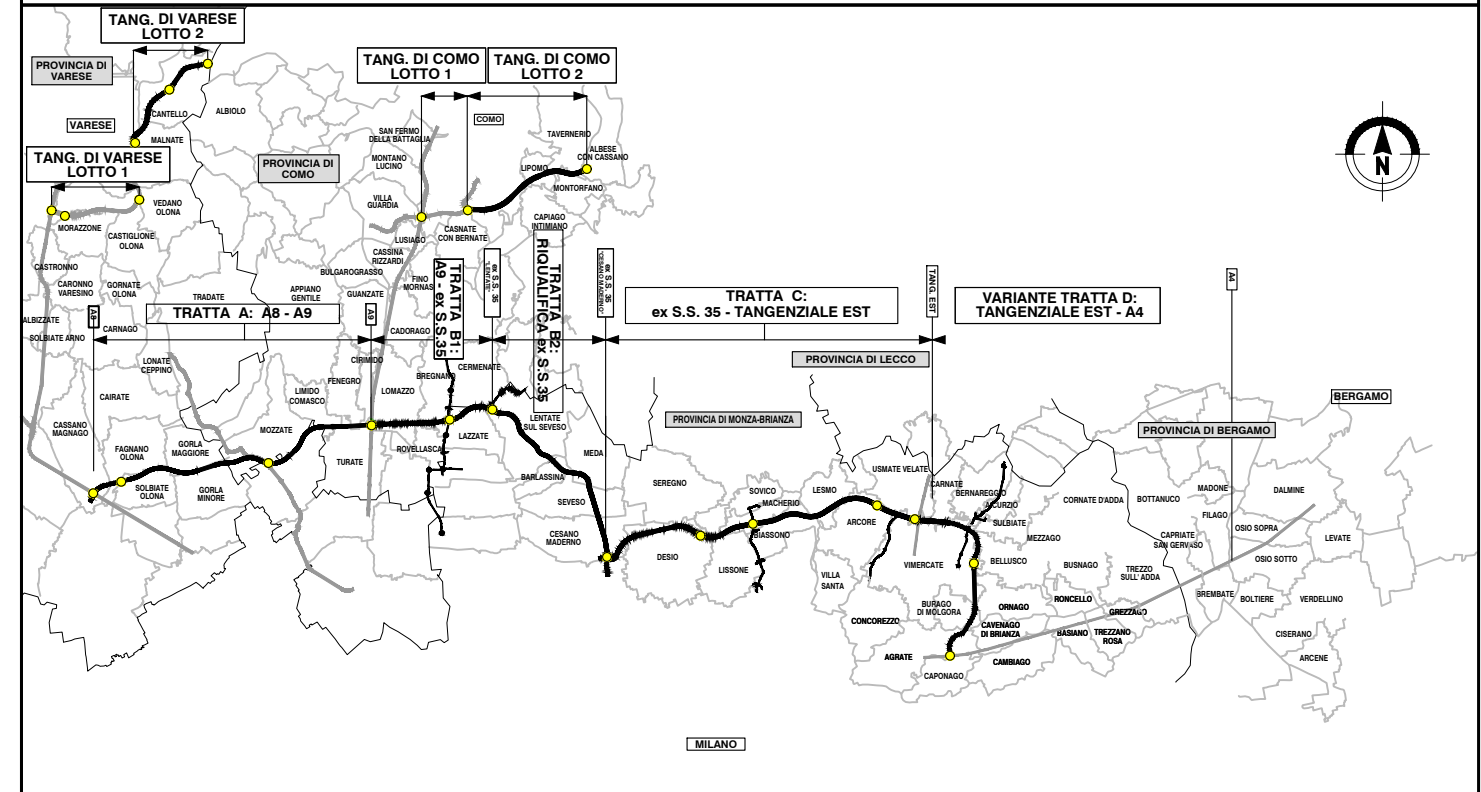


# QUADRO DI UNIONE GENERALE



## COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

### PROGETTO DEFINITIVO VARIANTE TRATTA D

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE (SIA)  
SEZIONE 4.2 - GEOLOGIA E ACQUE SOTTERANEE  
Relazione

#### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTE DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
D	SA	DD	000	AM00	153	RS	001	A

DATA 30 Giugno 2023

SCALA

#### CONCEDENTE



#### PROGETTAZIONE



#### DATA REVISIONE ELABORAZIONE PROGETTUALE

DATA	REVISIONE	ELABORAZIONE PROGETTUALE
30 Giugno 2023	EMISSIONE	A

Direzione Ingegneria BIM Center Arch. Fabio Massimo Saldini	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lucia Samorani
Redatto Ing. Norese	Visto Ing. Samorani
	Contributo specialistico Arch. Saldini

#### CONCESSIONARIO

Direttore Ingegneria e BIM Center: Arch. Fabio Massimo Saldini  
Direttore Tecnico: Ing. Paolo Simonetta  
Responsabile Funzione Tecnica, Project Financing e ACT Ing. Andrea Monguzzi

#### VERIFICA E VALIDAZIONE

RTI: Conteco Check S.r.l. (Mandante), Rina Check S.r.l. (Mandataria), Bureau Veritas Italia S.p.a. (Mandataria)

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**INDICE**

<p>1 Premessa ..... 1</p> <p>1.1 Finalità dell'analisi specialistica ..... 1</p> <p>1.2 Riferimenti normativi ..... 1</p> <p>1.3 Metodologia di analisi ..... 1</p> <p>1.4 Fonti informative utilizzate ..... 1</p> <p>1.4.1 Principali informazioni pregresse ..... 1</p> <p>1.4.2 Campagna indagini 2022-2023 ..... 3</p> <p>2 Pressioni attese e ambito di potenziale influenza ..... 4</p> <p>2.1 Azioni determinanti e aree interessate ..... 4</p> <p>2.1.1 Attività di scavo ..... 5</p> <p>2.1.2 Bilancio delle terre e Piano di Utilizzo ..... 6</p> <p>2.1.3 Opere d'arte ..... 9</p> <p>2.1.4 Gestione delle acque meteoriche ..... 10</p> <p>2.2 Pressioni attendibili ..... 10</p> <p>3 Stato della componente ..... 12</p> <p>3.1 Geologia ..... 12</p> <p>3.1.1 Inquadramento geologico strutturale ..... 12</p> <p>3.1.2 Quadro geologico a scala provinciale ..... 13</p> <p>3.1.3 Fenomeno degli "occhi pollini" ..... 17</p> <p>3.1.4 Subsidenza ..... 22</p> <p>3.1.5 Caratteristiche geologiche del tracciato ..... 23</p> <p>3.2 Geomorfologia ..... 27</p> <p>3.2.1 Quadro geomorfologico di riferimento ..... 27</p> <p>3.2.2 Caratteristiche geomorfologiche locali ..... 28</p> <p>3.3 Sismica ..... 31</p> <p>3.3.1 Rischio sismico ..... 31</p> <p>3.3.2 Sismicità da PGT ..... 32</p> <p>3.3.3 Classificazione sismica ..... 33</p> <p>3.3.4 Sismicità storica ..... 34</p> <p>3.3.5 Studio sismico a supporto del progetto definitivo ..... 36</p> <p>3.4 Idrogeologia ..... 39</p> <p>3.4.1 Inquadramento idrogeologico ..... 39</p> <p>3.4.2 Struttura degli acquiferi ..... 41</p> <p>3.4.3 Permeabilità dei depositi superficiali ..... 43</p>	<p>3.4.4 Dinamica delle acque sotterranee ..... 44</p> <p>3.4.5 Vulnerabilità degli acquiferi ..... 46</p> <p>3.4.6 Aree di protezione ..... 46</p> <p>3.4.7 Stato quantitativo e qualitativo dei corpi idrici sotterranei ..... 47</p> <p>3.5 Litologia e geotecnica ..... 49</p> <p>3.6 Qualità ambientale dei terreni ..... 50</p> <p>4 Effetti potenzialmente attesi ..... 53</p> <p>4.1 Effetti specifici attesi in fase di cantiere ..... 53</p> <p>4.1.1 Componente Geologia ..... 53</p> <p>4.1.2 Componente Acque sotterranee ..... 54</p> <p>4.2 Effetti specifici attesi in fase di esercizio ..... 55</p> <p>4.2.1 Componente Geologia ..... 55</p> <p>4.2.2 Componente Acque sotterranee ..... 57</p> <p>5 Misure di compatibilità ambientale ..... 58</p> <p>5.1 Misure per la fase di cantiere ..... 58</p> <p>5.2 Misure per la fase di esercizio ..... 58</p> <p>6 Misure di controllo degli effetti ..... 59</p> <p>6.1 Misure previste per la componente Geologia ..... 59</p> <p>6.1.1 Criteri adottati ..... 59</p> <p>6.1.2 Identificazione delle aree ..... 59</p> <p>6.1.3 Identificazione dei punti ..... 60</p> <p>6.2 Misure previste per la componente Acque sotterranee ..... 60</p> <p>6.2.1 Criteri adottati ..... 60</p> <p>6.2.2 Identificazione delle aree ..... 60</p> <p>6.2.3 Identificazione dei punti ..... 61</p> <p>7 Considerazioni conclusive ..... 62</p> <p>Allegati ..... 68</p> <p>Allegato 1: Carta geologica ..... 68</p> <p>Allegato 2: Carta geomorfologica ..... 68</p> <p>Allegato 3: Carta idrogeologica ..... 68</p> <p>Allegato 4: Carta della pericolosità sismica ..... 68</p> <p>Allegato 5: Carta dei terremoti ..... 68</p>
--	--

## 1 PREMESSA

### 1.1 FINALITÀ DELL'ANALISI SPECIALISTICA

La presente Sezione individua ed analizza i potenziali effetti attendibili a seguito della realizzazione e messa in esercizio del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse - VARIANTE TRATTA D, sulla componente geologia e acque sotterranee.

L'obiettivo è l'individuazione delle sensibilità e delle vulnerabilità di natura geologica, geomorfologica, sismica, geotecnica e idrogeologica, eventualmente presenti nelle aree interessate dalle opere in progetto e nel contorno potenzialmente influenzabile, al fine di verificare l'attesa di potenziali interferenze inducibili dall'intervento stradale e dai relativi cantieri sulla componente e, ove rilevate, fornire l'indicazione di adeguate misure di compatibilità ambientale.

### 1.2 RIFERIMENTI NORMATIVI

I riferimenti normativi della presente Sezione sono gli stessi degli studi specialistici attinenti alla componente ambientale in analisi, sviluppati a supporto del progetto, di seguito richiamati:

- Circolare 21.01.2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al DM 17.01.2018
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- O.P.C.M. n° 3519 (2006) - "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- O.P.C.M. n° 3274 (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"
- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (UNI-EN 1998-5:2005);
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole Generali – UNI-EN 1997-1:2013;
- Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo UNI EN 1997-2:2007;
- D.g.r. Lombardia 30 marzo 2016 - n x/5001 linee di indirizzo costruzioni in zona sismica

- L.R Lombardia n° 33 del 12/10/2015 “Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zona sismiche”
- Delibera n. 2129 del 11/07/2014, “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia”;
- “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio”, approvati con d.g.r. Lombardia n. 2616 del 2011 e integrati con d.g.r. 6738/2017, con d.g.r. n. 6702/2021 e con d.g.r. 7564/2022;
- D.d.u.o. 22 maggio 2019 - n. 7237 “Aggiornamento del d.d.u.o. 21 novembre 2013 n. 19904 - Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della d.g.r. n. 19964 del 7 novembre 2003”.

### 1.3 METODOLOGIA DI ANALISI

L'analisi ambientale è svolta attraverso i seguenti passaggi:

- identificazione delle azioni determinati e delle categorie di possibile pressione attendibili;
- descrizione degli elementi costituenti lo stato di riferimento della componente ambientale in analisi;
- confronto tra pressioni ed elementi di sensibilità e/o vulnerabilità rilevati, e individuazione e analisi dei potenziali effetti attendibili sulla componente in fase di cantiere e in fase di esercizio;
- verifica dell'eventuale necessità di misure ambientali ulteriori rispetto a quanto già previsto dal progetto.

### 1.4 FONTI INFORMATIVE UTILIZZATE

#### 1.4.1 Principali informazioni pregresse

##### 1.4.1.1 Dati forniti dalla Committenza

I dati forniti dalla Committenza sono relativi alla progettazione definitiva delle Tratte C e D e alla progettazione definitiva della TEEM.

Si tratta di intere relazioni geologiche, relative alla progettazione delle rispettive autostrade, con uno spazio temporale che spazia tra il 2009 e il 2010.

#### 1.4.1.2 Altre fonti informative

Tra le altre fonti informative va, innanzitutto, considerata la consultazione on-line della cartografia tematica e della documentazione relativa alle banche dati territoriali caricate sul Geoportale della Regione Lombardia<sup>1</sup>.

A riguardo, di particolare ausilio per la redazione del presente studio sono state le seguenti basi informative:

- Banca dati geologica sottosuolo
- Basi Ambientali della Pianura – Geomorfologia
- Basi Ambientali della Pianura – Litologia
- Carta geologica - Foglio 097 Vimercate
- Carta Geologica 250.000
- Carta Geomorfologica Applicata
- Cartografia geologica (progetto CARG)
- Catasto cave
- Geologia acquiferi - Gruppi A
- Geologia acquiferi - Gruppi B
- Geologia acquiferi - Gruppi C
- Geologia acquiferi - Gruppi D
- Opere di difesa del suolo
- Piezometrie 2014 degli acquiferi superficiali e profondi
- Reticolo Idrografico Regionale Unificato
- Siti bonificati a contaminati
- Studi Geologici Comunali

Sempre sul Geoportale Regionale sono archiviati, in formato digitale, gli strumenti di pianificazione comunale (Piani di Governo del Territorio e loro varianti) che i Comuni inviano alla Giunta regionale ai sensi della LR n. 12 del 2005. È stato così possibile esaminare i relativi studi della componente geologica e idrogeologica.

Quindi, si è fatto riferimento, per quanto d'interesse, agli elaborati che costituiscono il Quadro conoscitivo del Piano Territoriale di Coordinamento (PTCP) della Provincia di Monza Brianza, approvato con deliberazione di Consiglio Provinciale n° 16, del 10 luglio 2013, quali, in particolare: <https://www.provincia.mb.it/Temi/pianificazione-territoriale-e-parchi/siti/risorse/>

- Tavola 8 Assetto idrogeologico
  - Suscettività “Occhi pollini”
- Tavola 9 Sistema geologico e idrogeologico
  - Pozzi pubblici
  - Aree di ricarica degli acquiferi
  - Aree di ricarica diretta degli acquiferi

Per quanto riguarda le cartografie, oltre a quelle presenti sul Geoportale, si è fatto riferimento a:

- AA.VV (1999) - Carta Geomorfologica della Pianura Padana, alla scala 1:250.000. M.U.R.S.T. Ed. Selca, Firenze
- Servizio Geologico d'Italia - “Foglio 45 – MILANO – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000”
- Servizio Geologico d'Italia - “Foglio 97 – VIMERCATE – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000”

con relative Note Illustrative.

Per gli aspetti idrogeologici, utili informazioni sono state desunte dagli elaborati che costituiscono il Piano di Tutela delle Acque (PTA), definitivamente approvato con Delibera di Giunta Regionale n. 6990 del 31 luglio 2017.

Infine, sono, di seguito, elencati i principali testi scientifici consultati:

- Beretta G.P. (1986) - "Contributo per la stesura di una carta idrogeologica della Lombardia". Acque sotterranee, n. 4, dicembre, Milano
- Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L. (2004). Geologia di sottosuolo dell'alta pianura a NE di Milano. *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 17(2/1), 343–354. Retrieved from <https://amq.aiqua.it/index.php/amq/article/view/539>
- C.N.R.-I.R.S.A. (1979) – Lineamenti idrogeologici della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A., 28 (II), Roma

<sup>1</sup> Cfr. <http://www.geoportale.regione.lombardia.it/>

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- C.N.R.-I.R.S.A. (1981) – Indagine sulle falde acquifere profonde della Pianura Padana. Quaderni I.R.S.A. 51 (II), Roma
- Èupolis Lombardia (2015): Approfondimento specialistico relativo ai corpi idrici sotterranei nel Piano di Tutela delle Acque lombardo.
- Geosfera Studi Associato (2020) Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli occhi pollini, Committente BrianzAcque s.r.l.
- Mantovani, E., Brancolini, G., Babbucci, D., Tamburelli, C., Viti, M. (2021). *Possible Multiple Sources of the Strong 1117 Po Plain Earthquake, Inferred from the Plio-Quaternary Evolution of the Northern Adriatic Area. International Journal of Geosciences*, 12(4), 381-403
- Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP (2002): Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia”
- Vannoli P., Burrato P., Valensise G. (2014) - *The seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): tectonic diversity in a blind faulting domain. Pure and Applied Geophysics*, 171(7), 1237-1250.

Ditta	Tipo di indagine	Quantità
Eurogeo	Prova penetrometrica dinamica (DPSH)	15
	Down-Hole (DH)	4
	Prove di carico su piastra	3
Singea	Sondaggio a carotaggio continuo (S)	14
	Sondaggio a distruzione di nucleo (DAC)	5
	Piezometri installati nei sondaggi	11
	Trincea o pozzetto esplorativo (T)	8
	Prova penetrometrica dinamica (DPSH)	21
	Down-Hole (DH)	3
	Prove di carico su piastra	8
TecnoStudio	Down-Hole (DH)	1
	MASW	3

Tabella 1-1 – Indagini geognostiche di nuova realizzazione per il tratto autostradale in esame suddivise per tipologia

#### 1.4.2 Campagna indagini 2022-2023

Alla luce di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, all'interno dello studio per la progettazione definitiva dell'infrastruttura in esame, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Dette indagini sono state eseguite, tra agosto e ottobre 2022, dalle ditte Eurogeo s.r.l. di Paderno Dugnano (MI), per il tratto nord, e Singea s.r.l. di Montichiari (BS), per il tratto sud, e hanno visto l'effettuazione di 112 indagini.

Sono inoltre state realizzate, nel periodo fine maggio inizio giugno 2023, una ulteriore prova Down-Hole e 3 MASW da parte di TecnoStudio s.r.l. di Este (PD).

Nella seguente tabella (cfr. Tabella 1-1) sono riportate le indagini realizzate.

Ditta	Tipo di indagine	Quantità
Eurogeo	Sondaggio a carotaggio continuo (S)	18
	Sondaggio a distruzione di nucleo (di cui 9 DAC)	10
	Piezometri installati nei sondaggi	6+1
	Trincea o pozzetto esplorativo (T)	3

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

## 2 PRESSIONI ATTESE E AMBITO DI POTENZIALE INFLUENZA

### 2.1 Azioni determinanti e aree interessate

La VARIANTE TRATTA D del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo, ha una lunghezza di circa 9 chilometri, ed è posta nel quadrante nord-orientale, tra l'autostrada A4 – Torino-Trieste e l'A51 tangenziale Est Esterna di Milano.

Il limite occidentale dell'area d'intervento è posto poco a Ovest del torrente Molgora, mentre a sud il limite è costituito dallo svincolo TEEM-A4.

La VARIANTE TRATTA D ricade interamente in provincia di Monza e Brianza, interessando i comuni di Caponago, Agrate Brianza, Burago di Molgora, Vimercate, Ornago, Bellusco e Carnate (cfr. Figura 2-1).

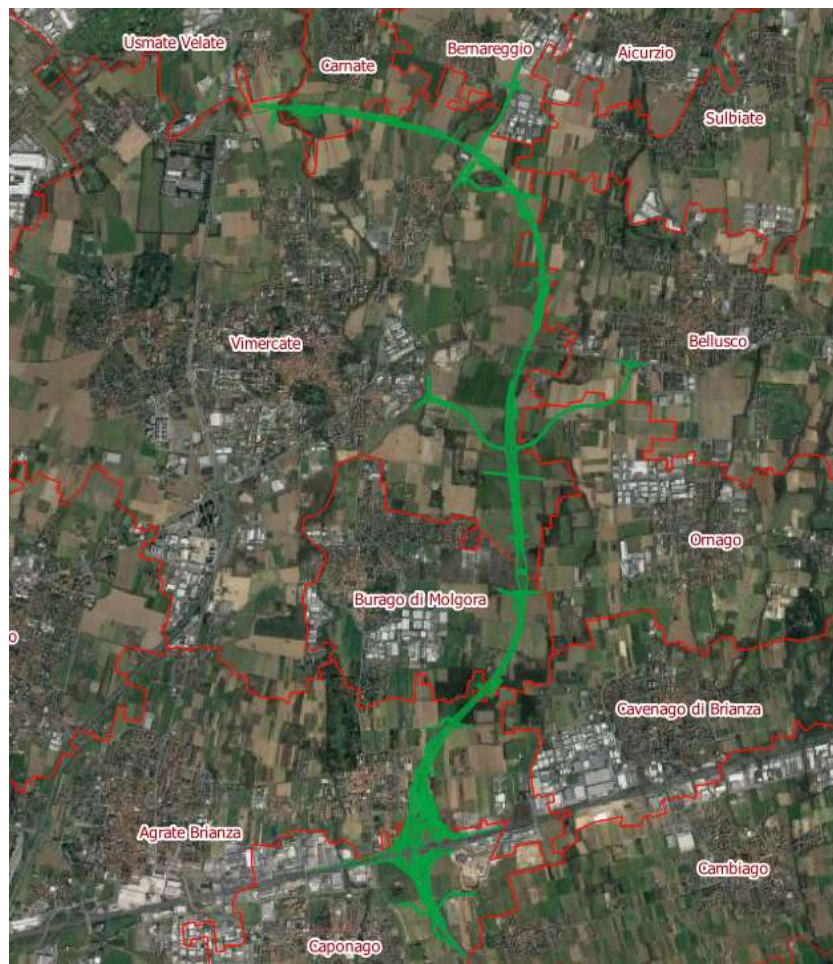


Figura 2-1 - Inquadramento geografico del tratto di autostrada oggetto d'intervento

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione dell'alta pianura padana lombarda in destra idrografica del fiume Adda, che scorre, con direzione da nord a sud, tra i 7 e i 10 chilometri più a est.

Si tratta di un territorio prevalentemente agricolo, benché interessato da importanti centri residenziali e produttivi.

I principali manufatti correlati all'opera sono i seguenti:

Codice	Opera
PO01-PO02	Ponte T. Molgora
ID01	Attraversamento idraulico Rio Valle
ID02	Attraversamento idraulico
VI01-02	Viadotto Ruginello
SO01	Sottopasso SP3
SO02	Sottopasso via San Nazzaro
CV01	Cavalcavia viabilità podereale
GA01	Galleria artificiale SP 2
CV02	Cavalcavia svincolo di Canegrate 1
CV03	Cavalcavia svincolo di Canegrate 2
CV04	Cavalcavia via per Ornago
CV05	Cavalcavia ecodotto
FA01-02	Edifici Casello
FA04	Pensilina Casello
CV06	Cavalcavia SP 211
SO04	Sottopasso
CV07	Cavalcavia viabilità podereale
CV08	Cavalcavia via Damiano Chiesa
CV09	Cavalcavia rampa dir. A4-MI-TEEM-A1 (C – D)
CV10	Cavalcavia rampa dir. A4-VE (F)
CV11	Cavalcavia rampa dir. A36-Nord (B)
CV12	Cavalcavia rampa dir. TEEM-A1 su A4 (D)
CV13	Cavalcavia rampa dir. A4-VE su A4 (F)
CV14	Cavalcavia rampa dir. A4-VE su TEEM (F)
CV15	Cavalcavia rampa dir. TEEM-A1 (D)
CV16	Cavalcavia Cascina Bertagna
VI03	Cavalcavia rampa dir. A36-Nord su TEEM e A4 (B)
SO03	Sovrappasso dir. A36-Nord (A)

Tabella 2-1 – Opere principali

Nei seguenti paragrafi vengono sinteticamente descritte le azioni di progetto che possono generare fattori di pressione sulla componente ambientale in analisi.

### 2.1.1 Attività di scavo

#### 2.1.1.1 Operazioni di scotico

Il progetto prevede che il terreno vegetale venga asportato dalle aree di lavoro (cantieri, tratti in rilevato) e parzialmente reimpiegato nell'ambito del ripristino ambientale, al termine dei lavori di costruzione.

La realizzazione del piano di posa dell'opera, così come quella della viabilità di cantiere e delle diverse aree di attività e deposito, deve infatti essere preceduta dalla completa rimozione del primo strato di terreno vegetale, da intendersi come terreno con presenza di sostanze organiche > 4% (ASTMD 2974), secondo lo spessore indicato in progetto e per l'intera larghezza della sede del rilevato o dell'area oggetto di intervento (pista, cantiere, piazzale, manufatto, ecc.) qualora non diversamente indicato in progetto.

In conseguenza di ciò, il terreno di scotico, asportato mediante mezzi meccanici, nella fattispecie, pale gommate o cingolate, verrà opportunamente asportato e depositato (abbancato secondo le indicazioni progettuali) in porzioni del cantiere poste ai lati del tracciato e delle aree di utilizzo (cantieri, piste, ecc.) fin dalla fase iniziale dei lavori e riutilizzato nelle fasi di chiusura definitiva dei lavori. Il terreno dello scotico vegetale verrà posato in modo separato e ben identificato rispetto agli altri terreni derivanti dalle attività di scavo.

Lo scotico avverrà mediante utilizzo di mezzi meccanici tipo escavatore, pala o grader ed eventualmente, per le aree di maggiore ampiezza che prevedono lo spostamento del terreno vegetale per distanze superiori a quelle di normale operatività dei mezzi di scavo (alcune decine di metri per alcune tipologie di mezzi), sarà movimentato con mezzi di trasporto.

Le operazioni di scotico, come anche le altre operazioni di scavo, saranno assistite da posizionamenti da effettuarsi con strumenti topografici, riferimenti plano-altimetrici (picchetti) e sistemi automatici di posizionamento (laser e GPS).

Il materiale di scotico sarà in parte riutilizzato all'interno delle aree interessate dalle opere in progetto per interventi di ripristino e di rinverdimento delle scarpate dei rilevati e delle aree di cantiere una volta che queste saranno dismesse, secondo le indicazioni in merito riportate nel progetto.

Per mantenere le caratteristiche pedologiche del terreno vegetale, i cumuli saranno irrigati nei periodi di grave siccità.

#### 2.1.1.2 Scavo di fondazioni e di sbancamento

Gli scavi a cielo aperto, ovvero gli scavi di sbancamento, riguardano i terreni posti al di sotto dello strato vegetale oggetto di scotico e/o sotto la sede stradale esistente e sono previsti dal progetto per la realizzazione dell'opera (tratti di rilevato, fondazioni) e in tutte quelle attività che prevedono la posa di sottoservizi interrati o la realizzazione di scavi (es. canalette). Talune di queste attività prevedono il reimpiego immediato dei materiali a tombamento dello scavo effettuato (es. sottoservizi di cantiere) mentre altre prevedono la produzione di materiale in eccesso da riutilizzarsi in altre zone del cantiere o presso le aree di deposito definitivo.

Gli scavi saranno condotti con metodologie tradizionali, cioè mediante l'utilizzo di mezzi d'opera (escavatori cingolati, pale, ecc.) che procederanno al lavoro di scavo per postazioni fisse (lo scavo avviene in fase separata rispetto alla traslazione del mezzo) ed il materiale scavato sarà caricato direttamente sui mezzi di trasporto ovvero mediante scavo con mezzi in movimento (pale e grader) e successivamente allo scavo il mezzo (pala o escavatore) provvederà a caricare il materiale su di un altro mezzo per il suo trasporto al sito di utilizzo.

Le modalità di scavo descritte non prevedono la determinazione di condizioni in cui i terreni possano essere contaminati durante le attività di scavo e pertanto i materiali derivanti da questa tipologia di scavo, in virtù della caratterizzazione svolta in fase di progetto esecutivo o in corso d'opera potranno essere impiegati secondo le normali pratiche industriali.

#### 2.1.1.3 Scavo di pali e diaframmi

Le fondazioni dei viadotti e le gallerie artificiali saranno impostate su pali di grande diametro e/o diaframmi ed interesseranno sia i depositi quaternari sabbioso-ghiaiosi che le formazioni conglomeratiche sottostanti. Essi potranno essere realizzati con tre diverse tecniche:

- a percussione: si utilizzano per lo scavo benne e scalpello. Il foro può essere parzialmente o interamente rivestito. In genere viene utilizzata una circolazione di fango bentonitico e/o polimerico per il sostegno dello scavo;
- a rotazione: si utilizzano per lo scavo trivelle a spirale o *bucket*. Anche in questo caso il foro può essere parzialmente o interamente rivestito. In genere viene utilizzata una circolazione di fango bentonitico e/o polimerico per il sostegno dello scavo.

- mediante idrofresa: anche in questo caso viene utilizzata una circolazione di fango bentonitico e/o polimerico per il sostegno dello scavo.

Per eseguire tutte le fasi di realizzazione di un palo o di un diaframma sono necessarie attrezzature per lo scavo, per la preparazione del fango bentonitico e attrezzature di supporto.

Sono utilizzati escavatori cingolati con braccio “a traliccio” per il sollevamento e la manovra degli utensili di scavo, benne mordenti, *bucket* per scavi a rotazione, scalpelli frangiroccia in acciaio forgiato a barre incrociate con taglienti induriti da riporti in lega speciale o idrofresa.

