

Regione Piemonte

Città Metropolitana di Torino



COMUNE DI VOLPIANO

**LAVORI DI URBANIZZAZIONE IN AREE CASCINA VERDINA -
TRASLAZIONE CANALE BENDOLINO**

PROGETTO DEFINITIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

RELAZIONE GEOLOGICA

Elaborato	Scala
2	-
CODICE: 17029-D22-0	
REVISIONE	DATA
0	APR.2020



IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Mauro CASTELLETTO

EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

COMUNE DI VOLPIANO

**LAVORI DI URBANIZZAZIONE IN AREE CASCINA VERDINA –
TRASLAZIONE CANALE BENDOLINO**

RELAZIONE GEOLOGICA

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	INQUADRAMENTO COMPLESSIVO DELL'AREA	1
3.	DESCRIZIONE STATO DI FATTO E OPERE IN PROGETTO.....	2
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	2
5.	ANALISI DEGLI STRUMENTI URBANISTICI GEOLOGICI VIGENTI	4
6.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	5
6.1.	CARATTERI GEOMORFOLOGICI.....	5
6.2.	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	6
6.3.	ASSETTO IDROGEOLOGICO	6
6.4.	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	7
6.5.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	9
6.6.	SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE	14
7.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	15
7.1.	PARAMETRI GEOTECNICI	15
8.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	16

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” e della Circolare C.S.LL.PP. n°7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’”Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018”, secondo cui le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese alle opere, dei caratteri geologici del sito, della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle condizioni ambientali.

Scopo della seguente indagine è quello di redigere uno studio rivolto alla caratterizzazione e alla modellazione geologica col fine di determinare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti l'immediato sottosuolo e di verificare la compatibilità dell'intervento in funzione dell'equilibrio idrogeologico dell'area circostante.

Si è proceduto mediante:

- raccolta ed organizzazione dei dati geologici esistenti;
- indagini in sito mediante sopralluogo al fine di verificare l'assetto geomorfologico e litostratigrafico del materiale costituente l'immediato sottosuolo del sito interessato dalle opere in progetto.

2. INQUADRAMENTO COMPLESSIVO DELL'AREA

L'area oggetto d'indagine è situata nei pressi dell'are produttiva industriale IR32 del Comune di Volpiano, nel tratto compreso tra lo stabilimento della Coral SpA e il laghetto esistente nell'area denominata “Cascina Verdina”, in prossimità di Corso Europa (Strada Provinciale n°500), nel settore Sud-orientale rispetto al concentrico, ad una quota di circa 207 m slm (Figura 1 e Figura 2).

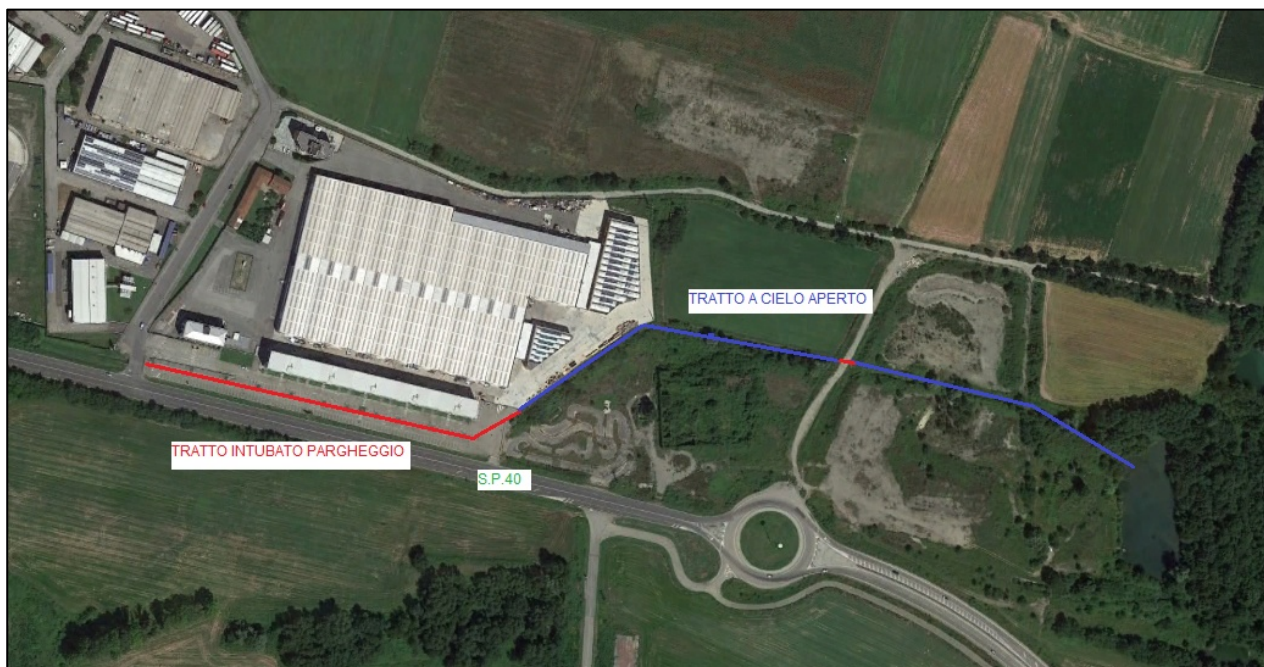


Figura 1: foto aerea con localizzazione dell'area oggetto d'indagine

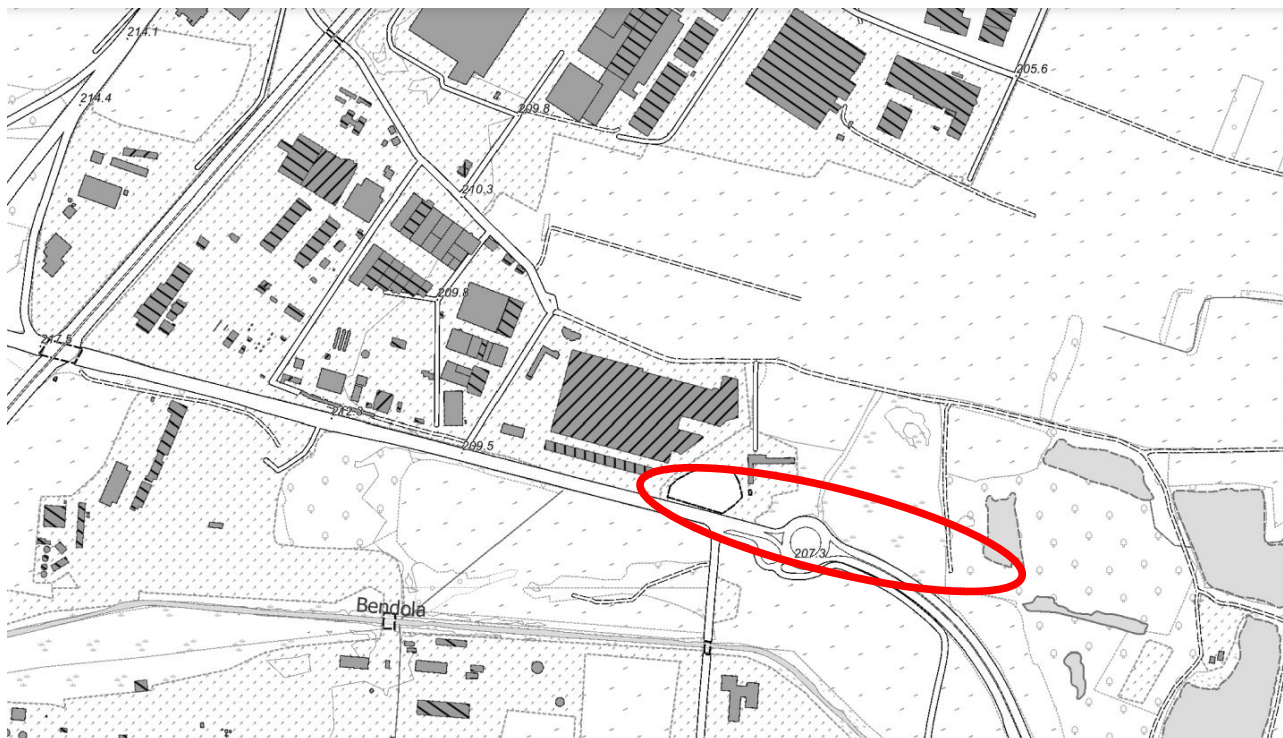


Figura 2: stralcio Carta Tecnica BDtre della Regione Piemonte, con ubicazione del sito di indagine

