988.

Circolare n° 3 Presidenza della Giunta Regionale, 02/07/1990. Criteri per la pianificazione urbanistica comunale degli insediamenti industriali-artigianali.

Deliberazione della Giunta Regionale n° 2325 del 01/08/2003. Recepimento Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003, aspetti geotecnici.

Legge regionale 11/08/2009, n° 16. Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio.

Deliberazione della Giunta regionale n° 845 del 06/05/2010. Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità ai sensi dell'Art 3, comma 2, lett. a) della legge regionale n° 16/2009.

CARATTERISTICHE GENERALI DELL'AREA

Intervento

Ubicazione geografica

Modello morfologico e geologico

Lineamenti strutturali

Carta geologica e geolitologica

Il progetto prevede la realizzazione di un invaso (bacino di laminazione) in destra orografica del torrente Leale in fregio lato nord della S.R. 41 su un'area depressa rispetto alla giacitura della stessa della superficie di circa 55 ha e di provvedere contestualmente allo sghiaimento di un tratto di Torrente in prossimità dell'attuale ponte per un volume di circa 15.000 mc su una lunghezza dell'asta di circa 215 m. Il medesimo materiale verrà utilizzato per la formazione di rilevati stradali e per la formazione dei corpi arginali del bacino stesso.

L'intervento ricade nella Tavola alla scala 1:25.000 della Carta Regionale Numerica (C.R.N.) denominata 049-SO "*Gemona del Friuli*" e nell'Elemento alla scala 1:5.000 della Carta Tecnica Regionale Numerica (C.T.R.N.) denominato 049091 "*Trasaghis*".

Il manufatto d'interesse è ubicato a quota 187 m s.l.m.m., poco a monte dell'abitato di Trasaghis, lungo la S.P. n. 42 che conduce all'abitato di Avasinis, lungo la piana occupata un tempo dal paleo-alveo di F. Tagliamento, come testimoniato da depositi formati da antiche ghiaie riconducibili proprio al suo bacino imbrifero e ubicate poco più a nord e localizzate entro il territorio comunale di Cavazzo Carnico.

Il momento di più intenso approfondimento della valle può essere ricondotto al periodo del Messiniano, quando i movimenti tettonici in atto produssero la temporanea chiusura del bacino del Mediterraneo. L'evaporazione conseguente fu causa dell'abbassamento del livello di base di tutti gli affluenti producendo di conseguenza una fase erosiva che si propagò verso monte fino a giungere alla catena alpina ancora in fase di formazione.

Stime effettuate quantificano l'approfondimento della Val del Lago in più di 100 m.

Al termine di questo periodo la conca del Mediterraneo tornò a riempirsi d'acqua ed il nuovo livello di base per i fiumi si stabilizzò all'altezza di Osoppo-Braulins. Tagliamento e Fella avevano qui la loro foci, gradatamente cominciarono ad estendere i loro delta verso il mare, formando l'inizio di quella che sarà poi la Pianura Friulana.

Il sollevamento produsse una fase di intenso alluvionamento.

Nel periodo successivo, la presenza dei ghiacciai in questa zona modificò di molto l'aspetto del paesaggio in quanto il loro effetto erosivo era di elevata intensità. A questo periodo viene fatto risalire lo smantellamento della dorsale montuosa che univa il M.te San Simeone e il M.te Amariana, che produsse la deviazione del Tagliamento e la confluenza con il fiume Fella si stabilizzò nella posizione attuale. La Val del Lago divenne da allora un tratto vallivo abbandonato dal fiume che lo aveva generato.

La deposizione dell'anfiteatro morenico e la demolizione della dorsale di Cimano determinarono lo spostamento del fiume Tagliamento verso il percorso attuale (passante per la stretta di Pinzano). Al ritiro del ghiacciaio esso dovette costruire un enorme sbarramento naturale al flusso delle acque. Si formò in questo modo un vasto bacino lacustre che estendeva verso nord due appendici: fino a Somplago da un lato e Venzone dall'altro.

Attualmente, dopo circa 10.000 anni dal ritiro definitivo del ghiacciaio, il trasporto solido dei fiumi principali e dei loro affluenti lo hanno quasi completamente colmato, ma nella zona più protetta dalle alluvioni sopravvive ancora un lembo marginale rappresentato dal lago di Cavazzo, mentre più a sud, nei dintorni di Avasinis, si rinvengono ancora zone paludose di recente colmamento.

La piana di Avasinis un tempo era occupata da una vasta palude; tale ambiente si era generato a causa della difficoltà dei deflussi in direzione del Fiume Tagliamento dato che le alluvioni di quest'ultimo risalgono per breve tratto la Val del Lago, sbarrando le alluvioni del Palar dirette in direzione opposta.

Solamente agli inizi del secolo scorso l'area fu oggetto di bonifica idraulica e recuperata all'agricoltura, tramite la realizzazione di due canali di sgrondo, che lavorano per gravità, e confluenti nel Torrente Melò.

La falda in questa area è prossima alla superficie topografica. Nel punto di osservazione n. 13 a quota campagna 185.2 m s.l.m.m. la profondità della falda freatica si attestava a - 0,40 m dal p.c.

Nel corso delle terebrazioni lo specchio freatico è stato intercettato alla profondità di 2,90 m (Sondaggio S1) e 3,20 m (Sondaggio S2), approssimativamente alla quota dell'alveo del T. Leale.

COROGRAFIA

C.T.R.N. scala 1:5.000 - elemento 049091 "Trasaghis"



Coordinate baricentro:

Longitudine: 350.655 m

Latitudine: 5.127.552 m

Sistema di riferimento ETRF2000

Sistema di coordinate cartografiche UTM 33 RDN2008 EPSG 6708

Reticolo riportato nel Sistema di coordinate geografiche RDN2008 EPSG 6706

Sulla base alla Cartografia Geologica Ufficiale (Carta geologica d'Italia Foglio n.49 – Gemona del Friuli, scala 1: 50.000) l'area in oggetto rientra in una porzione di territorio omogeneo dal punto di vista geologico e litologico definito come "Unità Superiore dei Bacini Secondari" Pleistocene sup. – Attuale (Cfr. **Carta geologica**). È un'unità informale che comprende in zona le alluvioni di conoide della piana della Val del Lago formatesi durante e dopo l'Ultimo Massimo Glaciale. Le facies prevalenti sono date da depositi alluvionali e fluvioglaciali costituiti da ghiaie sabbiose carbonatiche, con ciottoli subarrotondati, da classate a mal classate, con tessitura clasto-sostenuta, da sabbie debolmente limose, con tessitura matrice-sostenuta, da limi sabbiosi. L'addensamento dei depositi è variabile.

Sono presenti altresì depositi palustri costituiti da sabbie, limi e argille, debolmente ghiaiosi, laminati, contenenti torbe, ubicati nella porzione di piano a valle del Lago dei Tre Comuni.

dott. geol. Vanni Zoz – Gemona del Friuli

I versanti dei rilievi circostanti sono modellati in rocce di natura prevalentemente carbonatica, con formazione di estese coperture detritiche, di età compresa fra il Triassico Superiore (Carnico Superiore) ed il Cretacico Inferiore (Barremiano). Le formazioni riconosciute in affioramento in prossimità dell'area indagata si riassumono come di seguito:

- **Dolomia Principale (DPR)** (Carnico Superiore p.p. – Norico):
si presenta in forma di dolomie da biancastre a nocciola, a grigio chiare in strati da medi a spessi, organizzati in cicli peritidali di dolomicriti bioturbate a *Megalodon gümbeli* subtidali, facies stromatolitiche inter-sopratidali e breccie monogeniche a supporto di matrice dolomitica.
- **Rosso Ammonitico Veronese (ARV 3)**
Micriti nodulari rossastre, talora bianco-verdastre o grigie, spesso con noduli di selce rossa, con ammoniti e belemniti; rari interstrati marnosi e locali intercalazioni di calcareniti e di calciruditi bioclastiche gradate.
- **Formazione di Fonzaso (FOZ)**
l'unità è costituita da alternanze irregolari di calcari selciferi micritici e biocalcareni e biocalciruditi torbiditiche. Calcari a grana molto fine in strati decimetrici, ricchi di noduli e liste di selce bruna e rossastra. Talvolta la parte silicizzata prevale su quella calcarea fino a essere costituita da esclusivamente da strati decimetrici di selce rossa, lo spessore è molto vario, a causa della diversità dei processi deposizionali e dalla distanza con la piattaforma carbonatica alimentatrice.