Per quanto riguarda gli impianti per la preparazione del fango polimerico occorrono un impianto di preparazione e miscelazione del fango polimerico, vasche per lo stoccaggio e la maturazione del fango di polimerico, pompe ed agitatori per la fluidificazione del fango, un dissabbiatore per la depurazione del fango proveniente dallo scavo (in quanto ricco di detriti asportati dallo scavo), pompe per la circolazione del fango fra le varie componenti dell'impianto e fra l'impianto e gli scavi.

Le operazioni di scavo di pali e diaframmi, in ragione dell'eventuale apporto di sostanze (polimeri) necessarie al sostegno delle pareti di scavo, alterano lo stato naturale dei terreni scavati e, pertanto, questi potrebbero essere riutilizzati solo a seguito di una caratterizzazione che ne attesti lo stato di non contaminazione. Considerato, tuttavia, che nel presente progetto vi è un considerevole *surplus* di materiali pregiati che possono essere riutilizzati sia per la realizzazione di rilevati che per la produzione di inerti pregiati, i materiali di scavo di pali e diaframmi verranno considerati come rifiuti e come tali conferiti a discariche autorizzate.

#### 2.1.1.4 Scavo della galleria

La Galleria artificiale SP 2 verrà realizzata con metodo *top down*, prevedendo di effettuare le seguenti fasi:

- scavo di sbancamento di 4 metri, tramite escavatori,
- realizzazione diaframmi laterali con idrofresa,
- realizzazione ricoprimento con travi prefabbricate in calcestruzzo armato precompresso,
- getto della soletta, di copertura,
- ricoprimento della copertura e conseguente ripristino delle aree,
- scavo al di sotto della copertura tra i diaframmi e le opere di finitura (impianti idraulici, elettrici, pavimentazione posa barriere e segnaletica ecc.), tramite escavatori,
- realizzazione del solettone di fondo.

Quanto ai muri e ai portali di imbocco, sia a nord che a sud, saranno interamente gettati in opera, previa realizzazione preventiva di opere di sostegno (berlinesi).

Va evidenziato come tale galleria non si inserisca in un ambito urbano, ma agricolo, tale per cui le opere di sostegno sopra menzionate interferiranno solo con due cascine.

### 2.1.2 Bilancio delle terre e Piano di Utilizzo

#### 2.1.2.1 Fabbisogni

##### 2.1.2.1.1 Inerti da rilevato

Si tratta dei materiali inerti necessari per realizzare i vari rilevati previsti nel Progetto. Tali materiali, la cui curva granulometrica deve rispondere a precise norme, possono essere costituiti da ghiaie *tout-venant* o da inerti da frantumazione.

A tale proposito la norma UNI-CNR 10006/1963 precisa che, come materiale per sottofondi stradali, può essere impiegato il materiale di scavo o di riporto che abbia subito o meno un idoneo processo di miglioramento. Gli inerti da frantumazione (derivanti dagli scavi), rientrano nella categoria delle terre stabilizzate non corrette di Tipo II. Infatti, per tale tipo si intendono terre in cui l'aggregato grosso e medio è costituito da elementi teneri che per effetto del costipamento si frantumano assumendo, dopo la posa in opera un aspetto granulometrico completamente diverso da quello iniziale. Appartengono a tali tipi di terreni, ghiaie, brecce calcaree tenere, detriti di arenarie, tufi, pozzolane, ecc.

In linea generale sono considerati accettabili terreni delle classi A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 e A3 della classificazione H.R.B. AASHTO M 145-2003.

In merito alla dimensione massima dei grani, essa non dovrà essere maggiore di 20 cm negli strati di fondazione.

Il fabbisogno complessivo di inerti da rilevato è stato stimato in circa 750.000 m<sup>3</sup>.

##### 2.1.2.1.2 Stabilizzato granulometrico

Lo stabilizzato granulometrico costituisce il primo strato del pacchetto stradale; è caratterizzato da una curva granulometrica ben definita, in genere ottenuta tramite frantumazione dell'inerte di partenza.



**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Il fabbisogno di stabilizzati è stato valutato in 120.000 m<sup>3</sup>; considerato che mediamente vengono impiegati circa 1.2 m<sup>3</sup> di inerte per m<sup>3</sup> di prodotto finito il fabbisogno di inerti assomma a circa 144.000 m<sup>3</sup>.

#### 2.1.2.1.3 Inerti per misto cementato, calcestruzzi e conglomerati bituminosi

I fabbisogni di misto cementato, calcestruzzi e conglomerati bituminosi assommano complessivamente a 480.000 m<sup>3</sup>; considerato che mediamente vengono impiegati circa 1.2 m<sup>3</sup> di inerte per m<sup>3</sup> di prodotto finito, il fabbisogno di inerti assomma a circa 576.000 m<sup>3</sup>. Gli inerti per il confezionamento del misto cementato, dei calcestruzzi e dei bitumi devono presentare elevate caratteristiche di resistenza meccanica e resistenza all'usura, oltre ad adeguati fusi granulometrici.

#### 2.1.2.1.4 Terreno vegetale

Il fabbisogno di terreno vegetale per la ricopertura delle scarpate e delle sistemazioni morfologiche assomma a 200.000 m<sup>3</sup>.

### 2.1.2.2 Potenzialità di riutilizzo dei materiali di scavo

#### 2.1.2.2.1 Terreno vegetale

Quale riutilizzo come terreno vegetale è stato considerato l'intero volume derivante dalle operazioni di scotico e di bonifica, per lo spessore complessivo di 50 cm, che assomma a circa 390.000 m<sup>3</sup>. Le indagini realizzate, infatti evidenziano che fino a tale profondità è presente una evidente pedogenizzazione.

Nel complesso l'intero fabbisogno di terreno vegetale potrà essere soddisfatto con i materiali provenienti dagli scavi.

#### 2.1.2.2.2 Inerti pregiati

I materiali scavi dalla progressiva 4+600 circa fino a fine intervento sono caratterizzati da ottime caratteristiche meccaniche, come testimoniato dalle prove Los Angeles realizzate. Per questo motivo, gli inerti pregiati destinati alla produzione di conglomerati cementizi, conglomerati bituminosi, misto cementato e stabilizzato granulometrico verranno destinati al frantoio ubicato presso i cantieri di lavorazione. Il volume complessivo di inerti che possono essere riutilizzati come pregiati assomma a circa 1.080.000 m<sup>3</sup>.

Anche in questo caso l'intero fabbisogno verrà soddisfatto con i materiali provenienti dagli scavi.

#### 2.1.2.2.3 Materiale da rilevato

Pressoché, l'intero materiale di scavo (escluso lo scotico e le bonifiche), che assomma a circa 2.030.000 m<sup>3</sup> (comprensivo degli inerti pregiati), può essere considerato idoneo per la realizzazione dei rilevati. Si tratta, infatti di materiale in gran parte appartenenti alle classi A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 e A3 della classificazione H.R.B. AASHTO M 145-2003.

Soltanto localmente si rinvergono terreni delle classi A2-6, A4 e A6, che potranno essere selezionati durante gli scavi e destinati alla ricomposizione ambientale delle cave.

Nel complesso, quindi l'intero fabbisogno di inerti da rilevato verrà soddisfatto con i materiali provenienti dagli scavi.

### 2.1.2.3 Riepilogo del bilancio

Nella tabella seguente si riporta il bilancio complessivo dei movimenti terra.

A tale proposito si precisa che:

- la riga D degli scavi indica gli inerti pregiati.; tale volume, tuttavia, è da considerarsi ricompreso anche nella riga C, che indica l'intero volume degli inerti riutilizzabili
- il totale degli inerti pregiati indicati alla riga M è ottenuto dall'incremento del 20% dei volumi di fabbisogno di conglomerato bituminoso, misto stabilizzato, misto cementato e conglomerato cementizio. Come già illustrato, infatti si considera che mediamente vengono impiegati circa 1.2 m<sup>3</sup> di inerte per m<sup>3</sup> di prodotto.

Nel complesso il bilancio evidenzia che si avrà un *surplus* di circa 750.000 m<sup>3</sup> di terre e rocce da scavo che potranno essere destinati alla ricomposizione ambientale delle cave o al riutilizzo presso impianti autorizzati.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

				Asse principale	Svincolo TEEM-A4	Viabilità secondarie	Vasche idrauliche	Opere	TOTALE
SCAVI	A	Volume totale scavi	m3	1 040 000	970 000	100 000	310 000	-	2 420 000
	B	Scotico e bonifica	m3	130 000	50 000	90 000	120 000	-	390 000
	C=A-B	Inerti riutilizzabili	m3	910 000	920 000	10 000	190 000	-	2 030 000
	D	di cui pregiati	m3	160 000	920 000	-	-	-	1 080 000
FABBISOGNI	E	Inerti da rilevato	m3	370 000	250 000	130 000	-	-	750 000
	F	Vegetale	m3	200 000			-	-	200 000
	G	Conglomerato bituminoso	m3	70 000	40 000	20 000	-	-	130 000
	H	Misto granulare stabilizzato	m3	70 000	30 000	20 000	-	-	120 000
	I	Misto cementato	m3	60 000	30 000	10 000	-	-	100 000
	L	Conglomerato cementizio	m3	-	-	-	-	250 000	250 000
	M=(G+H+I+L)*1.2	Totale inerti pregiati	m3	240 000	120 000	60 000	-	300 000	720 000
BILANCIO (SURPLUS)	N=M-D	Inerti pregiati	m3	360 000			-	-	-
	O=C-M-N	Inerti non pregiati	m3	200 000			-	-	-
	P=B-F	Vegetale	m3	190 000			-	-	-

Tabella 2-2 – Bilancio dei materiali

#### 2.1.2.4 Piano di utilizzo

Il progetto di realizzazione della Variante Tratta D del Collegamento Autostradale e delle opere annesse prevede lo scavo in sito di terre; in tal senso l'area di lavoro-scavo si configura come un sito di produzione ai sensi del DPR120/2017.

Il Piano di Utilizzo è stato orientato ad individuare e rispettare quanto previsto dall'art. 184-bis (Sottoprodotto) del D. Lgs 3 aprile 2006 n. 152 e s.m.i. e, in particolare quanto previsto all'art.4 del Dpr 120/2017 e smi di seguito sintetizzato.

Le terre e rocce da scavo:

- a) *sono generate durante la realizzazione di un'opera, di cui costituiscono parte integrante e il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale.* In tal senso le terre da scavo previste saranno prodotte dalla necessità di realizzare le opere edili, civili e tecnologiche necessarie per la realizzazione del progetto in esame e lo scopo primario non è la loro produzione, ma la realizzazione del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad esso Connesse - Progetto Definitivo delle opere della Variante Tratta D.
- b) *il loro utilizzo è conforme alle disposizioni del piano di utilizzo di cui all'art.9 o della dichiarazione di cui all'art.21 e si realizza*
  - 1) *nel corso dell'esecuzione della stessa opera nella quale è stato generato o di un'opera diversa, per la realizzazione di reinterri, riempimenti, rimodellazioni, rilevati, miglioramenti fondiari o viari, recuperi ambientali oppure altre forme di ripristini e miglioramenti ambientali;*
  - 2) *in processi produttivi, in sostituzione di materiali di cava*  
Il Piano di Utilizzo ha individuato come le terre scavate saranno utilizzate in sito (la maggior parte 70% circa) ed in aree esterne al cantiere (circa il 30%) sia in processi produttivi per la realizzazione di aggregati di base per la produzione di calcestruzzi, conglomerato bituminoso, stabilizzati sia per la costruzione del rilevato autostradale sia per la realizzazione di interventi di ripristino morfologico ed ambientale.
- c) *sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale.*

Le terre scavate saranno riutilizzate allo stato naturale (ossia come scavate) o riutilizzate attraverso trattamenti di normali pratiche industriali, ovvero frantumazione e vagliatura.

- d) *soddisfano i requisiti di qualità ambientale espressamente previsti dal Capo II o dal Capo III o dal Capo IV del presente regolamento, per le modalità di utilizzo specifico di cui alla lettera b).* In tal senso il Piano di Utilizzo è corredato da un piano di indagine e da una caratterizzazione chimica delle terre scavate che accertano la qualità delle stesse con riferimento ai valori riportati nella Tabella 1 dell'allegato 5 al Titolo V, Parte IV del D.lgs 152/2006 e s.m.i. (cfr. paragrafo 3.6).

##### 2.1.2.4.1 Siti di accumulo in cantiere

Il sito di "deposito intermedio" (sito di accumulo in cantiere), secondo la definizione dell'art. 2, comma 1 lettera n del DPR 120/2017 è il sito in cui le terre e rocce da scavo qualificate sottoprodotto sono temporaneamente depositate in attesa del loro utilizzo finale.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Il Piano di Gestione delle Terre individua diverse aree con la funzione di deposito intermedio all'interno dell'intero perimetro del cantiere del sito di produzione.

Le aree individuate, oltre al sedime del collegamento autostradale, sono:

- i Campi base;
- le Aree di Stoccaggio.

In merito ai Campi Base previsti si riportano le informazioni nella seguente Tabella 2-3:

Campo Base	Mettratura (m <sup>2</sup> )	Comune
Campo Base 1 -	109150 m <sup>2</sup>	Sulbiate/Aicurzio/Bernareggio
Campo Base 2 -	19500 m <sup>2</sup>	Caponago

Tabella 2-3 – Informazioni relative ai Campi Base previsti

Per l'intera durata della costruzione dell'opera sono previste n°6 aree destinate allo stoccaggio dei materiali.

Le aree di deposito intermedio previste sono ubicate lungo la variante tratta D in particolare in corrispondenza delle progressive chilometriche e dei comuni indicati nella seguente Tabella 2-4:

Area di stoccaggio	Progressiva km (indicativa)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Comune
STO 01	3+000	34370	Bellusco
STO 02	5+000	44160	Vimercate
STO 03	6+000	86600	Vimercate Burago di Molgora
STO 04	7+800	18190	Agrate Brianza
STO 05	8+600	24300	Agrate Brianza/Caponago
STO 06	-	37000	Caponago

Tabella 2-4 – Indicazione delle aree di deposito intermedio previste.

La durata dei depositi temporanei sarà pari alla durata del piano di utilizzo (il piano ha la validità temporale della tempistica di realizzazione del progetto, vedasi cronoprogramma).

#### 2.1.2.4.2 Siti approvvigionamento e di conferimento per il riutilizzo dei materiali

Nell'ambito della gestione circolare dei materiali e delle risultanze delle indagini geotecniche dei materiali è stato possibile definire come i fabbisogni per la realizzazione dell'opera possano essere completamente soddisfatti dai materiali scavati in sito, che di fatto andranno a colmare le

necessità di materiali esterni di cava dell'opera. Pertanto, non saranno necessari siti di approvvigionamento di materiali esterni all'opera.

Come già indicato, per quello che riguarda il conferimento dei materiali in surplus (750.000 mc) in siti esterni all'opera si prevede che gli inerti pregiati (360.000 mc), gli inerti non pregiati (200.000mc) ed il terreno vegetale (190.000 mc) saranno utilizzati o in sostituzione dei materiali di cava in impianti autorizzati o per il recupero morfologico di cave come rinterri e rimodellazioni.

Relativamente ai requisiti di qualità ambientale, si precisa che, i volumi derivanti dall'escavazione delle aree di pertinenza delle verticali che hanno evidenziato o evidenzieranno superamenti della colonna A, pur rientrando nella colonna B, della Tabella 1 dell'allegato 5 alla Parte IV del Titolo V del D.lgs 152/2006 e smi, saranno riutilizzati in sito.

In tal modo tutti i materiali in uscita dal sito di produzione avranno le caratteristiche ambientali della colonna A e potranno essere utilizzati nel recupero morfologico delle cave o come materiali in sostituzione ai materiali di cava con qualsiasi destinazione d'uso prevista.

Per il conferimento in aree esterne sono state individuate le seguenti attività estrattive cui sono associati in alcuni casi anche impianti di trasformazione di inerti:

Provincia	Comune	ATE	Proprietà	Volume recupero (m <sup>3</sup> )	Volume riutilizzo in impianto (m <sup>3</sup> )
Milano	Paderno Dugnano	ATEg14	Movilbeton	200 000	
Milano	Vaprio d'Adda	ATEg18	Nuova Demi	1 500 000	1 500 000
Milano	Pero	ATEg20	Movilbeton		2 100 000
Milano	Pioltello	ATEg25	Holcim	120 000	
Monza e Brianza	Caponago	ATEg36	Vitali	250 000	750 000
TOTALE POTENZIALITA'				2 070 000	4 350 000

Tabella 2-5 – Aree estrattive individuate come siti di conferimento per il riutilizzo dei materiali

#### 2.1.3 Opere d'arte

Come anticipato nella Tabella 2-1 di pagina 4, nell'ambito della realizzazione della Variante Tratta D del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo, sono previste

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

una serie di opere d'arte, interferenti con la componente ambientale in esame, quali, in ordine d'importanza:

- Galleria artificiale
- Ponte sul fiume Molgora
- Viadotto Ruginello
- Sottopassi vari
- Cavalcavia vari
- Edificio e pensilina Casello
- Attraversamenti idraulici

Per i dettagli progettuali di tali opere si rimanda ai relativi elaborati.

#### 2.1.4 Gestione delle acque meteoriche

Il dimensionamento delle opere per la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma è stato predisposto valutando il migliore assetto da assegnare al sistema rispetto al recapito finale tenendo conto:

- della sollecitazione meteorica di progetto;
- dei vincoli dettati dalle normative vigenti;
- dei vincoli dettati dalle prescrizioni degli Enti competenti;
- dell'analisi delle sensibilità del sistema;
- della funzionalità del sistema di trattamento delle acque;
- della particolare situazione morfologica ed idraulica dell'area.

Il progetto è volto a garantire l'applicazione di misure volte al rispetto del principio dell'invarianza idraulica, finalizzate a salvaguardare e non peggiorare la capacità ricettiva del sistema idrico e a contribuire alla difesa idraulica del territorio progettando gli interventi in modo da favorire il deflusso/infiltrazione delle acque.

In sintesi, l'intervento prevede:

- opere per la raccolta delle acque di piattaforma: caditoie, cunette, canalette, ecc;
- opere per l'allontanamento delle acque di piattaforma: embrici;
- opere per l'allontanamento delle acque esterne: fossi di guardia;
- opere per il trasporto delle acque: fossi, canali, condotte, pozzetti, tombini;
- opere per il trattamento delle acque di prima pioggia: impianti che trattano le acque di dilavamento e catturano gli sversamenti accidentali;

- opere che garantiscano l'invarianza idraulica del territorio: bacini di laminazione, fossi di guardia e vasche di dissipazione (solo nei primi 1,5 km le acque di piattaforma vengono conferite al Molgora).

La raccolta, l'eventuale trattamento e lo smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento tramite vasche di dissipazione, di cui in è rappresentata una sezione tipo in Figura 2-2, corrisponde ad una scelta progettuale che, oltre a trovare conferma nel riproporre delle valutazioni consolidate, consente di risolvere la questione connessa allo scarico nelle fognature comunali, già spesso sottodimensionate, oppure in una rete di bonifica, peraltro inesistente nell'area. Analogamente si sottolinea come nella zona di studio non siano presenti corsi d'acqua nei quali recapitare le acque meteoriche (fatto eccezione, come già scritto, il torrente Molgora per il primo tratto di 1,5 km); dunque, lo scarico per infiltrazione appare l'unica scelta tecnicamente fattibile.

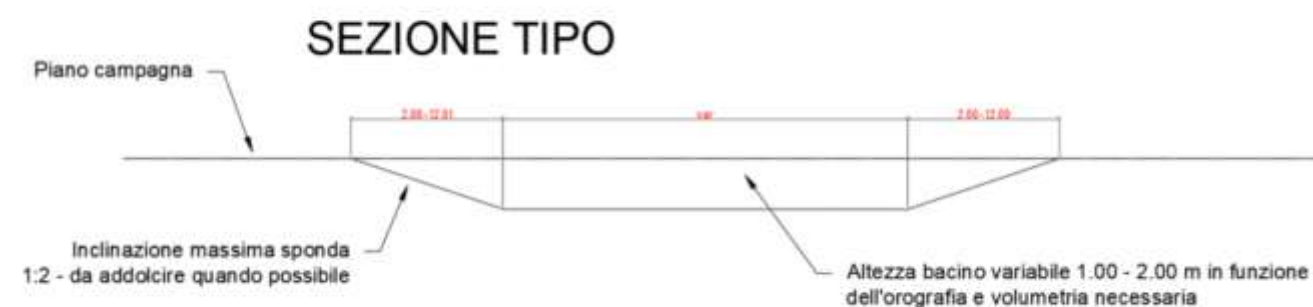


Figura 2-2 – Tipologico di una vasca di dissipazione

## 2.2 Pressioni attendibili

Alla luce delle azioni di progetto descritte nel paragrafo precedente, sono state individuate le pressioni attendibili di seguito elencate:

- sulla componente "Geologia"
  - in fase di cantiere
    - modifica della morfologia dei luoghi a seguito della realizzazione degli interventi in progetto
    - possibile interferenza delle aree di cantiere e dei siti di inserimento delle opere con aree contaminate o potenzialmente contaminate
  - in fase di esercizio

interferenza con la naturale dinamica di modellamento geomorfologico

immissione di fluidi in sottterraneo, che potrebbero determinare fenomeni di dissesto

interazione con aree a rischio sismico

- sia in fase di cantiere che in fase di esercizio
  - alterazione degli equilibri esistenti, in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni
- sulla componente “Acque sotterranee”
  - in fase di esercizio
    - perturbazioni indotte sulle dinamiche delle acque sotterranee, a causa degli ingombri fisici nel sottosuolo dovuti alla realizzazione di pali e diaframmi, anche in relazione alla presenza di sorgenti, pozzi e aree di ricarica delle falde
  - sia in fase di cantiere che in fase di esercizio
    - possibile modifica delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee con eventuale contaminazione di pozzi di acque destinate al consumo umano e delle relative aree di ricarica

In considerazione delle azioni indicate nel paragrafo 2.1 e delle tipologie di pressione, sopraelencate, si è valutato che il loro areale può essere circoscritto alla zona d'imposta delle opere e a un suo stretto intorno (indicativamente, si propone di assumere un *buffer* di 500 m).

Prudenzialmente, le analisi entro cui sono state sviluppate le descrizioni dello stato della componente di cui al successivo capitolo sono riferite a una porzione di territorio molto più vasta (cfr. tagli degli allegati cartografici).

### 3 STATO DELLA COMPONENTE

#### 3.1 GEOLOGIA

##### 3.1.1 Inquadramento geologico strutturale

Il territorio in esame appartiene al settore nord-occidentale della Pianura Padana il cui paesaggio geologico sepolto è molto articolato e complesso e si può immaginare costituito da vere e proprie montagne coperte da una potente successione di sedimenti di origine marina e fluviale. Questi sedimenti hanno spessori molto variabili, tra diverse migliaia di metri e poco più di 100 metri, e nascondono, alla semplice osservazione, le strutture tettoniche sottostanti, che, ugualmente, sono state rilevate grazie alle numerose prospezioni geofisiche, effettuate principalmente ai fini della ricerca petrolifera.

In particolare, sotto ai depositi della Pianura Padana, si osserva la prosecuzione delle catene montuose che la delimitano: le Alpi Meridionali, a nord, e l'Appennino Settentrionale, a sud. Alpi e Appennini che devono la loro formazione al progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea: infatti, nel corso di alcuni milioni di anni, si è verificato, prima, il progressivo corrugamento di migliaia di metri di sedimenti originariamente depositi in un antico oceano noto come Tetide (sviluppatosi a partire da circa 250 milioni di anni fa tra il Permiano ed il Triassico inferiore), quindi, il sollevamento delle porzioni assiali, creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1÷3 metri per millennio.

L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto, come mostrano i dati geodetici satellitari. In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.

Facendo riferimento alla mappa strutturale semplificata proposta in Figura 3-1, i principali elementi tettonici (rappresentati con delle linee nere) presenti in Pianura Padana sono i seguenti:

- SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali;
- SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali;
- GS: Sistema delle Giudicarie;
- SVL: Schio-Vicenza;
- NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale;
- PTF: fronte pedeappenninico;
- MA: arco del Monferrato;

- EA: arco Emiliano;
- FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

Nella stessa figura si osserva che la porzione di pianura in esame ricade tra il fronte montuoso (SAMF) e l'arco esterno (SAOA) delle Alpi Meridionali.

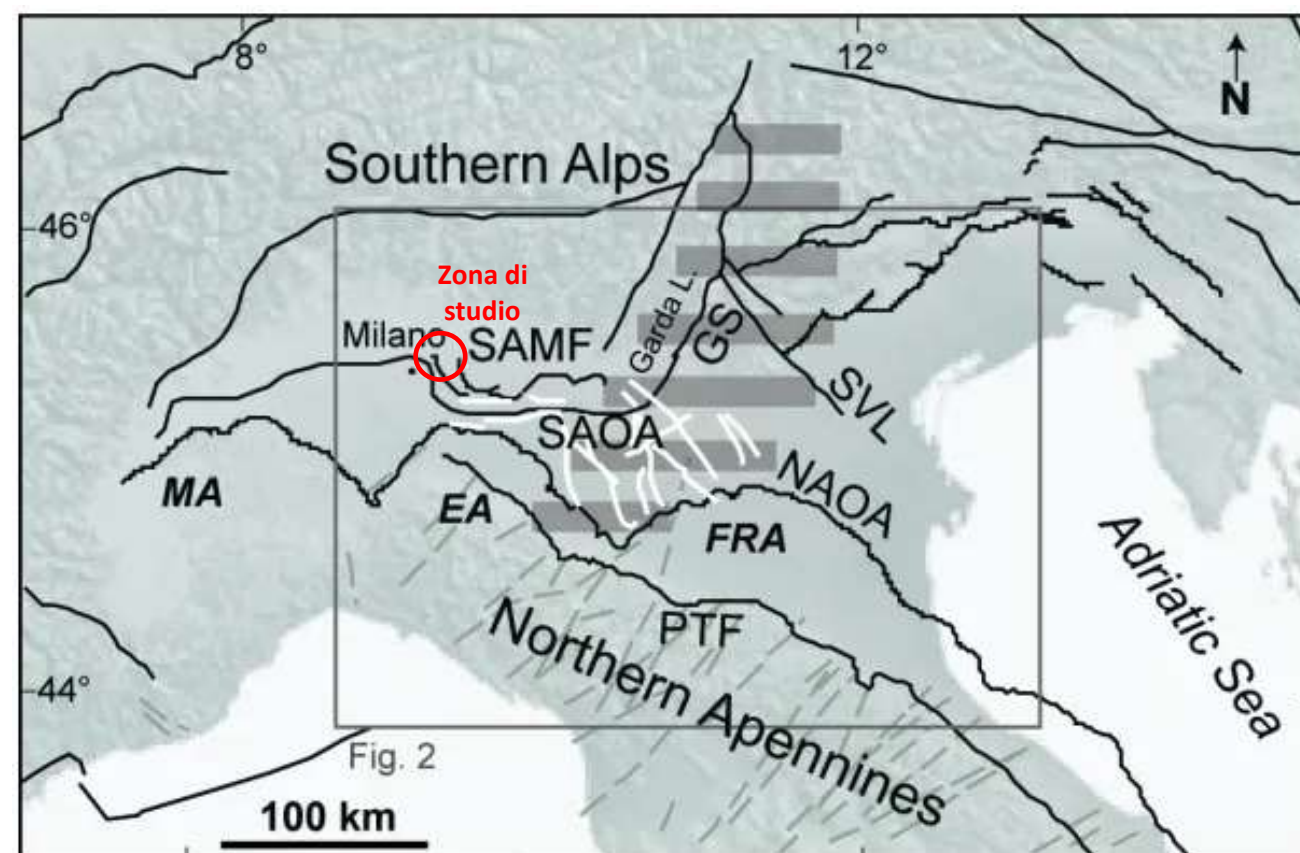


Figura 3-1 - Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana (da Vannoli P., Burrato P., Valensise G., 2014)

Dal punto di vista strutturale, all'interno del bacino padano, come si evince dalla sezione schematica di Figura 3-2, si possono distinguere due zone principali:

- a nord, il dominio "Pede-alpino", riguardante la zona oggetto di studio, dove il Pliocene discordante, ricoperto dal quaternario, non è deformato e si immerge dolcemente verso sud nella direzione del centro del bacino;
- a sud, il dominio "Pede-appenninico", dove gli strati terziari, incluso il Pliocene, sono interessati da pieghe, i cui assi sono paralleli alla direzione degli Appennini e generalmente associati con faglie inverse e strutture più comunemente rovesciate dirette verso nord

(vergenza Appenninica); questo dominio meridionale è diviso da due o tre zone trasversali che sono probabilmente fagliate e che separano gruppi differenti di faglie e domini dove gli spessori del Pliocene e del Quaternario possono essere molto diversi

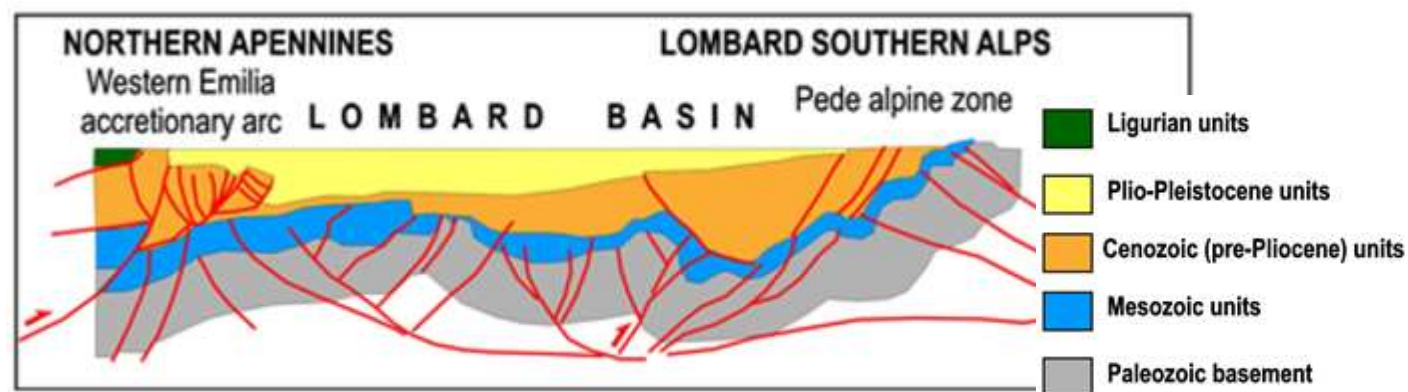


Figura 3-2 – Sezione schematica della Pianura Lombarda da Mantovani, E. , Brancolini, G. , Babbucci, D. , Tamburelli, C. e Viti, M. (2021)

### 3.1.2 Quadro geologico a scala provinciale

L'attuale assetto del territorio della Provincia di Monza e Brianza deriva dall'articolata storia geologica che ha portato alla formazione di un contesto di grande eterogeneità in cui risultano a contatto sedimenti con caratteristiche molto diverse.