3. DESCRIZIONE STATO DI FATTO E OPERE IN PROGETTO

Le opere in progetto consistono nei lavori di “Lavori di traslazione del canale Bendolino” in comune di Volpiano, nel tratto compreso tra lo stabilimento della Coral SpA e il laghetto esistente nell’area denominata “Cascina Verdina”. Lo spostamento del canale si rende necessario nell’ambito di un progetto generale complessivo di riqualificazione dell’area, attualmente in progressivo degrado a causa di ripetuti fenomeni di abbandono di rifiuti di ogni genere, che prevede tra l’altro anche la realizzazione della nuova bretella di collegamento tra corso Piemonte e la S.P. n°500 (Corso Europa) prevista da PRGC. In particolare l’intervento previsto di traslazione del sedime dell’alveo attivo verso sud, quasi parallelo al Corso Europa, consente da un lato di ridurre un percorso tortuoso interno all’area, che ha favorito nel tempo uno stato di abbandono del sedime del canale (che risulta difficilmente controllabile anche in riferimento allo scarico incontrollato di rifiuti e macerie), sostituendolo con un tracciato più lineare e prossimo all’arteria viaria; la maggior linearità inoltre favorisce le condizioni di deflusso regolare, sia in condizioni di magra sia in condizioni di piena, pur nel rispetto dei criteri adottati di inserimento ambientale dell’opera, realizzata interamente con tecniche di ingegneria naturalistica.

Il presente progetto definitivo risulta essere l’approfondimento progettuale del progetto di fattibilità tecnico economica approvato con determina n. 180 della Giunta Comunale in data 07/12/2017.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Comune di Volpiano è ubicato nel settore di pianura alluvionale immediatamente a valle del conoide fluvioglaciale del Fiume Stura di Lanzo e più precisamente nella zona compresa tra i torrenti Malone (a Nord) e Bendola (a Sud).

All’interno di quest’area di pianura possiamo riconoscere una serie di depositi di origine continentale, accumulatisi in periodi diversi, legati allo smantellamento e all’erosione di apparati montani occidentali da parte di ghiacciai e corsi d’acqua, poi trasportati a valle.

In particolare, possiamo distinguere dall'alto verso il basso stratigrafico, come indicato nel Foglio Torino n°56 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 e nella nuova Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 156 Torino Est (Figura 3), una serie di depositi di età quaternaria che caratterizzano il territorio di Volpiano mediante:

- depositi fluviali di natura ghiaioso-sabbiosa di età recente ed attuale che costituiscono l'alveo del Torrente Malone (Olocene);
- depositi fluviali di natura prevalentemente ghiaiosa con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti l'alveo principale del Torrente Malone, talora debolmente terrazzati (Alluvioni medio recenti, Olocene);
- depositi sabbioso-ghiaiosi post glaciali, ricoprenti in parte i depositi fluviali e glaciali del Pleistocene sup. (Alluvioni antiche, Olocene);
- depositi ghiaioso-sabbiosi di origine fluvio-glaciale con talora associato un paleosuolo rossastro di natura prevalentemente argilloso-limosa con ciottoli, che formano il terrazzo principale o fondamentale della pianura torinese-chivassese (Pleistocene medio-superiore, corrispondente al "Fluvioglaciale Riss" dei vecchi Autori);
- ghiaie e sabbie con ciottoli alterati ed arrotondati, immersi in una matrice limosa rossastra parzialmente cementata coperti da un paleosuolo di argille rosso-brune con ciottoli esclusivamente silicatici molto alterati e da uno strato di depositi eolici (löss) argillificato, talora potente anche alcuni metri che ricopre l'intera superficie (Pleistocene medio, corrispondente al "Fluvioglaciale Mindel" dei vecchi Autori).

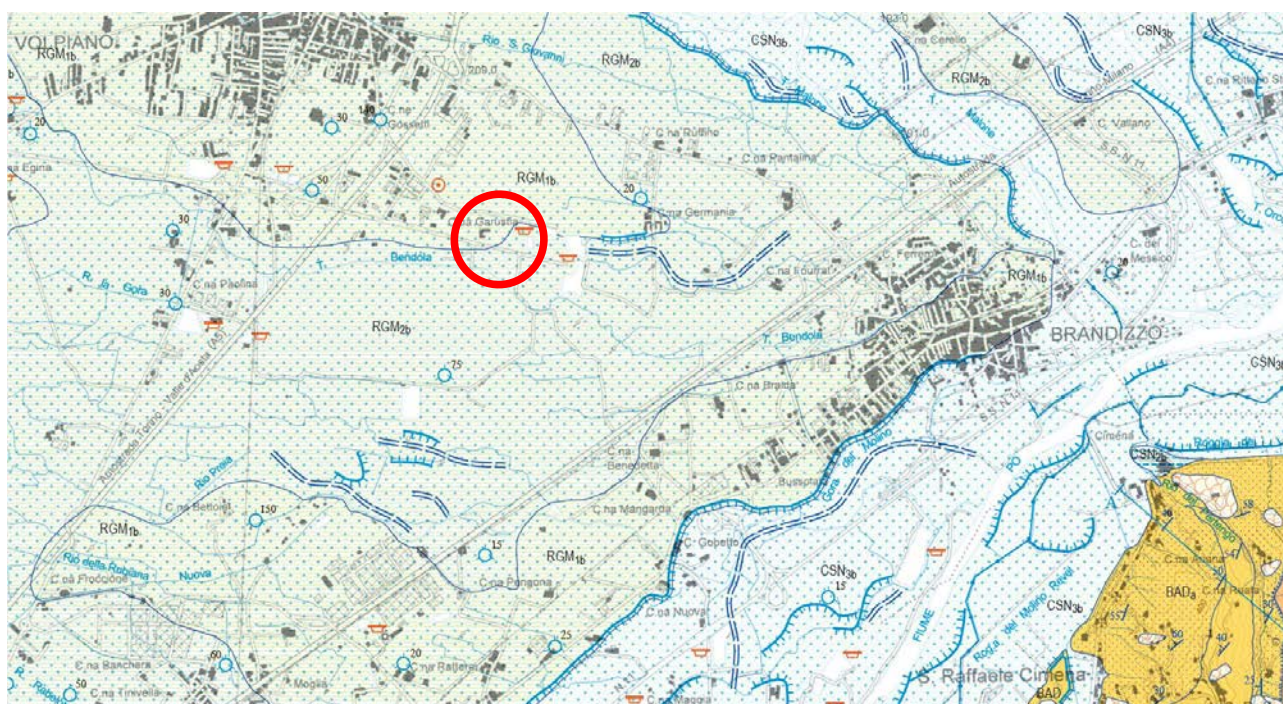


Figura 3: stralcio Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, Foglio n°156 - Torino Est

Nella recente Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 156 Torino Est il sito oggetto d'indagine ricade all'interno del "Sintema di Regia Mandria" ed in particolare nel "Subsintema di Venaria Reale" (RGM1b) rappresentato da depositi fluviali, collegati al Fiume Stura di Lanzo, costituiti da ghiaie fluviali con ciottoli di dimensioni comprese tra 2 e 20 cm, associati a una scarsa matrice sabbiosa grossolana, passanti verso l'alto a una copertura di spessore metrico di silt sabbiosi. Costituiscono superfici terrazzate sospese di 10-15 m sull'alveo attuale del Fiume Stura di Lanzo. In base al grado di alterazione pedogenetica e alla

posizione stratigrafica, i depositi di questa unità sono riferibili alla parte inferiore del Pleistocene superiore (Figura 3).

