

# Studio di geologia Federico Pizzin

## VARIANTE N. 10 AL P.R.G.C. DEL COMUNE DI VILLESSE

[Alla zonizzazione ed alle norme tecniche]

Comune: Villesse - Provincia di Gorizia

Committente: Sdrigotti Sara

## RELAZIONE GEOLOGICA

Ronchi dei Legionari, 28 febbraio 2024

dott. geologo Federico Pizzin



androna Palmada, n. 9 - 34077 Ronchi dei Legionari - tel. 0481.475040 - Cellulare 393.0515131 - Partita IVA 00458470317  
Cod. Fisc. PZZFRC62R11H531L - e-mail info@geologopizzin.it - pec federico.pizzin@pec.epap.it - sito web www.geologopizzin.it

## 1. - NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione viene redatta ai sensi della seguente normativa tecnico-costruttiva e geologico-sismica:

- **L.R. 11 agosto 2009, n. 16** "Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio";
- **Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lettera A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità;**
- **Decreto del Presidente della Regione 27 luglio 2011 n. 0176/Pres. “Regolamento di attuazione dell’art. 3, comma 3, lettere a) e c) della L.R. 16/2009”** (Norme per la costruzione in zona sismica e per la tutela fisica del territorio);
- **Norme tecniche per le costruzioni D.M. 17.01.2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018 suppl. ord. n. 8);**
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”;
- **prescrizioni** previste dall’indagine geologica al **Piano Regolatore Comunale**;
- Norme tecniche di attuazione del **Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)**.

## 2. – DATI GENERALI E DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La presente relazione geologica è stata eseguita nel mese di febbraio del 2024 ed è relativa alla **Variante n. 10 al PRGC del Comune di Villesse, per conto della signora Sdrigotti Sara.**

Per quanto riguarda gli specifici elaborati grafici dell'intervento si rimanda al progetto redatto dall'ing. Antonio Nonino di Udine, progetto del quale questa relazione costituisce allegato tecnico. Assieme al progettista sono state affrontate le problematiche geologiche-tecniche connesse all'ipotesi di progetto in modo congiunto.

L'area in progetto si trova nel Comune di Villesse, alla quota stimata dalla C.T.R. di circa 15 metri s.l.m.m..

Si specifica che L'Amministrazione Comunale, visto lo stato dei luoghi, la consistenza della richiesta avanzata e le ricadute positive che detta Variante può generare sia in termini di sviluppo per l'economia locale che per la salvaguardia del territorio, ha reputato di dare avvio alla procedura per la redazione della Variante stessa ritenendo di agevolare, ove possibile, la libera iniziativa economica e di utilizzare con estrema oculatezza le risorse finanziarie disponibili in base alle priorità, e pertanto ha autorizzato la sig.ra Sdrigotti Sara a presentare una Variante urbanistica puntuale che:

- consenta la realizzazione di un parcheggio a servizio e di supporto alla limitrofa “Area Festeggiamenti” al fine di migliorare la fruibilità dell'area e a garantire spazi per la sosta al bacino di utenza;
- valuti e tenga presente nel contesto paesaggistico-ambientale, il rispetto delle normative settoriali e superiori;
- consideri, oltre all'interesse privato anche quello pubblico, proponendo la realizzazione di un parcheggio che seppure di iniziativa privata sarà di uso pubblico in quanto potrà essere usufruito da tutta la popolazione anche se non utilizzerà le strutture dell'adiacente area festeggiamenti “AF”;

- finalizzi ad aumentare la sicurezza e a migliorare la fruibilità dei servizi pubblici e di interesse pubblico dando anche continuità alla viabilità pubblica.

## **2.1. – Descrizione della metodologia di indagini eseguite nel rispetto delle norme e analisi geologica preliminare a tavolino**

Questo studio viene redatto nel rispetto delle normative vigenti, in particolare delle Norme Tecniche delle Costruzioni del 2018 in particolare assumendo dati ed elementi oggettivi direttamente in campagna, permettendoci di arrivare ai presupposti “geologici-geotecnici” che consentano anche di effettuare l’intervento in completa sicurezza. Inoltre l’indagine geologica si è basata ragionevolmente sull’analisi dei dati e della cartografia presenti nell’indagine geologica allegata al Piano Regolatore del Comune di Villesse, sulla ricerca bibliografica dei dati storici per l’area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro.

Preventivamente all’indagine in campo è stato seguito il presente iter di analisi:

1. analisi e raccolta dei dati geologici generali della zona utilizzando le indagini geologiche pregresse ed attuali del Piano Regolatore Comunale;
2. valutazione della stratigrafia del pozzo n. 214 0011 del Catasto Regionale Pozzi;
3. sono stati consultati il Database of Individual Seismogenic Sources (DISS) vers. 3.2.1. dell’INGV e la cartografia relativa alle faglie attive del Servizio Geologico Regionale del Friuli Venezia Giulia;
4. analisi del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).

I parametri geotecnici di riferimento sono desunti, oltre che dall’ampia letteratura disponibile, dal pozzo riportato in seguito e dall’esperienza pluridecennale di indagini geologiche nel Comune di Villesse.

Ciò ha permesso **di fornire ragionevolmente, nel rispetto delle normative in materia ed in base all’esperienza personale-professionale del sottoscritto e rapportato al tipo di intervento**, una caratterizzazione dei terreni e delle loro proprietà geotecniche.

### 3. - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO GENERALE

In via preliminare si deve ricordare che, sotto il profilo geologico, l'area comunale in oggetto fa parte di un'area strettamente correlata alla conoide isontina. Appare pertanto indispensabile affrontare, seppur brevemente, una disamina più generale, atta a delineare e a definire in maniera soddisfacente l'aspetto morfologico dell'area di cui si tratta.

Si deve ricordare che, il territorio del Comune di Villesse, si trova in destra Isonzo, si sviluppa da quota 30 m s.l.m.m., all'estremità nord-orientale fino a quota 10 m s.l.m.m. nella parte più meridionale con una pendenza orientata verso SO del 2,6%.

L'Isonzo ha costruito, con vertice in Gorizia, un vastissimo conoide, compreso in pratica fra quello del Tagliamento ad Ovest ed il Carso di Monfalcone ad Est. Depositi fluvio-glaciali, oppure fluviali a prevalenza ghiaiosa, ne vanno a costituire la parte pedemontana, compresa fra Gorizia, Gradisca, il Collio Goriziano ed il Carso di Monfalcone.

Morfologicamente la piana è il prodotto delle diverse fasi di alluvionamento che, principalmente nel post-würmiano, hanno interessato l'area. Nel settore più meridionale il sottosuolo è costituito da alluvioni, appartenenti al conoide isontino, litologicamente calcaree-selcifere, a granulometrie prevalentemente grossolane, mentre la parte più settentrionale risulta costituita da depositi attribuibili al conoide del sistema Natisone-Torre, cui corrispondono depositi prevalentemente calcareo dolomitici. Ovviamente i due conoidi non sono ben distinguibili ma si intercalano in profondità con reciproche e irregolari interdigitazioni. In periodi geologicamente più recenti si sono avuti diffusi fenomeni erosivi e di rimaneggiamento dell'antica piana alluvionale ad opera dell'Isonzo ed in subordine del Torre, con il conseguente spaglio sulla piana delle alluvioni, prevalentemente fini, provenienti dall'erosione dei bacini imbriferi.

Subito a valle di Gradisca prende particolare sviluppo il deposito alluvionale che, come quello ghiaioso precedente, si presenta variamente rimaneggiato in seguito alle fasi di dieziona ed erosione conseguenti alle vicissitudini glaciali.

A causa della reazione isostatica sviluppatasi in conseguenza alla fusione delle imponenti masse glaciali, che durante il Würm III gravavano sulle Alpi Giulie e sulle Carniche, come su tutto il sistema alpino in generale, si è avuto un sensibile sollevamento del lembo orientale della pianura padano-veneta. Per reazione, nella zona del Golfo di Trieste si è manifestato un movimento negativo, tutt’oggi in atto.

Da questo insieme di fattori deriva, complessivamente, che la pendenza generale di tutta la piana isontina ha un andamento da Nord verso Sud.

Nell’Olocene l’Isonzo è passato dalla fase di divagazione a quella di erosione in tutto il suo corso, da Salcano a valle fin presso la foce. Il fiume, di conseguenza, ha incassato il proprio letto nelle sue stesse alluvioni e lo ha stabilizzato definitivamente. L’alveo attualmente risulta essere profondo 15-20 metri rispetto al piano di campagna presso Gorizia, passando ai 5-6 metri presso Gradisca, mentre nel tronco Turriaco-Pieris è in media 2-3 metri sotto il piano dell’alluvione.

Il sistema conoidale isontino è costituito da un gran numero di conoidi giustapposti e sovrapposti, differenziati in modo più o meno vario a seconda delle condizioni idrologiche di volta in volta dominanti; il tutto poggia sul fondo roccioso quaternario avente pendenza da Nord-Est verso Sud-Ovest.

In estrema sintesi, si può affermare che l’origine di tale sistema risale all’era quaternaria, all’alternanza delle diverse fasi glaciali ed interglaciali e dei relativi interstadi e periodi di alta pluvialità del Pleistocene è da correlare la sua costituzione; all’Olocene si riferiscono le ulteriori trasformazioni. Da queste vicissitudini, qui appena delineate, deriva l’eterogeneità del deposito alluvionale, che è costituito da ghiaie alternate (sia in senso verticale che orizzontale) ad argille e sabbie.

Appare interessante rilevare che le ghiaie sono spesso cementate fino al punto da dar luogo a potenti banchi di conglomerato. Più verso la costa, l’azione del trasporto fluviale è stata sopravanzata dai depositi marini e palustri. Mano a mano che ci si avvicina al mare, si può notare una progressiva differenziazione dei materiali conoidali: vanno aumentando quelli minuti, mentre diminuiscono le frazioni ghiaiose.

Tale differenziazione può essere osservata soprattutto a valle di Gradisca, dove l'omogeneità della massa ghiaioso-conglomeratica del Würm si fraziona in lenti, strato-lenti, zone e lingue variamente estese, a volte di sensibile altezza, con intercalati materiali misti. Qualcuna di queste formazioni, corrispondenti a letti fluviali ora sepolti e non più attivi, va a ricongiungersi con l'alveo attuale a valle di Pieris.

Altri sistemi di lingue e zone ghiaiose, meno differenziati, più ricchi di argilla e perciò meno permeabili, raggiungono il mare nella baia di Panzano.

Un terzo gruppo di sistemi deposizionali, infine, tra quelli ubicati alla sinistra dell'Isonzo, si estende ai piedi del Carso da Fogliano fino al Lisert, interferendo in quest'ultima zona con i sedimenti più fini portativi dal Timavo.