Esso, infatti, costituisce una cerniera tra gli ultimi lembi affioranti del substrato roccioso, presenti nell'area più settentrionale e la successione neogenico-quadernaria in cui si rinvergono sedimenti testimoni di una complicata successione di eventi, con passaggio da condizioni marine o lagunari, a continentali, fino a depositi glaciali.

Nei successivi paragrafi vengono date alcune sintetiche informazioni relative alla geologia dell'area, soffermandosi su quanto di particolare interesse per il presente studio.

Adottando un criterio ormai consolidato, sono state distinte unità sia litostratigrafiche che allostratigrafiche: in genere la classificazione litostratigrafica è stata applicata a corpi conglomeratici antichi, rimodellati nella successiva erosione e che costituiscono parte del substrato su cui si ammantano le unità più recenti; quest'ultime caratterizzate da morfologia e profilo d'alterazione conservati, sono state classificate secondo criteri allostratigrafici, distinguendo unità a limiti inconformi, delimitate da superfici di discontinuità (UBSU, *Unconformity-Bounded Stratigraphic Units*).

#### 3.1.2.1 Geologia di superficie

Il territorio della Provincia di Monza e Brianza, dal punto di vista geologico, può essere distinto in 3 settori:

- l'area collinare
- le piane fluvioglaciali più antiche
- la pianura terrazzata

Il settore collinare è costituito dalle cerchie moreniche che si susseguono da Lesmo e Campearada verso nord fino al limite della provincia; mentre, a est, non sono presenti in modo significativo.

Esse costituiscono il margine più esterno dell'anfiteatro generato dal ghiacciaio che, scorrendo lungo la valle dell'Adda, si divideva nel ramo del lago di Como e di Lecco, per poi riunirsi, almeno nelle glaciazioni più antiche proprio in area Briantea.

Durante il Pleistocene (2,58-0,12 Ma) si sono avute più fasi di avanzata e di ritiro, durante le quali i ghiacciai più recenti si sono appoggiati alle morene lasciate dalla glaciazione precedente. Con il tempo si è quindi costruito un "edificio" di forma, in prima approssimazione, concentrica, in cui le morfologie più giovani sono nella parte più interna (tendenzialmente verso nord) mentre in posizione più esterna si trovano le morene più vecchie.

Dai ghiacciai traevano origine gli scaricatori glaciali, cioè i corsi d'acqua che, scorrendo sulla pianura antistante, definita "sandur", trasportavano e depositavano i sedimenti provenienti dai ghiacciai stessi e, al contempo, rimodellavano i sedimenti già depositi. Questo continuo rimodellamento ha portato, da un lato, allo smantellamento delle superfici più antiche, oggi conservate nei pianalti, dall'altro alla formazione di piane organizzate in vari ordini di terrazzi.

Fa eccezione, il settore più orientale, compreso tra l'allineamento Aicurzio - Bellusco - Cavenago di Brianza e i terrazzi più recenti posti nella forra dell'Adda, interessato, solo in maniera marginale, dagli scaricatori glaciali e che si caratterizza per la presenza in superficie di depositi molto alterati costituenti la **Formazione di Trezzo (RZZ)**, che rappresentano il prodotto di alterazione (con forte rubefazione e arenizzazione o argillificazione dei clasti, per tutto lo spessore) del sottostante Ceppo dell'Adda.

Caratteristiche dei depositi più antichi sono le coltri di loess (depositi eolici) che si sono depositate durante i periodi glaciali, grazie allo spirare dei venti catabatici. Si tratta di depositi fini che si presentano discontinui, spesso colluviati, con marcati cambiamenti di spessore e grado di alterazione differente a seconda dell'età.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

I lembi delle piane fluvioglaciali più datate e più elevate rispetto alla pianura circostante, sono rappresentati dai depositi del **Supersistema del Bozzente** (Supersistema del Bozzente indistinto, BO, e Sistema di Cascina Fontana, BOF), manifestazione sedimentaria della prima glaciazione, che affiorano frammentati in lembi isolati esterni alla cerchia principale, costituendo, da ovest verso est:

- i terrazzi delle Groane, che interessano la fascia dei comuni tra Limbiate e Lentate sul Seveso, formando delle superfici blandamente ondulate, rilevate di circa 20 m rispetto alle aree circostanti,
- una stretta area addossata alla morena di Camparada,
- i lembi più alti del terrazzo di Carnate,
- l'alto di Bernareggio,
- il terrazzo che borda il limite nord del grande settore occupato dalla Formazione di Trezzo.

Come per la Formazione di Trezzo, anche i depositi del Supersistema del Bozzente costituiti principalmente da ghiaie fluvioglaciali, sono caratterizzati da alterazione estremamente spinta, interessante la quasi totalità dei clasti, con arricchimento in argilla secondaria della matrice.

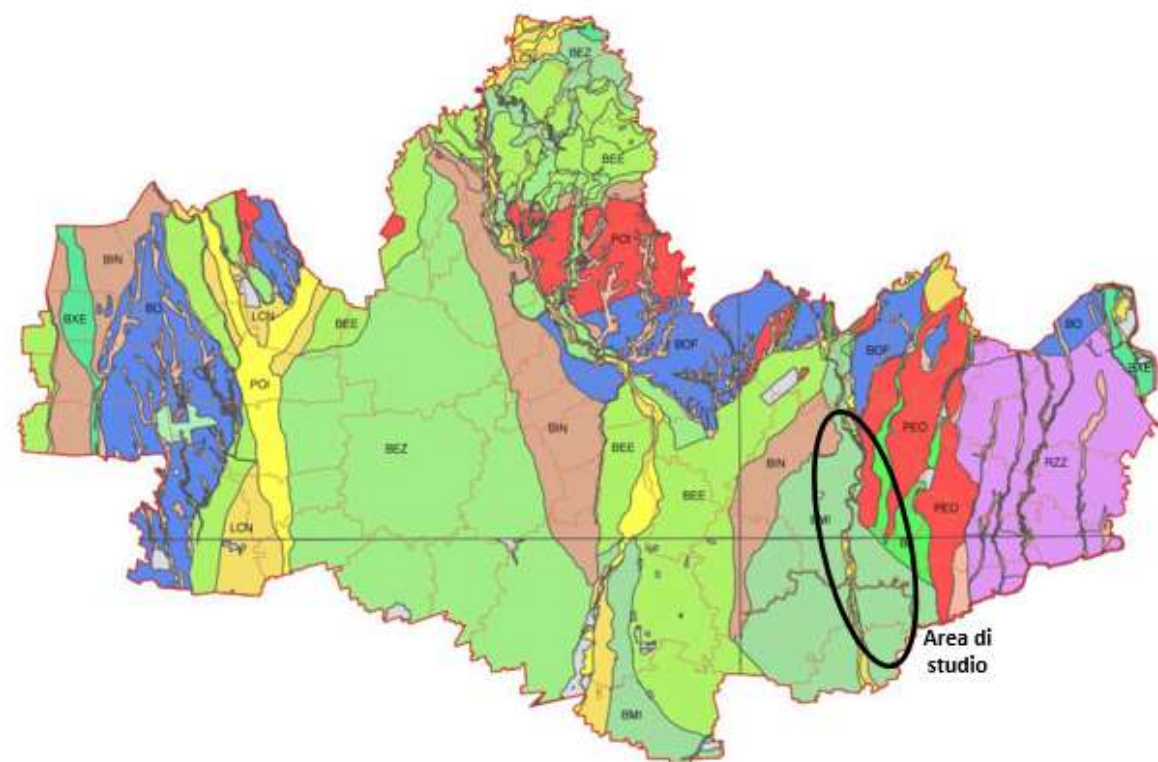


Figura 3-3 – Carta geologica schematica della Provincia di Monza e della Brianza (da Geosfera Studi Associato, 2020)

Poco estesi sono i depositi del **Supersistema di Venegono** (VE) che affiorano solo in alcuni solchi vallivi, più o meno incisi.

Le piane fluvioglaciali costituite dai depositi del **Sistema della Specola** (PEO), invece, si rinvergono principalmente nella parte orientale della provincia, dove formano un piccolo lembo addossato alla morena di Camparada e un grosso terrazzo che si frappone tra il piastrone costituito dalla Formazione di Trezzo, a Est, e i rimanenti lembi dei sedimenti del Supersistema del Bozzente, a ovest. Tale terrazzo risulta interrotto nella sua continuità dal dosso, più antico, su cui sorge la parte più rilevata di Bernareggio, ed è inoltre secato da due piccole incisioni vallive al cui fondo sono presenti modesti spessori di depositi appartenenti al Supersistema di Besnate.

Si tratta sempre di depositi molto alterati, con arrossamento e abbondanza di ciottoli che appaiono fragili e arenizzati, ma in misura minore (l'alterazione interessa oltre il 70% dei clasti e raggiunge 8 m di spessore) rispetto a quelli del Supersistema del Bozzente.

Al **Sistema di Binago** (BIN) sono associate tre piane fluvioglaciali piuttosto estese:

- la prima è ubicata all'estremo occidentale della provincia, a ovest dei terrazzi in Bozzente;
- la seconda corrisponde con il terrazzo che, in destra idrografica del Lambro, si estende verso sud originando il settore rialzato del comune di Monza;
- la terza, più a oriente, costituisce il terrazzo su cui sorge Concorezzo, circondato da unità più recenti e caratterizzato da una scarpata ben delimitata, a est, mentre, a ovest, si raccorda dolcemente con la piana Besnate.

Arealmente, i depositi maggiormente rappresentati sono quelli delle grandi piane fluvioglaciali del **Supersistema di Besnate**, attribuibile al Pleistocene medio superiore, e a cui appartengono (oltre al Supersistema di Besnate indistinto, BE) 4 unità denominate, dalla più antica alla più recente:

- Unità di Guanzate (BEZ),
- Unità di Cadorago (BEE),
- Unità di Minoprio (BMI),
- Unità di Bulgarograsso (BXE).

L'alterazione è molto meno espressa rispetto alle precedenti essendo limitata a pochi metri di spessore e con una frazione ridotta di ciottoli alterati.

Ancora meno alterati (fronte di decarbonatazione che si attesta a una profondità di 1,5 m e alterazione che interessa circa il 10% dei ciottoli) e meno estesi sono i depositi fluvioglaciali



relativi all'ultimo episodio di espansione glaciale (**Sistema di Cantù**, LCN) che appaiono confinati in stretti lembi attorno ai principali corsi d'acqua (Seveso, Lambro e Molgora).

I **depositi postglaciali** (unità postglaciale, POI) costituiscono invece i depositi degli attuali corsi d'acqua e si rinvergono sostanzialmente lungo tutti gli alvei. Essi sono caratterizzati da assenza di alterazione e da uno spessore in genere modesto, se non lungo i corsi d'acqua maggiori.

Lungo i fianchi delle principali incisioni fluviali affiorano, spesso in modo discontinuo, i depositi conglomeratici costituenti i **“ceppi” della Brianza**, che sono suddivisi in più formazioni a seconda del contenuto petrografico, della loro provenienza, delle loro caratteristiche e dell'età. Si tratta di sedimenti più antichi, principali responsabili del colmamento di paleovalli, articolate in un reticolo con andamento diverso dall'attuale idrografia.

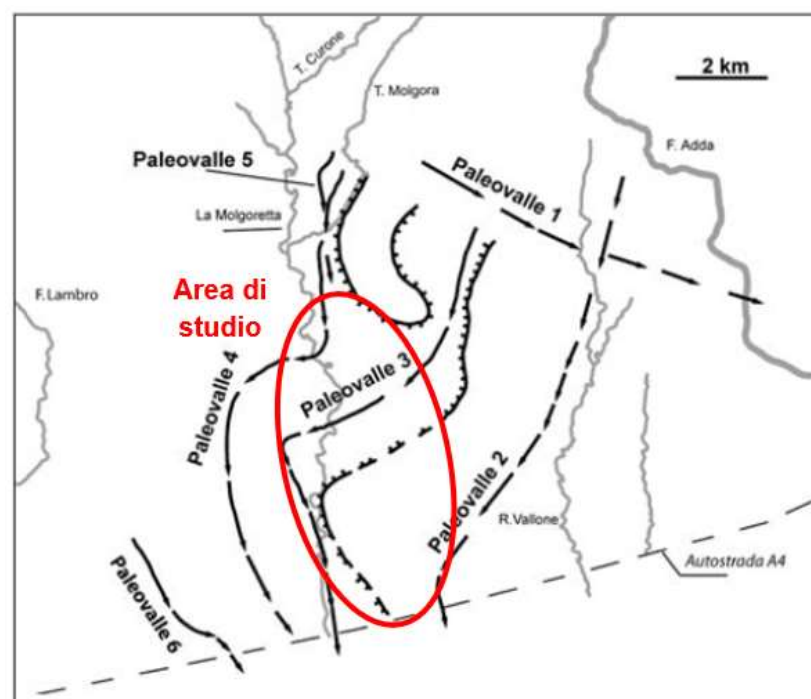


Figura 3-4 – Carta delle paleovalli riconosciute nel sottosuolo (da Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L., 2004)

Essi possono formare alte pareti, come in vicinanza del Lambro, sia costituire piccoli corpi in parte obliterati dai depositi di versante più recenti. I conglomerati più antichi mostrano spesso anche una profonda alterazione, con il limite superiore estremamente irregolare in cui si giustappungono porzioni di conglomerato non alterato a porzioni in cui il conglomerato è totalmente alterato (limite a organi geologici di cui un esempio è raffigurato nella Foto 3-1).

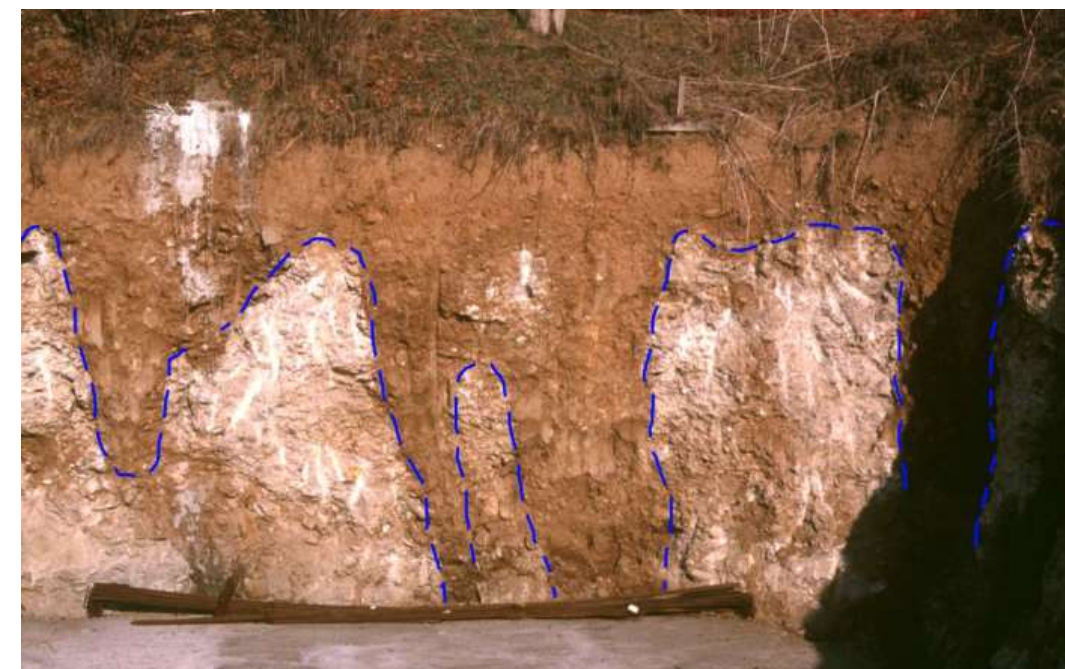


Foto 3-1 - Esempio di conglomerato a organi geologici esposto in uno scavo (da Geosfera Studi Associato, 2020)

### 3.1.2.2 Modellazione geologica del sottosuolo

Ai fini del presente studio, di grande interesse è la modellazione effettuata in “Geologia di sottosuolo dell'Alta Pianura a NE di Milano” (Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L., 2004), integrando le informazioni derivanti dal rilevamento di superficie con l'analisi dei dati di sottosuolo.

Questa analisi ha consentito non solo di tracciare in profondità i limiti osservati in affioramento ma anche di riconoscere alcune unità solo sepolte.

A riguardo, in Figura 3-5, Figura 3-6 e Figura 3-7, sono rappresentati gli schemi rapporti stratigrafici, rispettivamente, orientati est-ovest, all'altezza di Ronco Briantino e all'altezza di Agrate Brianza, e in un transetto nord-sud, lungo l'asse Ronco Briantino - Vimercate - Burago di Molgora - Agrate Brianza.

VARIANTE TRATTA D  
 PROGETTO DEFINITIVO

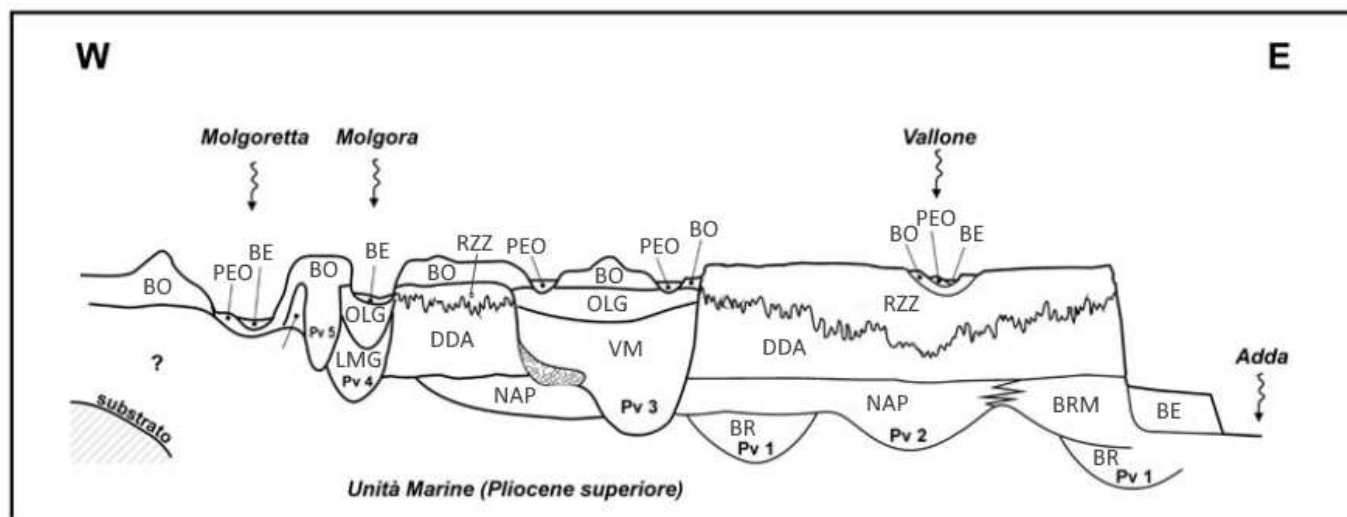


Figura 3-5 – Schema dei rapporti stratigrafici orientato est-ovest all'altezza di Ronco Briantino (da Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L., 2004, modificato)

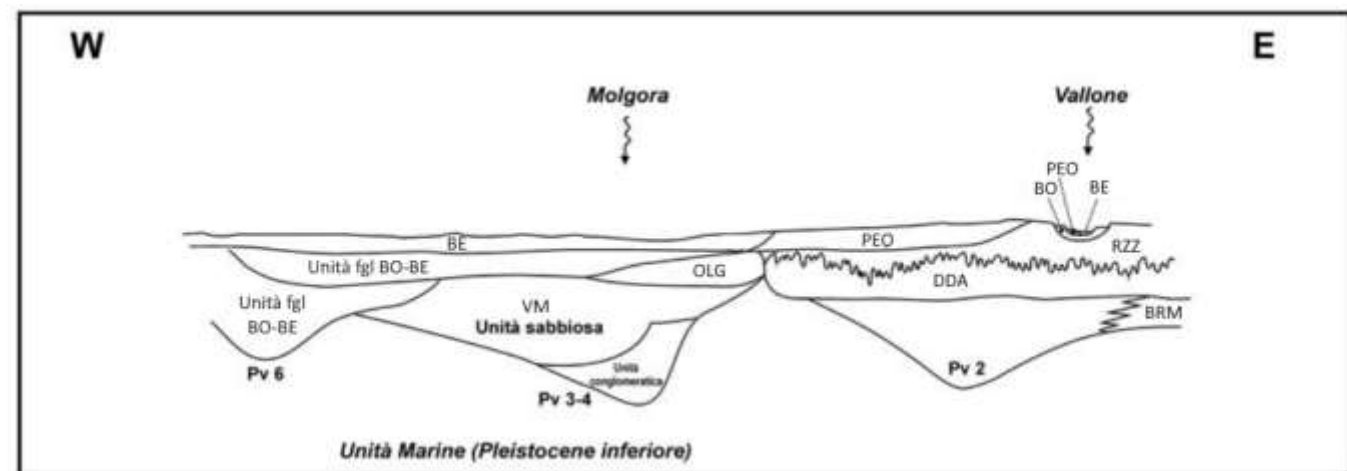


Figura 3-6 – Schema dei rapporti stratigrafici orientato est-ovest all'altezza di Agrate Brianza - Cavenago di Brianza (da Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L., 2004, modificato)

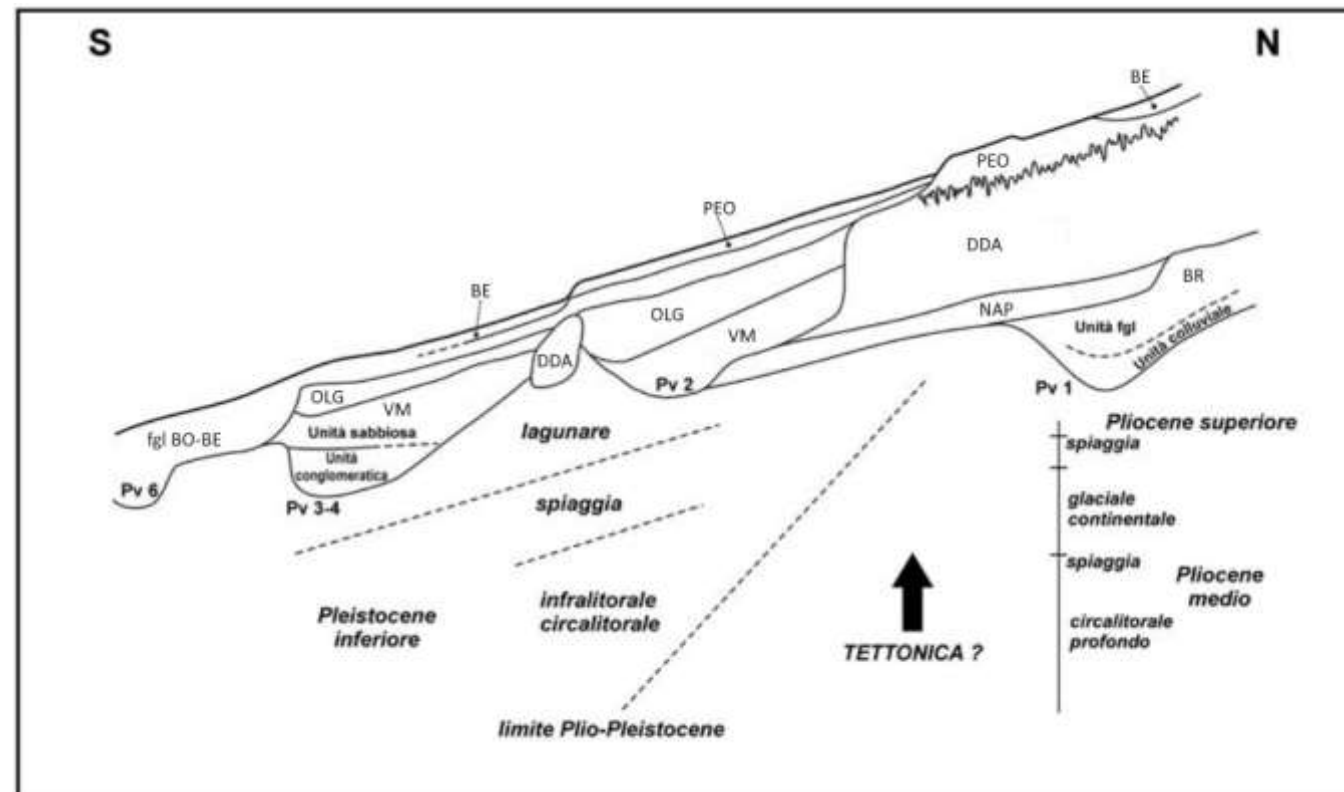


Figura 3-7 – Schema dei rapporti stratigrafici in un transetto nord-sud lungo l'asse Ronco Briantino - Vimercate - Burago di Molgora - Agrate Brianza (da Bini A., Strini A., Violanti D., & Zuccoli L., 2004, modificato)

Queste ricostruzioni mostrano una situazione estremamente articolata di seguito sinteticamente descritta.

Tralasciando le unità del substrato, la base della successione Neogenico-Quaternaria è formata dalle **argille di Conche**, unità marine che affiorano sporadicamente solo nella forra dell'Adda in periodi di magra.

In questa unità sono raggruppate sequenze di materiali fini, limi e argille, con livelli più sabbiosi e marcatamente ghiaiosi nella parte sommitale, che appartengono molto probabilmente ad ambienti diversi. Sono presenti sia macrofossili, sia livelli ricchi in sostanza organica, sia livelli fortemente screziati o arrossati.

Sopra alle argille di Conche sono presenti i numerosi corpi di conglomerato che costituiscono le diverse unità di Ceppo Lombardo accennate nel paragrafo precedente.

Nel settore est della provincia, dall'Adda sino al Molgora, si trova il grosso piastrone formato dai **ceppi del Brembo (BRM) e del Naviglio di Paderno (NAP)**, a tratti eteropici, e dal sovrastante **ceppo dell'Adda (DDA)**.

La divisione è resa possibile dalla marcata differenza della composizione petrografica tra le diverse unità.

Il Ceppo del Naviglio di Paderno affiora nella parte settentrionale della valle dell'Adda e costituisce il termine inferiore della successione; è costituito principalmente da carbonati e da arenarie calcaree provenienti dalle successioni affioranti a nord dell'area studiata. È caratteristica la presenza di grossi blocchi di arenaria di forma subangolare (sino a 50 cm). In un affioramento, a tetto del Ceppo del Naviglio di Paderno è presente un potente paleosuolo (spessore 250 cm) che marca il limite con il Ceppo dell'Adda.

Il Ceppo del Brembo si caratterizza per l'abbondante presenza di ciottoli di litologie brembane (Collio, Verrucano Lombardo). Esso costituisce il termine inferiore della successione a sud di Porto d'Adda ed è in parte eteropico con il Ceppo del Naviglio di Paderno.

Questi conglomerati sono suturati dal Ceppo dell'Adda, con petrografia più variabile, che affiora lungo tutta la forra. Come già indicato nel paragrafo precedente, la parte superiore del Ceppo dell'Adda è profondamente alterata e costituisce una unità a sé stante denominata **Formazione di Trezzo sull'Adda** (RZZ). Questa formazione si caratterizza per l'estrema alterazione che interessa l'intero spessore dell'unità con oltre il 90% dei ciottoli totalmente alterato. Il limite inferiore è un limite graduale con formazione di organi geologici che la mette in contatto con il sottostante Ceppo dell'Adda.

La Formazione di Trezzo sull'Adda e il Ceppo dell'Adda affiorano non solo lungo l'Adda, ma anche lungo alcuni corsi d'acqua minori quali il Rio Vallone e il Rio della Cavetta.