5. ANALISI DEGLI STRUMENTI URBANISTICI GEOLOGICI VIGENTI

Negli elaborati predisposti per lo Studio Geologico sul territorio comunale allegato alla Variante del P.R.G.C. (Variante strutturale n°23) ed in particolare nella “Carta di sintesi” (Tavola 8g, Maggio 2019), l’area oggetto d’indagine è inserita, nella classificazione dell’idoneità urbanistica, prevalentemente all’interno della Classe IIa di pericolosità geologica e solo una piccolo settore del nuovo tracciato del Canale Bendolino in progetto (tratto finale in prossimità del laghetto) ricade in classe IIIa di pericolosità geologica (Figura4).

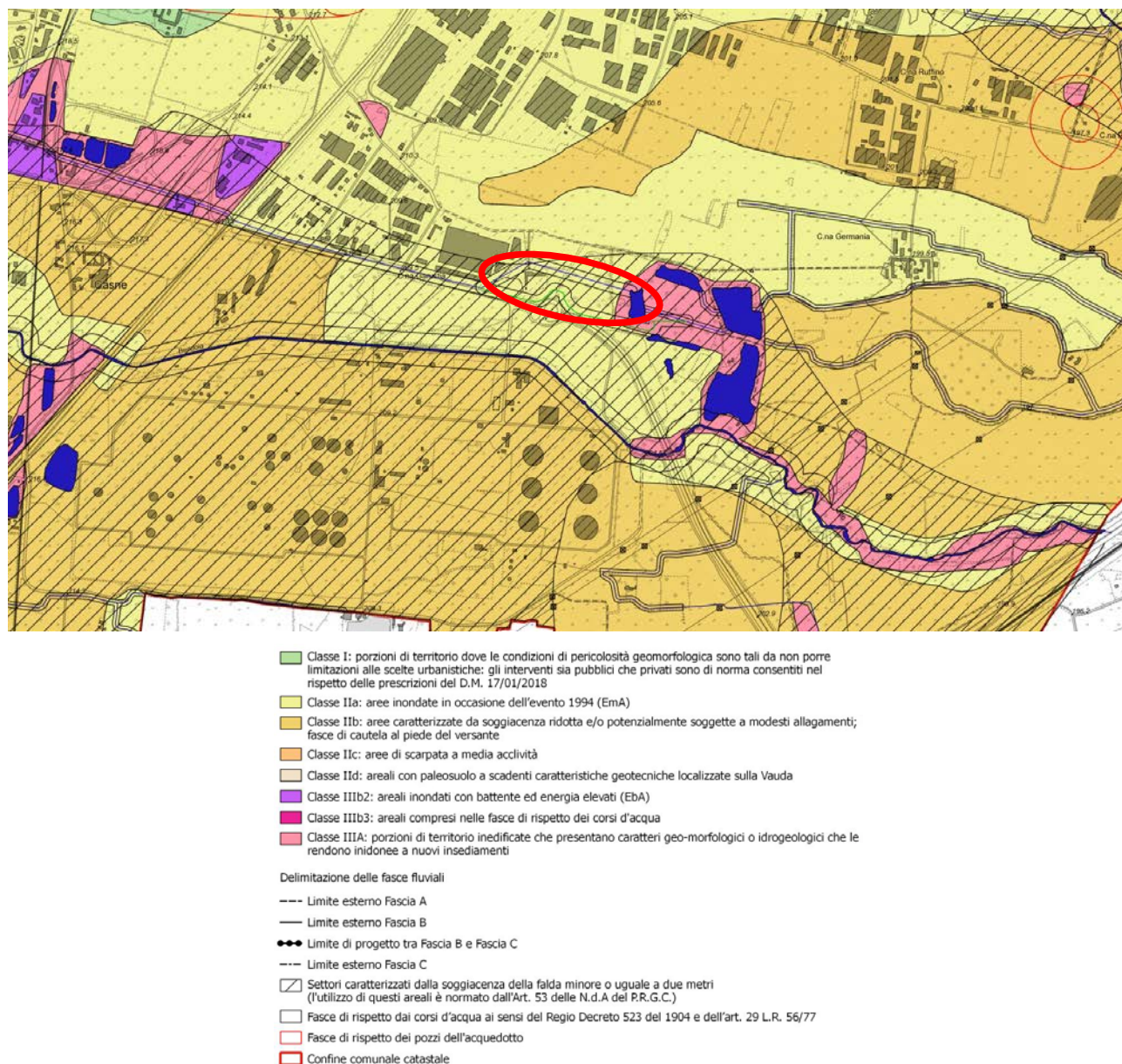


Figura 4: stralcio “Carta di sintesi” (Tavola 8g, Maggio 2019), predisposta per lo Studio Geologico sul territorio comunale allegato alla Variante del P.R.G.C. (Variante strutturale n°23)

La Classe IIa è caratterizzata da: “Pericolosità geomorfologica moderata. Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici”.

La Classe IIa, in particolare, comprende le *“aree inondate in occasione dell'evento 1994 (Em_A)”*. Per le aree ricadenti in questa classe valgono le seguenti prescrizioni tecniche (vedi art. 53 delle N.T.A., Maggio 2019) *“gli interventi in questi settori andranno corredati da una relazione geologico-tecnica che verifichi le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione, la soggiacenza della falda e le oscillazioni della stessa, le situazioni di ristagno idrico superficiale, il rischio derivante da eventi alluvionali e l'interferenza delle opere sulle eventuali acque di laminazione”*.

La Classe IIIa è caratterizzata da *“Pericolosità geomorfologica elevata”* e comprende le *“Porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti”*. Per le aree ricadenti in questa classe valgono le seguenti prescrizioni tecniche (vedi art. 53 delle N.T.A., Maggio 2019): *“Prescrizioni normative: divieto all'edificazione”*.

In particolare, l'area in Classe IIa ricade all'interno delle porzioni di territorio caratterizzate da una misura di soggiacenza della falda freatica superficiale meno profonda della piezometrica di mt. 2. Le N.T.A. (art. 53, punto 4 *“Risorgenza della falda freatica”*, Maggio 2019) evidenziano che per le aree interessate dalla risorgenza della falda sub-superficiale nella misura sopraindicata sono stabilite le seguenti clausole cautelative di intervento:

- a1) *la quota del piano di calpestio dei pavimenti ribassati rispetto al piano della viabilità circostante al lotto di intervento non potrà essere inferiore a 90 cm. e comunque dovrà risultare più elevata del livello massimo della falda superficiale, se superiore. L'escursione massima della falda superficiale dovrà risultare da apposita relazione geologica o geotecnica. I locali il cui pavimento viene posto ad una quota inferiore a quella della viabilità circostante non possono avere i requisiti dell'abitabilità;*
- a2) *in rapporto alla limitazione di cui alla precedente lett. a1) si ritiene che la quota di franchigia di mt. 1.50 stabilita all'art. 12 lett d) delle N.d.A. sia applicabile anche nel caso in cui la quota finita di pavimento risulti più elevata di detto limite, rimanendo comunque da conteggiare nel volume la quantità edificata eccedente il predetto limite di mt. 1,50;*
- a3) *per viabilità circostante si intendono, specie nelle zone ove la rete stradale risulta significativamente modificata dal tracciato dell'alta capacità ferroviaria e opere sussidiarie di scavalco o di sottopasso, i sedimi stradali originari precedenti ai lavori dell'Alta Capacità ferroviaria correnti in prossimità del piano campagna e di accesso ai fabbricati esistenti. Tale definizione di applica a tutti i casi disciplinati dal presente articolo 53.*

6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Nei paragrafi seguenti saranno brevemente illustrate le principali caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e di pericolosità del sito interessato dalle opere in progetto.