PALEO-DRENAGGI DEL SISTEMA TAGLIAMENTO-FELLA

(tratta da: C. Venturini, K. Discenza, 2009)

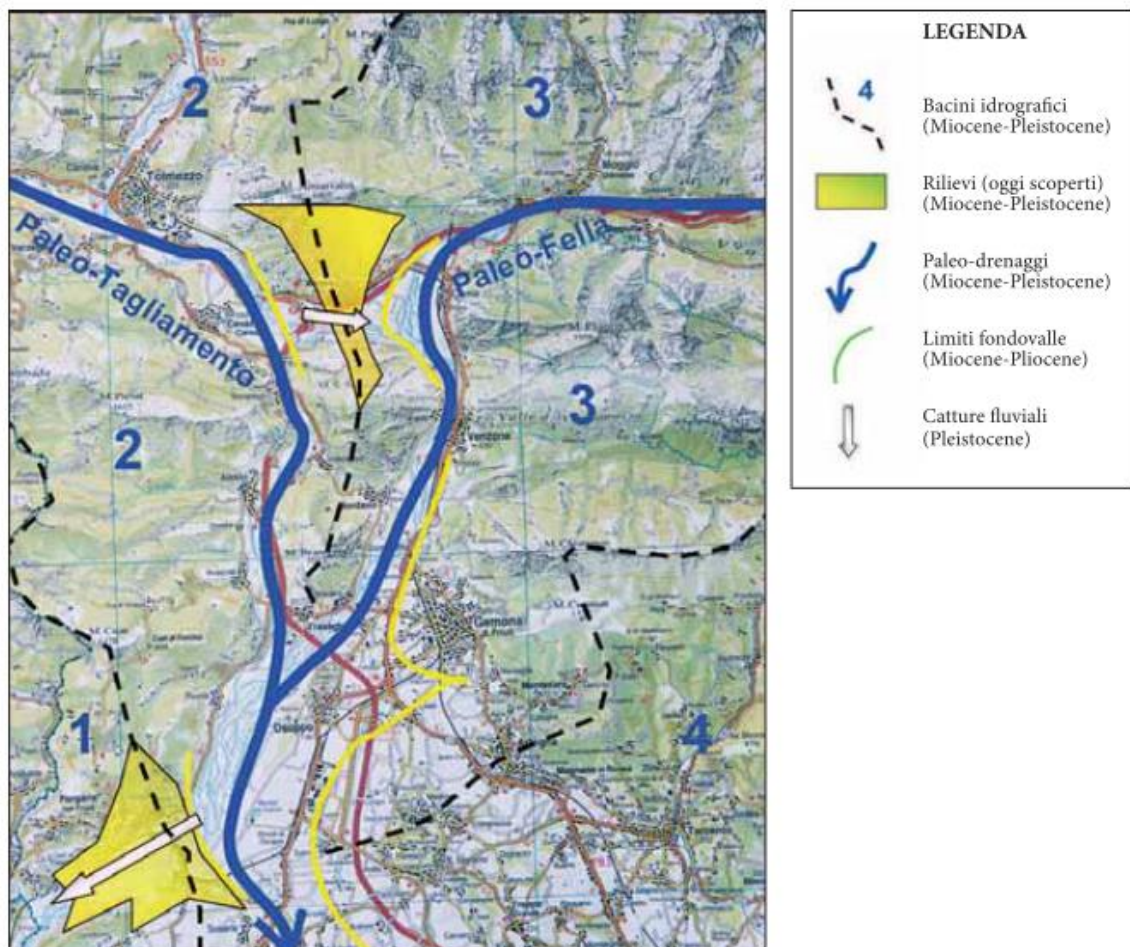


Fig. 29- Paleodrenaggi del sistema Tagliamento-Fella durante il Mio-Pliocene. I due corsi fluviali, diversamente da quanto accade oggi, restavano indipendenti fino al raggiungimento della zona di Osoppo. Lo dimostrerebbero le direzioni di avanzamento degli apparati deltizi che nel Miocene sup. si riversavano nel paleo-Lago di Osoppo e Braulins.

Lineamenti strutturali

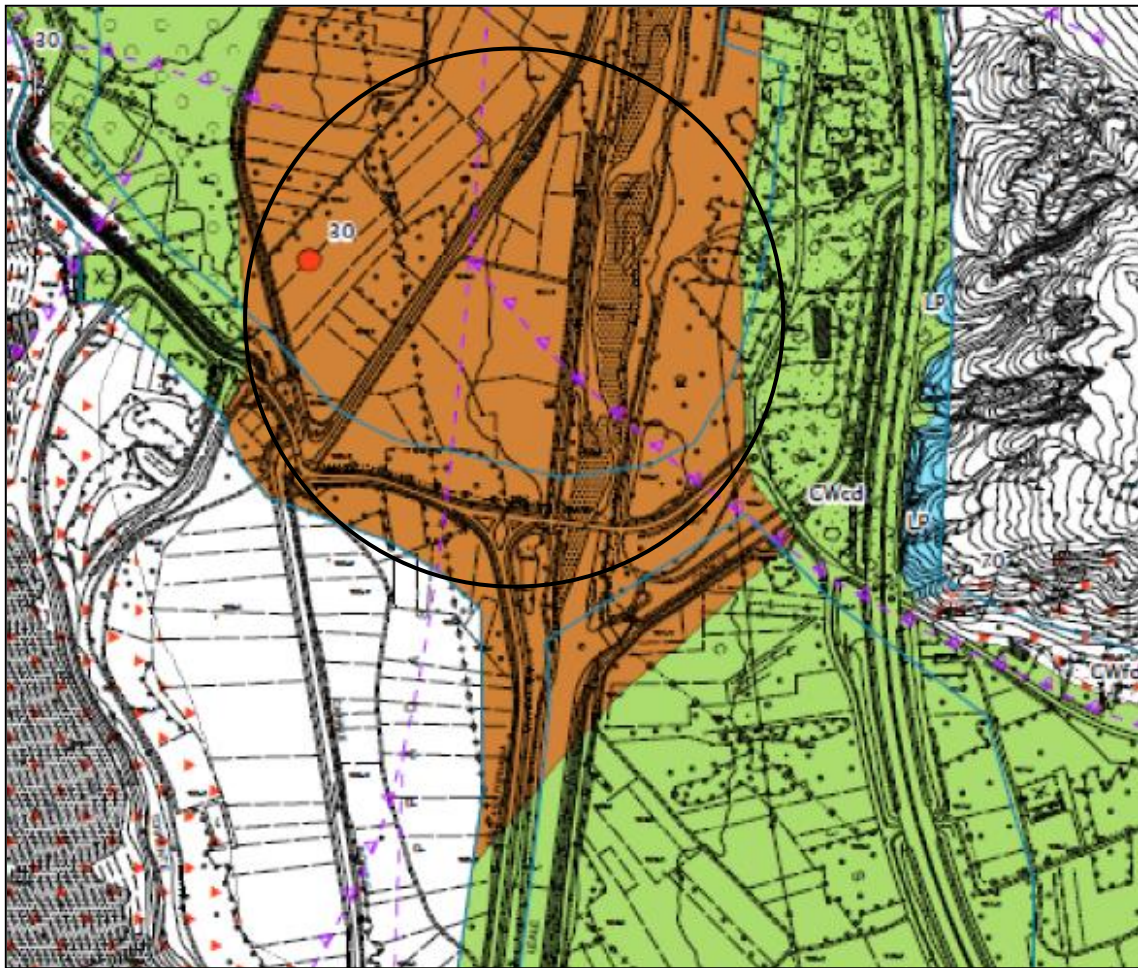
La sismicità dell'area é molto elevata Il territorio montano risulta infatti interessato da numerosi disturbi tettonici principali e da una rete più o meno fitta di disgiunzioni secondarie, con direzioni variabili ma prevalentemente E-W, WNW-ESE. Gli elementi più significativi sono il sovrascorrimento noto come "*linea Pinedo-Avasinis*" ed il sovrascorrimento di interesse regionale "*linea Periadriatica*", con piano orientato circa E-W e immergente a N con inclinazione variabile fra 20°- 60° sull'orizzonte.

Più a SW nell'area del M. Covria il *sovrascorrimento di Pielungo* pone a contatto la Formazione del Flysch di Grivò (GRI) con la Formazione della Dolomia principale (DP); questa faglia basale con direzione NE-SW prosegue, con tratto incerto, lungo la valle del Lago con direzione N-S: le caratteristiche di quest'ultimo tratto è stato descritto nel paragrafo inerente le faglie attive e capaci.



Legenda

- Unità superiore dei bacini secondari**
 BTR Ghiaie sabbiose, clasti subarrotondati, tessitura clasto-sostenuta, grossolanamente stratificate, sabbie limose debolmente ghiaiose, limi sabbiosi massivi (*depositi alluvionali e fluvioglaciali* - BTR_b)
- Unità di Torcello**
 POI Ghiaie grossolane subarrotondate in matrice sabbiosa
 POI₁₀ (*depositi alluvionale* - POI_{10b})
- Dolomia Principale**
 DPR da biancastre a nocciola e grigio chiare, in strati da medi a spessi, con livelli a megalodontidi (Carnico sup. p.p. - Retico p.p. DPR)
 DPR₇
 DPR₆
- faglia certa, incerta o sepolta
 —> faglia trascorrente destra
 —< faglia trascorrente sinistra



Legenda

CWca	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di conoide alluvionale
CWcd	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di conoide detritica
CWcz	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di conoide di deiezione
CWes	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie delle alluvioni recenti
CWfd	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di falda detritica
CWpd	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie di piana pedemontana
OLpa	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità di ambiente palustre
LP	Lapideo

Elementi tettonico strutturali

- Faglia trascorrente potenzialmete attiva (presunta)
- ▲▲▲ Faglia inversa potenzialmete attiva (presunta)

CARTA DELLE CARATTERISTICHE LITOLOGICHE-TECNICHE DEI TERRENI SUPERFICIALI
(tratta da: F. Sgobino, 1982)



G1 GHIAIA LOCALMENTE SABBIOSA e/o LIMOSA CON LENTI DI SABBIA e/o LIMO

**GS_m - DS_m
GS_m - CLC** GHIAIA E SABBIA LIMO-ARGILLOSA (LIMO E ARGILLA + 25%) SCIOLTA O DEBOLMENTE CEMENTATA

GSM GHIAIA E SABBIA CON LIMO ED ARGILLA (LIMO ED ARGILLA + 25%)

SGM SABBIA E GHIAIA CON LIMO ED ARGILLA (LIMO ED ARGILLA + 25%)