Nel settore più occidentale, lungo la Molgora, il Curone e corsi d'acqua minori, invece, è presente il **Ceppo della Molgora** (OLG), costituito anch'esso da un conglomerato a cemento carbonatico e contenuto petrografico variabile. Questo, sebbene sia diffusamente presente in sottosuolo, risulta meno spesso e meno continuo rispetto a quello dell'Adda e ha scarsa evidenza e continuità in affioramento.

Superiormente, o giustapposti ai grandi corpi di Ceppo si sovrappongono le potenti successioni di depositi glaciali e fluvioglaciali corrispondenti alle glaciazioni medio e tardopleistoceniche, appartenenti alle unità allostratigrafiche già descritte nel paragrafo 3.1.2.1; ovvero, dalla più antica alla più recente:

- il Supersintema del Bozzente (BO)
- il Supersintema del Venegono (VE)
- il Sintema della Specola (PEO)
- il Sintema di Binago (BIN)

- il Supersintema di Besnate (BE)
- il Sintema di Cantù (LCN)

che, in dipendenza della situazione locale, possono avere più o meno eroso i depositi precedenti.

### 3.1.3 Fenomeno degli “occhi pollini”

#### 3.1.3.1 Descrizione del fenomeno

Con l'espressione “occhi pollini” si identifica un fenomeno tipico dell'alta pianura lombarda, nella fascia compresa tra i terrazzi più alti e le cerchie moreniche più antiche in un settore di territorio esteso tra il fiume Adda e il Varesotto, associato alla presenza di cavità nei terreni, differenti dalle, meglio note, cavità in roccia.

Studi di dettaglio svolti su questo tema hanno evidenziato che tali cavità si generano e si evolvono grazie a particolari condizioni del sottosuolo legate all'assetto geologico sia livello locale che a scala regionale, sulle quali poi intervengono anche altri fattori. Infatti, come meglio descritto nel prosieguo della relazione, svolgono un ruolo fondamentale l'alterazione dei depositi, sia superficiale che profonda, la presenza di cementazione, la variabilità della permeabilità e la circolazione dell'acqua nel sottosuolo.

Gli stessi studi hanno evidenziato come gli occhi pollini, in realtà, non corrispondano ad un solo fenomeno ma a più fenomeni diversi. Si possono, infatti distinguere:

#### Cavità in depositi non cementati

Si tratta della tipologia più rappresentativa, a cui tradizionalmente viene associata l'espressione occhio pollino, caratterizzata dalla presenza di cavità sia vuote sia parzialmente o totalmente riempite di sedimenti in genere fini, che hanno le dimensioni fino ad alcuni metri cubi e si sviluppano tipicamente in sedimenti alterati (dal Sintema di Binago alle unità più vecchie).

Caratteri salienti delle cavità sono una volta a cupola, la presenza di materiale fine che testimonia una circolazione e ristagno di acqua, la presenza di piccole condotte e la formazione talora di veri e propri reticoli di gallerie.

In questo caso, la causa principale della formazione ed evoluzione degli occhi pollini è la circolazione di acqua nel sottosuolo, che provoca l'asportazione delle particelle più fini del terreno, sia con un processo a livello di singoli granuli, sia, quando le dimensioni delle cavità/gallerie sono sufficienti ad accogliere flusso d'acqua maggiore, per erosione "meccanica" analoga a quella dei corsi d'acqua.

**VARIANTE TRATTA D**  
PROGETTO DEFINITIVO



Foto 3-2 - Esempio di cavità in depositi non cementati

Da un lato la cavità tende a risalire nel terreno in quanto il materiale della volta crolla e si accumula alla base, dall'altro le gallerie e le cavità possono ingrandirsi fino ad arrivare ad una fase parossistica con il crollo della volta della cavità stessa, aprendosi così in superficie e dando origine a una dolina.

Tre sono le condizioni necessarie per lo sviluppo di questo tipo di “occhi pollini”

- 1 la presenza di un materiale permeabile, sia omogeneo che disomogeneo, sottostante o giustapposto a un materiale meno permeabile, come può avvenire nel caso di:
  - ghiaie alterate, che costituiscono il livello a bassa permeabilità, sopra a un conglomerato che funge da materiale localmente permeabile in quanto è spesso disomogeneo, con

cavità dovute a carsismo, fessure e livelli poco cementati che permettono il transito di acqua con materiale in sospensione;

- corpi di ghiaia più porosi e quindi più permeabili rispetto al materiale sovrastante;
- depositi alterati sovrapposti a depositi meno alterati, che quindi hanno permeabilità maggiore;
- una variazione delle caratteristiche di permeabilità già all'interno di uno stesso tipo di sedimento;

2 che vi sia una via di fuga per il materiale che viene asportato, che può essere costituita da:

- fratture
- cavità,
- porosità normalmente presente all'interno di un sedimento sciolto;

3 che si abbia una variazione del regime idraulico nel sottosuolo dovuta a:

- cause naturali
  - a piccola scala temporale, come nel caso di variazioni stagionali;
  - a grande scala temporale, quali la modifica del livello di falda dovuto all'escavazione e/o riempimento di valli; questo processo è avvenuto più volte nel territorio brianteo, in concomitanza con le fasi di avanzata e ritiro dei ghiacciai
- cause antropiche, ad esempio, dovute a:
  - emungimento da pozzi;
  - immissione, localizzata e concentrata, di acqua in sottosuolo, tramite pozzi perdenti.

### **Cavità nei conglomerati**

Un secondo tipo di occhi pollini è identificato con le cavità presenti nei conglomerati di origine continentale, tradizionalmente noti in Lombardia come Ceppo (cfr. paragrafo 3.1.3.2).

Tali fenomeni sono connessi al fatto che i conglomerati hanno cemento carbonatico e una frazione rilevante, talora costituente la quasi totalità, di ciottoli sono calcarei o marcatamente carbonatici.

Si tratta, pertanto, di cavità, di estensione molto variabile, dovute a:

- dissoluzione carsica del cemento e dei ciottoli;
- rimozione del materiale non calcareo;
- alterazione del conglomerato.

Le cavità nei conglomerati, oltre ad avere una loro evoluzione, fino all'eventuale collasso del materiale sovrastante, possono costituire uno dei fattori predisponenti gli occhi pollini in depositi non cementati, in quanto alterano localmente la circolazione dell'acqua nel sottosuolo, consentendo in un primo momento di innescare il fenomeno, e successivamente di asportare grandi quantità di materiale.

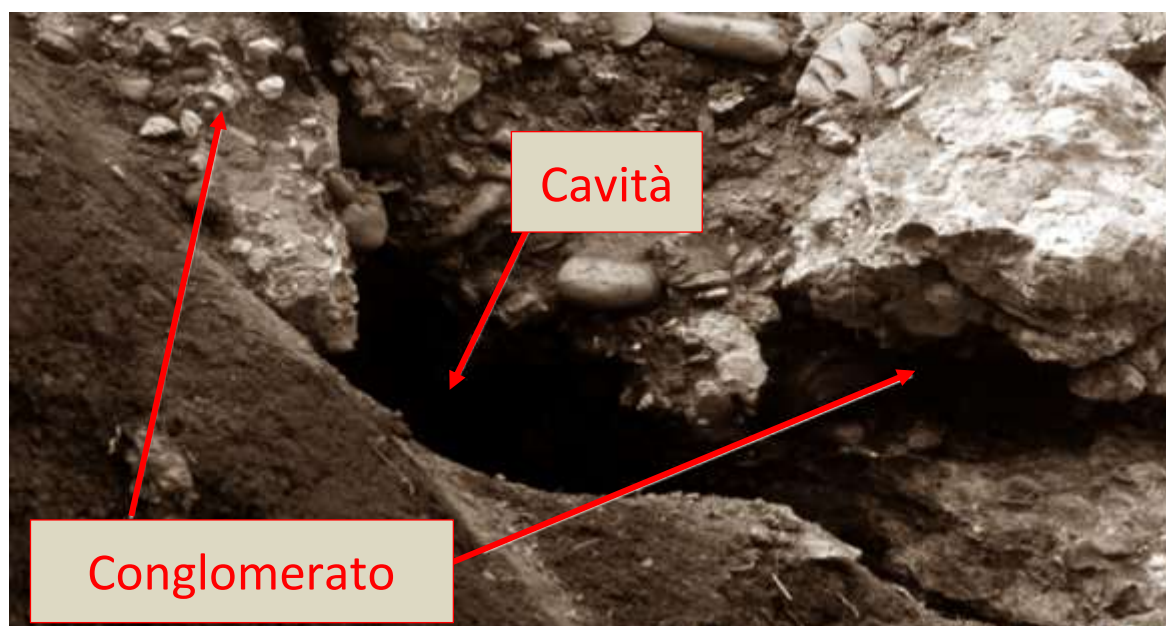


Foto 3-3 - Esempio di cavità nei conglomerati

#### Gallerie superficiali

Molto schematicamente il processo consiste nella filtrazione di acqua nel terreno fino a che non trova un livello impermeabile, in corrispondenza del quale comincia a muoversi lateralmente. Nel caso in cui tale flusso venga intercettato dalla superficie, ad esempio la scarpata di un terrazzo, può dare origine a una sorgente con l'instaurarsi di fenomeni di piping e lo sviluppo di un reticolo di gallerie più o meno ramificate.

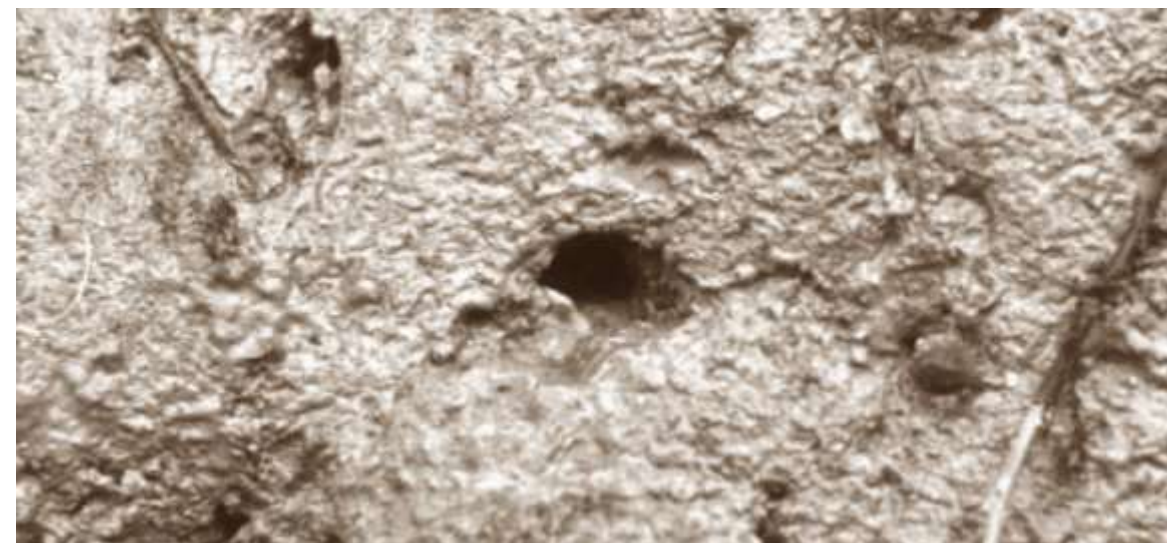


Foto 3-4 - Esempio di galleria superficiale

Queste gallerie possono raggiungere lunghezza di alcune decine di metri e diametro fino a oltre 50 cm e, talora, sono associate, in superficie, a piccole doline.

#### Livelli a bassa resistenza

Talora, si rinvencono notevoli spessori di materiale con consistenza limitatissima già a partire dal piano campagna o in prossimità di esso, da attribuire, più che a cavità vere e proprie a spessori molto rilevanti di materiale, probabilmente limoso, non o scarsamente addensato e consolidato.

Difficilmente i dati disponibili consentono di definire con certezza le cause che hanno portato alla loro formazione di tali depositi. Infatti, potrebbero essere dovuti, ad esempio, al riempimento di vecchi paleoalvei e/o corrispondere a locali sacche di materiale che ha subito processi di asportazione della frazione fine; ma anche corrispondere a colonne di materiale crollato e quindi poco addensato, a seguito dell'evoluzione di cavità in senso stretto.

#### 3.1.3.2 Approfondimenti a scala provinciale

Il fenomeno occhi pollini è già stato oggetto, nel 2011, di un primo approfondimento, recepito nel PTCP di Monza e Brianza (difesa del suolo e assetto idrogeologico) attualmente vigente. Tale approfondimento aveva posto particolare attenzione nell'individuare, allo stato delle conoscenze dell'epoca, i processi genetici e le tipologie di occhi pollini presenti nel territorio provinciale, in

modo da avere un primo quadro conoscitivo del fenomeno; da questo erano state poi ricavate alcune norme per la gestione del territorio considerando la presenza degli occhi pollini.

I risultati di tale approfondimento avevano portato alla suddivisione del territorio provinciale in 5 classi di suscettività agli occhi pollini (molto alta, alta, moderata, bassa, molto bassa o nulla), riportate nella tav. 8 "Assetto idrogeologico" e negli articoli 8 e 9 delle Norme del Piano, e alla redazione di prime linee guida. In queste, in particolare, si rimandava ai comuni una migliore definizione degli areali a diversa suscettività e si indicava una serie di azioni atte a prevenire il fenomeno, prima tra tutti il divieto di disperdere le acque nel sottosuolo nelle aree a maggiore suscettività.

Tale misura è stata ripresa anche nel recente Regolamento Regionale 23 novembre 2017 - n. 7 "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica", così come modificato e integrato dal Regolamento Regionale n. 7 del 29 giugno 2018 e n. 8 del 19 aprile 2019.

Infatti, nell'articolo 14 di detto regolamento si esplicita chiaramente che tra le "porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo" sono comprese "zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini".

Più recentemente, a seguito di accordo stipulato tra BrianzaAcque (Gestore del Sistema Idrico Integrato), Provincia di Monza e della Brianza e ATO MB, geoSFerA Studio Associato di Geologia ha realizzato l'"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini", datato giugno 2020 e che si è concentrato solo sui 15 Comuni posti nel settore nord-orientale, all'interno del quale ricade anche gran parte dell'intervento in esame.

In tale approfondimento, allo scopo di identificare i possibili occhi pollini o, comunque, i livelli d'interesse, una volta effettuata una consistente attività di raccolta, omogeneizzazione e standardizzazione dei dati, sono stati presi in esame tre parametri principali:

- i valori di  $N_{SPT}$  (per determinare i livelli più scadenti è stato utilizzato un valore di  $NSPT$  minore di 3, corrispondente in genere all'intervallo  $0 \leq NSPT \leq 2$ )
- lo spessore dei livelli (è stato considerato significativo uno spessore con  $NSPT < 3$  in genere maggiore di 60 cm)
- la profondità (sono stati trascurati i tratti con valori di  $NSPT$  ridotti nei primi due metri circa dal piano campagna, in quanto si è ritenuto che si possano registrare indipendentemente dalla presenza di potenziali occhi pollini).

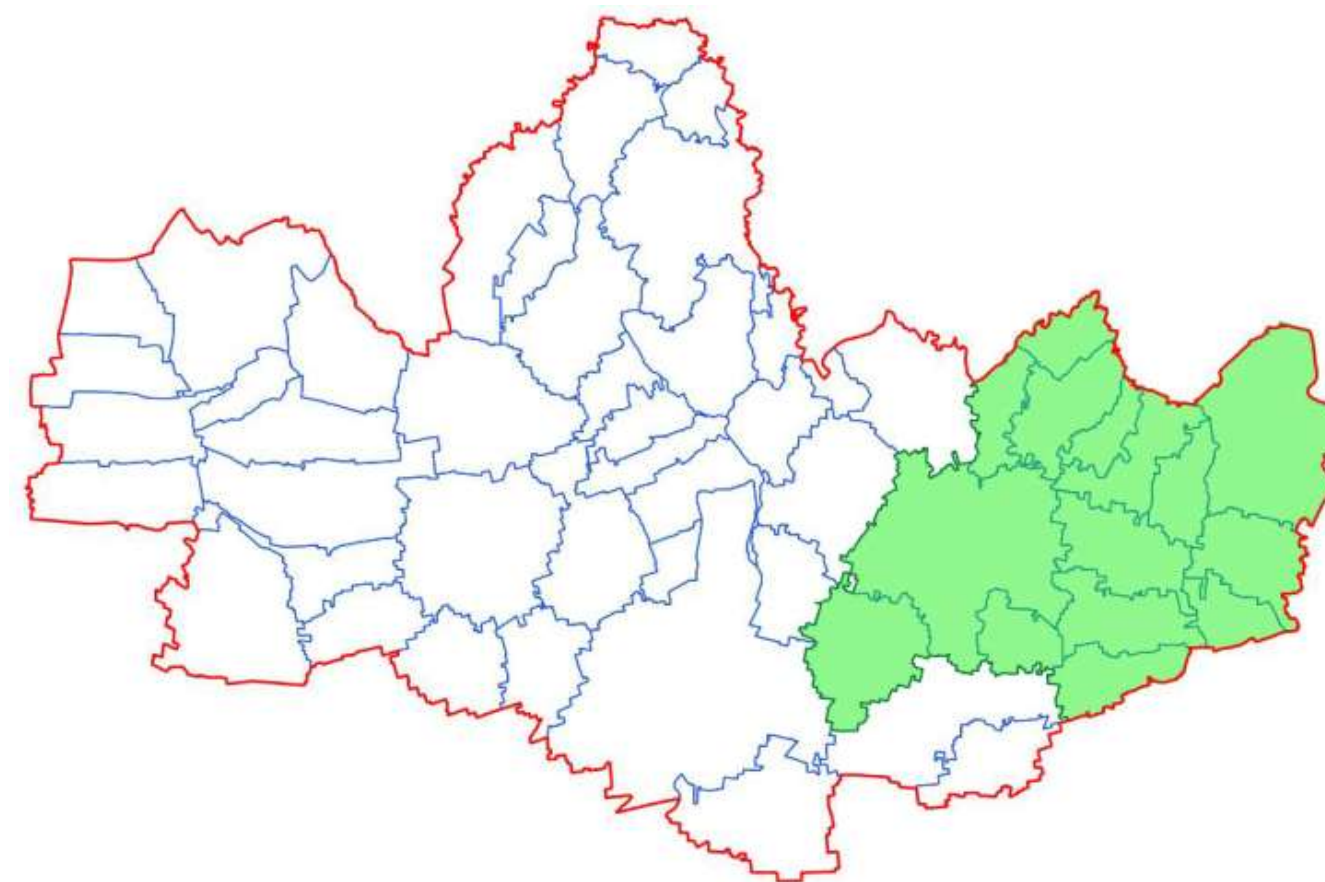


Figura 3-8 – Provincia di Monza e della Brianza con, in evidenza, i comuni oggetto dell'"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini"

In estrema sintesi, di seguito, sono riepilogate le principali considerazioni che si sono potute fare a seguito delle analisi effettuate:

- gli occhi pollini, individuati, per la maggior parte, tramite prove penetrometriche, sono estremamente variabili sia per il contesto geologico sia per l'espressione che hanno nelle indagini;
- analizzando le sole prove penetrometriche, risulta che un quarto delle prove ha permesso di individuare la presenza di occhi pollini (in senso lato);
- la distribuzione degli occhi pollini rilevati all'interno del territorio considerato non è omogenea; d'altra parte, non è omogenea neppure la distribuzione delle indagini considerate, essendo governata dalla collocazione degli interventi edilizi per la cui progettazione sono state realizzate;

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- la maggior parte delle prove che ha riportato la presenza di occhi pollini si ha in corrispondenza di unità affioranti da mediamente a fortemente alterate, quali, in ordine di alterazione, sono: formazione di Trezzo, Supersintema del Bozzente, Sintema della Specola e in certa misura, Sintema di Binago;
- lo spessore degli occhi pollini è estremamente variabile, passando dai 30 cm occasionali di alcuni livelli a resistenza nulla o ridotta rinvenuti in profondità, a spessori di oltre 10 m, che costituiscono sicuramente livelli con ridotta resistenza e non cavità vere e proprie;
- si è trovata conferma a quanto già noto in letteratura, relativamente al fatto che gli occhi pollini si rinvengono, sostanzialmente, sopra la falda.

Lo studio ha anche consentito di individuare 4 classi di pericolosità nei confronti degli occhi pollini, raffinando il modello già proposto e incluso nel vigente PTCP di Monza e Brianza. Rispetto al precedente studio, in questo lavoro si sono adottate classi di pericolosità e non di suscettività in quanto si è preferito rifarsi alla nomenclatura consolidata nella pianificazione territoriale anche nell'ottica dell'individuazione di classi di rischio.

Tali classi sono state definite in base al contesto geologico di superficie e di sottosuolo ricostruito in base ai dati disponibili e tenendo in considerazione il modello genetico di sviluppo delle cavità, nel quale gioca un ruolo fondamentale la presenza in superficie o nel sottosuolo di depositi con alterazione medio elevata e la presenza di conglomerato.

Nella figura sottostante, viene proposto un confronto tra due stralci, riferiti alla porzione di territorio interessato dall'infrastruttura in progetto, tra la cartografia della suscettività agli occhi pollini, riportata nel PTCP vigente, e la pericolosità, ripresa dal recente aggiornamento.

Si osserva che la variante tratta D inizia e finisce in aree a pericolosità media (ex suscettività moderata), mentre, per gran parte del tracciato ricade in zona ad alta pericolosità (ex suscettività alta e molto alta).

Va, altresì, notato, oltre all'accorpamento delle 2 classi di suscettività, alta e molto alta, in un'unica classe di pericolosità, alta, come, a seguito migliore definizione dei limiti, sia stata ampliata l'area a bassa pericolosità in corrispondenza del settore orientale del Comune di Agrate Brianza.

Conseguentemente, considerato che:

- nella porzione di territorio oggetto d'intervento, l'"Aggiornamento del quadro conoscitivo relativo alla suscettività del territorio della Provincia di Monza e Brianza al fenomeno degli Occhi Pollini", datato giugno 2020, è meno cautelativo della precedente cartografia, facente parte del PTCP vigente;

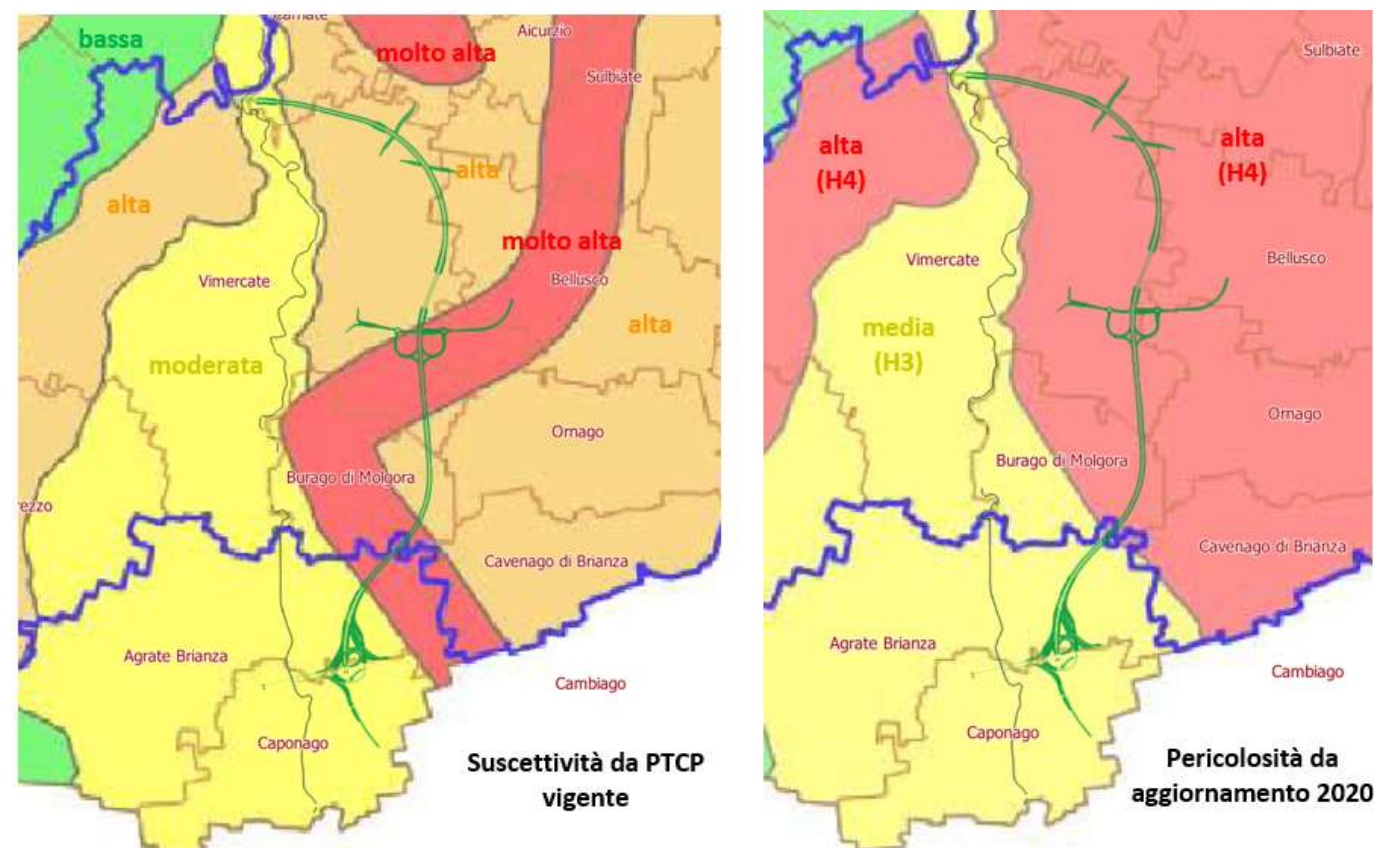


Figura 3-9 – Stralci delle cartografie delle classi di suscettività (da PTCP vigente) e di pericolosità (da aggiornamento effettuato da geoSFerA, Studio Associato di Geologia, datato giugno 2020) al fenomeno degli occhi pollini

- gli articoli 8 e 9 delle Norme del PTCP, oltre alle prime linee guida, sono riferite alla suddivisione del territorio provinciale in 5 classi di suscettività (molto alta, alta, moderata, bassa, molto bassa o nulla), riportate nella tav. 8 "Assetto idrogeologico" dello stesso PTCP;
- la zonizzazione proposta nel primo studio consente di distinguere, nell'area attraversata dalla variante tratta D, tre classi di suscettività (moderata, alta e molto alta) a fronte delle due di pericolosità (media e alta) dell'aggiornamento;

nel presente studio, tra le due mappature, si è preferito riportare quella derivante dal primo approfondimento del 2011 (cfr. Allegato 1: Carta geologica, alla scala 10'000).

### 3.1.3.3 Analisi a scala comunale

Da un esame dei Piani di Governo del Territorio (PGT) dei Comuni attraversati dall'infrastruttura in progetto, con riferimento al fenomeno degli occhi pollini, si è verificato che:

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- non sono mai state effettuate analisi di maggior dettaglio, per la definizione degli areali a diversa suscettività, rispetto a quelle contenute nel PTCP;
- anche a livello normativo non sono state dettate delle regole che non fossero già contenute nello strumento di pianificazione provinciale.

### 3.1.3.4 Analisi a supporto del progetto definitivo

La problematica della presenza di occhi pollini è stata, ovviamente, approfondita anche nell'ambito dello studio geologico per il progetto definitivo per la realizzazione della VARIANTE TRATTA D del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse, alla luce della campagna indagini effettuata (cfr. 1.4.2).

In particolare, sono state redatte delle sezioni litostratimetriche in cui sono stati indicati, lungo le verticali analizzate, i punti in cui sono presenti potenziali occhi pollini, distinguendo quelli la cui individuazione è abbastanza affidabile, indicati con la sigla O.P., da quelli ad attribuzione incerta, rappresentati col punto di domanda (cfr. Figura 3-10).