6.1. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Dal punto di vista morfologico il territorio del Comune di Volpiano si suddivide in due settori principali: il primo, facente parte dell'“Altipiano della Vauda”, corrisponde ad un lembo di terrazzo costituito da depositi fluvioglaciali la cui superficie sommitale si sviluppa tra i 244 ed i 264 metri s.l.m (nel settore Nord-occidentale del territorio); questa superficie si raccorda attraverso una scarpata di potenza variabile tra 20 e 40 metri, al settore maggiormente esteso del territorio comunale, caratterizzato da una superficie subpianeggiante (*“livello di base della pianura”*), in leggero declivio verso Sud-Est, rappresentante il margine distale dell'ampio conoide fluvioglaciale del Fiume Stura di Lanzo. I valori altimetrici della piana, decrescenti verso Sud-Est, sono compresi tra i 238 m in prossimità del confine con il comune di Leini ed i 191 m del margine sud-orientale del territorio comunale.

Dal punto di vista geomorfologico l'area oggetto d'indagine è ubicata in corrispondenza del "livello di base della pianura", caratterizzante soprattutto i settori settentrionale, orientale e meridionale del territorio comunale, a Nord dell'Autostrada A4 Torino-Milano.

Nell'area oggetto d'indagine, ubicata alla quota di circa 209 m slm, il "livello di base della pianura" è caratterizzato da una morfologia pianeggiante con debole pendenza verso SE (in direzione dell'asta fluviale del Fiume Po) e solo localmente mostra blande ondulazioni. Esso è costituito prevalentemente da depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio-superiore, corrispondente al "Fluvioglaciale Riss" dei vecchi Autori.

Gli elementi morfologici principali dell'area oggetto d'indagine sono rappresentati dall'alveo del Canale Bendolino e dai laghetti (ex siti di cave di prestito di materiale utilizzati prevalentemente per la costruzione di rilevati stradali).

La rete idrografica superficiale nel settore oggetto d'indagine è rappresentata principalmente da piccoli corsi d'acqua artificiali (bealere e rogge), come il Canale Bendolino che scorre parallelamente a Nord di Corso Europa (S.P. n°500).

I corsi d'acqua principali, sono invece rappresentati dal Torrente Bendola (distante circa 220 metri a Sud) ed il Rio San Giovanni (distante circa 1,5 km a Nord). Entrambi i corsi d'acqua in occasione dell'evento alluvionale del novembre 1994 sono esondati causando ingenti danni nel territorio comunale. Per l'area oggetto d'indagine risulterebbe che il Torrente Bendola abbia esondato sia in destra che in sinistra orografica ma senza arrivare ad inondare l'area oggetto di indagine.

Il Torrente Malone, che attraversa il territorio nel settore settentrionale e orientale, risulta invece molto distante dal sito in oggetto in direzione Nord-Est.

6.2. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

Per caratterizzare dal punto di vista litostratigrafico il sito interessato dalle opere in progetto sono stati utilizzati i dati provenienti dallo scavo preliminare della nuova sezione del Canale Bendolino realizzato per una lunghezza di circa 130 m in prossimità della nuova ubicazione dello scarico a valle del lago esistente e per una profondità di circa 2.50 metri. Tale scavo è stato eseguito, a seguito di apposita ordinanza di somma urgenza da parte del Sindaco, al fine di impedire l'accesso alla zona e scongiurare danni di tipo ambientale essendo l'area interposta tra la S.P. n°500 e il tracciato esistente del canale Bendolino spesso utilizzata come deposito abusivo di rifiuti di vario genere.

L'analisi stratigrafica dello scavo eseguito ha evidenziato che il sito oggetto di indagine risulta costituito in prevalenza da due orizzonti stratigrafici principali:

- un orizzonte superficiale rappresentato da terreno coltivo, per uno spessore variabile da circa 0.50 m a circa 0.90 m, costituito da sabbie in matrice limoso-argillosa di colore bruno scuro, con rari ciottoli, poco addensate;
- un orizzonte inferiore costituito da depositi ghiaioso sabbiosi con ciottoli di colore grigio-bruno ben addensati (depositi fluvioglaciali appartenenti al "Subsintema di Venaria Reale" (RGM1b) riferibili alla parte inferiore del Pleistocene superiore).

Nella zona ad Ovest della rotonda (zona pista di "minibike" oggi dismessa), dove non è stato realizzato lo scavo preliminare della nuova sezione del canale Bendolino, è possibile che sia presente un ulteriore livello superficiale rappresentato da materiale di riporto, la cui natura e relativo spessore non è stato possibile indagare a causa delle disposizioni ministeriali in relazione al Covid-19 (periodo Febbraio-Aprile 2020).

La natura litostratigrafica di tale settore verrà indagata mediante pozzetti geognostici appena sarà possibile effettuare sopralluoghi e lavori di scavo all'aperto.

6.3. ASSETTO IDROGEOLOGICO

In corrispondenza dallo scavo preliminare della nuova sezione del Canale Bendolino è stata rilevata la presenza della falda acquifera alla profondità di circa 2.50 metri dal piano campagna. Il livello della falda può essere soggetto anche ad innalzamenti in concomitanza ad intensi eventi meteorici di oltre 1 metro fino ad interessare il settore inferiore del canale oppure ad abbassamenti, in periodi particolarmente siccitosi, lasciando il canale completamente asciutto.

I livelli piezometrici rilevati sono, comunque, in accordo a quanto indicato nella cartografia del “Piano di Tutela delle acque della Regione Piemonte” inerente la “Piezometria dell'acquifero superficiale”, nella quale la soggiacenza dell'acquifero superficiale è indicata nella classe compresa tra 0÷5 m da p.c. (Figura 5).

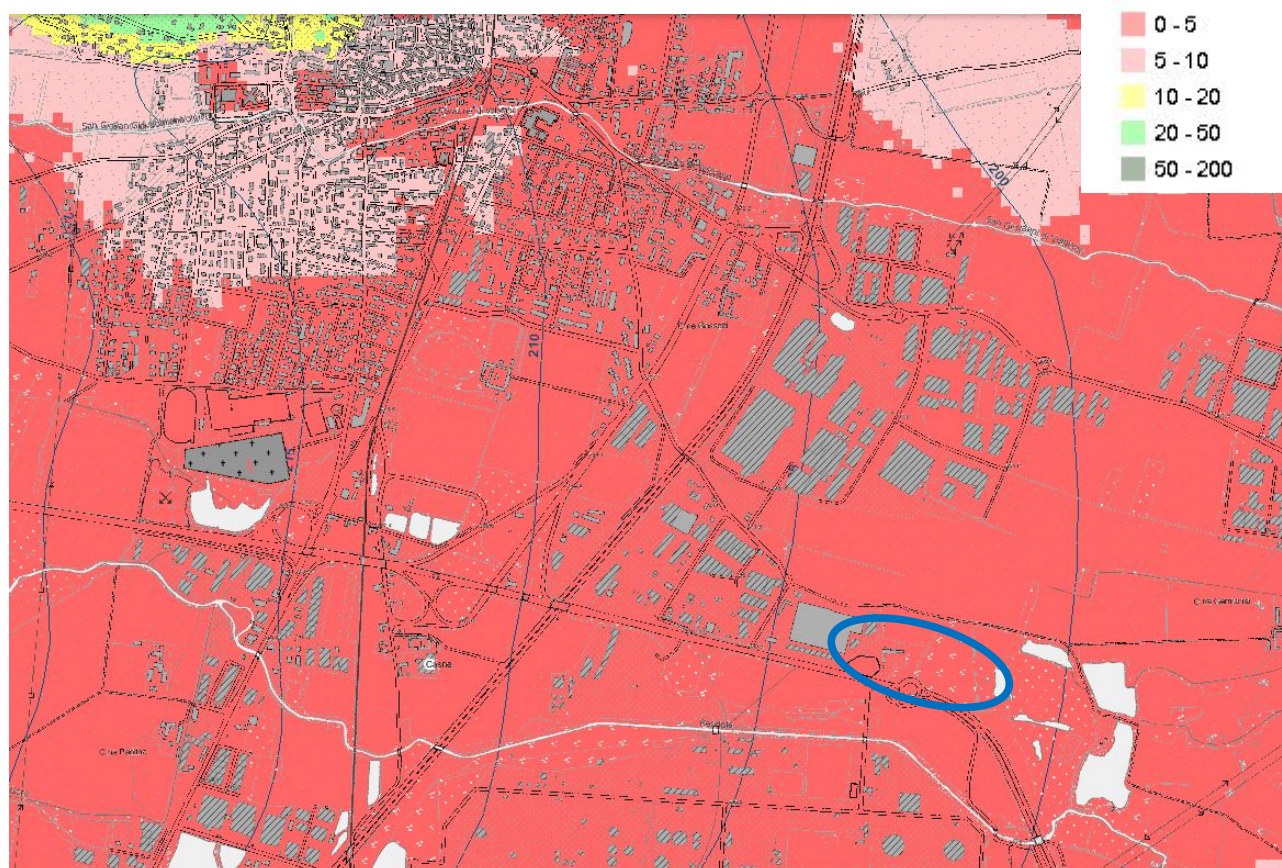


Figura 5: stralcio Carta Piezometrica dell'acquifero superficiale e delle isofreatiche. Geoportale web Geoviewer 2D dell'ARPA Piemonte