M_s - S_m ALTERNANZA DI LIMO SABBIOSO E SABBIA LIMOSA

M LIMO ED ARGILLA

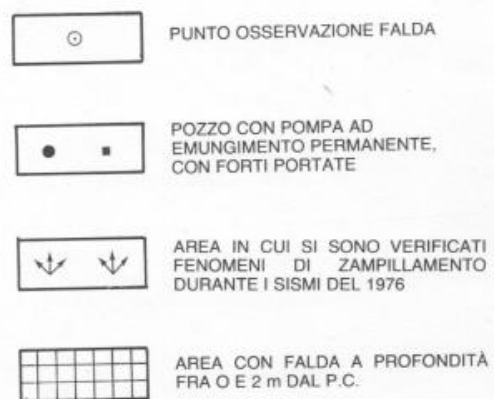
T TORBA

A **B** LIMITE FRA AREE A LITOTIPO DIFFERENTE (A - REALE - B - PRESUNTO)

 SONDAGGIO ELETTRICO

 BASE SISMICA

 SONDAGGIO MECCANICO



VINCOLI DI CARATTERE URBANISTICO E TERRITORIALE

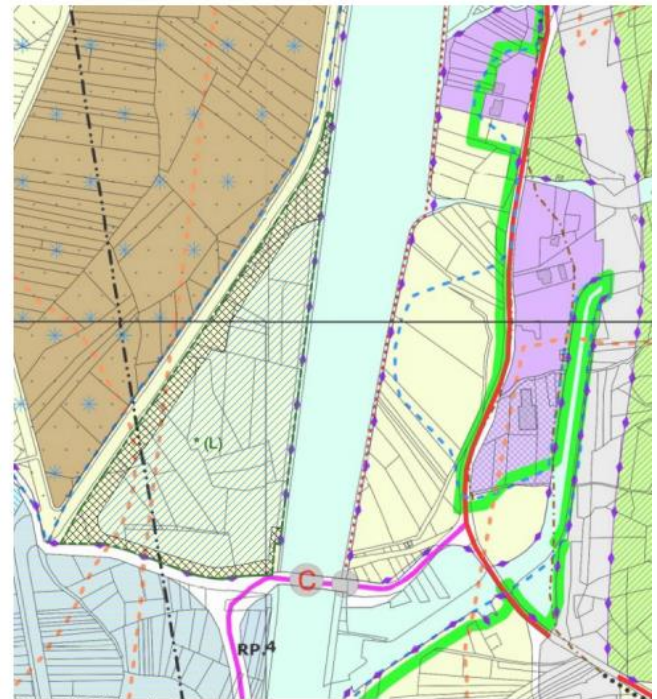
Analisi della sensibilità geologica del sito - P.R.G.C.
Vincoli P.A.I. - P.G.R.A
Faglie attive e capaci
Classificazione sismica
Parametri sismici

P.R.G.C.





Nell'attuale P.R.G.C. (Variante n. 20) l'area d'interesse risulta perimetrata come zona E4 (Zone agricole paesaggistiche) e zone agricole di interesse produttivo-ambientale (R.P. 4 Piano di Somplago, di Alesso e di Avasinis).

Per la realizzazione della nuova struttura è stata redatta apposita Variante (Variante n. 32), in corso di approvazione che ha come oggetto l'individuazione di superfici da assoggettare a vincolo preordinato all'esproprio e ad asservimento relativamente a porzioni di aree classificate come "E4 - Zona agricolo-paesaggistica" posta nell'immediato versante nord-ovest del ponte in questione.

Tale variazione si rende necessaria a fronte del progetto di rifacimento del ponte sulla SR UD 41, al fine di destinare tale area a bacino di mitigazione dell'effetto sulla dinamica fluviale dovuta alla modifica indotta dal progetto sopra richiamato.



Estratto P.R.G.C. variante 32

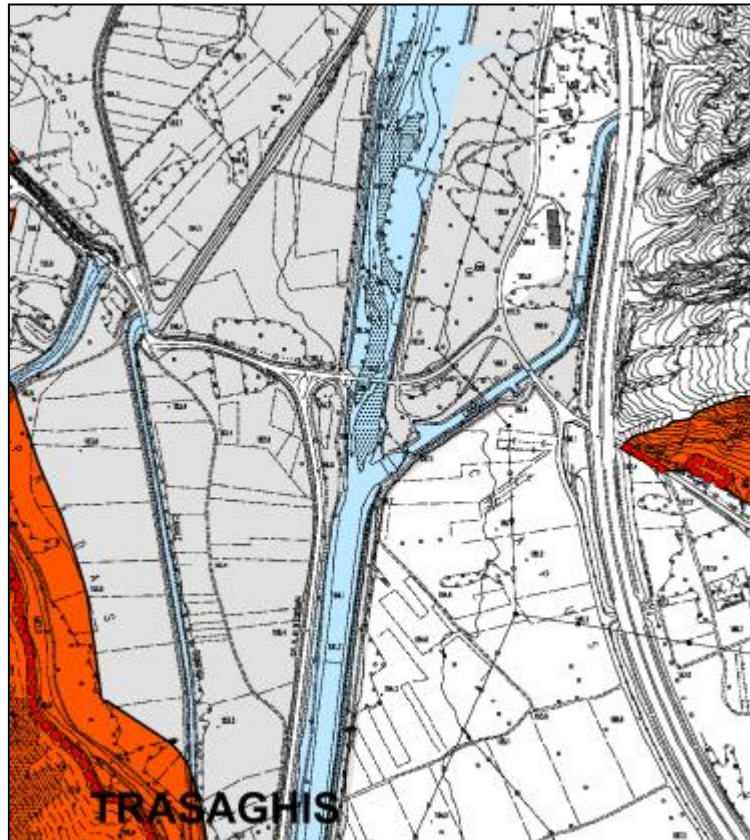
-  Area soggetta a vincolo preordinato all'esproprio EDR Udine per le opere di formazione di arginatura a delimitazione del bacino di laminazione
-  Area soggetta ad asservimenti per le aree di laminazione
-  Perimetro zona esondabile
-  * (L) Zona esondabile

P.R.G.C. COMUNE DI TRASAGHIS
(da: eaglefvg.regione.fvg.it)

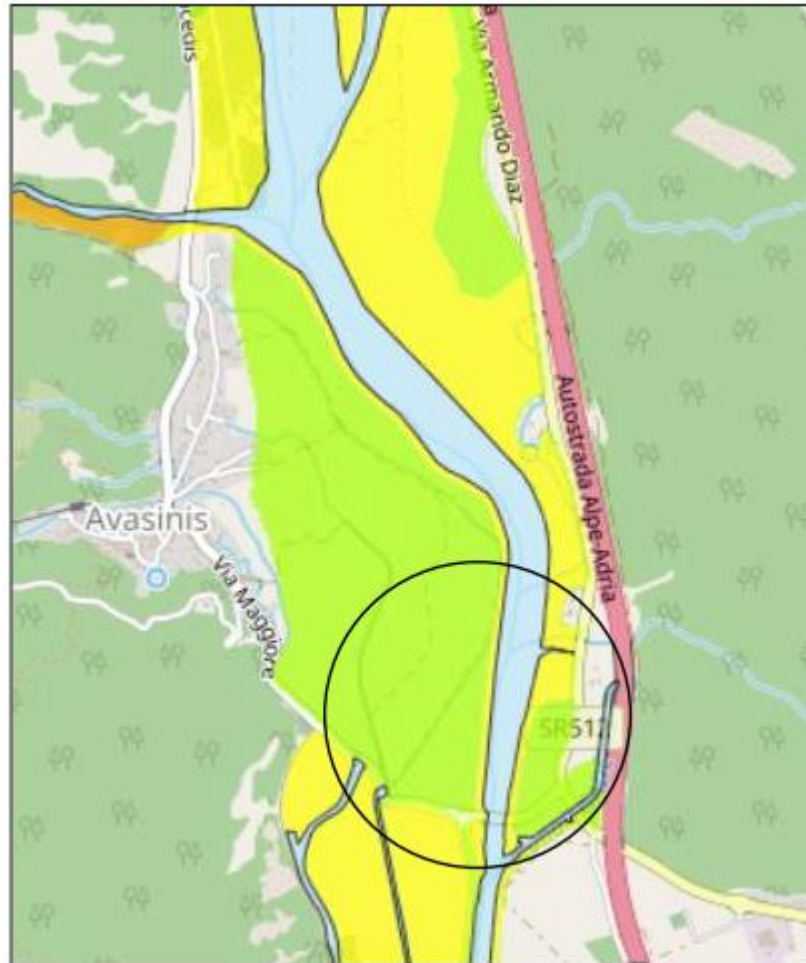
Vincoli P.A.I. – P.G.R.A.

L'area in oggetto si colloca all'interno del bacino del Fiume Tagliamento.






Essa non risulta soggetta a penalizzazioni di carattere geologico (*Carta della pericolosità geologica*: Comune di Trasaghis Tav. 4/5), mentre è perimetrata dal punto di vista idraulico in area P1 e P2 come evidenziato nel "*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Tagliamento*" (P.A.I. 2012), sostituito dal portale SIGMA (*Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni*) gestito dall'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali) adottato con pubblicazione in G.U n 29 del 4 febbraio 2022.