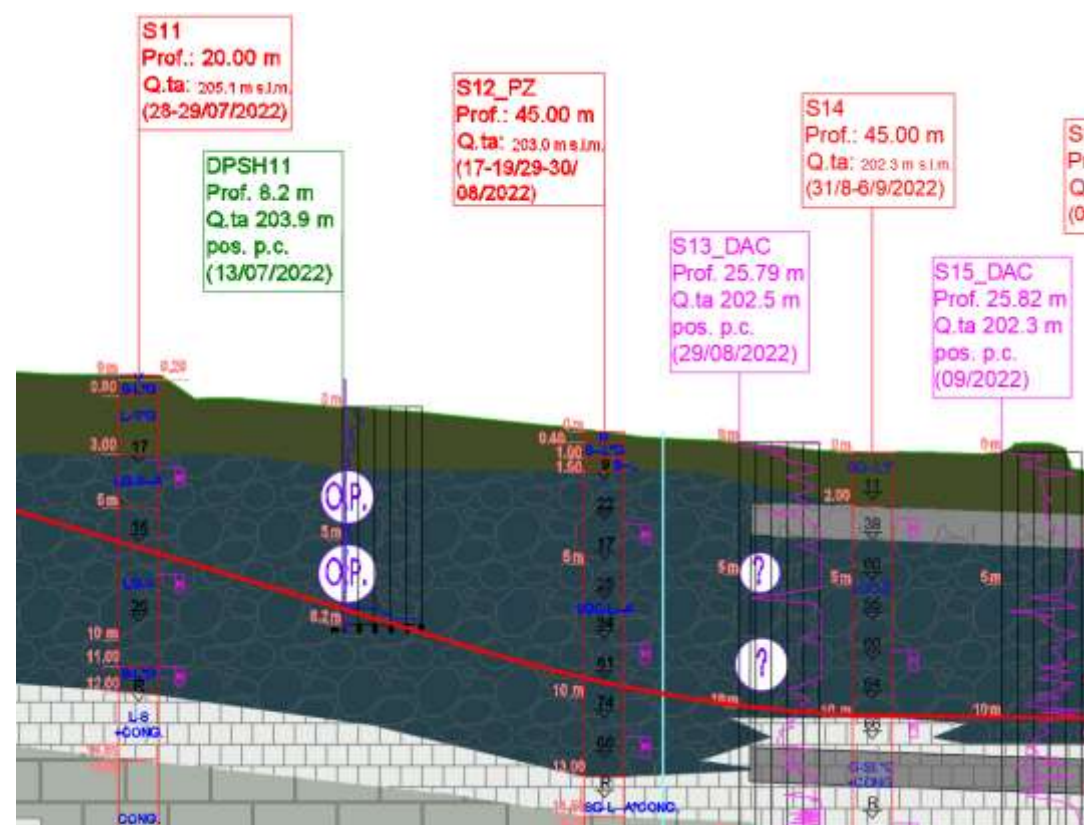


Figura 3-10 – Stralcio di sezione litostratimetrica

Per ulteriori approfondimenti relativi a tale analisi si rimanda ai seguenti elaborati:

- DGGDD000GE00000RG\_001A - Relazione geologica e idrogeologica
- DGGDD000GE00000GL\_001A - Profilo litostratimetrico (settore nord)
- DGGDD000GE00000GL\_002A - Profilo litostratimetrico (settore sud)
- DGGDD000GE00000GL\_003A - Sezioni litostratimetriche viabilità secondaria
- DGGDD000GE00000GL\_004A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (1/3)
- DGGDD000GE00000GL\_005A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (2/3)
- DGGDD000GE00000GL\_006A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (3/3)
- DGGDD000GE00000GL\_007A - Sezioni litostratimetriche viabilità interferita e attraversamenti faunistici
- DGGDD000GE00000GL\_008A - Sezioni litostratimetriche svincolo di Vimercate

### 3.1.4 Subsidenza

Un'analisi particolare ha riguardato il fenomeno della subsidenza che consiste in un lento processo di abbassamento del suolo, generalmente, causato da fattori geologici (compattazione dei sedimenti, tettonica, isostasia), ma che, negli ultimi decenni, è stato localmente aggravato dall'azione dell'uomo.

La subsidenza naturale, generalmente, è stimata pari a qualche millimetro l'anno, pertanto, le sue conseguenze sono relativamente ridotte, manifestandosi, perlopiù, in tempi molto lunghi e su vasti areali. Diverso è il caso della subsidenza indotta e/o accelerata da cause antropiche (estrazione di fluidi dal sottosuolo o bonifiche), che raggiunge valori da dieci a oltre cento volte maggiori, e i suoi effetti si manifestano in tempi brevi determinando, in alcuni casi, la compromissione delle opere e delle attività umane interessate.

Al fine di valutare l'entità della subsidenza nel territorio in esame, si è fatto riferimento a misure derivanti dal telerilevamento effettuato mediante interferometria differenziale SAR, comunemente abbreviata in *DInSAR* (dall'inglese *Differential Interferometry SAR*), che consiste nell'utilizzo di due o più immagini SAR (radar ad apertura sintetica) con il fine di computare un interferogramma per ciascuna coppia, così da rappresentare la variazione in fase tra le due epoche di acquisizione. Questa tecnica può essere utilizzata sia per realizzare modelli digitali di elevazione del terreno che per ottenere mappe spaziali di deformazione, capaci di raggiungere una precisione millimetrica.



In particolare, sono stati consultati i dati catturati da due satelliti gemelli, denominati *Sentinel-1A* e *Sentinel-1B*, lanciati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) per i quali è garantito il libero accesso tramite il programma *Copernicus*.

Così, riguardo al territorio oggetto di studio e al periodo compreso tra gennaio 2016 e novembre 2021, è stato possibile osservare quanto riportato in Figura 3-11 – Ubicazione dei punti di misura interferometrica distinti in base all'entità dei movimenti verticali registrati e Figura 3-12 – Grafico derivante dalle misure interferometriche relative a 1389 punti ubicati nel territorio attraversato dall'infrastruttura in progetto.

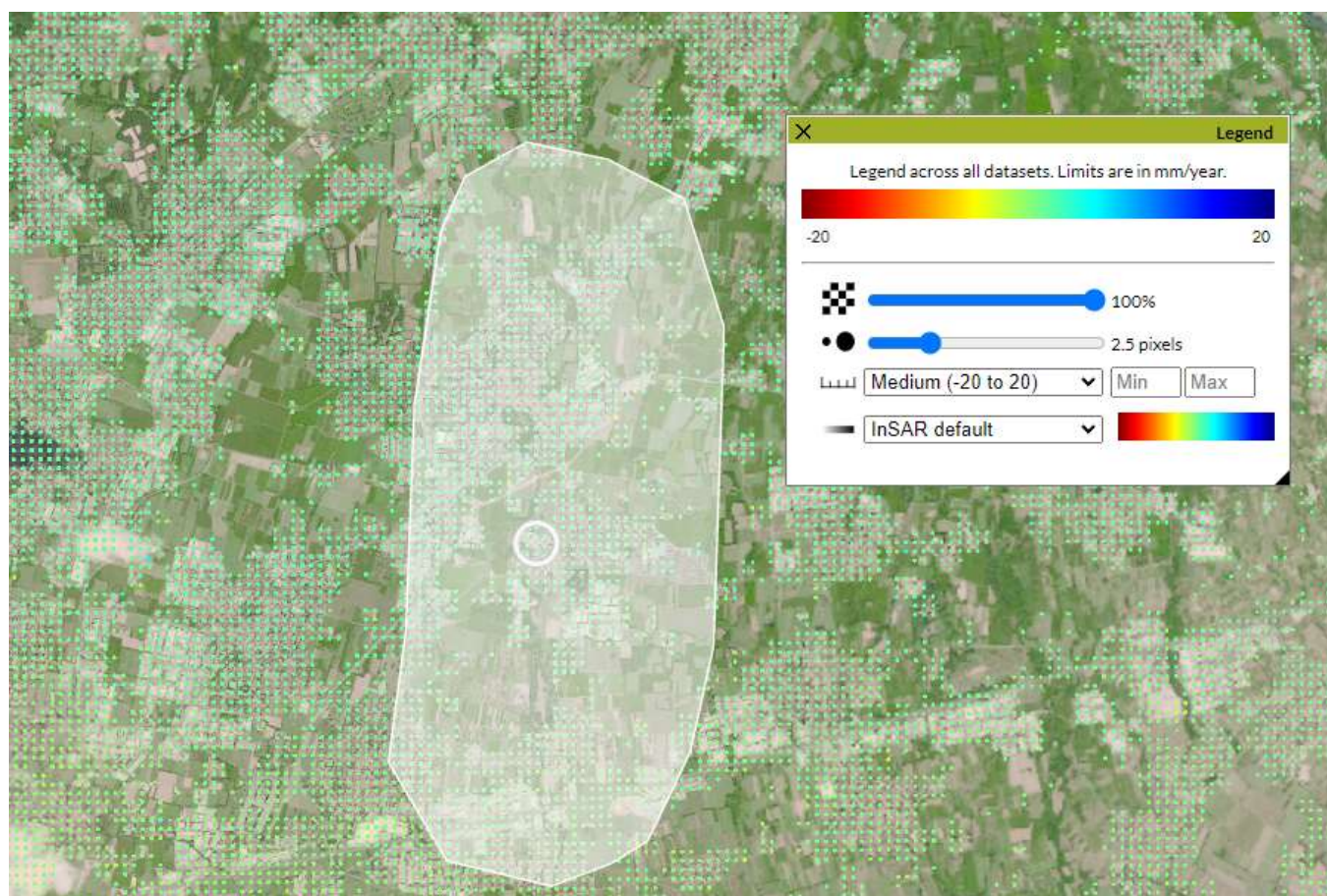


Figura 3-11 – Ubicazione dei punti di misura interferometrica distinti in base all'entità dei movimenti verticali registrati

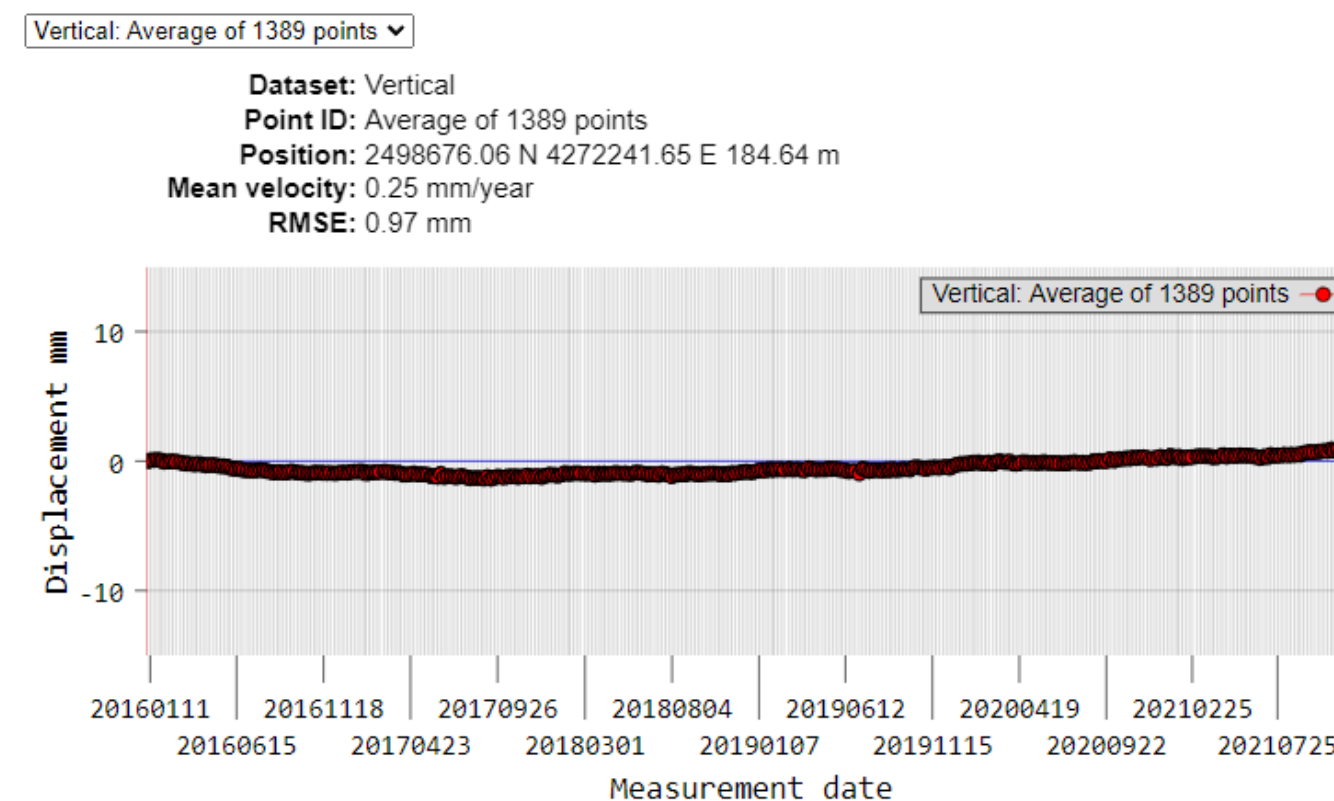


Figura 3-12 – Grafico derivante dalle misure interferometriche relative a 1389 punti ubicati nel territorio attraversato dall'infrastruttura in progetto

Dall'esame di tali immagini si evince, sostanzialmente, l'assenza di movimenti verticali e, pertanto, si può affermare che la zona non è soggetta a fenomeni di subsidenza.

### 3.1.5 Caratteristiche geologiche del tracciato

Le caratteristiche geologiche della porzione di territorio attraversata dall'infrastruttura oggetto di studio sono state rappresentate, alla scala 1:10'000, nella Carta geologica di cui all'Allegato 1.

In particolare, in tale elaborato sono stati raffigurati i tematismi descritti nei successivi paragrafi.

#### 3.1.5.1 Unità affioranti

Al fine di rappresentare la distribuzione delle formazioni affioranti nel contesto in esame, è stato svolto uno studio che ha comportato, innanzitutto, la raccolta e l'analisi dei dati disponibili, quali, in particolare, studi geologici a scala comunale e provinciale, stratigrafie d'indagini geognostiche e carte tematiche (cfr. paragrafo 1.4).

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Poiché i dati raccolti non sono riferiti ad un unico sistema di classificazione, si è dovuto individuarne uno che, con semplicità, consentisse di dare una buona panoramica della situazione geologica superficiale, in accordo con la suddivisione morfologica del territorio.

Così, analogamente a quanto indicato in paragrafo 3.1.2, sono state distinte unità allostratigrafiche per distinguere quelle più recenti, caratterizzate da morfologia e profilo d'alterazione conservati. Tali unità, separate da limiti inconformi, sono state gerarchizzate in Supersintemi/Sintemi, gruppi/formazioni e unità informali, a seconda dei caratteri dei sedimenti. Differentemente, ai corpi conglomeratici antichi, è stata applicata una classificazione litostratigrafica.

I depositi affioranti sono stati suddivisi anche sulla base del bacino di appartenenza che, nel territorio in esame è quasi sempre, quello dell'Adda.

Va segnalato che, nel presente studio, i limiti tra le diverse formazioni sono stati ridefiniti a seguito di un approfondimento dell'analisi morfologica che ha consentito di tracciare con particolare dettaglio gli orli dei terrazzi presenti in zona, anch'essi riportati nella Carta geologica.

In sintesi, esaminando gli elaborati prodotti il tracciato in esame attraversa porzioni di territorio in cui affiorano le seguenti unità:

- Tra 0+000 e 0+040 km Supersintema di Besnate (BE)
- Tra 0+040 e 0+095 km Sintema del Po – Unità postglaciale (POI)
- Tra 0+095 e 0+165 km Supersintemi dei laghi: Sintema di Cantù (LCN)
- Tra 0+165 e 0+480 km Ceppo della Molgora (OLG)
- Tra 0+480 e 0+510 km Sintema della Specola (PEO)
- Tra 0+510 e 0+650 km Sintema del Po unità postglaciale (POI)
- Tra 0+650 e 0+925 km Sintema di Casina Fontana (BOF)
- Tra 0+925 e 0+970 km Supersintema di Venegono (VE)
- Tra 0+970 e 1+660 km Sintema della Specola (PEO)
- Tra 1+660 e 1+790 km Supersintema di Besnate (BE)
- Tra 1+790 e 1+795 km Supersintema di Venegono (VE)
- Tra 1+795 e 4+520 km Sintema della Specola (PEO)
- Tra 4+520 e 8+900 km Supersintema di Besnate (BE)

Quanto ai principali manufatti correlati all'opera alla seguente Tabella 2-1 – Opere principali

Codice	Opera	Formazione affiorante
PO01-PO02	Ponte T. Molgora	Sintema del Po–Unità postglaciale (POI) Sintema di Cantù (LCN) Ceppo della Molgora (OLG)
ID01	Attraversamento idraulico Rio Valle	Ceppo della Molgora (OLG)
ID02	Attraversamento idraulico	Sintema della Specola (PEO)
VI01-02	Viadotto Ruginello	Sintema della Specola (PEO) Supersintema di Venegono (VE) Supersintema di Besnate (BE)
SO01	Sottopasso SP3	Sintema della Specola (PEO)
SO02	Sottopasso via San Nazzaro	
CV01	Cavalcavia viabilità podereale	
GA01	Galleria artificiale SP 2	
CV02	Cavalcavia svincolo di Canegrate 1	Supersintema di Besnate (BE)
CV03	Cavalcavia svincolo di Canegrate 2	
CV04	Cavalcavia via per Ornago	
CV05	Cavalcavia ecodotto	
FA01-02	Edifici Casello	
FA04	Pensilina Casello	
CV06	Cavalcavia SP 211	
SO04	Sottopasso	
CV07	Cavalcavia viabilità podereale	
CV08	Cavalcavia via Damiano Chiesa	
CV09	Cavalcavia rampa dir. A4-MI-TEEM-A1 (C – D)	Supersintema di Besnate (BE)
CV10	Cavalcavia rampa dir. A4-VE (F)	
CV11	Cavalcavia rampa dir. A36-Nord (B)	
CV12	Cavalcavia rampa dir. TEEM-A1 su A4 (D)	
CV13	Cavalcavia rampa dir. A4-VE su A4 (F)	
CV14	Cavalcavia rampa dir. A4-VE su TEEM (F)	
CV15	Cavalcavia rampa dir. TEEM-A1 (D)	
CV16	Cavalcavia Cascina Bertagna	
VI03	Cavalcavia rampa dir. A36-Nord su TEEM e A4 (B)	Supersintema di Besnate (BE)
SO03	Sovrappasso dir. A36-Nord (A)	

Tabella 3-1 – Opere principali e relative formazioni affioranti

3.1.5.2 *Suscettività al fenomeno degli Occhi Pollini*

Come anticipato nel paragrafo 3.1.3.2 è stata raffigurata anche la zonizzazione, del territorio attraversato dalla variante tratta D, in classi suscettività al fenomeno degli Occhi Pollini.

Tale zonizzazione è stata ripresa dalla tavola 8 "Assetto idrogeologico" del PTCP vigente di Monza e Brianza, frutto di un approfondimento effettuato nel 2011, che ha consentito di avere un primo quadro conoscitivo del fenomeno, suddividendo il territorio provinciale in 5 classi di suscettività (molto alta, alta, moderata, bassa, molto bassa o nulla).

I risultati di tale approfondimento avevano portato alla suddivisione del territorio provinciale in 5 classi di suscettività (molto alta, alta, moderata, bassa, molto bassa o nulla), riportate nella tav. 8 "Assetto idrogeologico", di cui sono scaricabili gli *shape*, all'indirizzo:

<https://www.provincia.mb.it/Temi/pianificazione-territoriale-e-parchi/siti/risorse/>

A riguardo, esaminando la Carta geologica si osserva che:

- ricadono in area a suscettività moderata le porzioni estreme del tracciato in progetto, all'incirca fino al km 0+500 km e oltre 8+000 km
- gran parte dell'infrastruttura, circa tra 0+500 km e 4+500 km e tra 5+500 km e 7+000, attraversa zone a suscettività alta
- la restante porzione, circa tra 4+500 km e tra 5+500 km e 7+000 e 8+000 km, riguarda settori a suscettività molto alta;

L'approfondimento è servito anche per definire alcune disposizioni per la gestione del territorio contenute negli articoli 8 e 9 delle Norme del PTCP di seguito riportate.

## Art. 8 - Assetto idrogeologico

1. *La tavola 8 definisce l'assetto idrogeologico del territorio provinciale attraverso l'individuazione dei seguenti elementi: le fasce fluviali, le aree a rischio idrogeologico molto elevato, il quadro del dissesto idrogeologico ed il relativo aggiornamento, le classi di fattibilità geologica 4, le aree allagabili con tempo di ritorno di cento anni, le aree a diversa suscettività al fenomeno degli Occhi pollini.*
2. *Obiettivi: obiettivo 7.1 del documento degli obiettivi.*
3. *Indirizzi: utilizzare - a meno che sia dimostrata l'inapplicabilità - tecniche di ingegneria naturalistica per gli interventi, ove necessari, di messa in sicurezza e di consolidamento realizzati nelle aree di dissesto idrogeologico, nel rispetto della naturale permeabilità dei terreni, dei valori paesaggistici locali e degli aspetti naturalisticoecologici tipici dell'intorno.*
4. *Contenuti minimi degli atti di PGT:*

- a. *rilevazione dei dissesti idrogeologici causati da dinamiche fluviali e di tipo geomorfologico nonché aggiornamento costante di tali rilevazioni con delimitazione cartografica su carta tecnica regionale in scala 1:10.000;*
- b. *attribuzione ai predetti dissesti di adeguata classificazione di fattibilità geologica ed adozione, a seconda della necessità, di misure di intervento strutturale e/o regole per un uso del suolo che non pregiudichi gli equilibri idrogeologici e non alteri i valori paesaggistici e ambientali presenti; nelle aree a suscettività al fenomeno degli Occhi pollini, la classificazione, le misure e le regole predette tengono conto delle linee guida contenute nella Relazione;*
- c. *individuazione delle infrastrutture e dei manufatti ricadenti in aree soggette a rischio idrogeologico o che costituiscono elemento di rischio e promuoverne la delocalizzazione;*
- d. *verifica dello stato di attuazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico ed attribuzione alle aree interessate di una adeguata classe di fattibilità geologica;*
- e. *per le aree allagabili con tempo di ritorno di cento anni, in caso di previsione di trasformazione urbanistica e infrastrutturale:*
  1. *verifica del grado di rischio idrogeologico ed attribuzione di una specifica classe di fattibilità geologica;*
  2. *indicazione della compatibilità della trasformazione con il grado di rischio idrogeologico verificato e definizione, se necessario, di misure ed accorgimenti per prevenire il rischio idrogeologico, nel rispetto delle disposizioni dell'articolo*
- f. *recepimento dei contenuti del PAI (Piano stralcio di Assetto Idrogeologico) vigente, in riferimento alla delimitazione delle fasce fluviali, le aree a rischio idrogeologico molto elevato, il quadro del dissesto, nonché le relative disposizioni delle Norme di attuazione del PAI, e del PGRA (Piano di gestione del rischio alluvioni); g. inclusione, nello studio geologico di cui all'art.57 della LR 12/2005, della problematica antisismica.*

5. *Valutazione di compatibilità: la Provincia verifica lo stato di attuazione degli adempimenti comunali relativi al PAI ed al PGRA, indicando le eventuali procedure e/o approfondimenti ancora non attivati che concorrono ad attuare l'assetto di progetto previsto dal PAI.*

## Art. 9 - Sistema delle acque sotterranee

1. *La tavola 9 individua le aree di ricarica degli acquiferi e, al loro interno, le aree di ricarica diretta degli acquiferi.*
2. *Obiettivi: obiettivo 7.2.1 del documento degli obiettivi.*
3. *Contenuti minimi degli atti di PGT:*
  - a. *analisi storica delle oscillazioni piezometriche al fine di valutare l'entità delle escursioni minime e massime stagionali della falda freatica e delle falde profonde;*
  - b. *analisi dello stato qualitativo delle acque sotterranee, con considerazioni sull'evoluzione temporale;*

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- c. *analisi della vulnerabilità degli acquiferi e dei più rilevanti potenziali centri di pericolo per l'inquinamento della falda, anche in relazione alle specifiche tipologie di contaminanti rinvenute nell'area;*
- d. *definizione della zona di rispetto dei pozzi pubblici, come indicata negli atti autorizzativi, evidenziando la presenza di insediamenti e/o attività incompatibili;*
- e. *criteri progettuali per le nuove trasformazioni urbanistiche e infrastrutturali volti:*
  1. *all'immissione delle acque meteoriche nel sottosuolo nelle porzioni di territorio classificate come aree di ricarica e ricarica diretta della falda ad esclusione delle aree a suscettività al fenomeno degli Occhi pollini, fatte salve norme più restrittive dei regolamenti locali di igiene;*
  2. *all'invaso temporaneo delle acque meteoriche, laddove possibile in ambiente naturale, in aree idonee e con svuotamento drenante spontaneo, al fine di non creare condizioni di surplus nella rete di drenaggio urbano;*
  3. *al risparmio idrico, al riciclo e riutilizzo delle acque mete*

### 3.1.5.3 Geositi

Gli approfondimenti effettuati hanno consentito di appurare che l'infrastruttura in progetto non interferisce con alcun geosito, né di rilevanza regionale, né di rilevanza provinciale, tutti posti a una distanza di almeno 3 chilometri ed esterni ai tagli cartografici della Carta geologica.

### 3.1.5.4 Vincolo idrogeologico

Come illustrato in Figura 3-13 nel settore settentrionale del territorio in esame, in Comune di Vimercate, l'infrastruttura in progetto attraversa due aree a vincolo idrogeologico ai sensi dell'art. 1 del R.D. 30.12.1923, n. 2367. Trattasi di un vincolo cui sono state sottoposte a seguito di una determinazione, del 1979, del Corpo Forestale dello Stato (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste).

Nella relativa relazione sono espone le motivazioni di tale provvedimento. In particolare, si afferma che

- *il terreno, per quanto riguarda le sue condizioni di stabilità, si presenta saldo, solo proclive a franamenti e a smottamenti in piccole zone situate lungo i fossi*
- *lasciare al proprietario la libertà di disporre dei fondi "ad libitum" può portare al disboscamento e all'irrazionale utilizzazione dei fondi stessi causando, con evidente danno pubblico, la perdita della loro stabilità, la loro denudazione e il perturbamento del regime delle acque*

- *la visione d'insieme delle condizioni dell'intero territorio, le espone particolari indicazioni relative ai caratteri fisici e alle qualità dei terreni, le constatazioni relative alle prevalenti forme di utilizzazione dei terreni stessi, e soprattutto la circostanza che la stabilità delle pendici nonché la regolarità del regime delle acque, non possono essere garantite che da una valida e continua copertura vegetale ed in genere dall'applicazione di forme razionali di utilizzazioni silvo-pastorali ed agrarie, hanno fatto riconoscere la necessità, nell'interesse generale, di sottoporre a vincolo per scopi idrogeologici, entro i limiti indicati sulle allegate planimetrie, tutti i terreni compresi nell'accennata parte montana e collinare del territorio comunale, la quale viene ripartita in numero due zone di vincolo.*



Figura 3-13 – Aree a vincolo idrogeologico attraversate dall'infrastruttura in progetto

Da un esame di dettaglio, si è appurato che le uniche interferenze tra zone attualmente boscate e le opere in progetto, all'interno delle aree a vincolo idrogeologico, si hanno in corrispondenza di tre scarpate (cfr. Figura 3-14) che delimitano i terrazzi geomorfologici di cui si è già accennato nel paragrafo 3.1.5.1 e che verranno ripresi nel 3.2.2.

Riguardo a tali scarpate, va detto che, ad oggi, non è stata rilevata alcuna situazione di dissesto e che i nuovi interventi sono e saranno progettati, oltre che eseguiti, in modo da non comprometterne la stabilità.

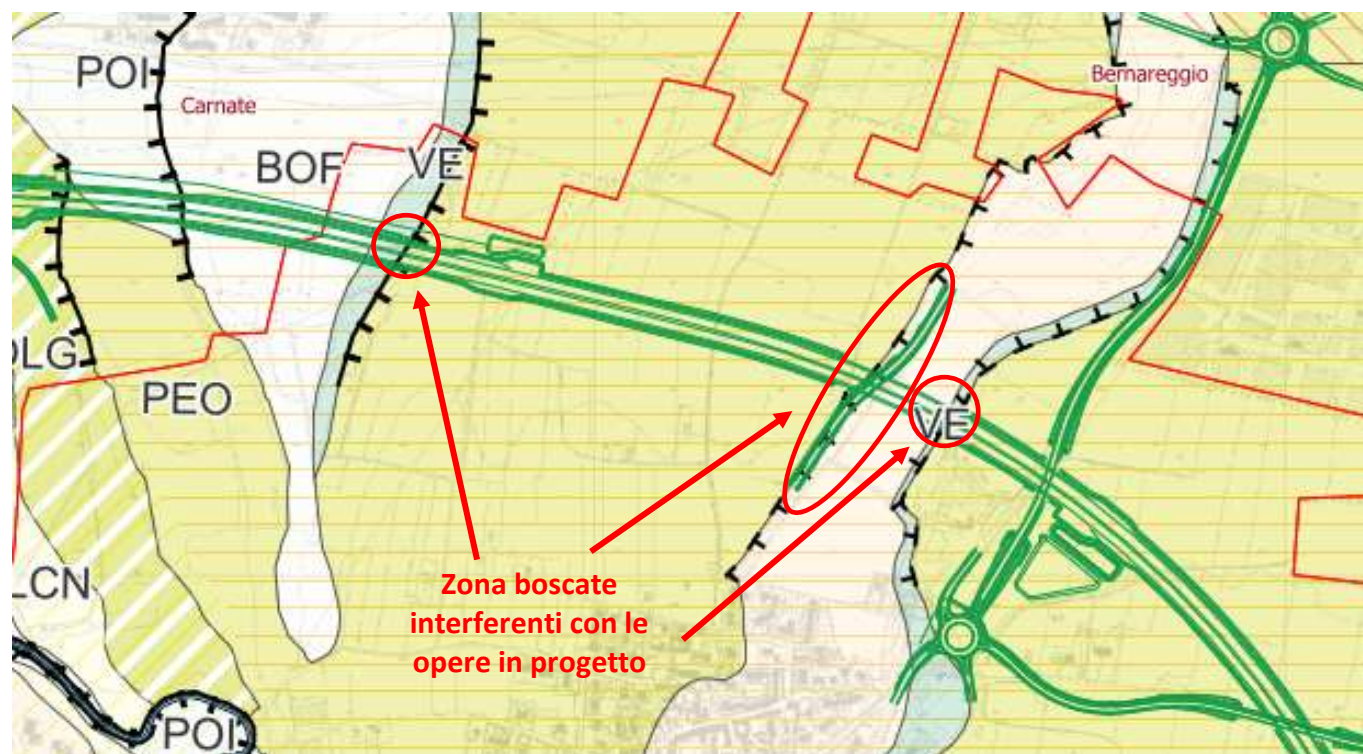


Figura 3-14 – Stralcio da Allegato 1: Carta geologica con evidenziate le zone attualmente boscate interferenti con le opere in progetto all'interno delle aree a vincolo idrogeologico

## 3.2 GEOMORFOLOGIA

### 3.2.1 Quadro geomorfologico di riferimento

L'area interessata dell'infrastruttura in esame ricade in una porzione dell'alta pianura lombarda compresa tra le colline della Brianza e il fiume Adda.