#### 4. – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE

In tutto il territorio isontino particolare importanza riveste, sotto diversi punti di vista, il tema delle acque sotterranee. Il comune interessato, come è noto, è caratterizzato da una significativa presenza di falde, per cui in questa sede si è ritenuto opportuno e necessario soffermarsi, seppure in maniera sintetica, sulle questioni più rilevanti in qualche modo connesse e correlabili con gli aspetti tecnici progettuali inerenti al caso in argomento.

Sulla base di quanto illustrato nel precedente capitolo, l'area oggetto di studio è situata in una zona della pianura isontina, per cui anche sotto il profilo idrologico appare indispensabile prendere in considerazione alcuni aspetti.

Con riferimento alle direttive più importanti seguite dalle acque ipogee, alla luce delle numerose ricerche effettuate fino ad oggi, per la parte di interesse si può rilevare in via probabilistica quanto segue.

Una parte delle acque provenienti dall'Isonzo penetra nel Carso a Sud di Gorizia assieme a contributi del Vipacco derivati presso Merna, e da qui dovrebbe scorrere (unitamente alle acque meteoriche percolate direttamente attraverso le rocce calcaree) verso Ovest, sotto il Monte S. Michele, per ritornare all'Isonzo in riva sinistra a monte di Sagrado. Il resto del deflusso dovrebbe seguire il solco di Doberdò, diramandosi più a Sud in tre parti. La prima si muove lungo il solco di Vermegliano per immettersi poi nella falda isontina alla sinistra del Basso Isonzo; la seconda, parzialmente a cielo aperto, attraversa i laghi di Doberdò, Pietrarossa e Sablici, e prosegue fino al Lisert ed alle Moschenizze; la terza, infine, si mescola con altri apporti provenienti dal Vallone di Brestovizza, e si dirige verso le sorgenti del Sardotsch-Randaccio presso S. Giovanni di Duino.

Viene in tal modo ad essere interessato dalle relative emergenze tutto l'arco di contatto fra calcare carsico e alluvione isontina tra Fogliano-Redipuglia e S. Giovanni di Duino. In particolare, per quanto attiene alla fascia che riguarda il Lisert, va ricordato che a ridosso delle propaggini calcaree del Carso di Monfalcone vi sono delle risorgive di origine carsica (Tavoloni), le cui acque vengono raccolte e drenate da una rete di canali di

bonifica. Un'altra massa idrica di provenienza isontina interessa la bassa pianura alla sinistra del fiume, mentre un'ulteriore frazione delle acque uscenti dal bacino montano del fiume va ad alimentare il sistema di falde ubicato alla destra orografica del corso vallivo dell'Isonzo.

Dagli studi e dalle indagini inerenti alla valutazione, su scala regionale, della potenzialità delle risorse idriche degli acquiferi della parte orientale della Pianura Friulana, risulta evidente che le falde fino a 50 metri di profondità rispetto al piano campagna sono alimentate, in maniera più o meno rilevante, dall'Isonzo.

A profondità maggiori, e fino al basamento quaternario, i risultati delle analisi indicano una provenienza di acque dalle alluvioni della destra Isonzo (sottobacino idrografico del Torrente Torre). L'accennata trasformazione da monte verso valle della coltre alluvionale per le subentranti intercalazioni di materiali sabbiosi, argillosi o misti determina una ripartizione della massa d'acqua presente nel sottosuolo in falde sempre più numerose.

Approssimandosi al mare queste vanno evidenziando caratteri di indipendenza, tanto più che le falde superficiali sono freatiche e quelle più profonde sono artesiane. Il moto è pressoché orizzontale ed eventuali scambi idrici si instaurano, al più, attraverso strati filtranti costituiti da materiali più minuti.

Il regime idrometrico di tali acque, seppur in forma attenuata (e con conseguenze decrescenti allontanandosi dalla linea di costa e/o spostandosi in profondità), ma con perfetta regolarità, è influenzato dalle escursioni di marea. Ai fini del presente progetto, sulla base delle precedenti considerazioni si può concludere che:

- l’“area carsica” dell’Isontino è in alcuni punti caratterizzata dalla presenza di affioramenti di acque sub-superficiali, che si dirigono verso le alluvioni;
- l’“area alluvionale” dell’Isontino è interessata dalla presenza di una falda freatica superficiale alimentata dall’Isonzo, con possibili influenze carsiche collaterali, falda su cui il mare fa risentire le oscillazioni di marea.

Il Fiume Isonzo, quindi, assieme al Torrente Torre, rappresenta l’idrografia superficiale dell’area. In generale nel comune di Villesse, come in gran parte della Pianura Isontina, la permeabilità ( $K$ ), dei terreni superficiali argillosi-sabbiosi, si può

stimare su valori di  $10^{-5}$  cm/s corrispondenti ad una permeabilità media, mentre per gli strati sottostanti ghiaiosi la permeabilità aumenta.

L'andamento del deflusso della falda è piuttosto complesso ed irregolare. Queste irregolarità sono dovute alla presenza di lenti argillose limose, che si sviluppano nel sottosuolo.

La direzione preferenziale della falda che si sposta entro filoni ghiaiosi, separati da strati meno permeabili, orientati da NE a SO (F. Mosetti 1954) passa quindi da NO SE ad una maggiore componente da NE a SO, parallelamente quindi all'attuale corso isontino. Nel territorio comunale, benché lenti argillose profonde possano contribuire a suddividere la freatica in più livelli, non si individuano falde arealmente ben separate.

Pur tuttavia, essendo il materasso ghiaioso, non uniforme, ma con anisotropie nella permeabilità (lenti argillose), si può ritenere che la falda sia dotata di una velocità di deflusso piuttosto limitata. Dai dati rilevati dall'Ufficio Regionale Idraulica e da precedenti studi, sono state ricavate le altezze medie delle isofreatiche sul livello medio del mare; esse variano da 8 m in magra a 14 m in piena.

Il gradiente medio della falda, che sembra seguire in magra il piano campagna, mentre in piena diviene molto più irregolare, è di 1,3%.

## 5. – DESCRIZIONE DEI VINCOLI GEOLOGICI ED IDROGEOLOGICI RIFERITI AL SITO IN ESAME

1. Dalla “**Carta geologica e tettonica**” allegata all’indagine geologica del Piano Regolatore, si tratta di un’area di ex attività estrattiva, caratterizzata dalla presenza di ghiaie e sabbie.
2. Dalla “**Carta idrogeologica e di minima profondità della falda**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade tra le isofreatiche dei 14,5 e 15,0 m s.l.m.m., ed è caratterizzata da una falda con profondità compresa tra 2 e 5 m dal p.c..
3. Dalla “**Carta della zonizzazione geotecnica su base PRGC**” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade in zona ZA, ossia zone di attenzione per possibile presenza di ex cave-discariche. Dal punto di vista urbanistico l’area ricade per metà in zona E2 e per metà in zona E4.
4. L’area **ricade in zona P1 (pericolosità idraulica moderata)** del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni). Per tali zone va rispettato quanto riportato nell’art. 14 delle Norme tecniche di Attuazione del P.G.R.A. (di cui si riporta stralcio):
  1. *Nelle aree classificate a pericolosità moderata P1 possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3A, P3B, P2 secondo le disposizioni di cui agli articoli 12 e 13, nonché gli interventi di ristrutturazione edilizia di edifici;*
  2. *L’attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano e diversi da quelli di cui agli articoli 12 e 13 e dagli interventi di ristrutturazione edilizia, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2) solo nel caso in cui sia accertato il superamento del rischio specifico medio R2.*
  3. *Le previsioni contenute nei piani urbanistici attuativi che risultano approvati alla data di adozione del Piano si conformano alla disciplina di cui al comma 2.*
  4. *Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia che comportano la realizzazione di nuovi edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, infrastrutture, devono in ogni*

*caso essere collocati a una quota di sicurezza idraulica pari ad almeno 0,5 m sopra il piano campagna. Tale quota non si computa ai fini del calcolo delle altezze e dei volumi previsti negli strumenti urbanistici vigenti alla data di adozione del Piano.*

Di seguito si riporta lo stralcio dell'art. 13 delle Norme di attuazione del PRGA:

- 1. Nelle aree classificate a pericolosità media P2 possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3B e P3A secondo le disposizioni di cui all'articolo 12.*
- 2. L'ampliamento degli edifici esistenti e la realizzazione di locali accessori al loro servizio è consentito per una sola volta a condizione che non comporti mutamento della destinazione d'uso né incremento di superficie e di volume superiore al 15% del volume e della superficie totale e sia realizzato al di sopra della quota di sicurezza idraulica che coincide con il valore superiore riportato nelle mappe delle altezze idriche per scenari di media probabilità con tempo di ritorno di cento anni. 3. L'attuazione degli interventi e delle trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia previsti dai piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano e diversi da quelli di cui al comma 2 e dagli interventi di cui all'articolo 12, è subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2) garantendo comunque il non superamento del rischio specifico medio R2.*
- 4. Le previsioni contenute nei piani urbanistici attuativi che risultano approvati alla data di adozione del Piano si conformano alla disciplina di cui al comma 3.*
- 5. Nella redazione degli strumenti urbanistici e delle varianti l'individuazione di zone edificabili è consentita solo previa verifica della mancanza di soluzioni alternative al di fuori dell'area classificata e garantendo comunque il non superamento del rischio specifico medio R2. L'attuazione degli interventi diversi da quelli di cui al comma 2 e di cui all'articolo 12 resta subordinata alla verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2). ”*

Di seguito si riporta lo stralcio dell'art. 12 delle Norme di attuazione del PRGA:

- 1. Nelle aree classificate a pericolosità elevata, rappresentate nella cartografia di Piano con denominazione P3B, possono essere consentiti i seguenti interventi:
  - a. demolizione senza possibilità di ricostruzione;*
  - b. manutenzione ordinaria e straordinaria di edifici, opere pubbliche o di interesse pubblico, impianti produttivi artigianali o industriali, impianti di depurazione delle acque reflue urbane;**

- c. restauro e risanamento conservativo di edifici purché l'intervento e l'eventuale mutamento di destinazione d'uso siano funzionali a ridurre la vulnerabilità dei beni esposti;
  - d. sistemazione e manutenzione di superfici scoperte, comprese rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, arginature di pietrame, terrazzamenti;
  - e. realizzazione e ampliamento di infrastrutture di rete/tecniche/viarie relative a servizi pubblici essenziali, nonché di piste ciclopedinali, non altrimenti localizzabili e in assenza di alternative tecnicamente ed economicamente sostenibili, previa verifica della compatibilità idraulica condotta sulla base della scheda tecnica allegata alle presenti norme (All. A punti 2.1 e 2.2);
  - f. realizzazione delle opere di raccolta, regolazione, trattamento, presa e restituzione dell'acqua;
  - g. opere di irrigazione che non siano in contrasto con le esigenze di sicurezza idraulica;
  - h. realizzazione e manutenzione di sentieri e di piste da sci purché non comportino l'incremento delle condizioni di pericolosità e siano segnalate le situazioni di rischio.
2. Sono altresì consentiti gli interventi necessari in attuazione delle normative vigenti in materia di sicurezza idraulica, eliminazione di barriere architettoniche, efficientamento energetico, prevenzione incendi, tutela e sicurezza del lavoro, tutela del patrimonio culturale-paesaggistico, salvaguardia dell'incolumità pubblica, purché realizzati mediante soluzioni tecniche e costruttive funzionali a minimizzarne la vulnerabilità.
3. Nelle aree classificate a pericolosità elevata, rappresentate nella cartografia di Piano con denominazione P3A, possono essere consentiti tutti gli interventi di cui alle aree P3B nonché i seguenti:
- a. ristrutturazione edilizia di opere pubbliche o di interesse pubblico;
  - b. ampliamento degli edifici esistenti e realizzazione di locali accessori al loro servizio per una sola volta a condizione che non comporti mutamento della destinazione d'uso né incremento di superficie e di volume superiore al 10% del volume e della superficie totale e sia realizzato al di sopra della quota di sicurezza idraulica che coincide con il valore superiore riportato nelle mappe delle altezze idriche per scenari di media probabilità con tempo di ritorno di cento anni;
  - c. installazione di strutture amovibili e provvisorie a condizione che siano adottate specifiche misure di sicurezza in coerenza con i piani di emergenza di protezione civile e comunque prive di collegamento di natura permanente al terreno e non destinate al pernottamento.