La falda freatica presenta una direzione di scorrimento generale da Ovest verso Est, ossia in direzione dell'asta fluviale del Torrente Malone, che scorre nel settore orientale del territorio comunale e che costituisce l'elemento idraulico drenante principale di questo settore di pianura.

I depositi ghiaioso-sabbiosi con ciottoli, costituenti il livello inferiore presente a partire da circa 0.50÷0.90 metri di profondità, sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità mediamente alta ($K = 10^{-3} \div 10^{-5}$ m/sec), che può diminuire in presenza di livelli a granulometria fine del tipo limoso-argillosa.

6.4. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

In questo capitolo vengono espone alcune considerazioni sul grado di pericolosità geomorfologica del sito.

Dalle indagini eseguite risulta che il sito oggetto d'indagine non sia stato lambito da fenomeni di allagamento e di esondazione da parte del Torrente Bendola o corsi d'acqua minori durante l'evento alluvionale del novembre 1994, come riportato sia nella “Carta dell'evento alluvionale del novembre 1994” (Tavola 6g) (Figura 6) allegata agli elaborati predisposti per lo Studio Geologico sul territorio comunale (ottobre 2004) sia nella “Carta di sintesi” (Tavola 8g) allegata alla Variante del P.R.G.C. (Variante strutturale n°23 del Maggio 2019). Solo una piccola zona, in prossimità del raccordo con il tratto intubato nel settore occidentale dell'area di intervento, risulta essere stata inondata durante l'evento del novembre 1994.

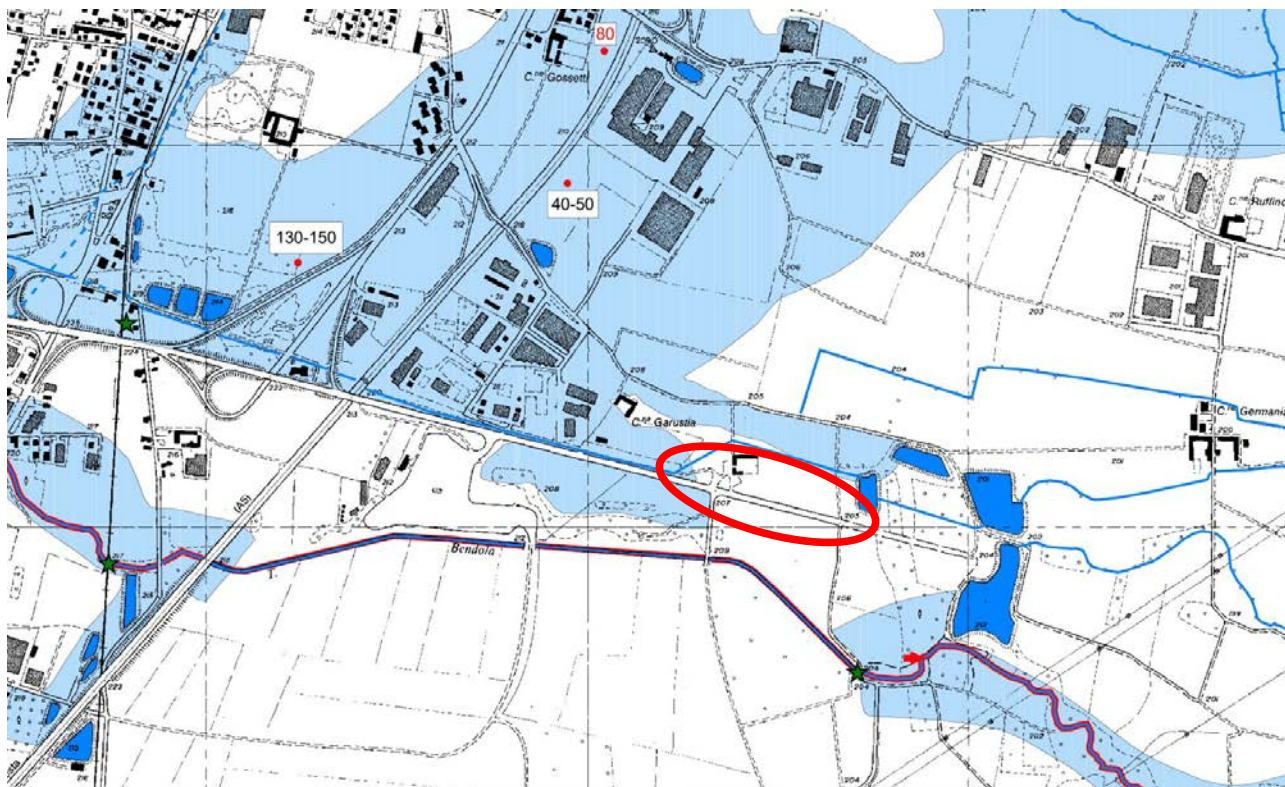


Figura 6: stralcio “Carta dell'evento alluvionale del novembre 1994” (Tavola 6g, Ottobre 2004), predisposta per lo Studio Geologico sul territorio comunale allegato alla Variante del P.R.G.C. (Variante strutturale n°6). In azzurro sono indicate le aree inondate durante l'evento.

Fenomeni di esondazione da parte del Torrente Bendola, o di corsi d'acqua minori, che abbiano interessato l'area oggetto d'indagine non sembrano essere più avvenuti dopo l'evento del 1994. Infatti, i numerosi e mirati interventi di sistemazione e/o regimazione realizzati in seguito al quel disastroso evento hanno decisamente minimizzato il rischio del ripetersi di un fenomeno di tale portata come peraltro dimostrato dall'assenza di segnalazioni di dissesto durante l'evento dell'Ottobre 2000 e del recente evento del novembre 2016.

Più in dettaglio, gli interventi per ridurre gli effetti idraulici del Torrente Bendola sono stati: il rifacimento del ponte sul T. Bendola in via Leinì, il rifacimento del ponte sul Gavo San Grato, l'esecuzione dei lavori di sistemazione idraulica del T. Bendola nel territorio comunale (Ing. Gervasio), l'esecuzione dei lavori di drenaggio e ripristino dello scolmatore “Bendolino”, il rifacimento del ponte ferroviario sul T. Bendola (progressiva 4+791), l'attraversamento ferroviario dello scolmatore “Bendolino”, il rifacimento del ponte sul Torrente Bendola in Via Casne ed il rifacimento del ponte sul Torrente Bendola lungo Strada della Benedetta.

L'area oggetto d'indagine risulta esterna alle fasce di pericolosità geomorfologica definite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) come approvato dalla Del. Com. Ist. dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in data 26/04/2001 e quasi completamente esterna alle aree di pericolosità del PGRA (Piano di Gestione dei

rischi di alluvione, 2015) adottato da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n°2 del 03/03/2016 (Figura 7). Solo una piccola zona, in prossimità del raccordo con il tratto intubato nel settore occidentale dell'area di intervento, risulta essere inserita all'interno delle aree con "Probabilità di alluvioni scarsa (Tr 500 – L-Rara) in quanto inondata durante l'evento del novembre 1994.