COMUNE DI TRASAGHIS
PERICOLOSITÀ GEOLOGICA
(da: P.A.I. Tagliamento, 2012 Tav. 4/5)



Perimetrazione e classi di pericolosità idraulica

-  F - Area Fluviale
-  P1 - Pericolosità idraulica moderata
-  P2 - Pericolosità idraulica media
-  P3 - Pericolosità idraulica elevata
-  P4 - Pericolosità idraulica molto elevata

COMUNE DI TRASAGHIS PERICOLOSITÀ IDRAULICA

(da: <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>)

Il Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA), è redatto, adottato e approvato quale stralcio del piano di bacino a scala distrettuale e interessa il territorio della Regione del Veneto e della Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, nonché delle Province autonome di Trento e di Bolzano che provvedono ai sensi dell'articolo 17 del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 e nel rispetto del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) di cui al decreto del Presidente della Repubblica 31 agosto 1972, n. 670.

Il Piano ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, tecnico-operativo e normativo che:

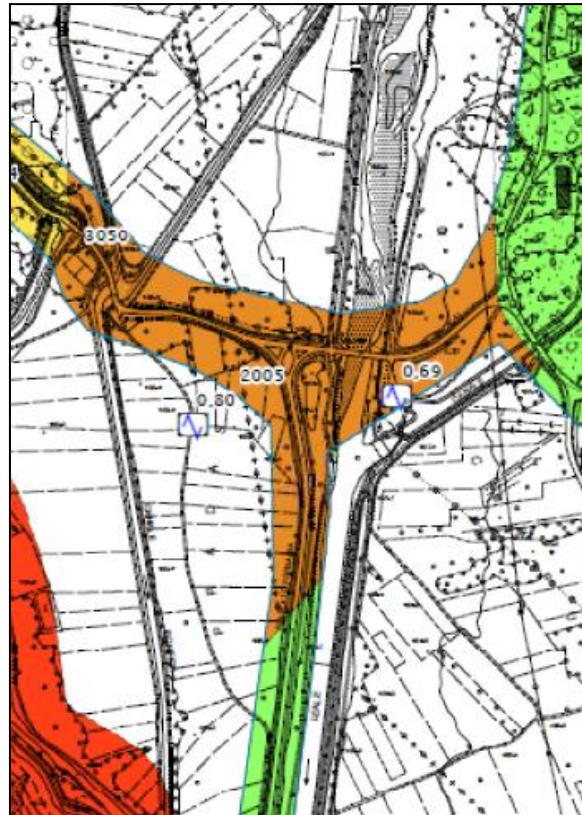
dott. geol. Vanni Zoz – Gemona del Friuli


- individua e perimetra le aree a pericolosità idraulica, le zone di attenzione, le aree fluviali, le aree a rischio, pianificando e programmando le azioni e le norme d'uso sulla base delle caratteristiche fisiche e ambientali del territorio interessato;
- coordina la disciplina prevista dagli altri strumenti della pianificazione di bacino presenti nel distretto idrografico delle Alpi Orientali.

Dal punto di vista della Microzonazione Simica l'area d'interesse rientra fra le "Zone stabili suscettibili di amplificazione locali" nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale.

Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



-  Zona 5 (2005) – Limi organici (OL) con intercalazioni di sabbie limose, miscela di sabbia e limo (SM) e ghiaie pulite, miscela di ghiaia e sabbia (CW) poggianti su substrato lapideo (LP) posto ad una profondità superiore a 30m.

CARTA DELLE MOPS

Estratto fuori scala della tavola "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", (Seravalli D. Nicola G., 2016)

Faglie attive e capaci

Circa la presenza di Faglie Attive e Capaci, la consultazione del Catalogo apposito realizzato da ISPRA (Progetto ITHACA, disponibile in rete <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>), individua in prossimità dell'area d'interesse il lineamento tettonico denominato "linea di Osoppo-Cavazzo, parte terminale del Sovrascorrimento di Pielungo, di cui si riporta un estratto della scheda. (Le faglie attive e capaci sono definite come faglie che si sono attivate almeno una volta negli ultimi 40.000 anni e potenzialmente possono creare una deformazione/dislocazione in superficie).

Gli studi a tale riguardo risultano scarsi; nel corso dei rilievi non è comunque emersa la presenza di forme morfologiche o indizi riconducibili alla presenza di faglie capaci. Anche l'ubicazione non risulta accertata vista l'assenza lungo la piana di affioramenti litoidi.

dott. geol. Vanni Zoz – Gemona del Friuli

La Linea di faglia è stata riportata secondo la carta geologica 1:10.000 redatta per la Carta Geologica d'Italia 1:50.000; nelle Note Illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 foglio 049 Gemona del Friuli, non sono riportati riferimenti sulla identificazione del tracciato nell'area di piano.

Nella CARTA DELLE MOPS relativa al livello MS1 non sono state perimetrare Zone di Attenzione (ZAFAC); "la presenza di una coltre alluvionale con spessore superiore a 100 m rende difficile la collocazione di questi lineamenti strutturali con precisione. Tali lineamenti sono peraltro considerati potenzialmente attivi".



ISPRA

(progetto ITHACA catalogo delle faglie attive)

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	77013
Fault Name	Osoppo-Cavazzo
Region Name	Friuli Venezia Giulia
Tectonic Environment	ND
System Name	Sovrascorrimento del Friuli
Synopsis	
Rank	Secondary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	E
Fault Length (km)	5.3
Mapping Scale	1:10000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Strike Slip SX

ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	Pleistocene generic
Applied Technique	Field studies

Il geodata base delle faglie attive redatto dalla Regione Autonoma FVG e promosso dal Servizio geologico in collaborazione con il Dipartimento di Matematica e Geoscienze dell'Università degli Studi di Trieste, il Dipartimento di Scienze AgroAlimentari, Ambientali e Animali dell'Università degli Studi di Udine e l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale – OGS, classifica il “sovrascorrimento di Pielungo” sulla base dell'attività come “attività quaternaria indeterminata” (età quaternaria non documentata con indice di attendibilità pari a 0.23) e non risultano segnalati indizi di attività recente (Faglie_Attive_FVG_-_ALLEGATO_A_-_Carta_degli_indizi).

Il presunto andamento della struttura tettonica è riportato anche nella **Carta geologico-tecnica** allegata allo Studio di microzonazione sismica (D. Seravalli, G. Nicola, 2016).



Banca dati Faglie Attive - faglie attive

per classificazione di attività

- attiva
- potenzialmente attiva
- attività quaternaria indeterminata
- attività indeterminata

per tipo

- ▼▼ sovrascorrimento
- ▼▼ faglia inversa
- faglia diretta
- faglia trascorrente
- faglia trascorrente destra
- faglia trascorrente sinistra
- ▼▼ faglia transpressiva
- ▼▼ faglia transpressiva destra
- ▼▼ faglia transpressiva sinistra
- faglia transtensiva sinistra

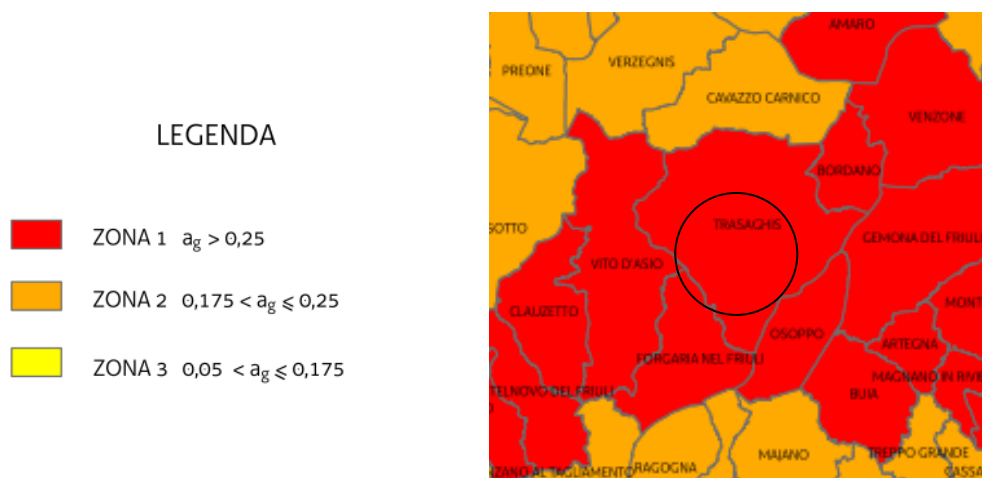
Banca dati delle faglie attive del Friuli Venezia Giulia - Allegato C carta delle faglie attive
<https://www.regione.fvg.it/rafvf/cms/RAFVG/ambiente-territorio/geologia/FOGLIA35/>

Classificazione sismica

A movimenti in ambito neotettonico (Pliocene-Attuale) di sollevamento generalizzato della regione montuosa, con formazione o riattivazione di faglie e di lento abbassamento della pianura, segnalati dal Feruglio fin dal 1925, conseguono frequenti e talora intense scosse telluriche, sono prevedibili infatti terremoti dell'VII÷VIII grado della scala M.C.S. e accelerazioni al suolo dell'ordine di $0.10\div 0.14 g$ con periodo di ritorno di cento anni. Il comune di Trasaghis è stato quindi inserito con D.M. 11.01.82 tra le località sismiche di prima categoria ($S=12$).

In seguito, in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (O.P.C.M. n. 3274/2003) recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", recepita dalla Regione Friuli Venezia Giulia con delibera della Giunta Regionale n° 2325 del 1 agosto 2003, il territorio del Comune di Trasaghis era classificato in Zona Sismica 1 ovvero a pericolosità alta con accelerazione prevista al suolo maggiore a $0,25 g$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (accelerazione orizzontale massima convenzionale pari a $0,35 g$).