5. L'area **ricade in zona R1 (rischio idraulico moderato)** del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni) ed i **tiranti a 100 anni da rispettare sono compresi tra 50 e 100 cm.**
6. L'area **non ricade in zona di vincolo idrogeologico** (forestale).

Dall'analisi accurata dei vincoli possibili non risultano esserci impedimenti alla realizzazione della variante in esame, dai punti di vista sia geologico, sia idrogeologico.

## 6. – DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

### 6.1. – Inquadramento normativo

La presente relazione segue le direttive dettate dalle NTC 2018, le quali disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche, nonché i requisiti che devono essere soddisfatti dai siti di costruzione e dai terreni interagenti con le opere in presenza di tali azioni. Inoltre le opere ed i sistemi geotecnici devono soddisfare le prescrizioni contenute nel Capitolo 6 delle NTC 2018, relative alle combinazioni di carico non sismico.

Sotto l'effetto dell'azione sismica di progetto le opere ed i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio ed i requisiti di sicurezza indicati nelle NTC 2018. Le verifiche agli stati ultimi di opere e sistemi geotecnici si riferiscono al solo stato limite di salvaguardia della vita (SLV); quelle agli stati limite di esercizio si riferiscono al solo stato limite di danno (SLD).

Per quanto riguarda le indagini geotecniche, queste devono essere predisposte dal progettista in presenza di un quadro geologico adeguatamente definito, che comprenda i principali caratteri tettonici e litologici, nonché l'eventuale preesistenza di fenomeni di instabilità del territorio. Le indagini devono comprendere l'accertamento degli elementi che, unitamente agli effetti topografici, influenzano la propagazione delle onde sismiche, quali le condizioni stratigrafiche e la presenza di un substrato rigido o di una formazione ad esso assimilabile.

La caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la scelta dei più appropriati mezzi e procedure d'indagine devono essere effettuate tenendo conto della tipologia del sistema geotecnico e del metodo di analisi adottato nelle verifiche. Nella caratterizzazione geotecnica è necessario valutare la dipendenza della rigidezza e dello smorzamento dal livello deformativo.

Nell'analisi di stabilità in condizioni post-sismiche si deve tener conto della riduzione di resistenza al taglio indotta dal decadimento delle caratteristiche di resistenza

per degradazione dei terreni e dall'eventuale accumulo di pressioni interstiziali che può verificarsi nei terreni saturi.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche del sottosuolo e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e degli ammassi rocciosi di cui è costituito. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

In condizioni stratigrafiche e morfologiche schematizzabili con un modello mono-dimensionale e per profili stratigrafici riconducibili alle categorie di cui alla tab. 3.2.II delle NTC 2018 (riportata di seguito), il moto sismico alla superficie di un sito è definibile mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione  $a_{max}=S_s \cdot a_g$ , dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per le condizioni topografiche si fa riferimento alla tabella 3.2.III delle NTC 2018 (riportata in seguito). La valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$ , il quale deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°, altrimenti si applicano i criteri indicati nel cap. 3.2.2. delle NTC 2018.

Infine il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti

conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione. In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

### **6.1.1. – Inquadramento sismico generale**

L'intera area Veneto Orientale Friulana è legata all'interazione Adria-Europa, infatti questo è il settore dove si osserva la massima convergenza tra le placche Adriatica ed Europea, tramite una serie di strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate, assieme ad un sistema di faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) ad Est del confine friulano.

Con riferimento alla mappa interattiva del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.1) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si riporta negli allegati finali il quadro delle sorgenti sismogenetiche di un intervallo significativo che comprende il territorio del Comune oggetto d'interesse. **Da tale cartografia il territorio interessato dall'intervento stesso non risulta essere compreso in nessuna fascia sismogenetica.** Assieme alla cartografia del DISS, negli allegati finali viene riportata la cartografia relativa alle faglie attive del Servizio Geologico della Regione Friuli Venezia Giulia, **nella quale non è segnalato il passaggio di nessuna faglia attiva.**

## 6.2. – Analisi sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita dal cap. 3.2.2. del NTC 2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{Vg}$  come definite nel cap. 3.2.1. delle NTC 2018, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel cap. 2.4. delle NTC 2018. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della nuova normativa tecnica per le costruzioni le norme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{Vg}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$       accelerazione orizzontale massima di sito;
- $F_o$       valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$       valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto
- $a$       velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per i valori di  $a_g$ ,  $F_o$ , e  $T^*_c$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli allegati A e B al Decreto delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti (vedi fine presente capitolo).

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate

nel cap. 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ . I valori per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al cap. 6.2.2. delle NTC 2018.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in situ, quali, ad esempio, le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}$$

con:

$h_i$  = spessore (in metri) dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzati da  $V_s$  non inferiore ad 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo

H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati del terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

<b>Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II delle N.T.C 2018)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
<b>A</b>	<i>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 3m.</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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</i>
<b>C</b>	<i>Depositи di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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</i>
<b>D</b>	<i>Depositи di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s</i>
<b>E</b>	<i>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</i>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al cap. 3.2.3. delle NTC 2018. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

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

<b>Categorie topografiche (Tab. 3.2.IV delle N.T.C 2018)</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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

In base alla Deliberazione della Giunta regionale 6 maggio 2010, n. 845 (L.R. 16/2009, art.3, comma 2, lett A) - Classificazione delle zone sismiche e indicazione delle aree di alta e bassa sismicità), il **Comune di Villesse ricade in zona sismica 3.**

Per la presente variante urbanistica è stato fatto riferimento all'esperienza pluridecennale del sottoscritto ed a tutte le prove sismiche HVSR eseguite negli ultimi 10 anni nel territorio comunale.

Per calcolare la Vs è stata adottata la metodologia della misura passiva a stazione singola del tremore sismico, attraverso i rapporti spettrali, la quale porta alla misura immediata della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo: le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono di stimare in maniera rapida sia la stratigrafia superficiale che la Vs (che per convenzione, salvo casi particolari, viene calcolata nei primi 30 metri di profondità).

Essendo il suolo assimilabile ad un corpo viscoelastico, è pertanto possibile misurarne le frequenze proprie di oscillazione in ogni punto.

Queste frequenze vengono determinate dalle proprietà meccaniche e dalla morfologia attorno al punto di misura. La riposta del suolo può essere studiata in questa maniera utilizzando come funzione di eccitazione il rumore sismico di fondo. Gli effetti di sito sono amplificazioni locali delle onde sismiche dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella delle strutture, si produce un'amplificazione molto elevata delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (fenomeno della doppia risonanza).

La metodologia usata per ricavare la Vs è detta HVSR, questa è una tecnica di tipo passivo, dal momento che sfrutta il rumore sismico ambientale presente ovunque sulla superficie terrestre e generato da fenomeni atmosferici, dall'attività dinamica terrestre e dall'attività antropica. Ad ogni frequenza di risonanza rilevata corrisponde una variazione apprezzabile dei parametri elastici del sottosuolo e ciò permette di discriminare, in un sistema stratificato, la presenza dei diversi orizzonti. Lo spessore (h) di tali orizzonti è poi ricavabile grazie alla relazione semplificata che lega la frequenza di risonanza (fr) alla velocità delle onde di taglio (Vs):

$$fr = Vs/4h \quad (1)$$

In mancanza della velocità delle Vs ed in virtù dell'equazione (1) la tecnica HVSR può essere abbinata a metodi di prospezione di tipo geotecnico in grado di fornire un'adeguata descrizione stratigrafica del sottosuolo.

Nel presente lavoro sono state considerate le innumerevoli prove con tecnica HVSR eseguite dal sottoscritto nel Comune di Villesse, per le quali sono state adottate come stratigrafie di ancoraggio quelle ottenute dai sondaggi penetrometrici dinamici eseguiti nei corrispondenti siti. Per le acquisizioni dei dati è stato utilizzato un tomografo digitale modello “Tromino”, che rappresenta la nuova generazione di strumenti ad alta risoluzione adatti a misurazioni di rumore ambientale.

Lo strumento comprende tre velocimetri elettrodinamici, ortogonali tra loro, con intervallo di frequenza compreso tra 0,1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa indurre rumore meccanico ed elettronico. Durante la fase di processing in studio, i dati vengono convertiti in file ASCII mediante il software “Grilla”, fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

In fase operativa si sono eseguite le seguenti operazioni:

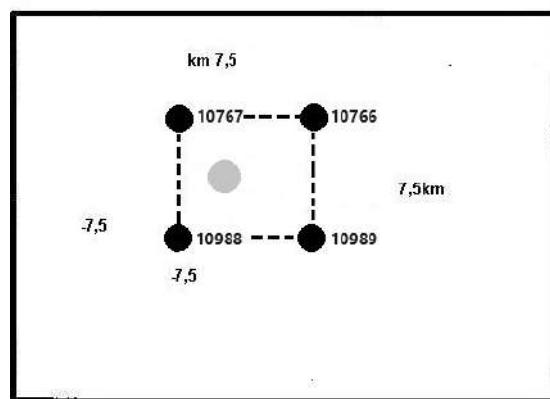
- il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo di 20 o 30 minuti;
- la registrazione è stata suddivisa in finestre temporali di 20 secondi ciascuna;
- per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticale;
- vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti;
- si costruisce poi un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita;

- si adatta la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde di taglio S.