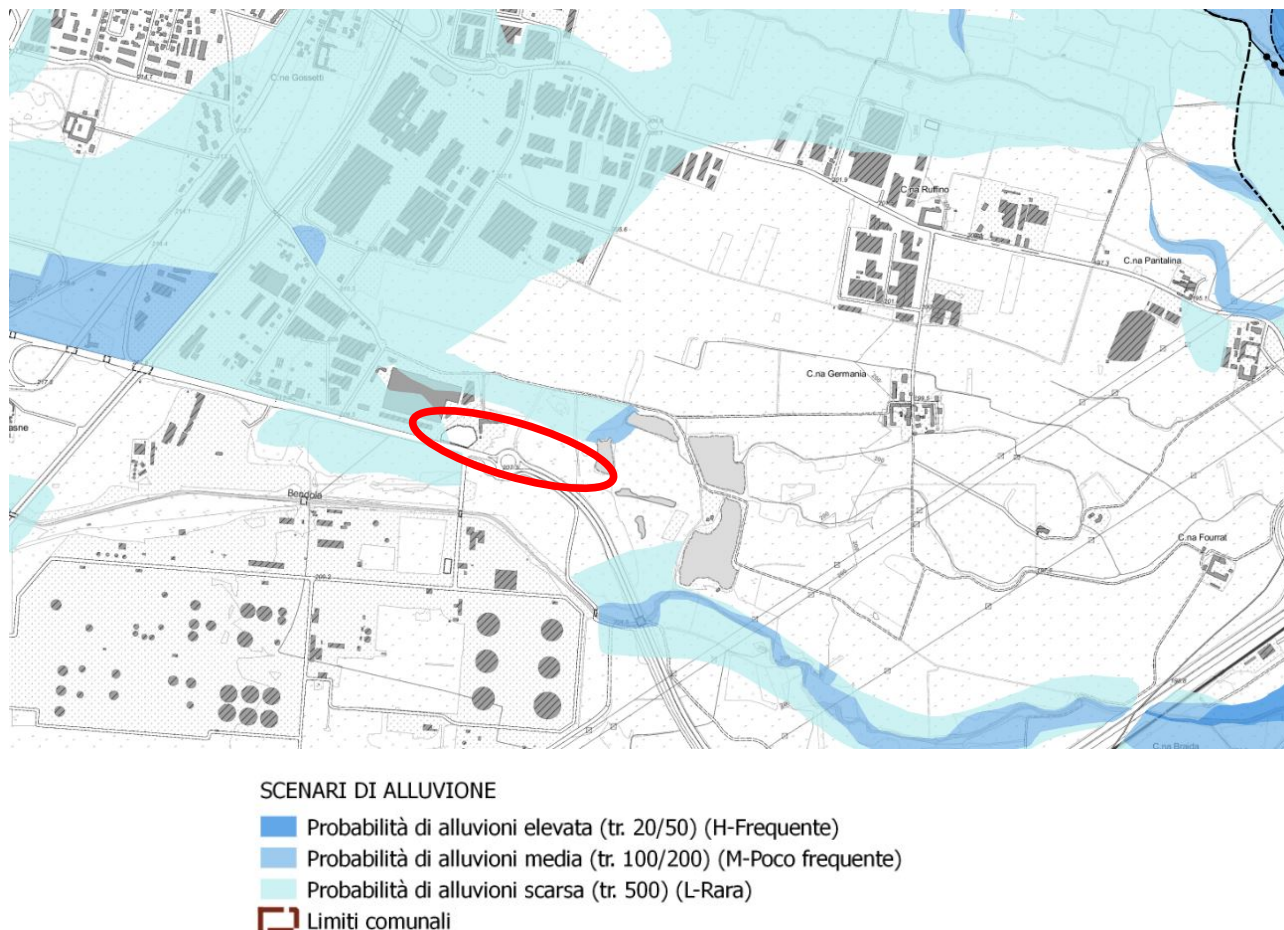


Figura 7: stralcio del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) adottato con Delib. n.4 del 17/12/2015 e approvato con Delib. n. 2 del 03/03/ 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po

Per quanto concerne la risorgenza della falda acquifera si desidera precisare che in occasione di intensi eventi meteorici è possibile la risalita della falda fino a oltre 1 metro rispetto all'attuale profondità rilevata ed indicata nel precedente capitolo. E' possibile pertanto che la falda possa riempire, in concomitanza di eventi meteorici intensi o di periodi caratterizzati da elevata piovosità, il settore inferiore del canale in progetto.

6.5. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Come definito nel testo unico allegato al D.M. del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (Capitolo 3.2 Azione 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 ag".

In relazione all'aggiornamento generale apportato dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri OPCM n°3274 del 20/03/2003 "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 Piemonte con D.G.R. n°61-11017 del 17/11/2003 “Deliberazione della Giunta della Regione Piemonte in merito alla riclassificazione a rischio sismico del territorio regionale”, con D.G.R. n°11-13058 del 19/01/2010 “Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (OPCM n°3274/2003 e OPCM n°3519/2006)” e con D.G.R. n°6-887 del 30/12/2019 “OPCM 3519/2006. Presa d’atto e approvazione dell’aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n°65-7656”, il **Comune di Volpiano (TO)** ricade all'interno della **Zona 3** nelle tabelle della zonazione sismica della Regione Piemonte (Figura 8), cui corrisponde nell'Allegato 2 “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici” dell'OPCM n°3274, un valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A) pari a 0,125g (m/s²), come riportato nelle seguenti tabelle:

CRITERI NAZIONALI		Zone Piemonte	
ZONE	PGA 475 (ag)	ZONE	PGA 475 (ag)
1	$0,25g < a_g \leq 0,35g$	3s	$0,125g < a_g \leq 0,150g$
2	$0,15g < a_g \leq 0,25g$	3	$0,05g < a_g \leq 0,125g$
3	$0,05g < a_g \leq 0,15g$	4	$\leq 0,05g$
4	$\leq 0,05g$		

Tale criterio aveva individuato, come detto, una prima, provvisoria, classificazione del territorio nazionale suscettibile di modifiche limitate da parte delle regioni e prevedeva un aggiornamento periodico delle mappe di classificazione sismica.

La nuova mappa di pericolosità sismica predisposta dall'I.N.G.V. ha suddiviso, in seguito, il territorio nazionale in aree caratterizzate da diversa pericolosità (Figura 9).

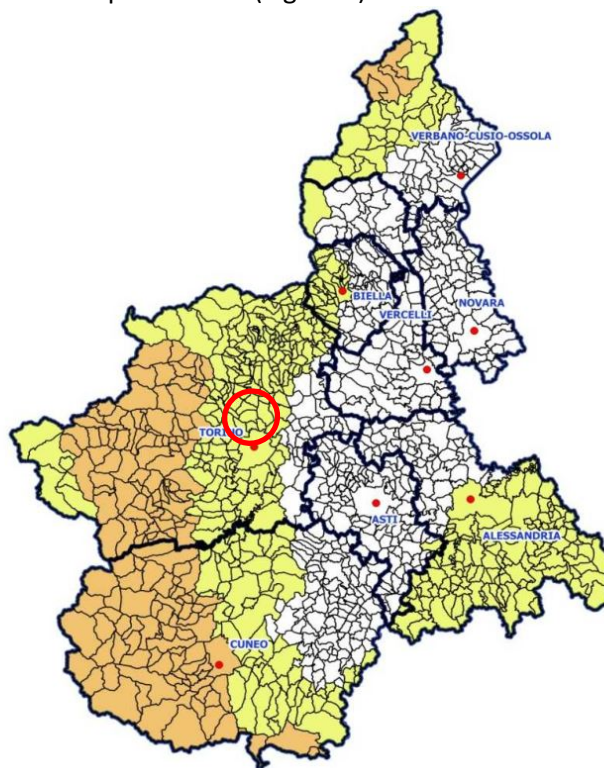


Figura 8: Classificazione sismica della Regione Piemonte (D.G.R. n°6-887 del 30/12/2019)