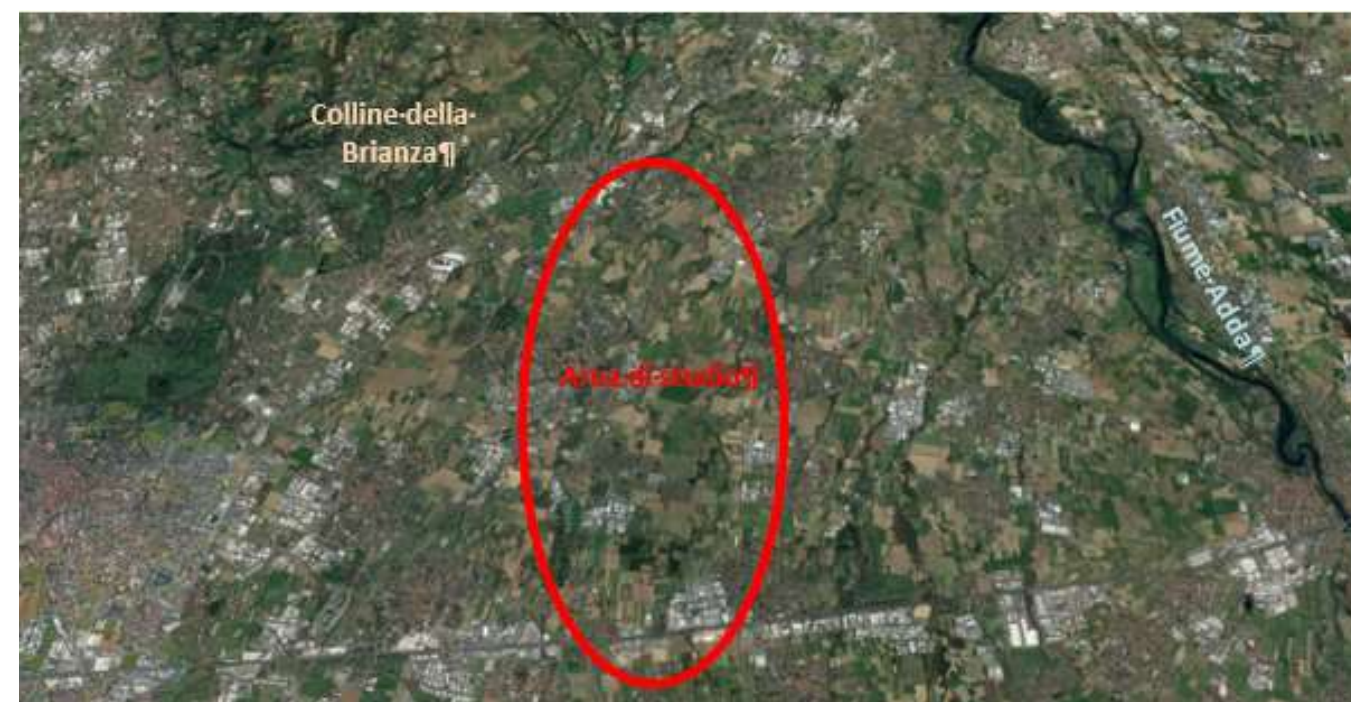


Figura 3-15 – Immagine da Google Earth della porzione di territorio in cui si inserisce l'area di studio

Tale pianura è un sistema composto di forme morfologiche, comprendente accumuli di depositi clastici, derivati dal graduale smantellamento delle Alpi ad opera degli agenti atmosferici e trasportati dai ghiacciai, dai torrenti e dai fiumi.

Al suo interno si possono distinguere le seguenti unità:

- *Terrazzi pedemontani.* Si tratta di unità a tratti disgiunte che risultano da antiche fasi deposizionali del Pleistocene inferiore e medio e caratterizzate da profonde coltri di alterazione che includono anche coperture di loess di varia età. Il terrazzamento deriva dall'erosione dei maggiori corsi d'acqua nel Pleistocene, mentre le superfici si presentano intersecate da numerose vallecole, anche profonde, che talora intaccano anche il substrato

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

quaternario marino o pre-quaternario. Solitamente sono chiaramente connessi alle antiche pianure proglaciali mentre altri conservano l'originaria conformazione a conoide.

- *Alta pianura ghiaiosa, conoidi e apparati fluvio-glaciali.* Prevalgono le forme a conoide che costituiscono, in certi casi, tipici e ampi ventagli di sandur (forma glaciale caratterizzata da una piana formata da sedimenti che si generano per fusione del ghiaccio nella porzione distale di un ghiacciaio) fondendosi poi, verso il basso, in una pianura tendenzialmente omogenea. Elementi caratterizzanti tale unità sono sia la grossolanità dei sedimenti che l'elevata acclività, generalmente superiore al 4%. Il suo limite inferiore corrisponde alla fascia delle risorgive. Per quanto concerne l'età di questi corpi fluvio-glaciali o fluviali, essa varia dal Pleistocene superiore all'attuale e quelli più antichi sono spesso terrazzati a partire dal loro apice. Lo spessore della coltre di alterazione è di solito ridotto e non superiore al paio di metri.
- *Fasce di media pianura e di transizione alla bassa pianura.* La continuità della fascia delle risorgive consente di individuare il limite superiore della media pianura, contraddistinto dal passaggio dai sedimenti ghiaioso-sabbiosi a quelli sabbioso-limosi. Esso corrisponde al cosiddetto «livello fondamentale della pianura», che rappresenta la parte distale degli apparati fluvio-glaciali, solitamente attribuiti al Pleistocene superiore. La graduale diminuzione di pendenza giunge a valori molto bassi, anche inferiori all'1%, avvicinandosi al Po. Sono presenti su questo «livello», sia alcuni interessanti rilievi e terrazzi isolati (relitti di superfici più antiche, in parte influenzati da sollevamenti tettonici), sia tracce di antiche divagazioni collegabili alla variazione dei regimi dei corsi d'acqua fluvio-glaciali.
- *Piane di divagazione fluviale olocenica incassate.* Nella loro espressione più tipica si mostrano lungo i fiumi che attraversano il «livello fondamentale della pianura», dai cui alvei sono separate da nette scarpate di terrazzo. Le piane, di età olocenica, si sono formate e ampliate per incisione e erosione laterale connessa all'evoluzione dei meandri.

### 3.2.2 Caratteristiche geomorfologiche locali

L'analisi dell'assetto morfologico locale è stata svolta sulla base della documentazione bibliografica riguardante, principalmente, studi effettuati per la pianificazione territoriale, a scala provinciale e comunale, integrata dall'osservazione di immagini aeree e rilevamenti diretti di campagna.

Come anticipato nel paragrafo 3.1.5.1, tale approfondimento ha consentito di ridefinire i limiti tra i differenti ambiti geomorfologici; modifica che ha imposto una correzione anche dei confini delle formazioni raffigurate sulla Carta geologica, che spesso coincidono con scarpate più o meno evidenti.

Nel complesso, la zona in cui si inserisce l'infrastruttura in progetto si presenta come una pianura, caratterizzata da una certa monotonia, con quote comprese tra gli oltre 220 m s.l.m., nelle vicinanze della chilometrica 0+900, ai circa 160 m s.l.m., in corrispondenza dell'estremità meridionale.

Le principali discontinuità morfologiche si hanno in corrispondenza degli orli di terrazzo che segnano il passaggio a ripiani posti a livelli differenti di alcuni metri.

Come sopraindicato, gli agenti morfogenetici naturali che hanno svolto un ruolo predominante nel modellamento di questa porzione di territorio sono i ghiacciai e i corsi d'acqua.

Forme che testimoniano il susseguirsi di fasi di espansione glaciale sono i cordoni morenici (corpi formati da limi, sabbie e ghiaie anche in grossi blocchi che si presentano come dossi collinari di forma allungata e arcuata, caratterizzati da crinali dal profilo arrotondato) della parte orientale dell'anfiteatro del Lario che si rinvergono pochi chilometri dalla zona d'intervento (cfr. Figura 3-16).

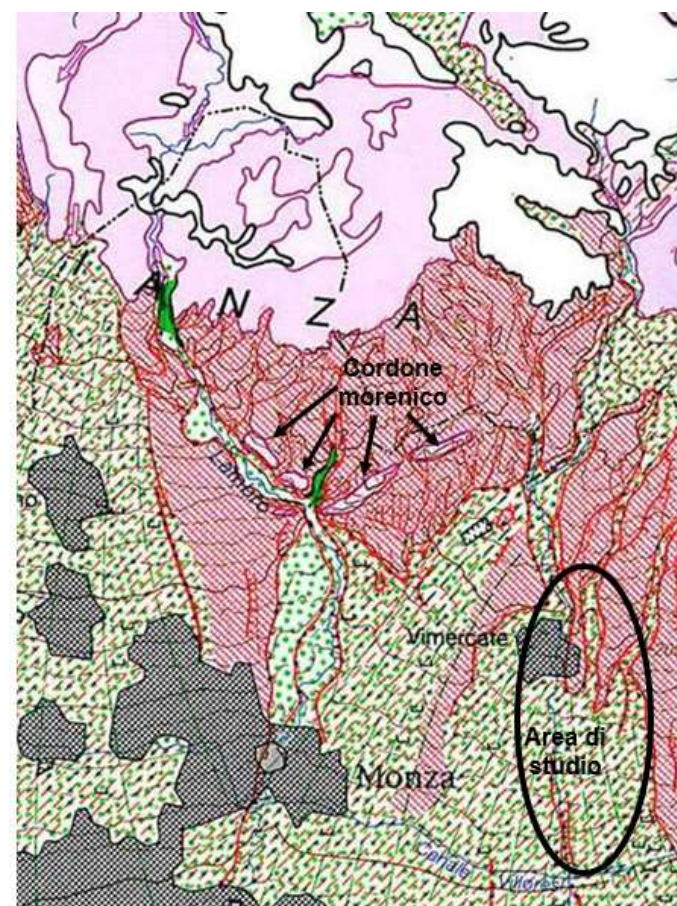


Figura 3-16 – Stralcio modificato da Carta geomorfologica della Pianura Padana (AA.VV., 1999)

Va, inoltre considerato come l'area in esame sia da considerare integralmente antropizzata. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo.

L'aspetto più evidente di tale attività è la livellazione della superficie topografica, con conseguente cancellazione parziale o totale di quasi tutte le forme naturali originarie.

Le caratteristiche geomorfologiche del territorio in esame sono state rappresentate, alla scala 1:10'000, nella Carta geomorfologica., di cui Allegato 2.

In particolare, in tale tavola sono stati raffigurati i tematismi descritti nei successivi paragrafi.

### 3.2.2.1 Zonizzazione morfologica

Il territorio oggetto di studio, come si osserva negli elaborati grafici, è stato suddiviso, nei seguenti quattro ambiti geomorfologici:

#### 3.2.2.1.1 Terrazzi antichi

Nel contesto dei terrazzi pleistocenici subpianeggianti, rilevati sulla pianura si distinguono due livelli: quello, più elevato, proprio dei depositi più antichi e quello intermedio, posto tra il precedente e l'alta pianura.

All'estremità settentrionale di tavola DGGDD000GE00000GM\_001, in sinistra idrografica del est del Torrente Molgora, si riscontra un lembo di terrazzo antico sul quale è stato edificato parte dell'abitato di Passirano, in cui le quote del piano campagna superano i 220 m s.l.m.

#### 3.2.2.1.2 Terrazzi Intermedi

Al contrario dei terrazzi antichi, fortemente incisi e ondulati, quelli intermedi tra il livello fondamentale della pianura e i pianalti a ferretto hanno superfici piane, molto più omogenee, particolarmente intaccate dalla presenza antropica e senza evidenze di reticolo idrografico attivo o fossile.

Questi terrazzi hanno una pendenza media tra lo 0,6 e lo 0,9%. Talora, sembrano immergersi nella pianura; in altri casi, come a Cambiagio e Cavenago, la transizione è marcata da un gradino morfologico di 2÷3 metri.

#### 3.2.2.1.3 Alta pianura

L'alta pianura è l'ambito che occupa la maggior parte della superficie interessata dall'intervento in progetto.

Essa, come rileva l'analisi dei caratteri morfometrici, è data dall'unione delle conoidi pedemontane che si sono formate grazie agli apporti dei corsi d'acqua fluvioglaciali e sono state, successivamente, rimodellate da quelli attuali, che ne sono gli eredi.

Nell'alta pianura i depositi hanno composizione prevalentemente ghiaiosa e la pendenza media risulta dello 0,5÷0,6%.

#### 3.2.2.1.4 Valle Fluviale

L'unica valle che attraversa il territorio oggetto di studio è quella all'interno della quale scorre il torrente Molgora.

Si tratta di una fascia leggermente depressa (tra i 2 e i 5 metri) rispetto alla pianura circostante.

### 3.2.2.2 Elementi morfologici naturali

#### 3.2.2.2.1 Tracce di paleoalveo

Le tracce di paleoalvei sono elementi difficilmente individuabili, soprattutto, tramite rilievi di campagna: infatti, la loro morfologia non entra in netto contrasto con il paesaggio circostante e anche sulle tavole le isoipse non descrivono forme particolarmente evidenti, sotto l'aspetto altimetrico, in quanto detti elementi si trovano a livello della pianura o, al limite, leggermente incassati.

Quelle cartografate nel presente studio, oltre che da quanto riportato nelle fonti bibliografiche raccolte, sono state desunte sulla base di particolari configurazioni planimetriche del territorio.

#### 3.2.2.2.2 Orli di terrazzo

Gli orli di terrazzo sono le linee che separano una superficie altimetricamente superiore pianeggiante o subpianeggiante rispetto a una inferiore ad inclinazione più elevata che costituisce la scarpata morfologica.

Tali elementi, generalmente, sono conseguenza di un'azione erosiva ad opera di corsi d'acqua (fiumi o torrenti), ma hanno subito anche un rimaneggiamento antropico.

Nella Carta geomorfologica le forme più significative, facilmente rilevabili, sono state indicate come “evidenti”; quelle con dislivelli minori e angoli meno acclivi, di difficile individuazione, come “smussate”.

### 3.2.2.3 Idrografia

#### 3.2.2.3.1 Torrente Molgora

L'elemento idrografico di particolare rilevanza geomorfologica presente nell'area interessata dall'intervento in progetto è il torrente Molgora

Tale corso d'acqua scorre, con direzione nord-sud, all'interno di una valle incisa, rispetto all'alta pianura circostante.

L'alveo ha un andamento sinuoso, risulta discretamente inciso e la sua larghezza massima è di 10 metri.

La variante tratta D lo attraversa proprio nel suo tratto iniziale, poi, all'incirca a partire dal km 2+000, assume un andamento parallelo al torrente.

#### 3.2.2.3.2 Corso d'acqua della rete idrografica minore

In un contesto privo di elementi significativi, l'unico elemento della rete idrografica minore meritevole di essere rappresentato sulla Carta geomorfologica è il tratto finale di un corso d'acqua che si immette nel Molgora, in sponda sinistra all'estremità settentrionale del territorio comunale di Canegrate.

### 3.2.2.4 Elementi morfologici antropici

#### 3.2.2.4.1 Aree urbanizzate

La principale forma di alterazione antropica del contesto morfologico in esame sono gli insediamenti residenziali e produttivi che occupano un'ampia porzione della Carta geomorfologica relativa al territorio oggetto d'intervento.

#### 3.2.2.4.2 Polo estrattivo Caponago – Cava Vitali

Nella Carta geomorfologica è stata raffigurata anche un'area estrattiva

Trattasi della Cava Vitali, all'interno del Polo estrattivo Caponago, ove sono state distinte 2 aree: una scavata a fossa e recuperata tramite riporto di terreni, fino al piano campagna originario, che

sarà interessata da opere del quadrante sud-orientale dell'innesto TEEM-A4; l'altra, attiva, anch'essa a fossa, esterna alle aree d'intervento.

#### 3.2.2.4.3 Sito contaminato

Dall'analisi dell'elenco dei siti contaminati (al 31/12/2022), fonte AGISCO (Anagrafe e gestione Integrata Siti Contaminati) si è potuto constatare che circa 500 m a ovest della galleria artificiale in progetto, in via Cascina Rosé (Comune di Vimercate), ne è presente uno, con codice MB050.0005, in corrispondenza del Centro Edile Scavi s.r.l. che svolge operazioni di recupero rifiuti.



### 3.3 SISMICA

#### 3.3.1 Rischio sismico

Ai fini della valutazione del rischio sismico di un'area, è fondamentale identificare le faglie attive e, in particolare, quelle che possono fungere da sorgenti sismogenetiche che si differenziano dalle strutture a scorrimento lento asismico (*faultcreep* o *tectoniccreep*), in quanto, allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, si verifica un movimento rapido con rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni.

Per la definizione di faglia attiva si fa normalmente riferimento alla possibilità che una faglia possa attivarsi in un intervallo di tempo futuro che interessa la nostra società. D'altra parte, le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono mosse nelle fasi più recenti della storia geologica. Una delle definizioni più comunemente accettata è quella della *U.S Nuclear Regulatory Commission* (1982), che definisce attive le faglie che presentano un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due negli ultimi 500.000 anni.

Un elenco delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie potenzialmente attive e capaci è contenuto nel DISS 3.3.0 (si veda paragrafo 1.4.1.2 per riferimenti bibliografici), il database delle sorgenti sismogenetiche, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area italiana.

Come rappresentato nell'immagine di Figura 3-17 (ripresa dalla Carta dei terremoti), si osserva che l'area d'intervento, seppure esterna alle sorgenti sismogenetiche indicate nel DISS si trova:

- a poco più di 2 km dalla sorgente composita
  - **ITCS010 – Western S-Alps internal thrust**, con terremoti a profondità comprese tra 5 e 12 km, di magnitudo massima attesa Mw=6.9;
- a 5÷6 km dalle sorgenti composite
  - **ITCS002 – Western S-Alps external thrust deep**, con terremoti a profondità comprese tra 6 e 13 km, di magnitudo massima attesa Mw=6.8;
  - **ITCS115 – Western S-Alps external thrust shallow-west**, con terremoti, a profondità comprese tra 2 e 6 km, di magnitudo massima attesa Mw=6.2.
- A circa 33 km dalla sorgente sismogenetica individuale
  - **ITIS104 – Romanengo**, con terremoti a profondità comprese tra 2.5 e 5.8 km, di magnitudo massima attesa Mw=5.7 (Cfr. Tavola "Carta dei terremoti")

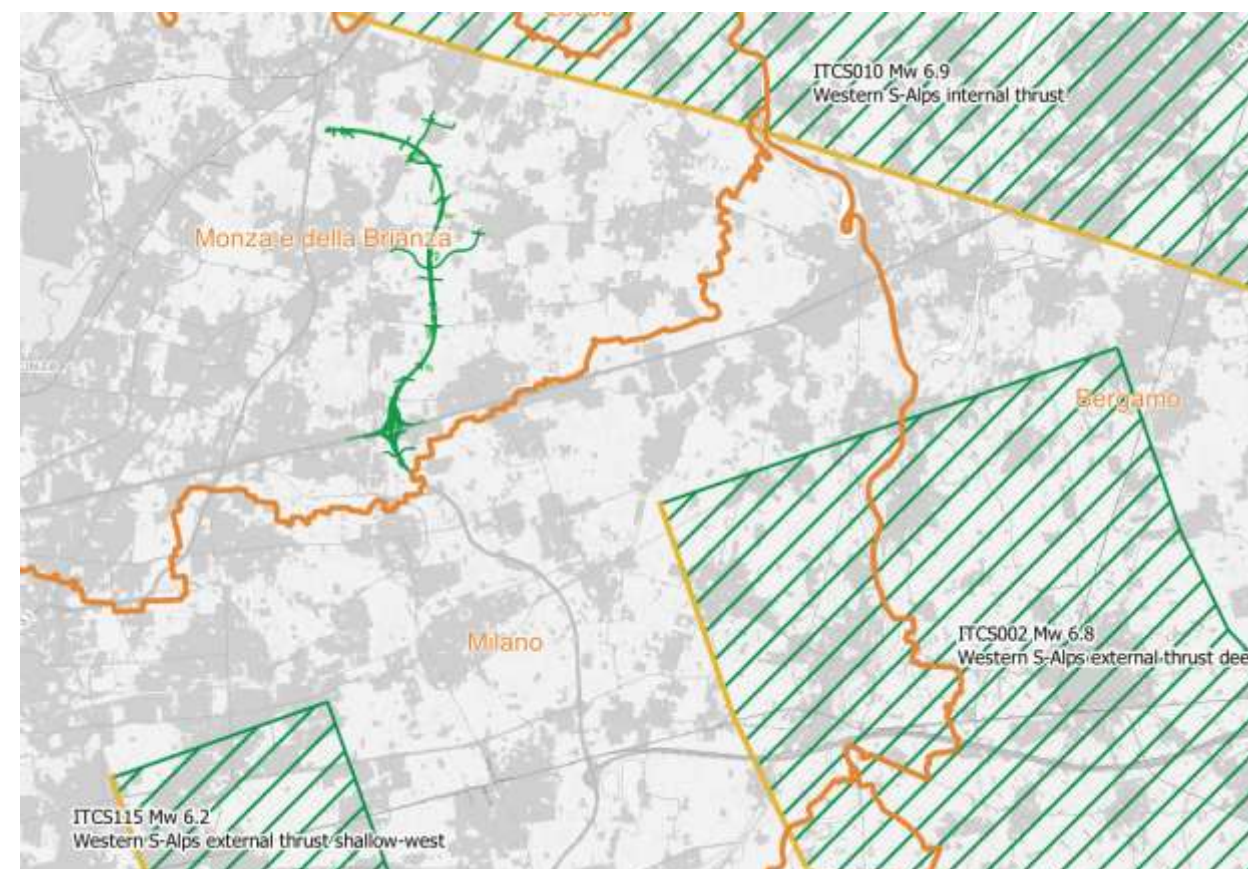


Figura 3-17 – Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS 3.3.0 rispetto all'infrastruttura in progetto

Fatto salvo quanto appena indicato, va ricordato che la normativa vigente quantifica l'azione sismica facendo riferimento a un'altra zonazione sismogenetica: la ZS9 (Meletti e Valensise, 2004). Infatti, la mappa di pericolosità sismica nazionale, MPS04, attuale riferimento ufficiale per il calcolo dell'azione sismica ai fini della progettazione (cfr. D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", NTC18), pubblicata con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 2006, è stata elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) proprio sulla base della zonazione sismogenetica ZS9.

In questo caso (cfr. Figura 3-18), l'infrastruttura in esame dista:

- una decina di chilometri dalla **zona 907 "Bergamasco"** così definita
  - zona legata alla convergenza tra la placca tettonica "Adria" e la placca tettonica "Southern Alps" con meccanismi misti di strutture a pieghe sud-vergenti e faglie inverse associate (thrusts prevalenti); i terremoti storici non hanno raggiunto valori superiori a M > 6; il valore massimo rilevato è pari a Md = 4,2; le zone ipocentrali si verificano generalmente a

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

profondità comprese tra 5 e 8 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 907 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, un valore di massima magnitudo pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

- circa 35 km dalla **zona 911 “Tortona-Bobbio”**
  - zona di trasferimento Alpi-Appennino e Mar Ligure con cinematismi attesi di faglie trascorrenti sinistre in strutture crostali superficiali e sovrascorrimenti in quelle più profonde; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d = 4,1$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, un valore di massima magnitudo pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

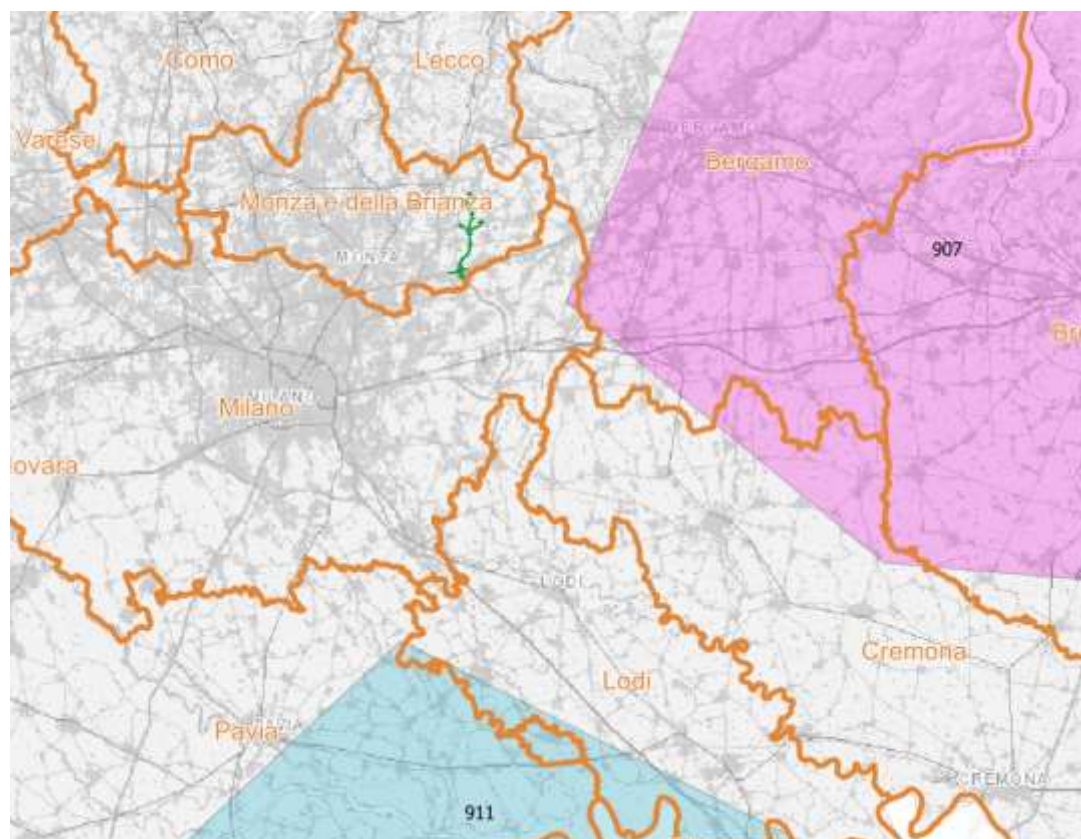


Figura 3-18 – Ubicazione delle Zone sismogenetiche ZS9

### 3.3.2 Sismicità da PGT

Gli studi per la componente geologica dei PGT per la Regione Lombardia contengono obbligatoriamente anche la valutazione della pericolosità sismica, che si esplicita anche mediante una redazione della “Carta della pericolosità sismica”. Tali documenti sono consultabili mediante l’applicativo PGTWEB.

Detta cartografie sono state redatte sulla base dell’Allegato 5 della DGR 2616/2011, che definisce gli scenari di pericolosità sismica sulla base delle classi riportate nella seguente tabella.

Sigla	Scenario pericolosità sismica locale	Effetti
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 3-2 – Scenari di pericolosità sismica locale (da allegato 5 alla d.g.r. 30 novembre 2011, n. IX/2616)

Considerato che la metodica di valutazione del rischio sismico è standardizzata, gli studi dei diversi comuni risultano sostanzialmente convergenti ed indicano la presenza di scenari di pericolosità tutti ricompresi nella classe Z4, cioè con potenziali amplificazioni litologiche e geometriche. In particolare, per la valle del torrente Molgora è indicata la classe Z4a (Carnate e Vimercate), con possibili amplificazioni topografiche nei pressi delle scarpate morfologiche (Z3a a Vimercate).

La restante parte del territorio è ricompresa nelle classi Z4a e Z4d (Carnate, Vimercate, Bellusco e Agrate Brianza) quest'ultima laddove sono presenti argille residuali.

Soltanto nel Comune di Caponago la pericolosità sismica è classificata soltanto come Z3a (amplificazione topografica) in corrispondenza della cava posta a sud della A4, mentre il resto del territorio risulta non classificato.

### 3.3.3 Classificazione sismica

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (cfr. Tabella 3-3), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di $a_g$
1	$>0,25$
2	$0,15 \div 0,25$
3	$0,05 \div 0,15$
4	$<0,05$

Tabella 3-3 – Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

La Delibera X/2129 del 11/07/2014 della Regione Lombardia ha modificato la classificazione del territorio lombardo, inserendo i comuni interessati dall'autostrada oggetto di studio in zona 3, cioè con accelerazione compresa tra 0.05g e 0.15g (cfr. Figura 3-19).

Tale classificazione è stata riportata nell'Allegato 4: Carta della pericolosità sismica anche se ha valore esclusivamente a fini amministrativi.