L'attribuzione al Comune di Trasaghis della "ZONA 1" (aree ad "alta sismicità") è stata confermata dalla Deliberazione della Giunta Regionale n° 845/06.05.2010 – "Classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia", che, in sostituzione della precedente Deliberazione, aggiorna l'elenco delle zone dichiarate sismiche in attuazione all'OPCM n° 3519/2006 ed alla L.R. n° 16/11.08.2009 – "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio".



Estratto della classificazione sismica del territorio del Friuli Venezia Giulia
(da Allegato alla DGR 845/2010)

Questa classificazione rimane tuttavia il riferimento solo per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica a livello comunale. In caso di specifici interventi sul territorio, infatti, la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non "zona dipendente". Con l'O.P.C.M. n. 3519/2006, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante ($V_{S30} > 800$ m/sec; categoria di sottosuolo del tipo A), che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Con tale Ordinanza è stata adottata una suddivisione con intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a $0,025$ come previsto dal D.M. 14/09/2005, con perimetrazione indipendente dai limiti amministrativi. In seguito, il D.M. 14/01/2008 nonché il successivo aggiornamento D.M. 17/01/2018 ("Norme Tecniche per le Costruzioni") hanno introdotto una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 10 km, per ognuno dei quali (Cfr. Tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14/01/2008) sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento.

Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifiche del sito stesso, necessarie come dati di ingresso per la progettazione strutturale. In tutto il territorio nazionale vige quindi l'obbligo

dott. geol. Vanni Zoz – Gemona del Friuli

di progettare le nuove costruzioni e intervenire sulle esistenti con il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite e tenendo conto dell'azione sismica.

In particolare, il D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (N.T.C.) recita al paragrafo 3.2 che la pericolosità sismica è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido di categoria A ("ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori delle velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m") con superficie topografica orizzontale (categoria T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) ed in condizioni di campo aperto, cioè in assenza di manufatti. I caratteri del moto sismico sul sito di riferimento indicato sono descritti dalle seguenti grandezze:

- a_g accelerazione orizzontale massima attesa;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Con l'introduzione del D.M. 14/01/2008 e del successivo aggiornamento D.M. 17/01/2018, la definizione degli spettri di risposta delle azioni sismiche di progetto per un generico sito del territorio nazionale relativi ad uno Stato Limite è articolata in tre fasi:

1. determinazione della pericolosità sismica di base del sito;
2. scelta della strategia di progettazione;
3. determinazione dell'azione di progetto.

Determinazione della pericolosità sismica di base

Per la determinazione della pericolosità sismica di base, sono state inserite le coordinate del sito, espresse in gradi decimali, entro il programma "Spettri-NTC" versione 1.03 prodotto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Ne è stato quindi individuato il posizionamento all'interno della maglia di microzonazione sismica. Nello specifico gli identificativi dei nodi del reticolo intorno al sito di interesse sono quelli riportati nella Tabella 1 dell'Allegato B al D.M. stesso e risultano:

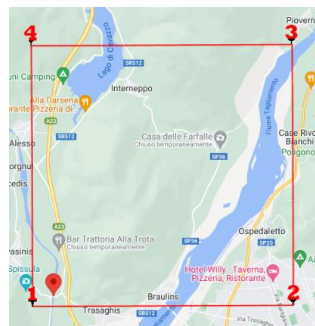
Sito in esame

Latitudine: 46,285993

Longitudine: 13,062135

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 8985	Lat: 46,2842	Lon: 13,0564	Distanza: 484,851
Sito 2 ID: 8986	Lat: 46,2844	Lon: 13,1286	Distanza: 5109,698
Sito 3 ID: 8764	Lat: 46,3344	Lon: 13,1283	Distanza: 7403,193
Sito 4 ID: 8763	Lat: 46,3342	Lon: 13,0561	Distanza: 5376,280



Maglia di microzonizzazione sismica (nodi 1-4)

Scelta della strategia di progettazione

Per definire la strategia di progettazione è necessario definire la vita nominale V_N (Cfr. Tabella 2.4.I delle N.T.C.) della costruzione ed il coefficiente d'uso c_u , vale a dire un valore assegnato a seconda della classe d'uso (Cfr. Tabella 2.4.II delle N.T.C.).

Nella presente elaborazione, a tali parametri sono stati assegnati i seguenti valori:

Classe d'uso	IV (funzioni pubbliche importanti)
Coefficiente d'uso	2,0
Vita nominale V_N	50 anni

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle N.T.C. tale lasso di tempo è denominato "periodo di riferimento" V_R mentre la "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" è chiamata P_{VR} . Essendo $V_R = V_N * c_u$, nel caso specifico esso è pari a 100 anni. Il valore di P_{VR} , invece, è uguale a quello ricavabile dalla Tabella 3.2.I delle N.T.C. in funzione dello Stato Limite considerato.

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} in funzione 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%

Nel caso in esame si ottengono i valori indicati nella figura e nella tabella riassuntive sottostanti.


Determinazione dell'azione di progetto


Per la valutazione della risposta sismica del sito in esame è necessario tener conto anche delle condizioni stratigrafiche e topografiche specifiche; la scelta della categoria di sottosuolo e della categoria topografica deve essere effettuata utilizzando le classificazioni esposte nelle tabelle 3.2.II e 3.2.III delle N.T.C. 2018 di seguito riportate.

Stati limite

 Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti... ▾

 Vita Nominale 50 ▾

 Interpolazione Media ponderata ▾

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	60	0.100	2.437	0.264
Danno (SLD)	101	0.130	2.412	0.281
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.345	2.403	0.349
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.454	2.411	0.370

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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 $i > 30^\circ$

La **categoria di sottosuolo**, in base ai dati geologici e sismici a disposizione (Cfr. *Indagine sismica* allegata), è attribuibile a quella **C**: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 compresi fra 180 m/s e 360 m/s.


La **categoria topografica** è riferibile a **T1**.

In sintesi, per le caratteristiche sismiche del terreno di fondazione, è possibile assumere i seguenti parametri di pericolosità sismica, assimilando l'opera a costruzioni di classe d'uso IV (*funzioni pubbliche importanti*).

Parametri sismici



Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	100 anni
Coefficiente c_u :	2,0
Classe:	2
Vita nominale:	50

Coefficienti sismici


 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)	us (m)
1	0.1

 Cat. Sottosuolo	C
 Cat. Topografica	T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,20	1,04
CC Coeff. funz categoria	1,63	1,60	1,49	1,46
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s^2]  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.036	0.047	0.116	0.472
kv	0.018	0.023	0.058	0.236
Amax [m/s^2]	1.478	1.918	4.066	4.626
Beta	0.240	0.240	0.280	1.000

Determinazione della suscettibilità a liquefazione del terreno

Secondo i risultati ottenuti dallo studio di microzonazione sismica del Comune di Trasaghis, l'ipotesi di liquefazione è stata certificata e documentata in occasione degli eventi sismici del terremoto del 1976. Il perimetro dell'area liquefacibile è stato realizzato utilizzando i limiti indicati dal P.R.G.C. vigente ed implementati con gli studi e le indagini eseguite per la realizzazione della microzonazione.

Tali aree sono state perimetrare laddove siano presenti sequenze di terreni alluvionali costituite da sabbie sciolte o poco addensate con presenza di falda superficiale. La Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (MOPS) non inserisce l'area in oggetto all'interno dei terreni suscettibili di potenziale liquefazione.

Secondo le NTC 2018 (Par. 7.11.34.2), la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

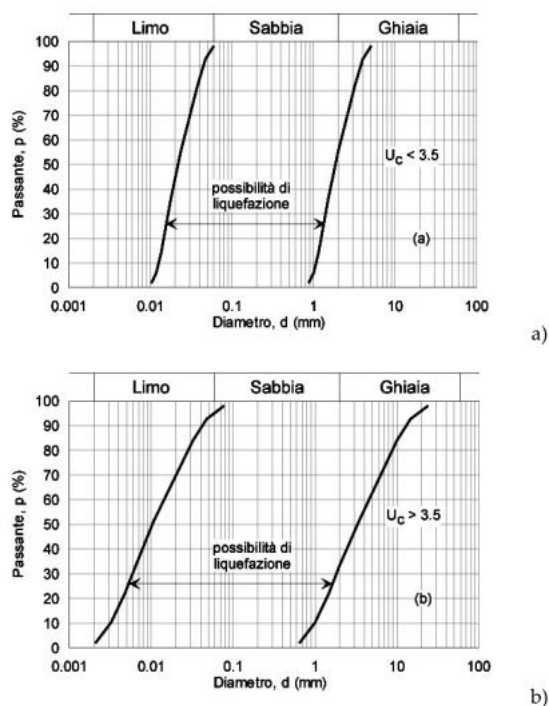


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

Metodi di analisi

Quando nessuna delle condizioni del § 7.11.3.4.2 risulti soddisfatta e il terreno di fondazione comprenda strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili.

Salvo utilizzare procedure di analisi avanzate, la verifica può essere effettuata con metodologie di tipo storico-empirico in cui il coefficiente di sicurezza viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto. La resistenza alla liquefazione può essere valutata sulla base dei risultati di prove in sito o di prove cicliche di laboratorio. La sollecitazione indotta dall'azione sismica è stimata attraverso la conoscenza dell'accelerazione massima attesa alla profondità di interesse.

L'adeguatezza del margine di sicurezza nei confronti della liquefazione deve essere valutata e motivata dal progettista

Per la verifica della presenza di terreni potenzialmente soggetti al fenomeno della liquefazione è stato utilizzato il metodo di Sherif & Ishibashi (1978), che in prima battuta restringe il campo delle stratigrafie potenzialmente soggette a fenomeni di liquefazione ai livelli che presentano le seguenti caratteristiche:

- *Siano costituiti da sabbie e sabbie limose*
- *Si trovino sotto il livello statico della falda*
- *Gli strati di copertura non abbiano spessore maggiore di 3 metri.*

In pratica il fenomeno della liquefazione riguarda i terreni scarsamente addensati e non coesivi, in falda.