Le curve risultanti dai rilievi tomografici evidenziano in gran parte una sostanziale omogeneità del sottosuolo in termini sismici con una costante crescita delle velocità di propagazione delle onde di taglio. La velocità equivalente delle onde di taglio Vs, (conventionalmente calcolata nei primi trenta metri di profondità a partire dal piano campagna), è sempre compresa tra 360 e 800 m/s, che riconduce il tipo di suolo alla **categoria stratigrafica B, mentre la categoria topografica è la T1 (classe d'uso II)**.

Si evidenzia che l'elaborazione della prova sismica è stata eseguita in totale consapevolezza, capacità tecnica e responsabilità, considerando la miglior interpretazione possibile delle curve risultanti, svolta tenendo conto, oltre che dei sondaggi geognostici eseguiti, delle conoscenze personali e bibliografiche relative alle condizioni geomorfologiche e stratigrafiche del sito di progetto.

Di seguito viene utilizzato il programma “Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3”, che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine (45,86240427) e longitudine (13,44728939) dell'area d'indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 17 gennaio 2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”:

**Nodi del reticolo intorno al sito**

Tab. 1: Parametri ag, F0, Tc per i tempi di ritorno Tr, per ogni SL

STATO LIMITE	TR (anni)	ag (g)	F0 (-)	Tc (s)
SLO	30	0,042	2,505	0,234
SLD	50	0,056	2,484	0,259
SLV	475	0,148	2,484	0,334
SLC	975	0,196	2,522	0,347

*Tabelle 2 e 3: Parametri degli spettri di risposta verticale (a) e orizzontale (b) per lo stato limite SLV*  
*Tab. 2a: Parametri indipendenti verticali*      *Tab. 2b: Parametri indipendenti orizzontali*

STATO LIMITE	SLV
agv	0,007 g
S <sub>s</sub>	1,000
S <sub>γ</sub>	1,000
q	1,500
T <sub>B</sub>	0,050 s
T <sub>c</sub>	0,150 s
T <sub>D</sub>	1,000 s

STATO LIMITE	SLV
ag	0,148 g
F <sub>o</sub>	2,484
T <sub>c</sub>	0,334 s
S <sub>s</sub>	1,200
C <sub>c</sub>	1,370
S <sub>T</sub>	1,000
q	2,400

*Tab.3a: Parametri dipendenti*

F <sub>v</sub>	1,292
S	1,000
η	0,667

*Tab.3b: Parametri dipendenti*

S	1,200
η	0,417
T <sub>B</sub>	0,153 s
T <sub>c</sub>	0,458 s
T <sub>D</sub>	2,194 s

### 6.3. – Indagini geognostiche

Allo scopo di poter caratterizzare in maniera puntuale gli aspetti geotecnici essenziali per la variante in argomento, si fa riferimento alle risultanze di più ricerche geognostiche condotte per rilevare la costituzione stratigrafica e le grandezze geomecaniche del sottosuolo dell'area interessata dall'intervento. L'individuazione della stratigrafia si fa riferimento al pozzo n. 214 0011 del Catasto Pozzi Regionale.

I risultati delle indagini di campo e di quelli storici per l'area, tarati, correlati e confrontati criticamente fra loro, hanno fornito un quadro completo dal punto di vista della caratterizzazione geotecnica e stratigrafica dell'area per il conseguimento di un modello coerente di lavoro. Il pozzo analizzato ha permesso di definire nel dettaglio gli orizzonti geotecnici rappresentativi della situazione locale.

Dal pozzo analizzato, dalla visione dei luoghi e dalla bibliografia raccolta si risale ad una **situazione stratigrafica** media abbastanza chiara, correlabile al seguente **modello geologico**:

<b>STRATO</b>	<b>PROFONDITA'</b>	<b>TERRENO</b>
1	da 0,00 a -1,50 m dal p.c.	terreno vegetale di riporto
2	da -1,50 a -13,00 m dal p.c.	ghiaia con argilla
3	da -13,00 a -21,00 m dal p.c.	ghiaia
4	da -21,00 a oltre -30,0 m dal p.c.	ghiaia con argilla

L'insieme delle informazioni fin qui prodotte, ricavate dall'ispezione diretta dei luoghi, dai suggerimenti e dalle indicazioni della bibliografia tecnica specializzata, e dal rilievo geomorfologico, consente di definire, con riferimento alle NTC 2018, le proprietà fisico-mecaniche del terreno. Al fine di poter valutare in maniera adeguata l'interazione fra la parte di terreno interessato dagli effetti prodotti sia dalle strutture in progetto, sia

dalle relative fasi esecutive, si possono adottare i parametri geotecnici evidenziati di seguito.

#### **strato di terreno vegetale di riporto**

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • peso di volume          | $\gamma = 13 \text{ kN/m}^3$              |
| • peso di volume saturo   | $\gamma_{\text{sat}} = 15 \text{ kN/m}^3$ |
| • angolo di attrito       | $\phi = 18^\circ$                         |
| • coesione                | $c = 19 \text{ kN/m}^2$                   |
| • coesione non drenata    | $c_u = 22 \text{ kN/m}^2$                 |
| • modulo elastico         | $E_y = 25.000 \text{ kN/m}^2$             |
| • coefficiente di Poisson | $\mu = 0,31$                              |
| • modulo edometrico       | $E_{\text{ed}} = 12.000 \text{ kN/m}^2$   |

#### **strato di ghiaia con argilla**

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • peso di volume          | $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$              |
| • peso di volume saturo   | $\gamma_{\text{sat}} = 22 \text{ kN/m}^3$ |
| • angolo di attrito       | $\phi = 30^\circ$                         |
| • coesione                | $c = 7 \text{ kN/m}^2$                    |
| • coesione non drenata    | $c_u = 10 \text{ kN/m}^2$                 |
| • modulo elastico         | $E_y = 30.000 \text{ kN/m}^2$             |
| • coefficiente di Poisson | $\mu = 0,3$                               |
| • modulo edometrico       | $E_{\text{ed}} = 13.000 \text{ kN/m}^2$   |

#### **strato di ghiaia**

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| • peso di volume          | $\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3$              |
| • peso di volume saturo   | $\gamma_{\text{sat}} = 20,5 \text{ kN/m}^3$ |
| • angolo di attrito       | $\phi = 37^\circ$                           |
| • coesione                | $c = 0 \text{ kN/m}^2$                      |
| • coesione non drenata    | $c_u = 0 \text{ kN/m}^2$                    |
| • modulo elastico         | $E_y = 50.000 \text{ kN/m}^2$               |
| • coefficiente di Poisson | $\mu = 0,25$                                |
| • modulo edometrico       | $E_{\text{ed}} = 35.000 \text{ kN/m}^2$     |

#### 6.4. – Liquefazione

Il rischio di liquefazione va valutato in base all'evento sismico atteso ed alle caratteristiche geotecniche del sottosuolo. In condizioni sismiche è necessario valutare l'effetto della liquefazione, il quale è legato sia allo sviluppo di sovrapressioni interstiziali (che se positive riducono la tensione media efficace del terreno e la resistenza al taglio), sia all'accumulo di deformazioni plastiche in terreni sabbiosi saturi, in condizioni non drenate. Queste condizioni possono essere momentanee, ed essere seguite da un recupero delle proprietà meccaniche del terreno, oppure questo può arrivare al collasso. Dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (cap. 7.11.3.4.2.) la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti quattro circostanze:

- accelerazioni minime attese al piano campagna (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore ai 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 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;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$ , e secondo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ ).

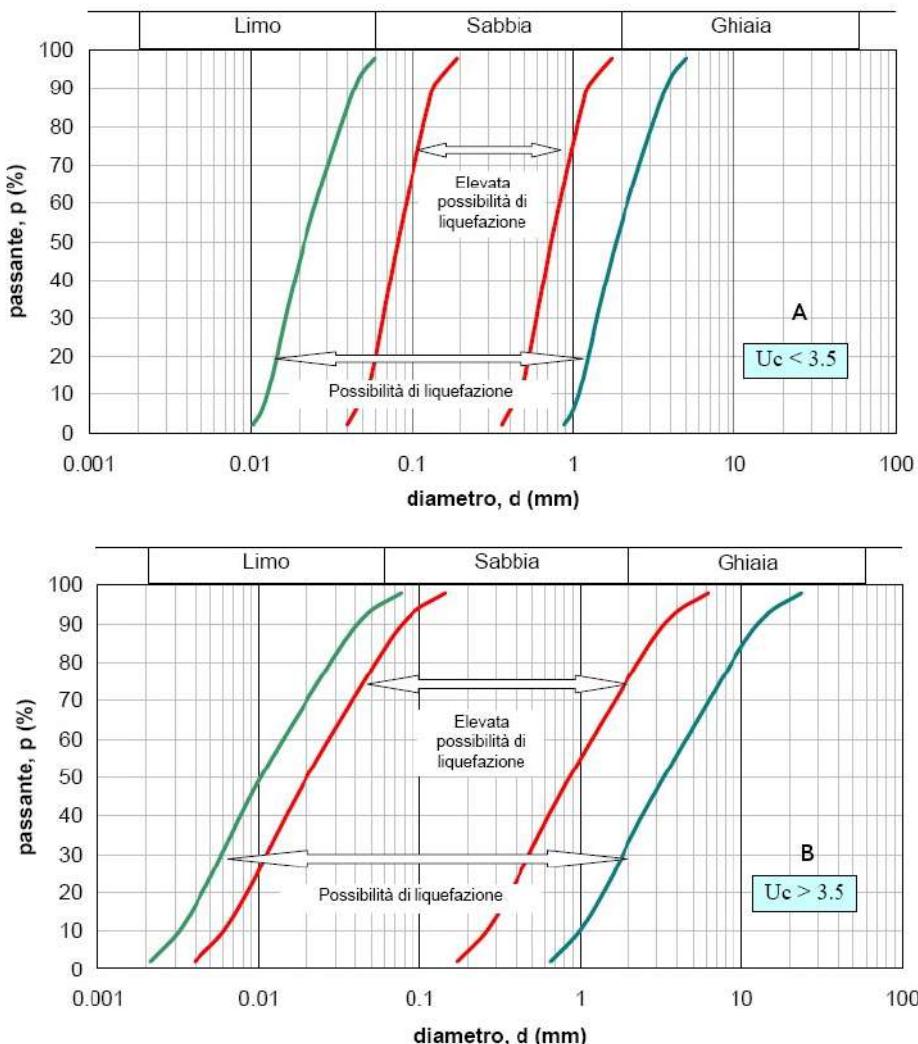


Figura 1: fasce granulometriche per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione del terreno

Nel rispetto di quanto indicato dalle NTC, nell'area di progetto **la distribuzione granulometrica è esterna alle zone riportate nella fig. 1 (primo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$ , e secondo diagramma nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ )**, inoltre **le accelerazioni minime attese al piano campagna (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.** Pertanto, in base a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni al paragrafo 7.11.3.4.2, si può omettere la verifica di liquefazione. Alla luce di quanto sopra non è necessario effettuare la verifica di liquefazione.