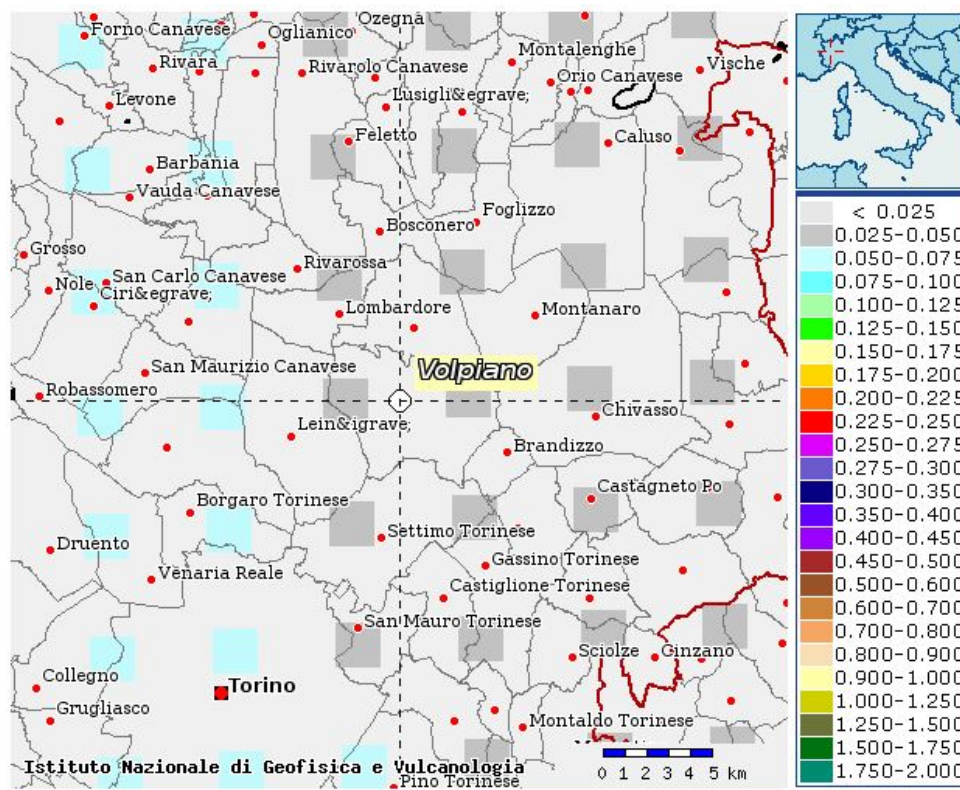


Figura 8: *Mapa di pericolosità sismica del comune di Volpiano (TO) espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi $V_{s30} > 800$ m/s (tratto da INGV)*

Come si può notare dalla Figura 9, l'opera in progetto interessa terreni che presentano un'accelerazione massima del suolo variabile da 0,025 a 0,050 g.

Quest'ultima classificazione ha rappresentato il punto di partenza per la definizione delle precedenti NTC (2008) e delle attuali NTC (2018).

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 § 7.11.3 delle NTC del 17/01/2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito indicata), 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 dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

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 sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana 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:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

nella quale:

h_i spessore 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, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

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 di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella (D.M. 17/01/2018, Tabella 3.2.II).

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.

Sulla base esclusivamente di indagini stratigrafiche, prive di indagini sismiche dirette in sito, in questa fase è stato stimato di classificare il sito in esame, in prima approssimazione, come suolo di **categoria B**.

Sulla base della classificazione sismica ottenuta e delle coordinate geografiche del sito in esame nonché delle caratteristiche topografiche, ed altri parametri relativi alla nuova costruzione in oggetto, è possibile definire gli spettri di risposta in accelerazione per ogni stato limite (di esercizio e ultimo) considerato. In funzione dello spettro di risposta sarà quindi possibile determinare l'azione sismica, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

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 che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. (§ 3.2 NTC-18).

Individuata la categoria del sottosuolo, si procede alla valutazione delle condizioni topografiche al fine di valutare l'amplificazione sismica locale (tabella seguente).

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 $i > 30^\circ$

Il sito in esame appartiene alla categoria T1.

E' necessario inoltre, al fine di valutare gli spettri di risposta per i diversi stati limite, fare alcune considerazioni di carattere generale sull'opera che si va a realizzare.

In primo luogo deve essere definita la vita nominale della struttura V_N : *“La vita nominale di un'opera strutturale V_N è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.1 (§ 2.4.1 NTC-2018)”*.

Si riporta di seguito la tabella utilizzata per la definizione di V_N .

Tab. 2.4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

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

L'opera in progetto ricade nella seconda categoria, pertanto si considera una vita nominale pari a 50 anni.

Per valutare il periodo di riferimento per l'azione sismica è necessario definire il coefficiente d'uso funzione della classe di uso della struttura in progetto (§ 2.4.3 NTC-18).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

L'edificio ricadrebbe in Classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso $C_U = 1$.

In relazione alle considerazioni fino ad ora esplicitate, è possibile calcolare gli spettri di risposta partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

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 in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per una serie di punti sul territorio, e possono essere opportunamente interpolati. A tal proposito è stato utilizzato il supporto informatico denominato “Geostru PS” della Geostru Software che permette un calcolo agevole dei parametri a_g , F_0 , T_c e degli stessi spettri di risposta.

Si riportano di seguito i parametri di progetto relativi all'azione sismica per i diversi stati limite, inerenti il sito indagato ubicato nel Comune di **Volpiano (TO)**:

Indirizzo
Corso Europa - Volpiano (TO)

WG584: Lat 45.184028 - Lng 7.795754

ED50: Lat 45.184982 - Lng 7.796839

Stati limite



Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...



Vita Nominale

50



Interpolazione

Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0.020	2.607	0.160
Danno (SLD)	50	0.024	2.603	0.187
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.046	2.716	0.275
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.054	2.763	0.295
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici



Tipo

Muri di sostegno NTC 2018

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


H (m)

1

us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

B



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,42	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.014	0.021	0.000
kv	--	0.007	0.011	--
Amax [m/s²]	0.231	0.285	0.544	0.640
Beta	--	0.470	0.380	--

6.6. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende un processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che in un terreno saturo non coesivo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) causa la diminuzione della resistenza e/o rigidità a taglio a seguito della presenza di carichi superficiali o dello scuotimento del suolo (terremoti), potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che si è innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

C'è da dire, inoltre, che tale fenomeno può manifestarsi in vari modi, principalmente:

- diffusione;
- scorrimento fluido;
- perdita di portanza.

La diffusione la si ha quando uno strato superficiale comincia a muoversi su quello sottostante a causa della liquefazione di quest'ultimo.

Lo scorrimento fluido lo si ha quando porzioni di terreno vengono letteralmente trasportati dalla massa liquefatta in movimento. E' un fenomeno che può verificarsi sovente in terreni costituiti da sabbie sciolte e, ovviamente, in siti sottofalda e sottomarini. Per quanto pericoloso, lo scorrimento fluido è un fenomeno meno devastante del precedente, dato che le forze impresse dal flusso sono minori di quelle che competono al terreno soggetto a diffusione.

La perdita di capacità portante è dovuta alla perdita di resistenza a taglio del terreno, la quale conduce a grandi deformazioni superficiali.

Sono suscettibili alla liquefazione:

- i suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuto di fini plastici relativamente basso (meno del 15%);
- i suoli costituiti da particelle relativamente uniformi (predomina una dimensione delle particelle);
- i depositi sabbiosi recenti (età Olocenica).

Le norme NTC del D.M. 17/01/2018 al Capitolo 7.11.3.4.2 indicano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro 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 $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} 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 Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$. (U_c rapporto D_{60}/D_{10} , dove D_{60} e D_{10} sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).