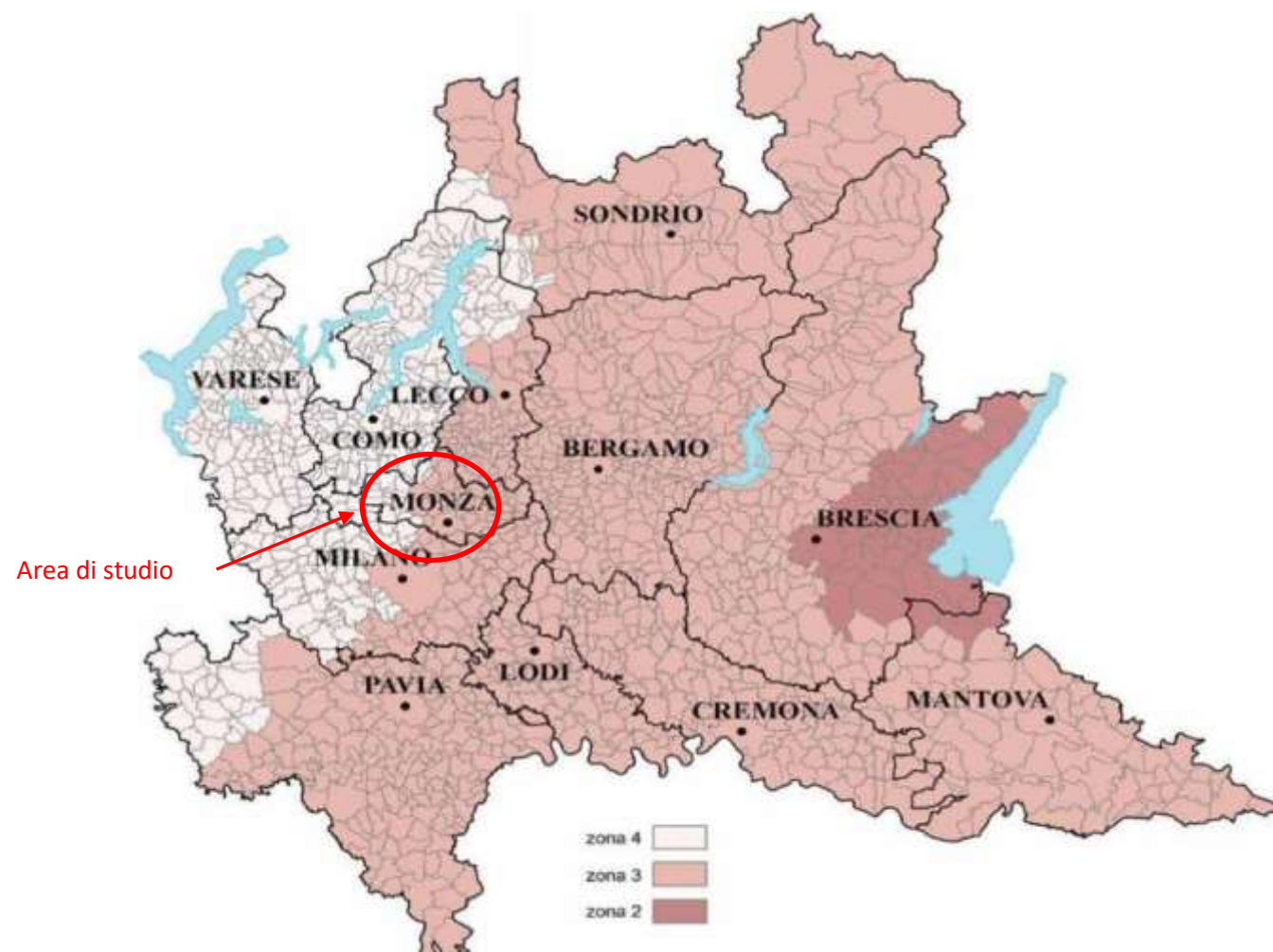


Figura 3-19 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia a seguito della Delibera X/2129 del 2014

Alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 17-01-2018, è infatti allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), nel quale l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{c^*}$  periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 682 anni).

Per determinare il tempo di ritorno (TR) si utilizza l'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

dove  $V_R$  è il periodo di riferimento della costruzione, mentre  $P_{VR}$  è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento.

Quanto alle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , vanno assunti i valori indicati nelle N.T.C. 01/2018 (vedi Tabella 3.2.I del Paragrafo 3.2.1): in particolare, probabilità pari a:

- 5%, per lo stato limite ultimo di Salvaguardia di Collasso (SLC)
- 10%, per lo stato limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV)
- 63%, per lo stato limite di esercizio di Danno (SLD).
- 81%, per lo stato limite di esercizio di Operatività (SLO).

Se il sito in esame non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$  possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione e i quattro vertici.

Nell'Allegato 4: Carta della pericolosità sismica, oltre ai punti del reticolo sismico, sono state rappresentate le isosismiche della PGA (*Peak ground acceleration* che misura la massima accelerazione del suolo indotta dal terremoto), calcolate come sopradescritto, per tempi di ritorno di 2475 anni

### 3.3.4 Sismicità storica

La storia sismica del territorio in esame è stata desunta da:

- CPTI15 v4.0 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani che consente una consultazione per terremoto, fornendo dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2020.

- DBMI15 v4.0 Database Macrosismico Italiano che consente una consultazione per località, fornendo un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti, relativo ai terremoti, sempre, con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia, nella finestra temporale 1000-2020.

Facendo riferimento a tali fonti informative, è stato possibile redigere l'Allegato5: Carta dei terremoti, illustrato nel paragrafo 3.3.4.1 e descrivere i principali eventi sismici che hanno interessato località all'interno o limitrofe alla zona oggetto di studio (cfr. paragrafo 3.3.4.2).

#### 3.3.4.1 Carta dei terremoti

La carta dei terremoti è un elaborato cartografico d'inquadramento che descrive le caratteristiche sismogenetiche dell'area di studio e delinea l'attività sismica in termini di eventi sismici con magnitudo superiore a 2.4 Mw.

Osservando la legenda, di cui si riporta uno stralcio in Figura 3-20, si osserva che in tale elaborato i principali eventi sismici (tratti da CPTI15 v4.0 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani) sono stati rappresentati con differente simbologia per diversi intervalli di magnitudo, partendo da un valore minimo di 2.4 Mw fino a un massimo di 6 Mw.

#### Terremoti storici (dall'anno 1000 al 2020) archivio CPTI15

- 2.4 - 4.0 Mw
- 4.0 - 5.0 Mw
- 5.0 - 5.5 Mw
- ★ 5.5 - 6.0 Mw

#### Macrozone sismogenetiche (ZS9)

- 907
- 911
- ▨ Aree sismogenetiche composite
- ▨ Area Sismogenetica individuale

Figura 3-20 – Stralcio della legenda della Carta dei terremoti

In carta vengono inoltre rappresentate le Macrozone sismogetiche (ZS9), le aree sismogenetiche composite e le aree Sismogenetiche individuali (tratte dal database DISS 3.3.0 già descritte nel paragrafo 3.3.1).

### 3.3.4.2 Principali eventi sismici

Si è detto che, all'interno del Database Macrosismico DBMI15, è possibile effettuare la ricerca della storia sismica per località: storia sismica che è riassunta sia tramite un diagramma, in cui sono riportati, in ascisse, gli anni e, in ordinata, l'intensità degli eventi, espressa in Scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), che tramite una tabella dove, per ciascun terremoto di maggiore intensità, sono indicati, tra le altre cose, gli effetti provocati al sito, espressi sempre come I (MCS), la data e l'ora in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale, in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Ai fini del presente studio, si è ritenuto utile interrogare il database per vedere quali siano stati gli eventi che abbiano evidenziato una sismicità pari o superiore a 3 MCS, nei singoli capoluoghi dei Comuni attraversati dall'infrastruttura in esame (Caponago, Agrate Brianza, Burago di Molgora, Vimercate, Ornago, Bellusco e Carnate), oltre che a Monza, posta poco più di 5 km più a est, e a Milano, distante 15÷20 km a sud-ovest. Queste ultime località sono state inserite in quanto più significative per i terremoti storici, in quanto la lunghezza e le significatività della serie storica, normalmente, sono correlate alle dimensioni ed all'importanza della località considerata.

#### 3.3.4.2.1 Caponago

Il Database Macrosismico DBMI15 non indica Caponago tra le località ove si abbia notizia di terremoti significativi.

#### 3.3.4.2.2 Agrate Brianza

Analogamente a Caponago, Agrate Brianza non risulta tra le località con notizie di terremoti significativi indicati nel Database Macrosismico DBMI15.

#### 3.3.4.2.3 Burago di Molgora

L'unico evento censito a Burago di Molgora, sebbene indicato come "non avvertito" è il terremoto del 20 novembre 1991, con epicentro a Vaz (nel Canton Grigioni, in Svizzera), dove ha avuto un'intensità massima di 6 MCS e una magnitudo momento (Mw) pari a 4,7.

#### 3.3.4.2.4 Vimercate

A Vimercate, il DBMI15 censisce solo 7 eventi d'intensità maggiore o uguale al III grado della scala MCS. Di questi, quelli che hanno avuto effetti peggiori, pari al V grado della scala MCS, sono i seguenti:

- quello del 26 febbraio 1885, con epicentro nel Pianura Padana, caratterizzato da una magnitudo momento (Mw) pari a 5,01
- quello del 9 febbraio 1979, con epicentro il Bergamasco, caratterizzato da una magnitudo momento (Mw) pari a 4,78

#### 3.3.4.2.5 Ornago

Consultando il Database Macrosismico DBMI15 per la località Ornago, si osserva che sono indicati solo 3 terremoti "non avvertiti":

- quello del 29 ottobre 1995, con epicentro il Lago d'Iseo, dove ha avuto un'intensità massima di 5-6 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,35
- quello del 21 agosto 2000, con epicentro il Monferrato, dove ha avuto un'intensità massima di 6 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,94
- quello del 13 novembre 2002, con epicentro il Franciacorta, dove ha avuto un'intensità massima di 5 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,21

#### 3.3.4.2.6 Bellusco

Consultando il Database Macrosismico DBMI15 per la località Bellusco, si osserva che sono indicati solo 2 terremoti "non avvertiti":

- quello del 20 novembre 1991, con epicentro Vaz (nel Canton Grigioni, in Svizzera), dove ha avuto un'intensità massima di 6 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,70
- quello del 29 ottobre 1995, con epicentro il Lago d'Iseo, dove ha avuto un'intensità massima di 5-6 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,35

#### 3.3.4.2.7 Carnate

Anche per la località Carnate, il Database Macrosismico DBMI15 indica solo gli stessi 2 terremoti "non avvertiti": descritti nel paragrafo precedente; ovvero:

- quello del 20 novembre 1991, con epicentro Vaz (nel Canton Grigioni, in Svizzera), dove ha avuto un'intensità massima di 6 MCS e una ma magnitudo momento (Mw) pari a 4,70

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- quello del 29 ottobre 1995, con epicentro il Lago d'Iseo, dove ha avuto un'intensità massima di 5-6 MCS e una magnitudo momento (Mw) pari a 4,35

#### 3.3.4.2.8 Monza

Dalla lettura di Tabella 3-4 e della relativa Figura 3-21, si deduce che, a Monza, il DBMI15 censisce 22 eventi d'intensità maggiore o uguale al terzo grado della scala MCS. Di questi, quelli che hanno avuto effetti peggiori sono i seguenti:

- quello del 3 gennaio 1117, con effetti pari al VII grado della scala MCS ed epicentro nel Veronese, caratterizzato da una magnitudo momento (Mw) pari a 6,52
- quello del 26 novembre 1396, con effetti pari al VII-VIII grado della scala MCS ed epicentro proprio a Monza, caratterizzato da una magnitudo momento (Mw) pari a 5,33, noto solamente attraverso la cronaca (1337-1517) della famiglia Mezzotti di Monza, pubblicata nel 1840

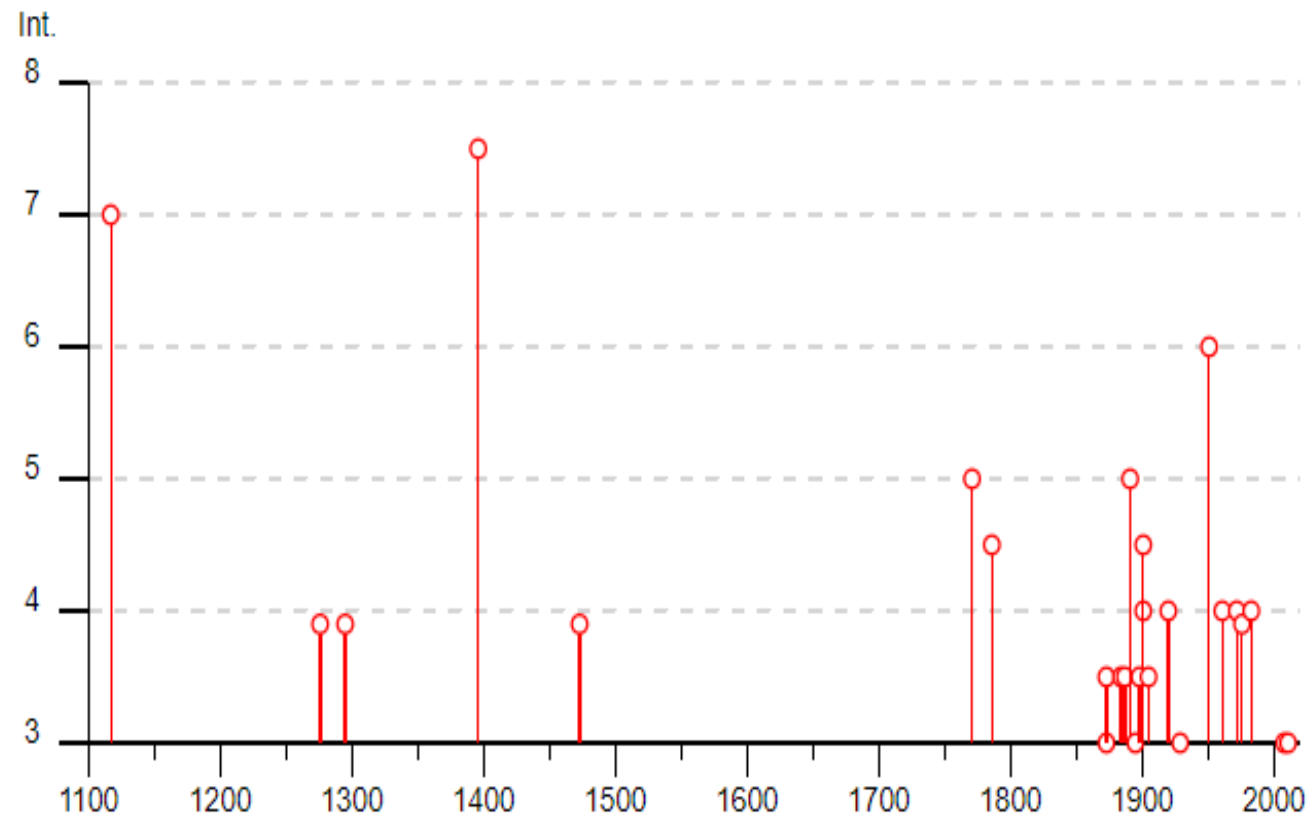


Figura 3-21 – Diagramma degli eventi sismici d'intensità  $\geq 3$  MCS a Monza (MB) (da Database Macrosismico DBMI15)

Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	Io	Mw
7	1117	1	3	15	15		Veronese	9	6,52
F	1276	7	29	18	30		Monferrato	5	4,81
F	1295	9	3				Grigioni, Churwalden	8	6,2
7-8	1396	11	26				Monza	7-8	5,33
F	1473	5	7	7	45		Milanese	4	3,7
5	1771	8	15	8	15		Pianura lombarda	5	4,16
4-5	1786	4	7	0	15		Pianura lombarda	6-7	5,22
3	1873	6	29	3	58		Alpago Cansiglio	9-10	6,29
3-4	1873	9	17				Appennino tosco-ligure	6-7	5,26
3-4	1884	9	12	7	23		Pianura lombarda	6	4,7
NF	1885	2	26	20	48		Pianura Padana	6	5,01
3-4	1887	2	23	5	21	50	Liguria occidentale	9	6,27
5	1891	6	7	1	6	14	Valle d'Ilasi	8-9	5,87
3	1895	8	7	19	49	32	Appennino tosco-emiliano	5	4,67
3-4	1898	3	4	21	5		Parmense	7-8	5,37
4	1901	1	23	0	17	10	Oltrepò Pavese	5	4,23
4-5	1901	10	30	14	49	58	Garda occidentale	7-8	5,44
3-4	1905	4	29	1	46	45	Haute-Savoie, Vallorcine	7-8	5,1
4	1920	9	7	5	55	40	Garfagnana	10	6,53
3	1929	5	11	19	23		Bolognese	6-7	5,29
6	1951	5	15	22	54		Lodigiano	6-7	5,17
4	1961	11	23	1	12	5	Prealpi bergamasche	6-7	4,86
4	1972	10	25	21	56	11,31	Appennino settentrionale	5	4,87
F	1976	5	6	20	0	13,17	Friuli	9-10	6,45
4	1983	11	9	16	29	52	Parmense	6-7	5,04
3	2008	12	23	15	24	21,77	Parmense	6-7	5,36
3	2011	7	17	18	30	27,31	Pianura lombardo-veneta	5	4,79

Dove: F = terremoto avvertito, NF = terremoto non avvertito

Tabella 3-4 – Principali eventi sismici censiti in località Monza (MB) da Database Macrosismico DBMI15

#### 3.3.5 Studio sismico a supporto del progetto definitivo

Nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione della VARIANTE TRATTA D del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed Opere ad Esso Connesse è stato effettuato uno studio sismico nel corso del quale, tra le altre attività, sono state

svolte delle analisi di Risposta Sismica Locale per le opere principali ed è stato verificato il rischio di liquefazione dei terreni d'imposta dell'infrastruttura, come trattato nei seguenti paragrafi.

### 3.3.5.1 Analisi di Risposta Sismica Locale

La risposta sismica locale è il risultato di interazioni tra le onde sismiche e le condizioni locali, cioè l'insieme delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno ed ammassi rocciosi e delle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

In altre parole, le caratteristiche del sito sono le responsabili delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal *bedrock* fino alla superficie.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I passi da seguire nello studio del problema della risposta sismica locale sono:

- e) Definizione del modello geofisico del sottosuolo;
- f) Stima dell'accelerazione di base;
- g) Definizione della disaggregazione magnitudo/distanza;
- h) Estrazione, conversione e normalizzazione accelerogrammi di input;
- i) Esecuzione dell'analisi e restituzione grafica in termini di:
  - a. Serie temporali
  - b. Spettri di risposta elastica in superficie

Nello studio sismico a supporto del progetto definitivo della infrastruttura in progetto la procedura di analisi di RSL è stata eseguita su n° 7 verticali.

Le analisi della risposta sismica locale sono state effettuate per i quattro stati limite, lo Stato Limite di Operatività (SLO), lo Stato Limite di Danno (SLD), lo Stato Limite per la salvaguardia della Vita (SLV) e lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

È stata sempre analizzata sia la componente orizzontale che quella verticale, tranne che per gli edifici del casello dove è stata sviluppata la RSL per la sola componente orizzontale per gli stati limite SLD e SLV.

La Risposta sismica locale è stata valutata in corrispondenza di diverse profondità in relazione alle esigenze delle diverse opere.

### 3.3.5.2 Rischio di liquefazione

Per liquefazione si intende un processo di incremento della pressione del fluido interstiziale che causa, in un terreno non coesivo saturo, la diminuzione della resistenza a taglio a seguito dello scuotimento sismico, dando 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 il terremoto ha innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

Il rischio di liquefazione può essere stimato con metodi semplificati disponendo di valori dettagliati di SPT mediante il calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione LPI di *Iwasaki et al.* (1982). L'indice LPI è un parametro di sintesi che, mediante un valore numerico compreso tra 0 e 100, quantifica i possibili effetti della liquefazione in superficie, tenendo conto di severità dell'azione sismica, e di profondità, spessore e valore del fattore di sicurezza degli strati liquefacibili. Per poter valutare la severità degli effetti *Iwasaki* ha proposto la scala riportata in Tabella 3-5.

Valori di LLI	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Tabella 3-5 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo *Iwasaki*

Valutazioni più recenti riportate da *Sonmez* (2003), basate su sismi di magnitudo inferiore a quelli utilizzati da *Iwasaki* consigliano tuttavia di rimodulare le classi di pericolosità come riportato in Tabella 3-6:

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

LPI
LPI = 0.00 - Liquefaction risk nul
LPI between 0.00 and 2.00 - Liquefaction risk low
LPI between 2.00 and 5.00 - Liquefaction risk moderate
LPI between 5.00 and 15.00 - Liquefaction risk high
LPI > 15.00 - Liquefaction risk very high

Tabella 3-6 – Valutazione del rischio di liquefazione secondo Sonmez

Nello studio sismico per il progetto definitivo Le verifiche sono state realizzate mediante il programma LiqSVs 2.0 della Geologismiki, utilizzando i seguenti parametri:

- un valore cautelativo di magnitudo massima pari a 5.6;
- il valore massimo di PGA calcolato tra tutte le analisi di RSL (0.15 g);
- profondità della falda durante il terremoto pari a 10 m (tenendo conto della quota di realizzazione del sondaggio), In sostanza di ipotizza, a favore di sicurezza, un innalzamento della falda di 5 m rispetto al valore massimo di falda valutato nello studio idrogeologico. Soltanto per i sondaggi nella valle del Molgora la falda in condizioni sismiche è stata ipotizzata a 5 m a da p.c.
- il fattore di sicurezza adottato e  $F_s=1.25$ .

Nella tabella successiva sono riportati in sintesi i valori di LPI per ciascuna verticale.

Sondaggio	LPI	Livello di rischio		Cedimenti
		<i>Iwasaki</i>	<i>Sonmez</i>	
C_SC_108	0.00	molto basso	nullo	0.00
C_SC_109	0.00	molto basso	nullo	0.00
C_SC_111	0.00	molto basso	nullo	0.00
C_SC_112	0.85	basso	basso	0.00
C_SC_113	0.00	molto basso	nullo	0.00
C_SC_114	0.00	molto basso	nullo	0.00
D_SD01	0.00	molto basso	nullo	0.00
D_SD02	0.00	molto basso	nullo	0.00
D_SD101	0.00	molto basso	nullo	0.00
S1-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S2-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S8-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S9-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S10-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S11	0.00	molto basso	nullo	0.00
S12-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00

Sondaggio	LPI	Livello di rischio		Cedimenti
		<i>Iwasaki</i>	<i>Sonmez</i>	
S14	0.00	molto basso	nullo	0.00
S16-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S18-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S20	0.00	molto basso	nullo	0.00
S22-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S23	0.00	molto basso	nullo	0.00
S24	0.00	molto basso	nullo	0.00
S26-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S27	0.00	molto basso	nullo	0.00
S28	0.00	molto basso	nullo	0.00
S29	0.00	molto basso	nullo	0.00
S30-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S31-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S32-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S33-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S34	0.00	molto basso	nullo	0.00
S36-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S40-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S41-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S43-A	0.00	molto basso	nullo	0.00
S44-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
S46-DH	0.00	molto basso	nullo	0.00
S47-Pz	0.44	basso	basso	0.00
S49-Pz	0.00	molto basso	nullo	0.00
L1-S5	0.00	molto basso	nullo	0.00
L1-S6	0.00	molto basso	nullo	0.00
L1-S7	0.00	molto basso	nullo	0.00
L1-S8	0.00	molto basso	nullo	0.00
L1-S9	0.02	basso	basso	0.00
L1-S10	0.00	molto basso	nullo	0.00

Tabella 3-7 – Valori di LPI attesi per ciascuna verticale analizzata

Gli indici del potenziale di liquefazione sono stati riportati anche in Allegato 4: Carta della pericolosità sismica.

Come si può constatare il valore di LPI è nullo per tutti i sondaggi tranne che in C\_SC\_112 e S\_47-PZ dove comunque rimane inferiore a 1, indicando sempre un rischio basso.



### 3.4 IDROGEOLOGIA

#### 3.4.1 Inquadramento idrogeologico

La pianura lombarda, in cui ricade il tratto di territorio in esame, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee: infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili.

Nel presente studio, per inquadrare tale tematica, si è fatto riferimento allo stato delle conoscenze descritto nell'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (PTUA 2016) approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017. Infatti, in fase di revisione del Programma, rispetto alla prima versione, approvata nel marzo 2006, si è ritenuto opportuno realizzare una serie di approfondimenti per la ricostruzione del modello concettuale della struttura idrogeologica dei settori di pianura e di fondovalle, attuata attraverso:

- la predisposizione di sezioni idrogeologiche longitudinali e trasversali,
- l'identificazione delle basi degli acquiferi freatici e delle idrostrutture profonde,
- l'analisi delle piezometrie storiche e di nuova elaborazione per l'identificazione dei principali spartiacque sotterranei e delle principali direzioni di flusso,
- l'analisi dei dati di nuova acquisizione e l'elaborazione di una proposta di ridefinizione dei corpi idrici sotterranei.

Ciò ha portato all'individuazione di:

- nuovi complessi e subcomplessi idrogeologici,
- nuovi corpi idrici definiti nei settori di pianura e di fondovalle,
- zone di ricarica per i corpi idrici sotterranei di pianura e fondovalle,
- zone di riserva per i corpi idrici sotterranei di pianura e fondovalle.

Considerato l'ambito territoriale d'interesse del presente studio, di seguito, ci si limiterà a descrivere solo il Complesso dei Depositi Quaternari che caratterizza l'intera pianura lombarda oltre a tutti quei settori di raccordo tra la pianura stessa e gli edifici montuosi (cfr. Figura 3-22 – Complesso dei Depositi Quaternari identificato nel PTUA 2016).

Il modello concettuale della struttura idrogeologica di tale Complesso, ricostruito nel PTUA 2016, mantiene come solido punto di partenza lo studio Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia, condotto tra il 1999 e il 2002, in collaborazione tra Regione Lombardia e Eni-Divisione Agip, il quale ha suddiviso i depositi alluvionali della pianura padana lombarda in 4 gruppi acquiferi:

- Gruppo acquifero A (Olocene-Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero B (Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero C (Pleistocene Medio)
- Gruppo acquifero D

anche se, nell'ambito del lavoro di ridefinizione dei corpi idrici:

- si evidenziano delle differenze di profondità delle superfici di base dei Gruppi Acquiferi, conseguenti al maggiore peso attribuito al dato stratigrafico diretto rispetto a quello indiretto che sta alla base delle interpretazioni Eni-Divisione Agip 2002;
- il Gruppo Acquifero D non è stato analizzato, in considerazione dell'elevata profondità.
- Il Gruppo Acquifero A, a partire dal limite tra alta e media pianura, è stato differenziato in 2 sottogruppi, denominati A1 e A2; fatto che ha consentito di delimitare verticalmente gli acquiferi superficiali, in comunicazione diretta con la superficie, generalmente sede dell'acquifero libero, dagli acquiferi intermedi e profondi, comunicanti solo localmente con gli acquiferi superficiali per interruzione degli acquitardi di separazione (in corrispondenza di paleovalvei o di eteropie laterali) o drenanza dagli stessi.

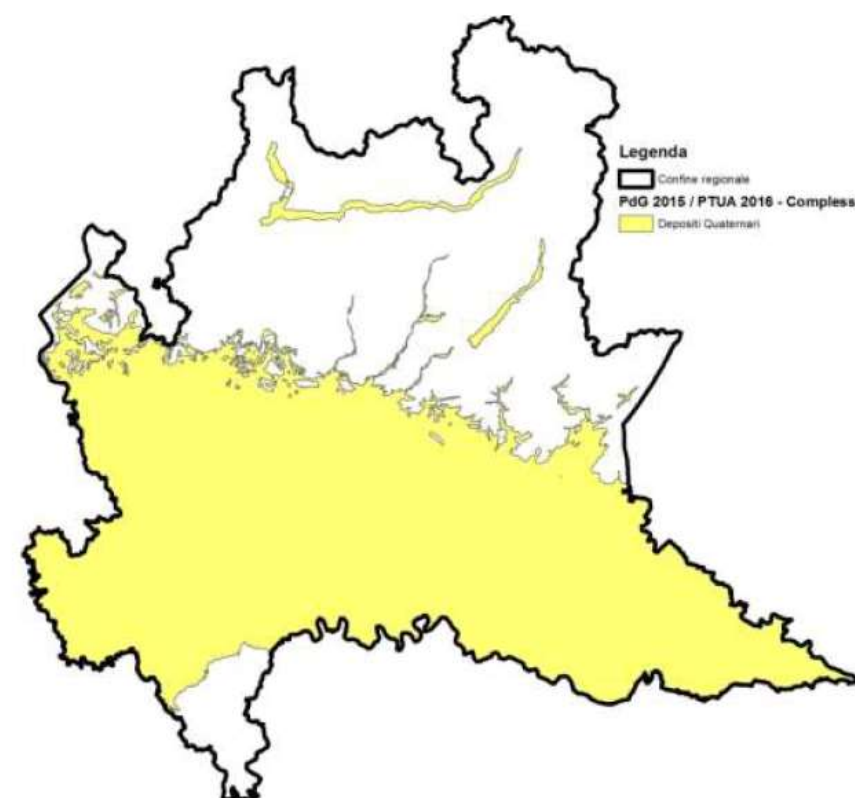


Figura 3-22 – Complesso dei Depositi Quaternari identificato nel PTUA 2016

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

La caratterizzazione verticale degli acquiferi di pianura è stata effettuata attraverso una maglia di sezioni regolari che riportano le stratigrafie dei pozzi ed i limiti di idrostruttura proposti e, per confronto:

- i limiti, ricostruiti attraverso l'andamento delle basi dei complessi idrogeologici, dei Gruppi Acquiferi di Regione Lombardia e ENI, rivisti;
- i limiti dell'acquifero superficiale come identificato nel PTUA 2006.