I sondaggi eseguiti per l'area in oggetto non hanno condotto a riscontri del fenomeno; gli strati superficiali presentano almeno una delle seguenti caratteristiche:

Profondità della falda 3,0 m;

Strati di copertura a composizione ghiaiosa sabbiosa e limo sabbiosa o limo argillosa

Gli strati sabbiosi presentano una copertura maggiore di 3 m

Presentano un grado di addensamento da addensato a molto addensato

Hanno un contenuto di fino (sabbie limose)

L'area è pertanto esclusa dal potenziale rischio di liquefacibilità secondo i criteri previsti al punto 7.11.3.4 delle NTC (2018).

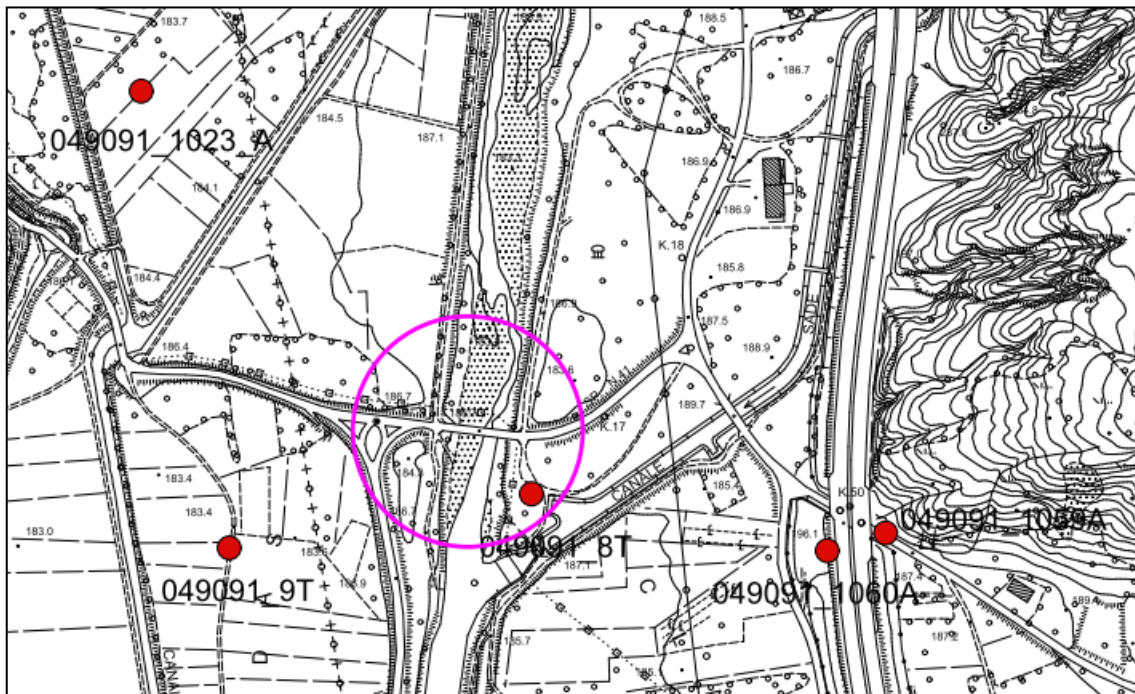
INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Sondaggi a carotaggio continuo
HVSr

Nella tavola di seguito allegata tratta dal sito "Eaglefvg – Archivio delle indagini geognostiche" è riportata l'ubicazione delle indagini geognostiche reperibile nell'area d'interesse.

Esse sono tratte da F. Sgobino, 1982 (sondaggio 049091_1023A) e da D. Seravalli e N. Glenda (2016) (HVSr 049091_8T e 049091_9T).

Dei sondaggi meccanici 049091_159A e 049091_160A non è riportata la stratigrafia ma solo l'indicazione bibliografica (Casati E., Zorzi P., Fanzutti G.P., Onofri R., Stefanini S., Kobec O. (1977), Indagini geologico-tecniche di pronto intervento nei comuni colpiti dal sisma 6/v/1978) e la profondità raggiunta G/12 e G/18. (G = ghiaie ?).



Il sondaggio a carotaggio continuo n. 049091_1023A (n. 13 F. Sgobino, 1982) individua la seguente stratigrafia:

<i>dal p.c.</i>	<i>fino a - 2,00 m</i>	<i>limo con livelli ghiaiosi</i>
<i>da - 2,00</i>	<i>fino a - 5,00 m</i>	<i>limo sabbioso</i>
<i>da - 5,00</i>	<i>fino a - 11,00 m</i>	<i>limo torboso debolmente ghiaioso</i>
<i>da -11,00</i>	<i>fino a - 23,00 m</i>	<i>ghiaia con limo torboso debolmente argillosa</i>
<i>da -23,00</i>	<i>fino a - 30,00 m</i>	<i>argilla sabbiosa azzurra con ghiaietto</i>

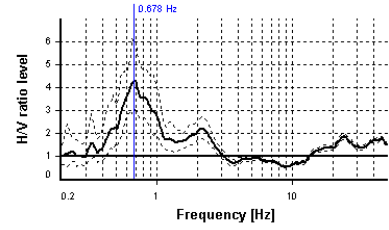
La profondità della falda freatica si attestava a – 0,40 m dal p.c.

Dai due HVSr reperibili dallo studio di microzonazione sismica (049091_8T e 049091_9T) si possono ricavare lo spessore del deposito alluvionale (superiore a 100m) e, orientativamente, la $V_{s30} = 300 \div 350$ m/s, associabile ad un suolo di categoria C: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 compresi fra 180 m/s e 360 m/s.

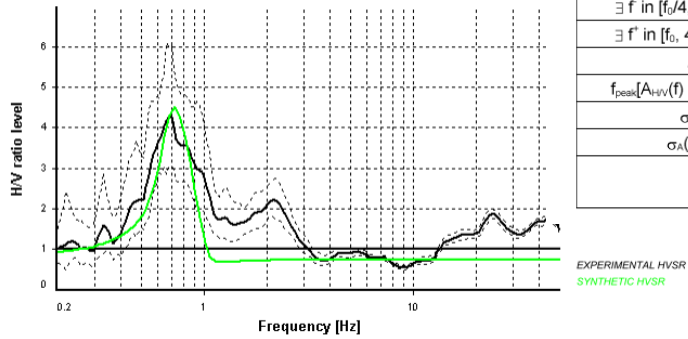
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency
0.678 Hz

A_0 amplitude = 4.266
Average $f_0 = 0.695 \pm 0.116$

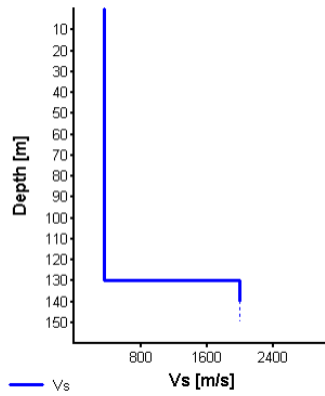


Synthetic HVSR modelling



HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	19 valid windows (length > 14.75 s) out of 19	OK
$n_c(f_0) > 200$	257.64 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 49	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0$	0.44718 Hz	OK
$\exists f'$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f') < A_0$	1.08662 Hz	OK
$A_0 > 2$	4.27 > 2	OK
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	2.74% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11634 >= 0.1017	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.41123 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

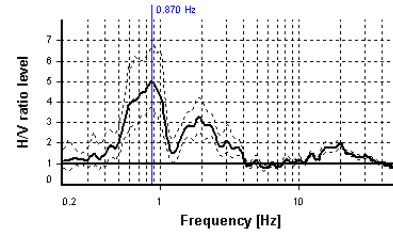
H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
130	130	550	350	2000
-	> 130	3000	2000	2000



Vs 30 = 350 m/s (Offset = 0 m)

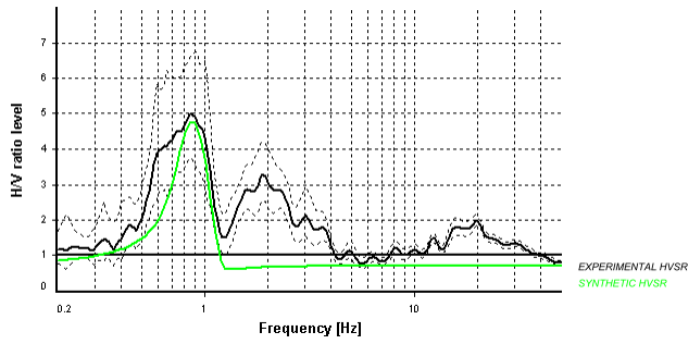
SESAME CRITERIA

Selected f_0 frequency
 0.870 Hz
 A_0 amplitude = 4.997
Average $f_0 = 0.804 \pm 0.146$

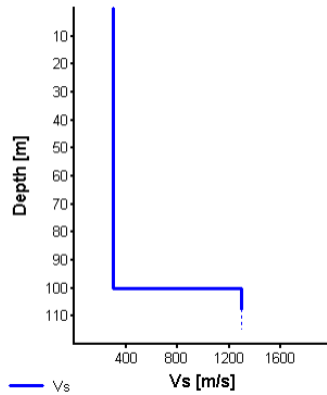


HVSR curve reliability criteria		
$f_0 > 10 / L_w$	21 valid windows (length > 11.49 s) out of 21	OK
$n_c(f_0) > 200$	365.53 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 49	OK
HVSR peak clarity criteria		
$\exists f$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{HV}(f) < A_0$	0.51372 Hz	OK
$\exists f^*$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{HV}(f^*) < A_0$	1.11719 Hz	OK
$A_0 > 2$	5 > 2	OK
$f_{peak}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	2.81% <= 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.14612 >= 0.13055	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.33776 < 2	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Synthetic HVSR modelling



H [m]	D [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	ρ [kg/m ³]
100	100	500	300	2000
-	> 100	2200	1300	2000



Vs 30 = 300 m/s (Offset = 0 m)

INDAGINI GEOGNOSTICHE SUL SITO

Sondaggi a carotaggio e SPT
MASW - HVSR
Tomografie elettriche di resistività

A valle del sito d'interesse sono state eseguite, per il rifacimento del ponte stradale, le seguenti indagini geognostiche:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continue con prove SPT in foro;
- n. 1 indagine MASW con associata misura HVSR;
- n. 2 tomografie elettriche tridimensionali di resistività ERT.