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.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è stata eseguita al fine di fornire dei parametri dei terreni per i calcoli geotecnici e per le verifiche strutturali delle opere in progetto.

7.1. PARAMETRI GEOTECNICI

I principali parametri utilizzati per caratterizzare i materiali presenti nell'area oggetto d'indagine ed interessati dalle opere fondazionali delle opere in progetto, sono stati stimati (stima cautelativa del valore del parametro appropriato) sulla base di dati bibliografici inerenti terreni analoghi. Tali parametri caratteristici stimati sono riassunti nella seguente tabella.

Profondità (m)	Materiali	γ' (kN/m ³)	ϕ' (°)	ϕ_{cv} (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)
0.00-0.30	Terreno di riporto	18.5	29	26	0	-
0.30-1.00	Terreno coltivo: sabbie limoso argillose con rari ciottoli	19.0	27	24	0	-
1.00-4.00	Ghiaie e sabbie con ciottoli	19.5	33	29	0	-

dove:

γ' : Peso di Volume

ϕ' : Angolo di resistenza al taglio

ϕ_{cv} : Angolo di resistenza al taglio a volume costante (Lambe & Whitman, 1969)

c' : Coesione drenata

c_u : Coesione non drenata

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' stimato rappresenta un valore di picco che risulta non

compatibile con i valori di Q_{limite} ottenibili. Infatti, secondo Yamaguchi et al. (1977), il raggiungimento della Q_{limite} si ha in corrispondenza di elevate deformazioni, ovvero quando il comportamento del materiale incoerente risulta caratterizzato dall'assenza di variazioni di volume e la resistenza disponibile è quella corrispondente allo stato critico, individuato dall'angolo a volume costante (ϕ_{cv}). I valori dell'angolo a volume costante sono stati stimati sulla base di quanto indicato da Lambe & Whitman (1969).

L'analisi dei parametri geotecnici sopra indicati evidenzia che l'orizzonte di terreno più superficiale (terreno coltivo) e il terreno di riporto presente nell'area della pista delle "minibike" sono caratterizzati da scadenti a mediocri parametri geotecnici. L'orizzonte sottostante, costituito da depositi ghiaioso sabbiosi con ciottoli di colore grigio-bruno (orizzonte 2) è caratterizzato da buoni parametri geotecnici.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Sulla base delle indagini e dei rilievi effettuati è possibile compiere alcune considerazioni.

Le opere in progetto consistono nei lavori di "Lavori di traslazione del canale Bendolino" in comune di Volpiano, nel tratto compreso tra lo stabilimento della Coral SpA e il laghetto esistente nell'area denominata "Cascina Verdina". Lo spostamento del canale si rende necessario nell'ambito di un progetto generale complessivo di riqualificazione dell'area, attualmente in progressivo degrado a causa di ripetuti fenomeni di abbandono di rifiuti di ogni genere, che prevede tra l'altro anche la realizzazione della nuova bretella di collegamento tra corso Piemonte e la S.P. n°500 (Corso Europa) prevista da PRGC. In particolare l'intervento previsto di traslazione del sedime dell'alveo attivo verso sud, quasi parallelo al Corso Europa, consente da un lato di ridurre un percorso tortuoso interno all'area, che ha favorito nel tempo uno stato di abbandono del sedime del canale (che risulta difficilmente controllabile anche in riferimento allo scarico incontrollato di rifiuti e macerie), sostituendolo con un tracciato più lineare e prossimo all'arteria viaria; la maggior linearità inoltre favorisce le condizioni di deflusso regolare, sia in condizioni di magra sia in condizioni di piena, pur nel rispetto dei criteri adottati di inserimento ambientale dell'opera, realizzata interamente con tecniche di ingegneria naturalistica.

Dal punto di vista litostratigrafico le indagini condotte hanno evidenziato, nel sito oggetto di indagine, la presenza di due orizzonti stratigrafici principali:

- un orizzonte superficiale rappresentato da terreno coltivo, per uno spessore variabile da circa 0.50 m a circa 0.90 m, costituito da sabbie in matrice limoso-argillosa di colore bruno scuro, con rari ciottoli, poco addensate;
- un orizzonte inferiore costituito da depositi ghiaioso sabbiosi con ciottoli di colore grigio-bruno ben addensati (depositi fluvioglaciali appartenenti al "Subsintema di Venaria Reale" (RGM1b) riferibili alla parte inferiore del Pleistocene superiore).

Nella zona ad Ovest della rotonda (zona pista di "minibike" oggi dismessa), dove non è stato realizzato lo scavo preliminare della nuova sezione del canale Bendolino, è possibile che sia presente un ulteriore livello superficiale rappresentato da materiale di riporto, la cui natura e relativo spessore non è stato possibile indagare a causa delle disposizioni ministeriali in relazione al Covid-19 (periodo Febbraio-Aprile 2020).

In corrispondenza dallo scavo preliminare della nuova sezione del Canale Bendolino è stata rilevata la presenza della falda acquifera alla profondità di circa 2.50 metri dal piano campagna. Il livello della falda può essere soggetto anche ad innalzamenti in concomitanza ad intensi eventi meteorici di oltre 1 metro fino ad interessare il settore inferiore del canale oppure ad abbassamenti, in periodi particolarmente siccitosi, lasciando il canale completamente asciutto. I livelli piezometrici rilevati sono, comunque, in accordo a quanto indicato nella cartografia del "Piano di Tutela delle acque della Regione Piemonte" inerente la "Piezometria dell'acquifero superficiale", nella quale la soggiacenza dell'acquifero superficiale è indicata nella classe compresa tra 0÷5 m da p.c.

Dal punto di vista geotecnico si evidenzia che l'orizzonte di terreno più superficiale (terreno coltivo) e il terreno di riporto presente nell'area della pista delle "minibike" sono caratterizzati da scadenti a mediocri

parametri geotecnici. L'orizzonte sottostante, costituito da depositi ghiaioso sabbiosi con ciottoli di colore grigio-bruno (orizzonte 2) è caratterizzato da buoni parametri geotecnici.

Dalle indagini eseguite risulta che il sito oggetto d'indagine non sia stato lambito da fenomeni di allagamento e di esondazione da parte del Torrente Bendola o corsi d'acqua minori durante l'evento alluvionale del novembre 1994, come riportato sia nella "Carta dell'evento alluvionale del novembre 1994" (Tavola 6g) (Figura 6) allegata agli elaborati predisposti per lo Studio Geologico sul territorio comunale (ottobre 2004) sia nella "Carta di sintesi" (Tavola 8g) allegata alla Variante del P.R.G.C. (Variante strutturale n°23 del Maggio 2019). Solo una piccola zona, in prossimità del raccordo con il tratto intubato nel settore occidentale dell'area di intervento, risulta essere stata inondata durante l'evento del novembre 1994.

Fenomeni di esondazione da parte del Torrente Bendola, o di corsi d'acqua minori, che abbiano interessato l'area oggetto d'indagine non sembrano essere più avvenuti dopo l'evento del 1994. Infatti, i numerosi e mirati interventi di sistemazione e/o regimazione realizzati in seguito al quel disastroso evento hanno decisamente minimizzato il rischio del ripetersi di un fenomeno di tale portata come peraltro dimostrato dall'assenza di segnalazioni di dissesto durante l'evento dell'Ottobre 2000 e del recente evento del novembre 2016.

L'area oggetto d'indagine risulta esterna alle fasce di pericolosità geomorfologica definite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) come approvato dalla Del. Com. Ist. dell'Autorità di Bacino del Fiume Po in data 26/04/2001 e quasi completamente esterna alle aree di pericolosità del PGRA (Piano di Gestione dei rischi di alluvione, 2015) adottato da parte del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione n°2 del 03/03/2016. Solo una piccola zona, in prossimità del raccordo con il tratto intubato nel settore occidentale dell'area di intervento, risulta essere inserita all'interno delle aree con "Probabilità di alluvioni scarsa (Tr 500 – L-Rara) in quanto inondata durante l'evento del novembre 1994.