## 7. - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal quadro cui complessivamente si perviene, emerge evidente che per la realizzazione della variante in oggetto esistono alcuni aspetti di cui si dovrà tenere conto:

- **alla luce dei dati emersi la variante n. 10 al PRGC è compatibile con le condizioni geologiche ed idrogeologiche del territorio;**
- dal pozzo analizzato è risultato che il modello geologico del terreno è costituito, da un primo strato di terreno vegetale di riporto fino ad una profondità media di -1,50 metri dal p.c., seguito da uno strato di ghiaia con argilla fino al -13,0 m dal p.c., al di sotto è presente la ghiaia fino a -21,0 m dal p.c. ed oltre vi è nuovamente una ghiaia con argilla, fino ad oltre -30,0 m dal piano campagna;
- dalla “Carta idrogeologica e di minima profondità della falda” dell’indagine geologica allegata al PRGC, l’area ricade tra le isofreatiche dei 14,5 e 15,0 m s.l.m.m., ed è caratterizzata da una falda con profondità compresa tra 2 e 5 m dal p.c.;
- l’area ricade in zona P1 (di pericolosità idraulica moderata) ed R1 (di rischio idraulico moderato) del P.G.R.A. (Piano di Gestione del Rischio Alluvioni); inoltre per tale zona sono previsti dei tiranti a 100 anni tra 50 e 100 cm;
- l’area non ricade in zona di vincolo idrogeologico (forestale);
- da un punto di vista sismico, in base all’attuale normativa nazionale e regionale, è stata valutata la velocità utilizzato il programma “Spettri sismici NTC, vers. 1.0.3”, che in funzione delle caratteristiche meccaniche e sismiche del terreno fondazionale permette di ricavare, i parametri di pericolosità sismica localizzata secondo latitudine e longitudine dell’area d’indagine, in funzione da quanto previsto dai Cap. 3.2.3.2.1, 3.2.3.2.2 e 3.2.3.6 del D.M. 17.01.2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018 suppl. ord. n. 8) "Norme tecniche per le costruzioni", il Comune di Villesse ricade in zona sismica 3 ed il terreno può essere classificato nella categoria di sottosuolo “B”;

- dalla mappa interattiva del Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.2.1) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia il territorio comunale non risulta essere compreso in nessuna fascia sismogenetica. Inoltre nella cartografia relativa alle faglie attive del Servizio Geologico della Regione Friuli Venezia Giulia, non è segnalato il passaggio di nessuna faglia attiva.

La presente relazione riguarda esclusivamente la variante citata all'interno e non può essere utilizzata a corredo di altri interventi edilizi seppur vicini, senza preventiva autorizzazione dello scrivente.



## **ALLEGATI GRAFICI**

**(Le aree evidenziate negli allegati grafici sono puramente indicative. Per l'esatta individuazione planimetrica si deve fare riferimento agli elaborati grafici di progetto)**

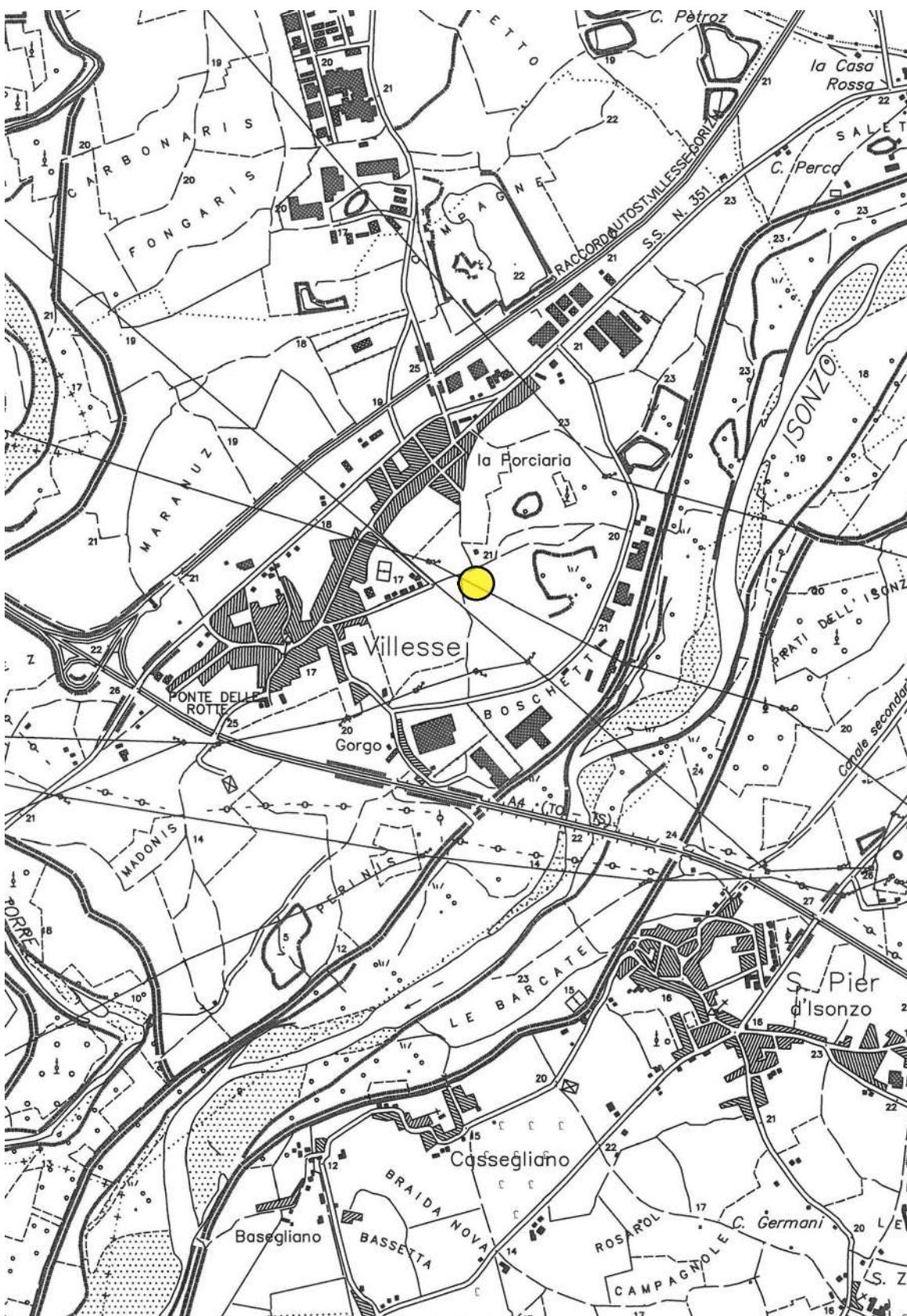


Figura 1 - Corografia - scala 1:25.000

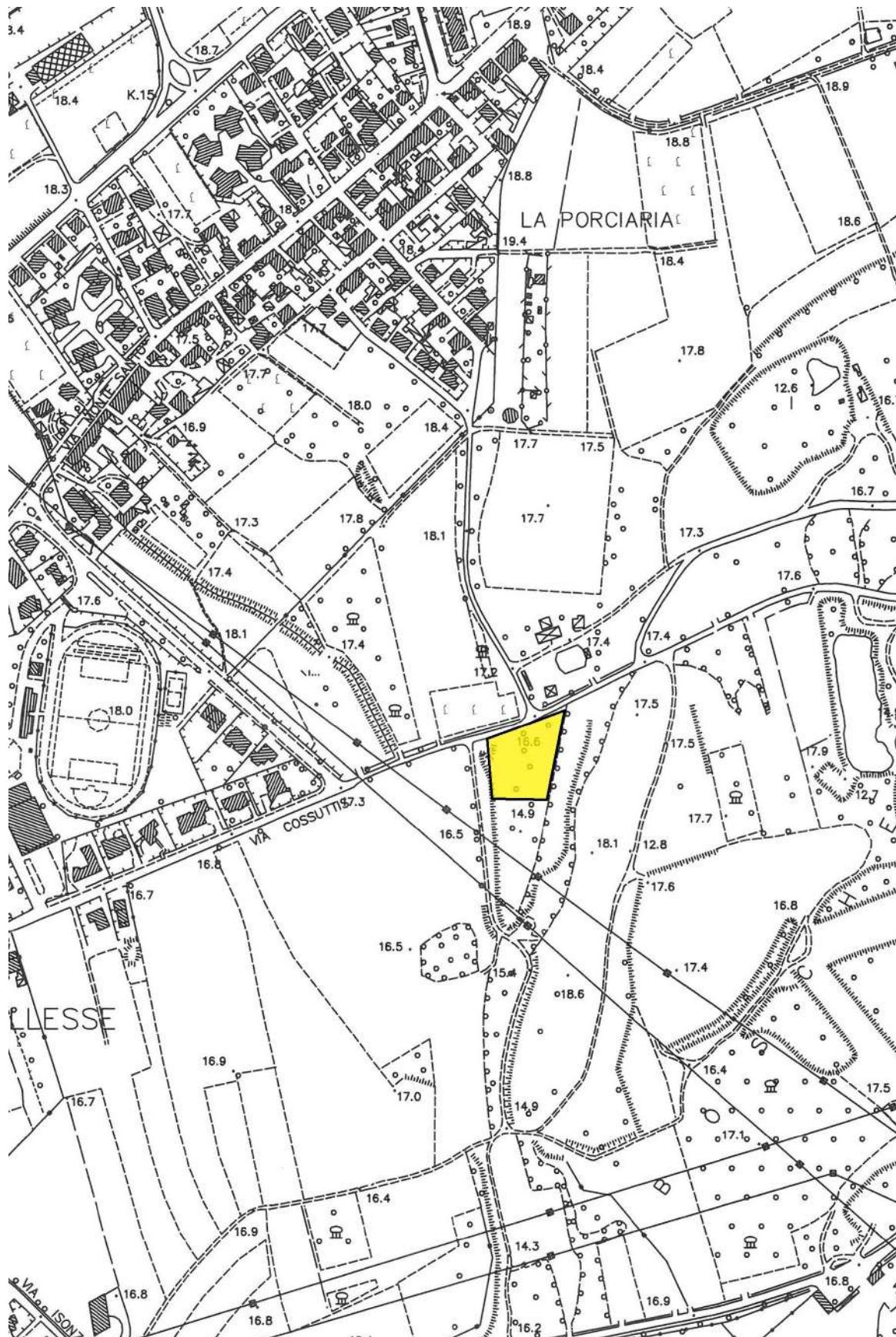
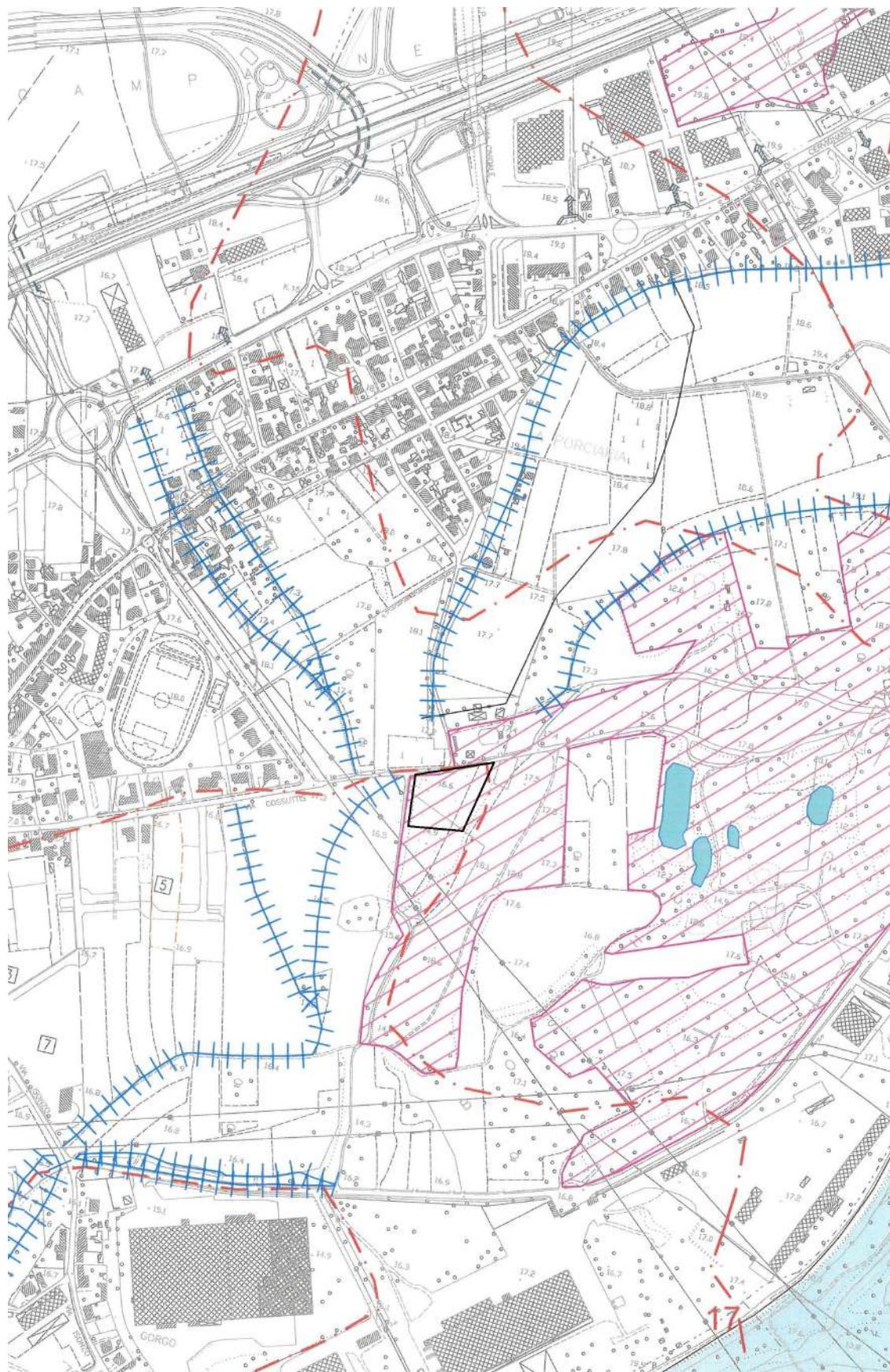