La posizione delle indagini ed i relativi report sono riportati nell'allegata Relazione alle indagini geofisiche (a cura di InSitu, marzo 2024)

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO CON SPT IN FORO

Di seguito si riporta in tabella un estratto della litostratigrafia emersa dai sondaggi a carotaggio, dei risultati ottenuti dalle prove SPT eseguite in foro e delle misure eseguite sul sedimento estratto mediante penetrometro tascabile e scissometro.

Essendo il risultato della prova SPT influenzato oltre che dalla tecnica di perforazione, dal diametro di perforazione e dalla lunghezza delle aste, il numero dei colpi è stato corretto secondo Terzaghi e Peck (1948), secondo la seguente espressione

$$N' = NSPT * C$$

In cui:

Lunghezza aste	Coefficiente C
Da 3 m a 4 m	0.75
Da 4 m a 6 m	0.85
Da 6 m a 10 m	0.95
Da 10 m a 30 m	1.00
Maggiore 30 m	>1.0

Correlazioni

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno in seguito all'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica avviene attraverso correlazioni affidabili ricavate da letteratura tecnica la cui validità è confermata a livello internazionale.

Consistenza ed addensamento del terreno

La consistenza dei terreni a granulometria fine (argille, limi argillosi) può essere stimata mediante la tabella sottostante:

argilla, limi	indice di consistenza	coesione non drenata (kg/cm ²)
molto soffice	≈0,0	<0,1
soffice	0,00÷0,25	0,10 ÷ 0,25
plastica	0,25÷0,50	0,25 ÷ 0,50
dura	0,50÷0,75	0,50 ÷ 0,75
molto dura	0,75÷1,00	0,75 ÷ 1,00
durissima	> 1,00	> 1,00

Mentre lo stato di addensamento del terreno granulare può essere valutato comparando i valori di addensamento con quelli relativi alle prove S.P.T., riportati nella sottostante tabella (da Meyerhof) :

sabbia, ghiaia	densità relativa	N S.P.T.	Angolo di attrito
molto sciolta	< 0,2	< 4	< 28°
sciolta	0,2-0,4	4 ÷ 10	28° ÷ 30°
moderat. addensata	0,4-0,6	10 ÷ 30	30° ÷ 35°
addensata	0,6-0,8	30 ÷ 50	35° ÷ 40°
molto addensata	> 0,8	> 50	> 40°

Angolo di attrito ϕ

Sono state utilizzate due correlazioni suggerite da SHIOI & FUKUNI Road Bridge Specification (1982) e Peck-Hanson & Thornburn valida per tutti i tipi di suolo. L'angolo di attrito è pari a:

$$\phi = \sqrt{15 \cdot N_{spt}} + 15 \quad \varphi = 27,2 + 0,28N_{spt}$$

Modulo elastico E

SCHMERTMANN (1978): questa correlazione è valida per le sabbie in generale. La correlazione calcola il modulo di Young senza considerare l'influenza della pressione efficace, portando così ad una diminuzione del valore di E con la profondità.

$$E = 2 B \cdot N' \text{SPT}$$

Dove

B= 4 per sabbie fini

B =6 per sabbia media

B = 10 sabbia grossolana e ghiaie

SONDAGGIO MECCANICO N. 1

Stratigrafia

Prof		descrizione
m	m	
0	0.2	terreno vegetale
0.2	2.3	ghiaia poligenica medio-fine arrotondata con sabbia limosa nocciola
2.3	3.6	limo sabbioso ghiaioso nocciola
3.6	6	ghiaia poligenica da fine a grossa arrotondata sabbiosa debolmente limosa nocciola con ciottoli fino a 8 cm
6	6.6	limo sabbioso da nocciola a grigio
6.6	7.1	limo argilloso grigio
7.1	8.8	ghiaia poligenica da fine a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
8.8	9.7	limo argilloso debolmente sabbioso grigio
9.7	11.2	ghiaia poligenica da fine a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
11.2	13	limo sabbioso argilloso grigio
13	15	ghiaia poligenica da fine a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
15	15.8	limo argilloso sabbioso grigio
15.8	17	sabbia fine limosa grigia
17	18.5	limo sabbioso
18.5	20.3	limo sabbioso argilloso grigio con livelli centimetrici di torba
20.3	22.5	ghiaia poligenica medio-fine arrotondata limosa sabbiosa grigia
22.5	22.9	limo sabbioso grigio
22.9	24.4	sabbia fine limosa grigia
24.4	24.8	torba
24.8	26.1	limo argilloso debolmente sabbioso grigio
26.1	28.6	ghiaia poligenica medio-fine arrotondata limosa sabbiosa grigia
28.6	30	sabbia medio fine debolmente limosa grigia
		terreno prevalentemente incoerente
		terreno prevalentemente coesivo

SONDAGGIO MECCANICO N. 1

Parametri geotecnici (profondità falda, carico a rottura, cu, N_{SPT}, consistenza/addensamento, φ, E)

Prof m	m	falda m	pket Kg/cm ²	cu kg/cm ²	SPT N2+N3	C	N° = N°C (Terzaghi e Peck, 1948)	consistenza addensamento	φ = (15*N) ^{0.5} +15 (Shiol & Fukui, 1982)	φ = 27.2 +0.28 N° (Peck-Hanson)	E = 2*B*N° (Schmertmann, 1978) kg/cm ²
0	0.2										
0.2	2.3			15	0.75	11	sciolto	28	30		225.00
2.3	3.6	2.9		10	0.75	8	sciolto	26	29		60.00
3.6	6			8	0.85	7	sciolto	25	29		136.00
6	6.6			9	0.95	9	sciolto	26	30		68.40
6.6	7.1		1.25	0.65			dura				72.00
7.1	8.8			11	0.95	10	sciolto	28	30		209.00
8.8	9.7		1.25	0.38	5	0.95	plastica	23	29		38.00
9.7	11.2			28	1	28	moder. addensato	35	35		560.00
11.2	13		1.8	0.45	6	1	plastica	24	29		48.00
13	15			20	1	20	moder. addensato	32	33		400.00
15	15.8		1.58	0.45	10	1	plastica	27	30		80.00
15.8	17			34	1	34	addensata	38	37		272.00
17	18.5		1.46	0.3	20	1	moder. addensato	32	33		160.00
18.5	20.3			62	1	62	plastica	45	45		100 (stima)
20.3	22.5			57	1	57	molto addensata	44	43		1240.00
22.5	22.9			64	1	64	plastica	46	45		200.00
22.9	24.4			57	1	57	molto addensata	44	43		684.00
24.4	24.8						soffice				
24.8	26.1		2.43	0.89			molto dura				150 (stima)
26.1	28.6			64	1	64	molto addensata	46	45		1280.00
28.6	30										

Prof		descrizione
m	m	
0	1.3	riporto: ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata sabbiosa nocciola con pezzi di cls
1.3	2.9	ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
2.9	3.6	limo sabbioso nocciola
3.6	5.3	ghiaia poligenica medio-fina arrotondata limosa sabbiosa nocciola
5.3	5.5	limo argilloso ghiaioso grigio
5.5	6	ghiaia poligenica medio-fina arrotondata limosa sabbiosa nocciola
6	7.5	limo sabbioso argilloso grigio
7.5	8.8	ghiaia poligenica medio-fina arrotondata limosa sabbiosa nocciola
8.8	10	limo sabbioso argilloso grigio
10	11.2	ghiaia poligenica medio-fina arrotondata limosa sabbiosa da grigio a nocciola
11.2	13.5	limo sabbioso argilloso grigio
13.5	13.9	sabbia fina limosa grigia
13.9	15.3	ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
15.3	16.7	limo argilloso debolmente sabbioso grigio con resti lignei
16.7	18.1	sabbia medio-fina debolmente limosa grigia con livelli centimetrici ghiaiosi
18.1	21.1	limo sabbioso argilloso grigio con livelli centimetrici di torba
21.1	22	ghiaia poligenica medio-fina arrotondata limosa sabbiosa da nocciola a grigia
22	22.5	sabbia fine limosa grigia
22.5	22.8	limo argilloso da grigio scuro a grigio
22.8	25.3	sabbia medio-fina debolmente limosa grigia con livelli centimetrici ghiaiosi
25.3	26.7	limo sabbioso argilloso grigio con livelli centimetrici di torba
26.7	30	ghiaia poligenica da fina a grossa arrotondata limosa sabbiosa nocciola
		terreno prevalentemente incoerente
		terreno prevalentemente coesivo