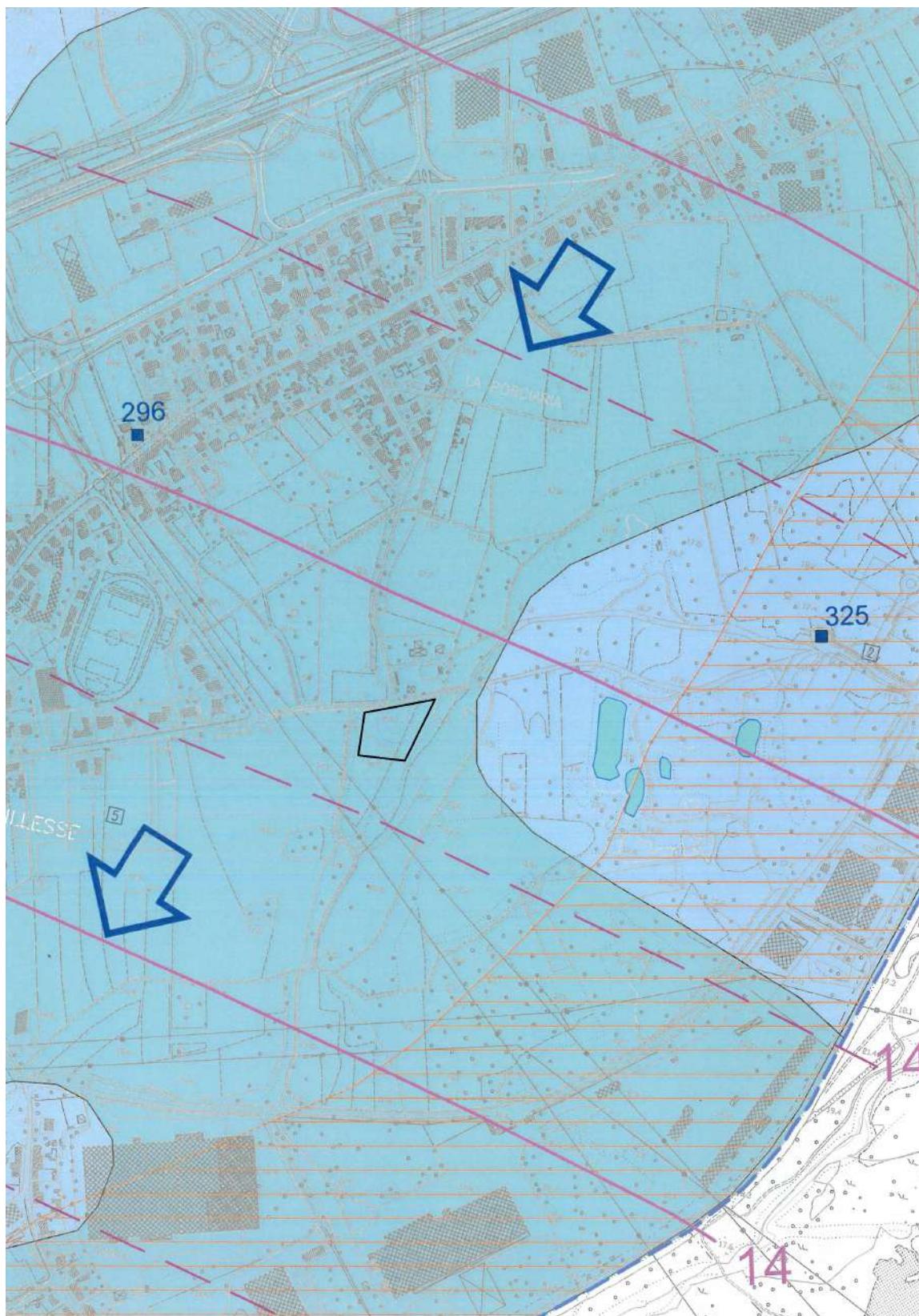
Figura 2 - Inquadramento topografico sulla CTR - scala 1:5.000



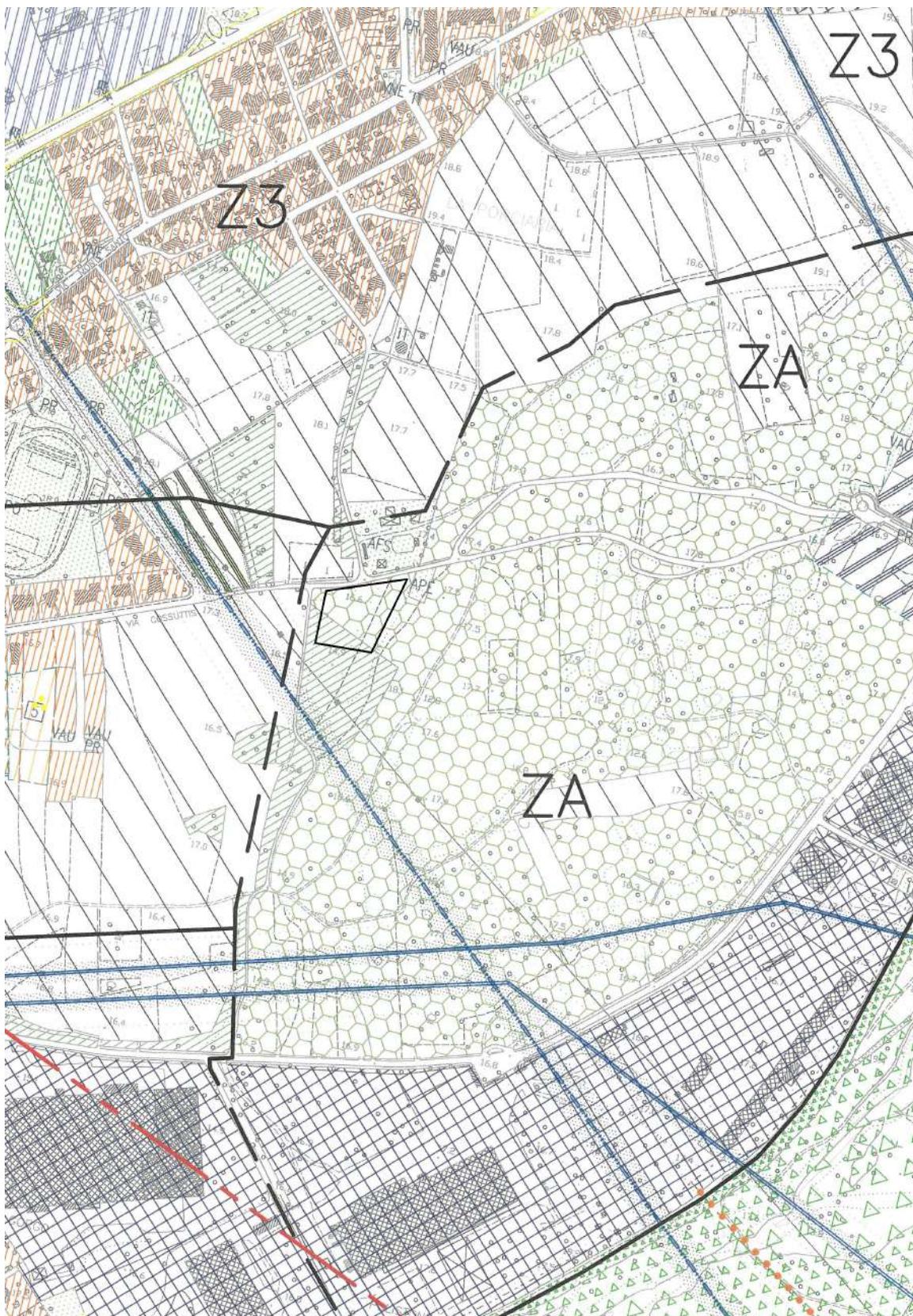
**Figura 3 - Estratto dalla “Carta geologica e tettonica” allegata al P.R.G.C., l’area ricade in zona di ghiaie e sabbie, in un’area di ex attività estrattiva - scala originale 1:5.000**



**Figura 4 - Estratto dalla "Carta geomorfologica e idraulica" allegata al P.R.G.C.; la zona in esame ricade in un'area di ex attività estrattiva – scala originale 1:5.000**



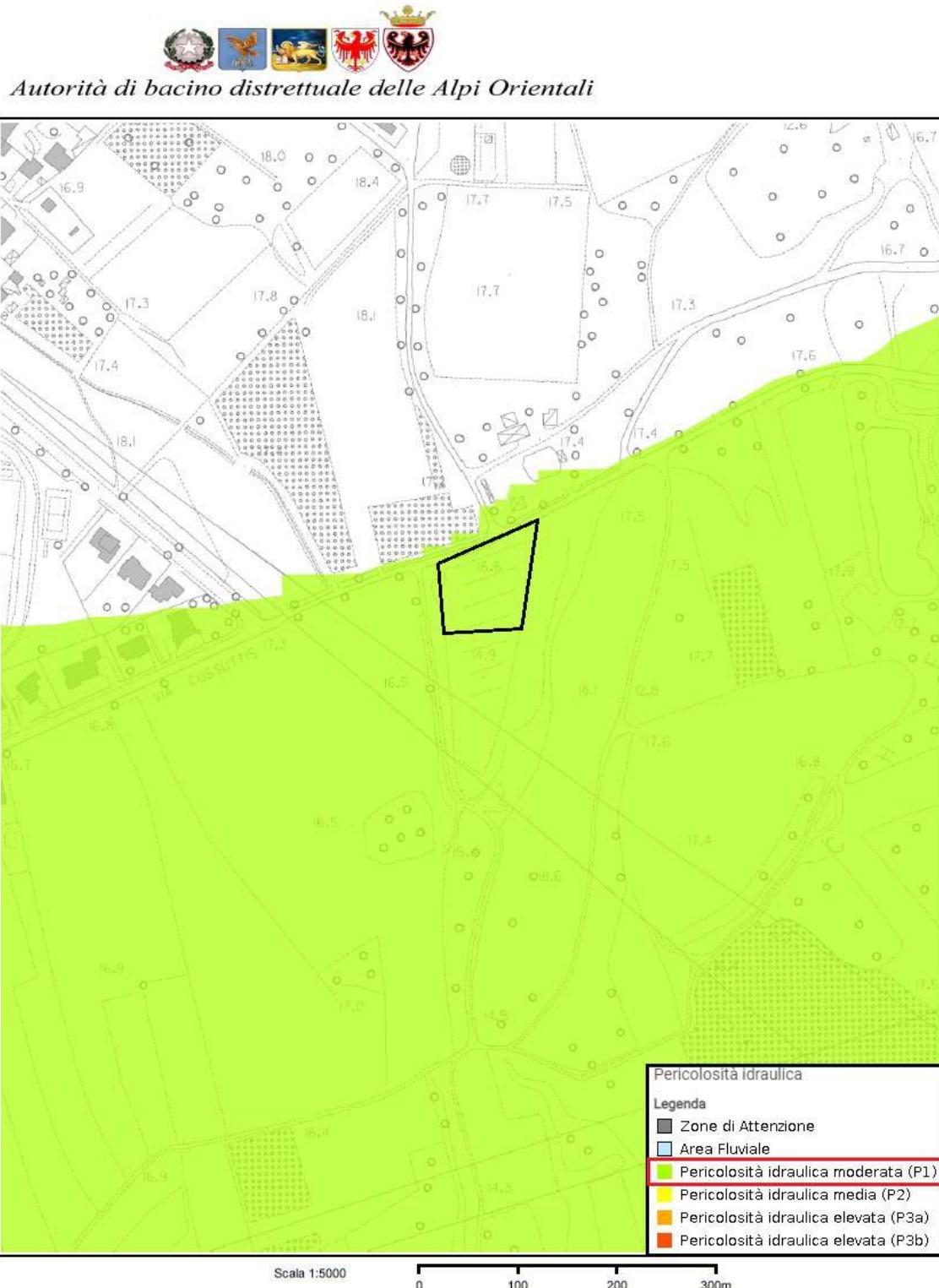
**Figura 5 - Estratto dalla “Carta idrogeologica e di minima profondità di falda” allegata al P.R.G.C.; la zona in esame ricade in un’area con profondità di falda 2-5 m dal p.c. (tra le isofreatiche dei 14,5 e 15,0 m s.l.m.m.) – scala originale 1:5.000**



**Figura 6 - Estratto dalla "Carta zonizzazione geotecnica su base PRGC" allegata al P.R.G.C.; l'area, dal punto di vista urbanistico ricade metà in E4 e metà in E2 mentre dal punto di vista geotecnico in zona ZA: zona di attenzione per possibile presenza di ex cave-discariche – scala originale 1:5.000**



**Figura 7 - Estratto dalla “Carta del Vincolo Idrogeologico” del Catalogo Dati Ambientali e Territoriali del F.V.G.”; l’area non ricade in zona di vincolo idrogeologico - fuori scala**

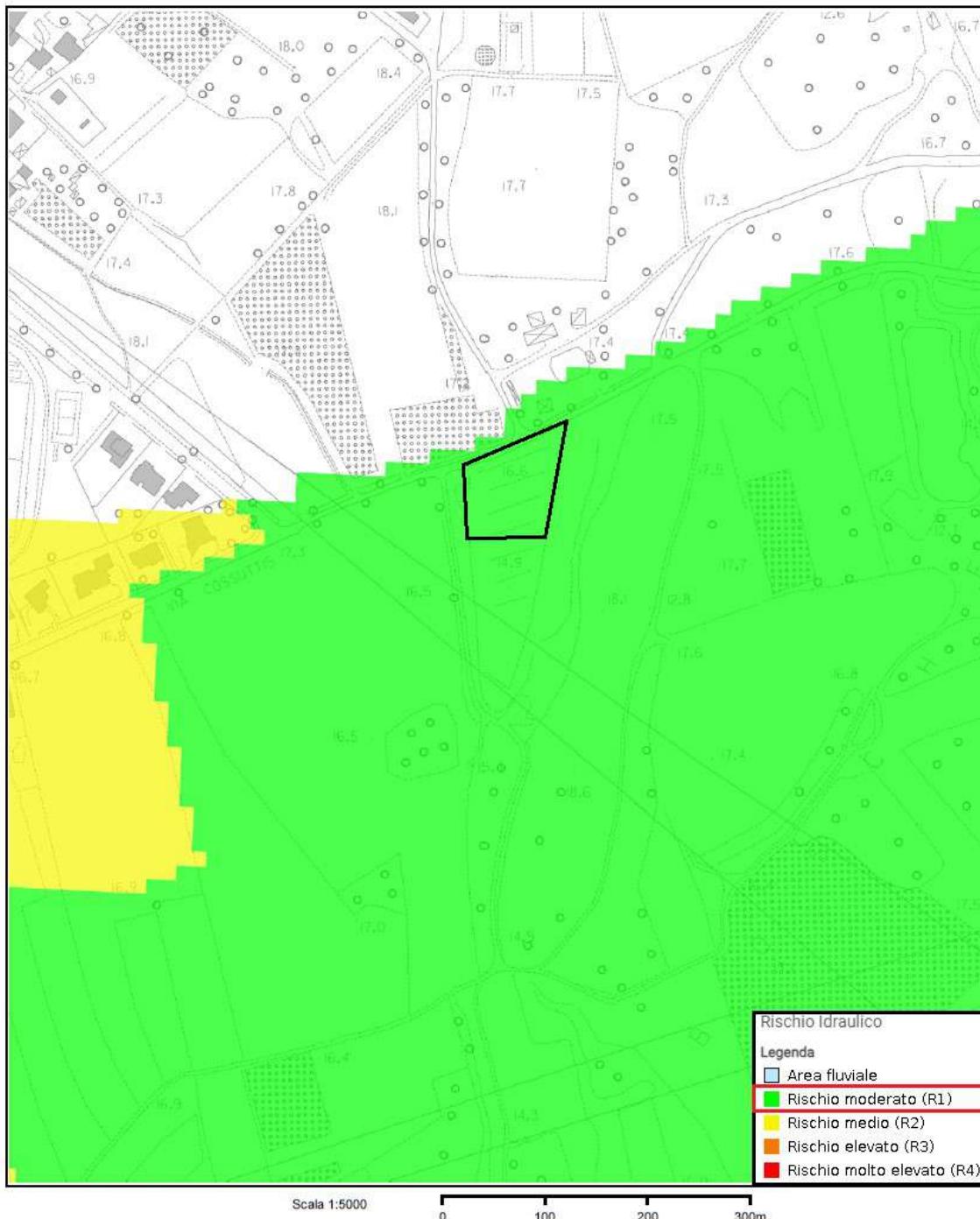


La presente stampa e' stata effettuata in data 28-02-2024. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

**Figura 8 - Estratto dalla “Carta della Pericolosità Idraulica del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)”; l’area ricade in zona P1 (pericolosità idraulica moderata) – fuori scala**