SONDAGGIO MECCANICO N. 2

Parametri geotecnici (profondità falda, carico a rottura, cu, N_{SPT}, consistenza/addensamento, φ, E)

Prof m	m	faida m	poket kg/cm ²	cu kg/cm ²	SPT N2+N3	C	N' = N°C (Terzaghi e Peck, 1948)	consistenza addensamento	φ = (15*N) ^{0.5} +15 (Shioi & Fukui, 1982)	φ = 27.2 +0.28 N' (Peck-Hanson)	E = 2*B*N' (Schmertmann, 1978) kg/cm ²
	0	1.3									
	1.3	2.9			13	0.75	10	sciolto	27	30	195
	2.9	3.6	3.2		8	0.75	6	sciolto	24	29	48
	3.6	5.3			10	0.85	9	sciolto	26	30	170
	5.3	5.5						plastica			70
	5.5	6						sciolto			170
	6	7.5		0.75	9	0.95	9	soffice	26	30	68
	7.5	8.8			9	0.95	9	sciolto	26	30	171
	8.8	10		1.25	7	1	7	plastica	25	29	56
	10	11.2			13	1	13	moder. addensata	29	31	260
	11.2	13.5		1	6	1	6	plastica	24	29	48
	13.5	13.9			12	1	12	moder. addensata	28	31	96
	13.9	15.3			13	1	13	moder. addensata	29	31	260
	15.3	16.7		1.4	0.43			plastica			80
	16.7	18.1			19	1	19	moder. addensata	32	33	380
	18.1	21.1		1.67	0.42			plastica			100 (stima)
	21.1	22			47	1	47	addensata	42	40	940
	22	22.5						moder. addensata			380
	22.5	22.8		2	0.84			molto dura			150 (stima)
	22.8	25.3			68	1	68	molto addensata	47	46	1360
	25.3	26.7		2.88	0.73			dura			100 (stima)
	26.7	30			56	1	56	molto addensata	44	43	1120

TOMOGRAFIE ELETTRICHE DI RESISTIVITA'

Scopo principale dell'indagine è la verifica della geometria delle fondazioni del manufatto, in particolare delle due pile centrali.

I dati ottenuti (resistività apparenti) servono a costruire un modello matematico che permette di restituire un'immagine 3D del terreno in cui viene compiuta l'investigazione; immagine nella quale, grazie ad una scala cromatica predefinita, si possono identificare volumi omogenei che si riconoscono nel medesimo valore di resistività e che corrispondono ad una precisa informazione qualitativa. S

Sono infatti stabilite e condivise nella letteratura tecnica delle "forbici" di valori di resistività che rappresentano qualitativamente la natura del mezzo investigato per i vari tipi di litologie naturali (Cfr: tabella sottostante)

Tipo di terreno	Resistività del terreno ρ [Ω m]	
	Intervallo dei valori	Valor medio
Paludoso	2 - 50	30
Argilloso	2 - 200	40
Limo e sabbia argillosa, humus	20 - 260	100
Sabbia e terra sabbiosa	50 - 3.000	200 (umido)
Torba	> 1.200	200
Ghiaia umida	50 - 3.000	1.000 (umido)
Terreno pietroso e sassoso	100 - 8.000	2.000
Calcestruzzo: 1 parte cemento + 3 di sabbia	50 - 300	150
Calcestruzzo: 1 parte cemento + 5 di sabbia	100 - 8.000	400

MASW -HVSr

L'interpretazione congiunta tra la MASW e H/V ha permesso di ottenere il profilo di velocità riportato nella tabella sottostante:

Strato	Profondità (m)	Spessore h (m)	Velocità Vs (m/s)
1	0.1	0.1	100
2	0.6	0.5	130
3	1.6	1.0	170
4	4	2.4	200
5	5.5	1.5	140
6	6.8	1.3	200
7	8	1.2	140
8	16.8	8.8	210
9	22.3	5.5	290
10	80.3	58.0	610
11	250.3	170.0	820
12	/	/	1750

Sono osservabili due inversioni di velocità che sulla base degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica non risultano significative non essendo verificate contemporaneamente le seguenti 4 condizioni (dott. Eros Aiello, Centro di Geo Tecnologie, Siena):

- 1) un terreno rigido che in profondità sovrasta un terreno soffice con un rapporto V_{srig}/V_{sof} superiore a 1.5 ($200/140 = 1.4$);
- 2) la differenza tra le Vs dei due terreni è maggiore di 200 m/s ($200-140 = 60$ m/s);
- 3) lo spessore dello strato a velocità minore è maggiore di 5 m ($h = 1.2 \div 1.5$ m);
- 4) la Vs dello strato più rigido è maggiore o uguale a 500 m/s (290 m/s).

La prova HVSR1 evidenzia un picco di frequenza fondamentale a 0.85 Hz ca. con un rapporto H/V di circa 2.9 ed un secondo picco a 2.28 Hz ca. con rapporto H/V di circa 3.7.

Numero di strati

Profondità piano di posa m

Nr.	Spessore [m]	Velocità [m/s]
1	0.1	100
2	0.5	130
3	1	170
4	2.4	200
5	1.5	140
6	1.3	200
7	1.2	140
8	8.8	210
9	5.5	290
10	58	610

- +

Calcola

Profondità complessiva m

Vs, eq m/s

Categoria del suolo

La Vs30 risulta di 266 m/s; la categoria di suolo risulta C: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 compresi fra 180 m/s e 360 m/s.

MODELLO GEOTECNICO

Parametri geotecnici del sottosuolo

Il Modello geotecnico, è basato sull'interpretazione della stratigrafia dei terreni rilevata nei due sondaggi a carotaggio e sui valori misurati tramite penetrometro tascabile e scissometro sui terreni prelevati e sulla base delle correlazioni con le misure SPT effettuate in foro.

Nel modello geotecnico i parametri relativi a ciascun orizzonte, sono espressi sia indicandone dei range rappresentativi.

La modellazione geotecnica effettuata nel presente studio ha previsto la distinzione dei seguenti orizzonti:

depositi prevalentemente ghiaiosi-sabbiosi o limo sabbiosi

comportamento: granulare

Parametri geotecnici:

- peso di volume: $18,00 \div 20,5 \text{ kN/m}^3$
- angolo d'attrito: $30^\circ \div 45^\circ$
- coesione: $0,01 \text{ kg/cm}^2$
- modulo elastico: $200 \div 1.300 \text{ Kg/cm}^2 \approx 19,6 \div 127 \text{ MPa}$

depositi prevalentemente limo argillosi/sabbiosi

comportamento: coesivo

Parametri geotecnici:

- peso di volume: $17,00 \div 20,5 \text{ kN/m}^3$
- angolo d'attrito: $23^\circ \div 27^\circ$
- coesione non drenata: $0,3 \div 0,9 \text{ Kg/cm}^2 \approx 29 \div 88 \text{ kPa}$
- modulo elastico: $38 \div 200 \text{ Kg/cm}^2 \approx 3,7 \div 19,6 \text{ MPa}$

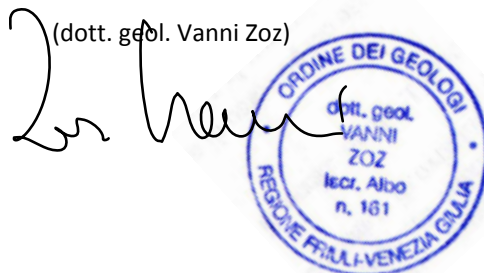
CONCLUSIONI

Per quanto esposto nulla si oppone, sotto il profilo geologico e idrogeologico, alla realizzazione degli interventi in progetto e in particolare si rileva:

- l'area d'interesse è pianeggiante, stabile e non soggetta a pericoli geologici o valanghivi; mentre ricade in area di pericolosità idraulica P1 e P2;
- i sondaggi geognostici effettuati hanno permesso di indagare il sottosuolo fino alla profondità di 30 m dal p.c.;
- il terreno di fondazione è costituito da sedimenti di origine fluvio-glaciali costituiti da una successione sedimentaria caratterizzata dalla presenza di un'alternanza di ghiaia e sabbie con ciottoli e limi sabbiosi ed argillosi;
- la falda freatica è stata intercettata dai sondaggi geognostici ad una profondità di circa 3,00 m dal p.c.;
- il suolo sulla base dei dati MASW (D.M. 17.01.2018 Norme Tecniche per le Costruzioni) è di tipo C;
- il territorio comunale sulla base della L.R. 16/2009 (Delibera della Giunta Regionale n. 845 del 06.05.2010 - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità ai sensi dell'art 3, comma 2, lett. a) della legge regionale n. 16/2009) ricade in *Aree di Alta sismicità – Zona sismica 1*;
- in prossimità dell'area d'intervento il catalogo delle faglie capaci gestito da ISPRA indica la presenza di una faglia attiva e capace; non risultano però indizi riconducibili a tale capacità, né sono stati riportati in bibliografia riferimenti sulla identificazione del tracciato nell'area di piano;
- la composizione granulometrica del sottosuolo e il suo stato di addensamento escludono la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione in condizioni sismiche, come del resto confermato dall'esperienza del terremoto del 1976;
- le indagini sismiche hanno evidenziato un marcato contrasto di velocità fra la copertura quaternaria ed il substrato.
- **Da quanto è emerso dallo studio geologico effettuato, si ritiene che le proposte dello strumento urbanistico di variante, siano compatibili con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del territorio.**

Gemona del Friuli, 19 settembre 2024

(dott. geol. Vanni Zoz)



ALLEGATI:

IN SITU Rapporto tecnico n. 5025.1 MIC