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

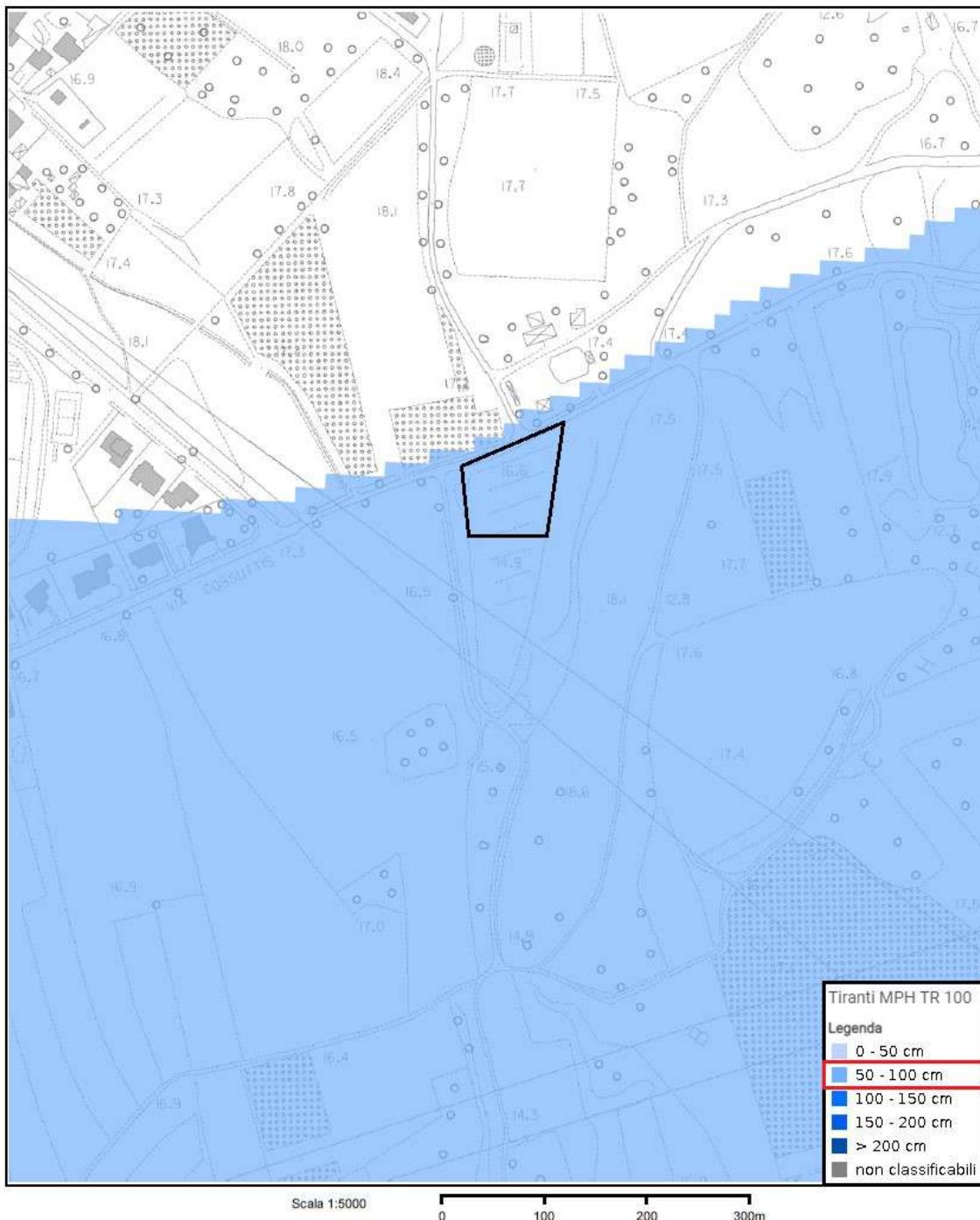


La presente stampa e' stata effettuata in data 28-02-2024. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalpiorientali.it>

**Figura 9 - Estratto dalla “Carta del Rischio Idraulico del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)”;** l’area ricade in zona R1 (rischio idraulico moderato) – fuori scala

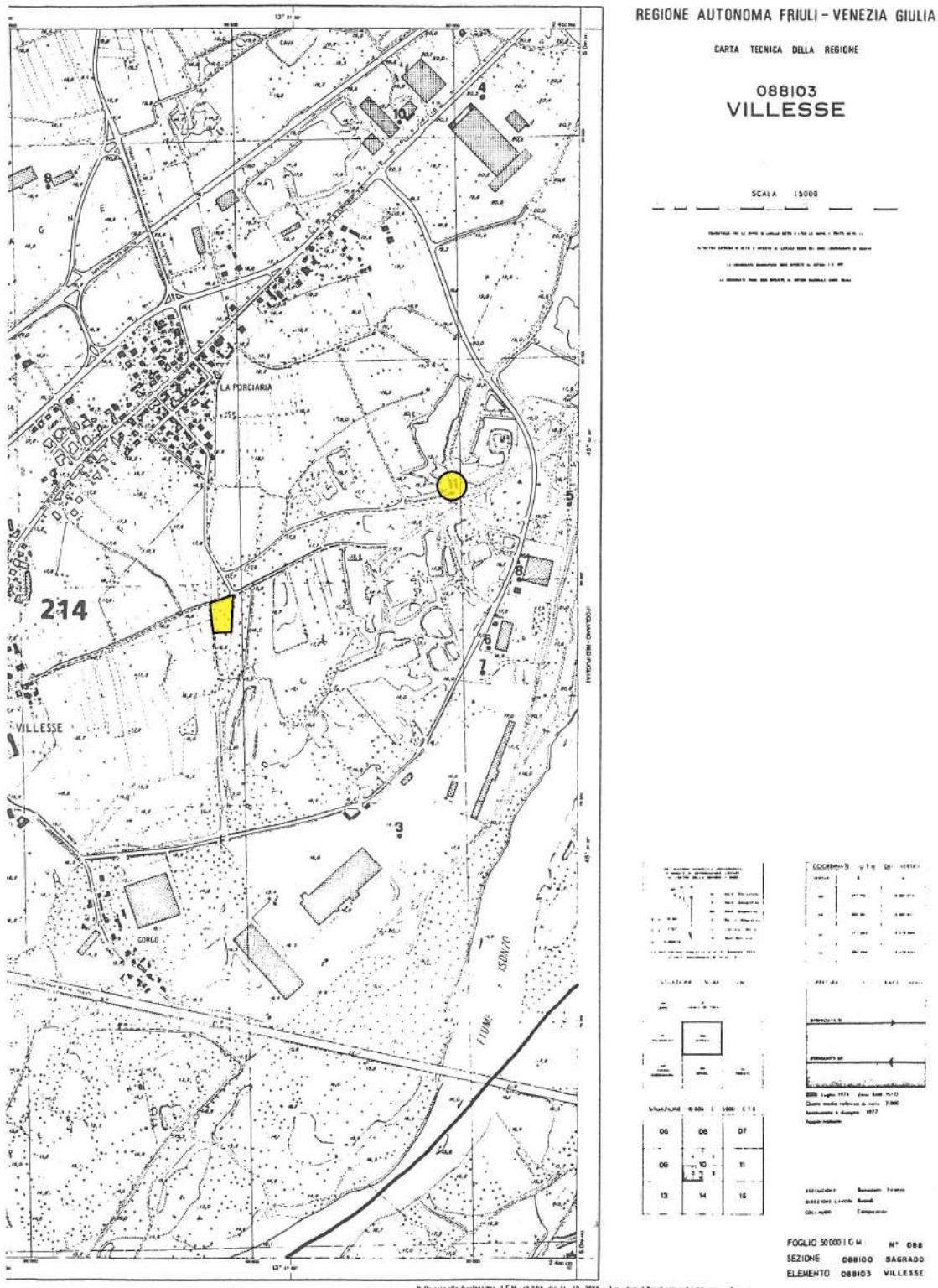


Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali



La presente stampa e' stata effettuata in data 28-02-2024. I dati rappresentati sono stati estratti dal database del Sistema Integrato per la Gestione e il Monitoraggio dei procedimenti e dei Dati Ambientali. Tutte le informazioni, i relativi metadati e le condizioni di utilizzo sono reperibili all'indirizzo <https://sigma.distrettoalporientali.it>

**Figura 10 - Estratto dalla “Carta del Tiranti con TR 100 anni del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)”;** l’area ricade in zona di tiranti 50-100 cm – fuori scala



**Figura 11 - Estratto dalla “Carta del Catasto Pozzi Regionale” – fuori scala**



REGIONE AUTONOMA FRIULI-VENEZIA GIULIA DIREZIONE REGIONALE DELL'AMBIENTE CATASTO REGIONALE DEI POZZI			Pozzo n. 214 0011 Comune: VILLESSE (GO) Località: LA PORCIARA Cassa: EST 2399980 NORD 5088195 Quota piano campagna: 0018.10							pag. 2/ 4
QUOTA	STRATIGRAFIA	INDICAZIONI LITOESTRATIGRAFICHE	QUOTA	FALDE	QUOTA	FILTRE	QUOTA	TUBI	QUOTA	CEN.
100.0		ghiaia cementata/a								
109.0		ghiaia con argilla								
110.0		argilla								
112.0		ghiaia con argilla								
116.0		ghiaia cementata/a								
118.0		ghiaia cementata/a								
120.0		ghiaia con argilla								
132.5		argilla								
133.5		ghiaia con argilla								
141.0		ghiaia cementata/a			143.4					
164.0		argilla			149.4					
166.0		ghiaia con argilla								
170.0		argilla								
184.0		ghiaia			185.9					
198.0		ghiaia con argilla			192.0					
200.0										



**Figura 12 - Estratto dalla “Carta delle faglie attive” del Servizio Geologico Regionale; nell’area non è segnalato il passaggio di nessuna faglia attiva - fuori scala**



## Database of Individual Seismogenic Sources

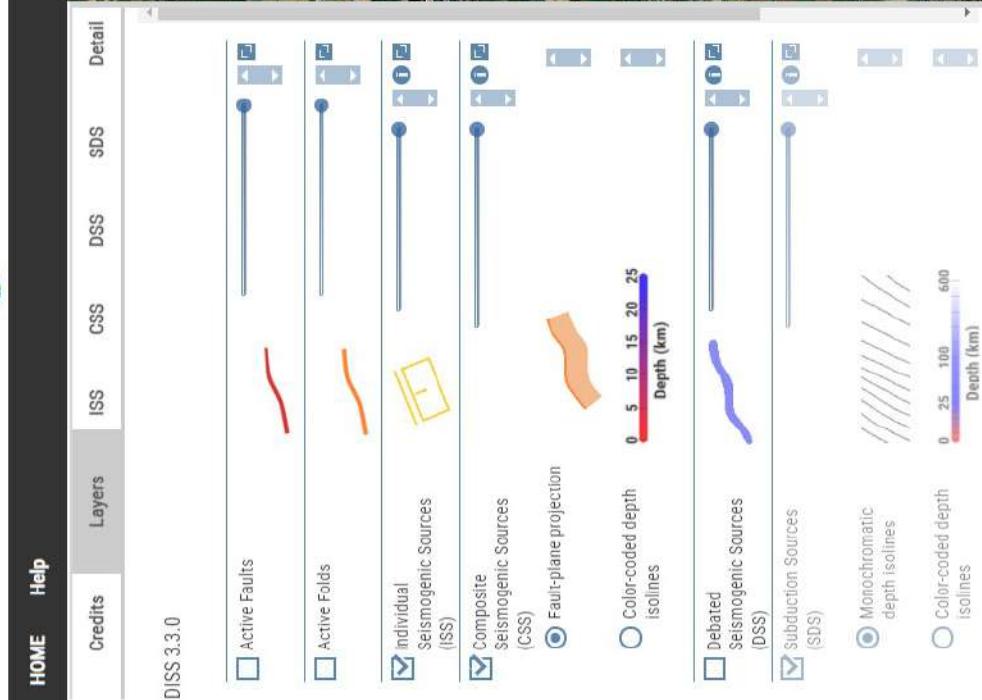


Figura 13 - Estratto dal “DISS - Database of Individual Seismogenic Sources” - fuori scala