Per una migliore comprensione dei rapporti stratigrafici tra le unità e delle modalità di scambio idrico tra le diverse idrostrutture sono stati elaborati gli schemi dei rapporti stratigrafici.

Sono quindi state identificate tre idrostrutture principali di seguito elencate e descritte nei paragrafi successivi:

- ISS (Idrostruttura Sotterranea Superficiale), sede dell'acquifero libero, comprendente il Gruppo Acquifero A e B, nei settori di alta pianura Lombarda, e la porzione superiore del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A1) nella media e bassa pianura.
- ISI (Idrostruttura Sotterranea Intermedia), sede di acquiferi da semiconfinati a confinati, comprendente la porzione profonda del Gruppo Acquifero A (denominata Unità A2) e il Gruppo Acquifero B presente nella media e bassa pianura.
- ISP (idrostruttura sotterranea profonda), sede di acquiferi confinati comprendente il Gruppo Acquifero C nei settori di alta e media pianura in cui esso è conosciuto tramite indagini dirette e captato.

I limiti tra idrostrutture sono stati posti in corrispondenza del tetto dell'acquitarzo/acquicludi di separazione tra le due idrostrutture, in genere in corrispondenza del tetto di un livello significativamente spesso e continuo di argille e/o limi.

#### 3.4.1.1 ISS - Idrostruttura Sotterranea Superficiale

L'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS) è costituita da uno o più corpi acquiferi caratterizzati da permeabilità da alta a media, sede dell'acquifero libero, localmente semiconfinato, i cui limiti coincidono con:

- la superficie topografica (top);
- la superficie di separazione dal subcomplesso sottostante, ovvero dall'ISP nell'Alta Pianura e dall'ISI in quella Media e Bassa (bottom);
- i confini delle idrostrutture di pianura.

In genere l'ISS costituisce il subcomplesso maggiormente vulnerabile da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, essendo posto in diretta comunicazione con la superficie topografica e con i corsi d'acqua superficiali che localmente ne riducono lo spessore complessivo.

L'idrostruttura costituisce un corpo idrico serbatoio attraverso cui i sottostanti subcomplessi (ISI e ISP) sono ricaricati/scaricati.

Come già indicato, in riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Superficiale, viene fatto coincidere, nell'Alta Pianura, con quello del Gruppo acquifero B; mentre nella Media e Bassa Pianura, con quello del sottogruppo A1. Esso varia tra quote di +300 m s.l.m., nell'alta pianura lombarda, a -50 m s.l.m. in corrispondenza della bassa pianura mantovana.

- L'idrostruttura superficiale è caratterizzata da spessori minimi (20÷30 m) in alcuni settori della bassa pianura (aree alla confluenza tra Po e Ticino, nel basso cremonese e nel medio bresciano) e da un ispessimento nell'alta pianura dove raggiunge valori massimi superiori ai 100 m.
- Questo subcomplesso è stato a sua volta suddiviso in 13 singoli corpi Idrici, differenziati gli uni dagli altri a seconda dell'ambito omogeneo in cui ricadono.

L'area in esame appartiene al Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda, con codice GWBISSAPTA, che verrà descritto nel paragrafo 3.4.2.

#### 3.4.1.2 ISI - Idrostruttura Sotterranea Intermedia

L'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi generalmente confinati, localmente semiconfinati, i cui limiti coincidono:

- con la base dell'ISS (top)
- con la superficie di separazione dal sottostante ISP (bottom)
- con i confini delle idrostrutture di pianura (limiti laterali)

L'ISI comprende corpi idrici di significativo interesse idrogeologico sia da un punto di vista quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta un serbatoio idrico per la Media e Bassa Pianura, che ha evidenziato condizioni di sostanziale equilibrio nel periodo in cui è stato indagato (1980 - 2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idroveicolate.

Può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque in esso circolanti di origine naturale (presenza di Ferro, Manganese, Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Questa idrostruttura comunica per drenanza con il soprastante subcomplesso del ISS in corrispondenza di paleoalvei e/o eteropie presenti all'interno dell'acquitaro posto a separazione delle due idrostrutture.

In riferimento allo studio di Regione Lombardia e di Eni Divisione Agip (Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia - 2002), il limite di base dell'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI) è posto in corrispondenza del limite basale del Gruppo acquifero B, nella media e bassa pianura lombarda. Mentre, l'unità risulta assente in buona parte dell'alta pianura a causa della chiusura laterale conseguente all'innalzamento del tetto dell'ISP.

Analogamente all'ISS, l'idrostruttura Sotterranea Intermedia è stata a sua volta suddivisa in 6 corpi idrici.

L'area in esame ricade, solo all'estremità meridionale, all'interno del Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella, con codice GWBISIMPTM, per la cui trattazione si rimanda al successivo paragrafo 3.4.2.

#### 3.4.1.3 ISP - Idrostruttura Sotterranea Profonda

L'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP) è costituita da un sistema di acquiferi multistrato caratterizzati da permeabilità media, sede di acquiferi confinati, i cui limiti coincidono:

- con la base dell'ISS nella parte di Alta Pianura Lombarda e dell'ISI in quella Media e Bassa (top)
- con i confini delle idrostrutture di pianura a N, O e E; a S il limite è solo convenzionale ed indica il termine delle aree di cui si dispone di informazioni dirette (per presenza di perforazioni finalizzate al prelievo idrico)
- il limite basale non è stato definito perché non si dispone di informazioni sufficienti per la sua identificazione.

L'ISP, al pari dell'ISI, costituisce corpo idrico di significativo interesse idrogeologico da un punto di vista sia quantitativo sia qualitativo, perché rappresenta il serbatoio idrico dell'alta pianura che ha evidenziato condizioni di equilibrio nel periodo in cui è stato indagato (1980 -2014) e che, in genere è meno vulnerabile alle contaminazioni idrogeologiche.

Anch'esso, può tuttavia essere localmente interessato da scarsa qualità di base delle acque circolanti a causa di fenomeni naturali (presenza di Ferro Manganese Arsenico, Azoto Ammoniacale).

Questa idrostruttura comunica per drenanza con l'ISS in corrispondenza di paleoalvei e/o nei settori in cui l'unità tende a risalire per motivi neotettonici e si pone in discordanza angolare con i soprastanti depositi appartenenti all'ISS.

Essa risulta costituita da un unico corpo idrico, con codice GWBISPAMPLO, denominato Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda, per la cui trattazione si rimanda al successivo paragrafo 3.4.2.

#### 3.4.2 Struttura degli acquiferi

Come anticipato nel paragrafo 3.4.1, i Corpi idrici sotterranei, individuati nel complesso idrogeologico dei Depositi Quaternari, che interessano l'area di studio, sono, dall'alto al basso, i seguenti:

- Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda, con codice GWBISSAPTA
- Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella, con codice GWBISIMPTM
- Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda con codice GWBISPAMPLO

Il corpo idrico superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda si colloca in corrispondenza di un settore di territorio delimitato, a ovest, dal fiume Ticino e, a est, dal fiume Adda, e che comprende Comuni delle provincie di Varese, Como, Lecco, Monza Brianza e Milano.

Il limite Settentrionale è posto in corrispondenza delle morfologie glaciali alpine, mentre quello meridionale corrisponde generalmente con l'isoipsa dei 110 m s.l.m., al passaggio tra Alta e Media Pianura Lombarda, all'altezza del limite superiore della fascia dei fontanili (ma nel territorio in esame è stato individuato più a nord).

La base del corpo idrico ha quote comprese tra 300 e 60 m s.l.m. e il suo spessore varia da un massimo di oltre 100 m, in corrispondenza dei settori pedecollinari, a un minimo di 25÷30 m, nella piana alluvionale del Ticino.

La base del corpo idrico dell'ISS di Alta Pianura Bacino Ticino Adda è separata dalla sottostante ISP da orizzonti a bassa permeabilità (acquitaro), la cui continuità è interrotta al contatto con il

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

substrato roccioso o in corrispondenza di antichi paleoalvei; le aree di interruzione dell'acquitrando costituiscono il luogo naturale di ricarica dell'idrostruttura profonda (ISP) che in genere si trova in condizioni di sottopressione rispetto alla falda idrica superficiale contenuta nell'ISS.

In corrispondenza del limite meridionale del corpo idrico, si registra il graduale approfondimento della porzione profonda dell'Unità A2 del Gruppo Acquifero A.

In questa porzione di pianura il limite di passaggio tra ISS e ISI interseca i livelli permeabili dell'unità A2 per raccordarsi altimetricamente ai primi orizzonti argillosi posti a separazione tra ISS e ISI dei Corpi Idrici di Media Pianura. Il taglio dei livelli permeabili determina la ricarica dell'ISI da parte dell'ISS.

Da un punto di vista idrostratigrafico l'unità comprende, nella parte superiore, i Gruppi Acquiferi A e B, in quanto, in questo settore, non sono presenti livelli a bassa permeabilità di significativa continuità laterale che possano agire da veri e propri acquitrardi.

Le litologie che caratterizzano il corpo idrico sono:

- prevalentemente ghiaioso-sabbiose, localmente ghiaioso-argillose e sabbioso-limose nella parte superiore dell'idrostruttura;
- conglomeratiche, a vario grado di cementazione nella parte profonda della stessa.

Verso il margine meridionale del corpo idrico sono presenti litologie prevalentemente ghiaioso-sabbiose, localmente sabbioso limose e limose, per l'intero spessore dell'acquifero.

Il corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella è delimitato:

- a ovest, dal corso del Fiume Ticino,
- a est, dal Fiume Chiese,
- a NE, dai rilievi pedemontani in substrato roccioso della Franciacorta (Erbusco, Coccaglio, Rovato) e di Brescia,
- a nord, dalla fascia di transizione all'alta pianura,
- a sud, dai limiti con le rimanenti ISI della Media Pianura posti ad una quota compresa tra 80 e 110 m s.l.m.

Si differenzia dai corpi idrici di Media Pianura, presenti più a sud, per la presenza di condizioni di minor confinamento dei diversi orizzonti acquiferi che lo costituiscono.

L'idrostruttura è contenuta all'interno dei sedimenti della porzione profonda del Gruppo Acquifero A (sottogruppo A2) e del gruppo acquifero B.

Litologicamente, i depositi che ospitano il corpo idrico sono costituiti da alternanze di sabbie e sabbie ghiaiose, sabbie e argille; rispetto alle idrostrutture superiori le intercalazioni argillose, seppure ancora subordinate, assumono maggiore continuità areale e spessore localmente superiore a 10 m.

Si configura come un acquifero multistrato, separato da ISP da orizzonti argillosi da metrici a decametrici.

Il corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda è caratterizzato da una notevole ampiezza, estendendosi, da ovest a est, dagli ambiti geomorfologici della bassa pianura pavese all'alta e media pianura delle Province di Varese, Milano, Monza Brianza, Lodi, Cremona e Brescia.

I confini dell'idrostruttura sono così definiti:

- torrente Sesia e confine con la Regione Piemonte (basso novarese), a ovest;
- fiume Po, a SW;
- fiume Ticino, a NW;
- morfologie glaciali alpine a nord ed est;
- limiti meridionali delle ISI Pianura Pavese e Ticino Mella, in corrispondenza della fascia di transizione tra media e bassa pianura, ad una quota approssimativa compresa tra 80 e 120 m s.l.m.

La caratterizzazione idrostratigrafica dell'acquifero profondo, in termini sia litologici sia di geometria del tetto, è stata effettuata solo laddove risultano disponibili i dati diretti di pozzi profondi (fino a circa 200 m), ovvero, nei settori settentrionali e occidentali del corpo idrico. In quelli orientali e meridionali, invece, il limite superiore dell'idrostruttura è stato fatto coincidere sostanzialmente con il top dell'acquifero C, come ricostruito nella pubblicazione ENI AGIP 2002.

Il limite inferiore dell'idrostruttura, posto al passaggio al gruppo acquifero D, non è mai stato raggiunto da perforazioni a scopo di ricerca idrica; pertanto, il limite del corpo idrico è stato fatto coincidere con quello della massima profondità raggiunta dalle esplorazioni profonde nel settore in esame.

Si tratta di un acquifero di tipo multistrato.

Ai fini del presente lavoro, risulta di particolare interesse esaminare lo stralcio della Sezione S9-TA (cfr. Figura 3-23), ripresa dall'Allegato 3 all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016, che, attraversa l'area in esame con andamento nord-sud (cfr. Figura 3-24).

VARIANTE TRATTA D  
 PROGETTO DEFINITIVO

In essa si osserva che la base dell'ISS si mantiene, per tutto il tratto d'interesse, a una profondità nell'ordine dei 50 m da piano campagna. Il suo tetto, invece, coincide con la soggiacenza della falda che verrà trattata nel paragrafo 3.4.4.

Il sottostante ISP è sostituito da sottili strati permeabili, separati tra loro e dal corpo idrico superficiale tramite acquitardi di spessore da metrico a decametrico.

Solo nel settore più meridionale dell'area di studio, tra ISS e ISP, si interpone Idrostruttura Sotterranea Intermedia.

In tale settore, come è ben evidente in sezione, il limite di passaggio tra le due unità più superficiali, prima raccordarsi al primo orizzonte argilloso che, nella Media Pianura, distingue l'acquifero superficiale da quello intermedio, attraversa dei corpi permeabili, consentendo la ricarica dell'ISI da parte dell'ISS.

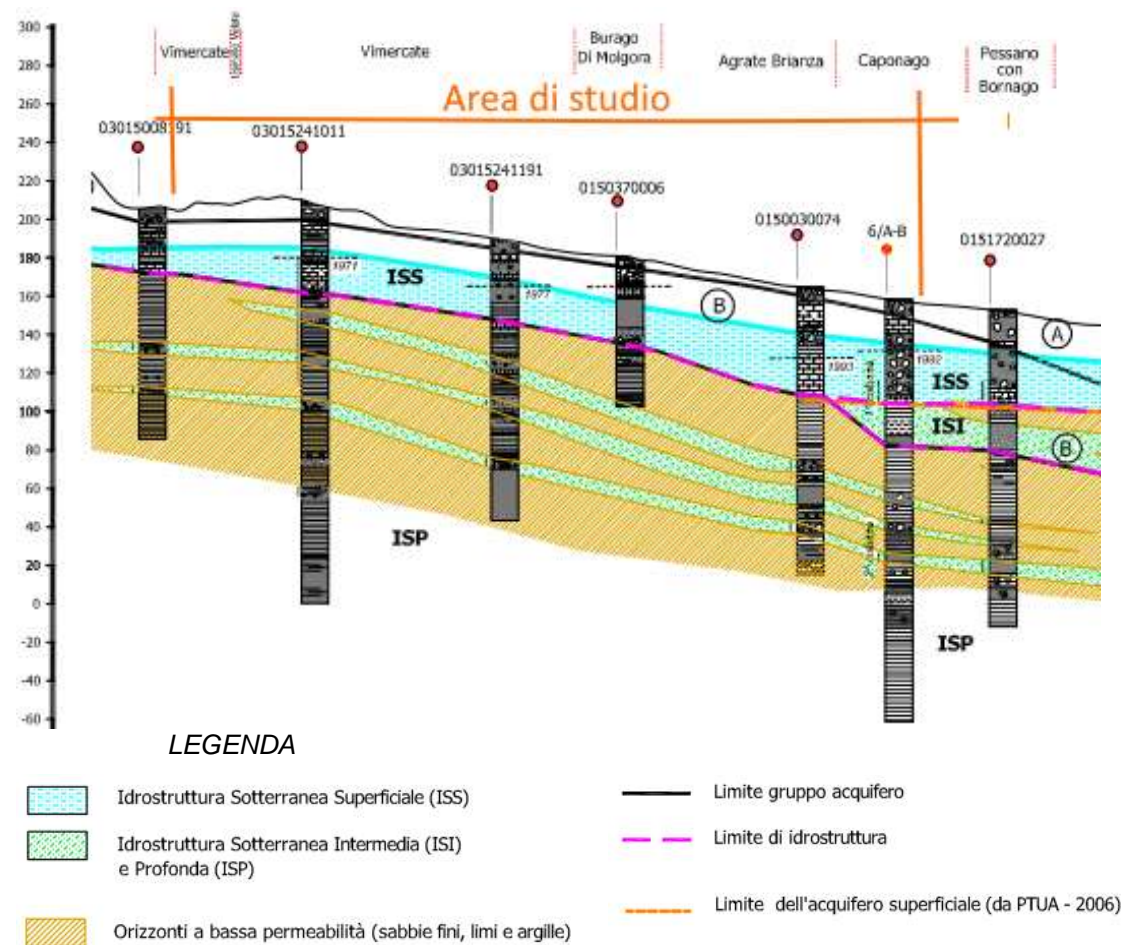


Figura 3-23 – Stralcio modificato da Sezione S9-TA, ripresa dall'Allegato 3 all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016

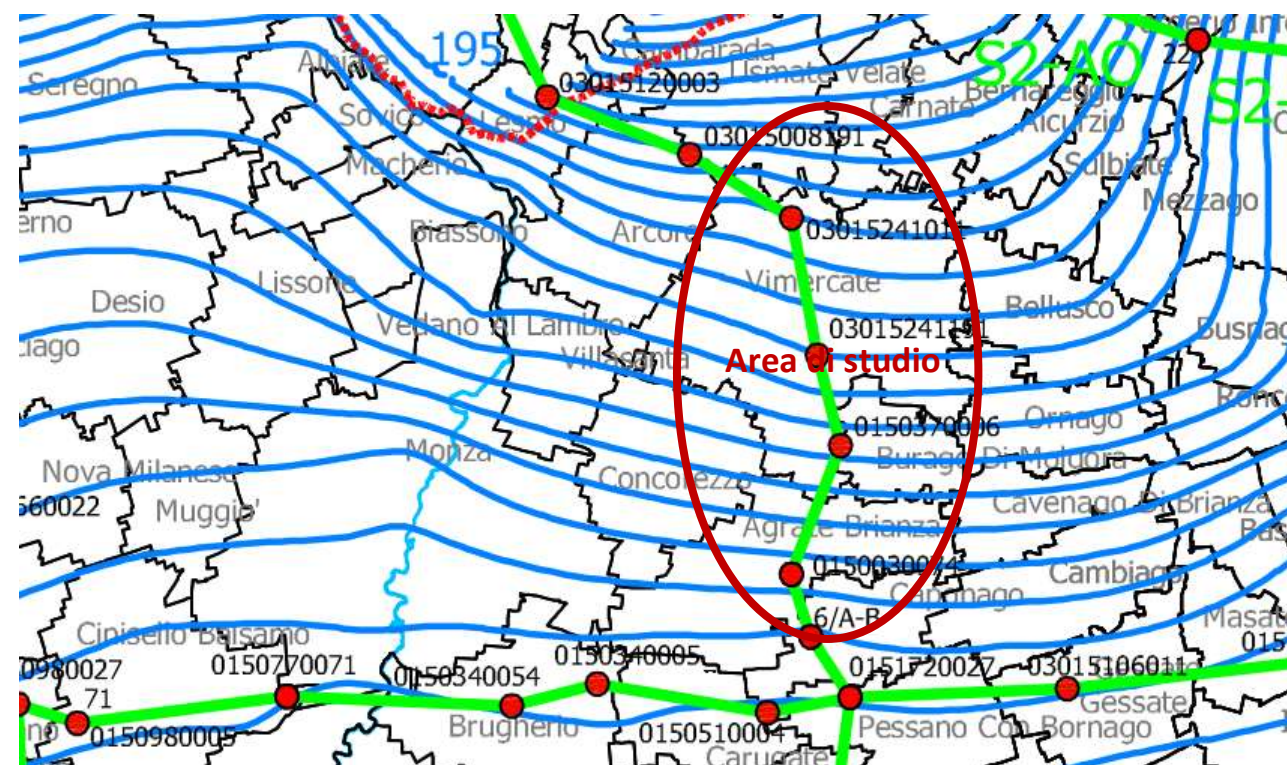


Figura 3-24 – Traccia della Sezione S9-TA, ripresa dall'Allegato 3 all'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016

### 3.4.3 Permeabilità dei depositi superficiali

La determinazione della permeabilità dei depositi superficiali fornisce le informazioni necessarie alla quantificazione dei meccanismi di ricarica legati all'infiltrazione delle acque meteoriche, nonché alla valutazione del grado di protezione degli acquiferi superficiali.

Tale tematismo è stato raffigurato, alla scala 1:10'000, nell'Allegato 3: Carta idrogeologica redatta con criterio idrolitologico, cioè, attribuendo alle unità litologiche individuate in un'apposita cartografia, consultabile sul Geoportale della Regione Lombardia, le classi di permeabilità descritte di seguito.

Le unità di partenza sopraccitate fanno riferimento alla base informativa Basi Ambientali della Pianura – Litologia, ove sono riportate informazioni derivanti dall'interpretazione delle caratteristiche del substrato pedologico, rilevate con sondaggi effettuati fino alla profondità di 2 metri.

I loro limiti sono stati, ovviamente, verificati e corretti a seguito dell'analisi geologica e geomorfologica di maggior dettaglio, effettuata nell'ambito del presente studio e descritta nei capitoli precedenti.

#### 3.4.3.1 Depositi a permeabilità da media ad alta

A questa unità appartengono “Depositi di ghiaie poco gradate” e “Depositi di ghiaie ben gradate con sabbia”, il cui valore di permeabilità è strettamente legato alla percentuale di matrice fine che, in ogni caso, risulta inferiore al 5%.

L'infrastruttura in progetto interessa questa tipologia di depositi in tre tratti:

- in corrispondenza dell'attraversamento del torrente Molgora (all'incirca tra il km 0+000 e il km 0+150),
- indicativamente, tra le progressive 1+650 e 1+800,
- tra le progressive 4+500 m e 7+900 m.

#### 3.4.3.2 Depositi a media permeabilità

Si tratta di “Depositi di ghiaie limose” e “Depositi di ghiaia limosa con sabbia” ove le percentuali di matrice a tessitura fine assumono valori compresi tra il 50% e il 25%, mentre la frazione sabbiosa è maggiore del 15%.

Questi terreni, generalmente, presentano un differente grado di permeabilità sia in senso orizzontale che verticale, in relazione alla variabilità del rapporto sabbia/limo.

In superficie, le caratteristiche di permeabilità possono essere alterate: ad esempio, la conducibilità idraulica può aumentare in seguito al rimaneggiamento dovuto alle normali pratiche agricole.

Il tracciato della variante tratta D interessa questa tipologia di depositi nella maggior parte nei tratti a nord fino in corrispondenza degli svincoli SP2 su Via Trezzo e Tangenziale Sud Vimercate.

#### 3.4.3.3 Depositi a permeabilità da media a bassa

Sono state inserite in questa classe le “Sabbie limose con ghiaia”, le “Sabbie poco gradate” e i “Limi sabbiosi con ghiaia”.

L'intervento in progetto interessa questa tipologia di depositi in corrispondenza del terrazzo antico, tra il km 0+650 e il km 0+970. e a sud della chilometrica 7+900.

### 3.4.4 Dinamica delle acque sotterranee

Allo scopo di descrivere la dinamica delle acque che hanno sede nel sottosuolo interessato, direttamente o indirettamente, dall'infrastruttura in progetto, innanzitutto viene proposta un'analisi, ripresa dall'Elaborato 2 del PTUA 2016, a scala di corpi idrici, come definiti nel paragrafo 3.4.1.

L'andamento piezometrico all'interno del corpo idrico superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda (cfr. Figura 3-25) mostra la presenza di 3 assi di drenaggio lungo altrettanti corsi d'acqua naturali, di cui 2 principali (Ticino e Adda), posti in corrispondenza dei limiti laterali del corpo idrico stesso, ed uno (Olona) secondario, evidente solo nella parte settentrionale del corpo idrico.

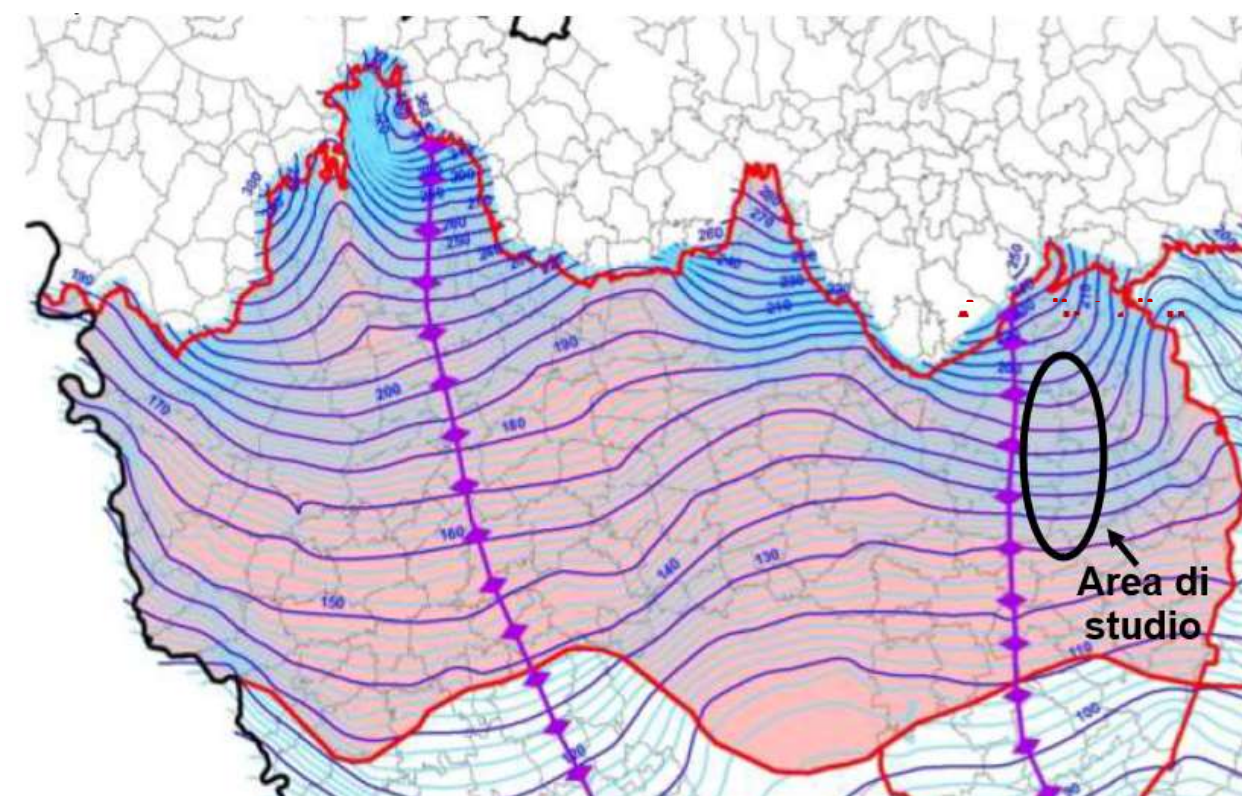


Figura 3-25 – Corpo idrico superficiale di Alta pianura Bacino Ticino Adda da PTUA 2016 (in viola i principali spartiacque sotterranee; in blu e azzurro la piezometria del maggio 2014; in rosso i confini dei corpi idrici dell'ISS)

Sono, inoltre, presenti due spartiacque idrogeologiche con asse N-S posti sulle direttrici Tradate Vanzago e Lomagna Pioltelli, che differenziano il corpo idrico in 3 settori:

- occidentale: drenato dal fiume Ticino
- centrale: drenato dal fiume Lambro
- orientale: drenato dal fiume Adda. (all'interno del quale ricade l'area oggetto di studio)

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Questa unità è sede di un acquifero di tipo libero, anche se localmente possono essere presenti intercalazioni limose argillose a bassa permeabilità o orizzonti cementati che determinano condizioni di semiconfinamento degli acquiferi o la formazione di falde sospese.

Il corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella, che interessa solo la porzione più meridionale del territorio in esame, contiene un sistema acquifero multistrato generalmente in equilibrio o in lieve sovrappressione rispetto all'acquifero superficiale ad eccezione delle fasce in corrispondenza di scarpate principali (dove si registrano fenomeni locali di forte sovrappressione).

Ha un carattere generalmente semiconfinato ed è alimentato dall'idrostruttura superiore, laddove l'orizzonte impermeabile di separazione presenta interruzioni o passaggi eteropici a sabbie.

La superficie piezometrica, ad andamento radiale convergente, con direzione NNO-SSE, è caratterizzata da un gradiente piezometrico abbastanza regolare, eccezion fatta per la debole anomalia in corrispondenza della città di Milano e della porzione settentrionale della valle dell'Adda e della valle del Brembo, a nord di Cassano d'Adda (cfr. Figura 3-26).

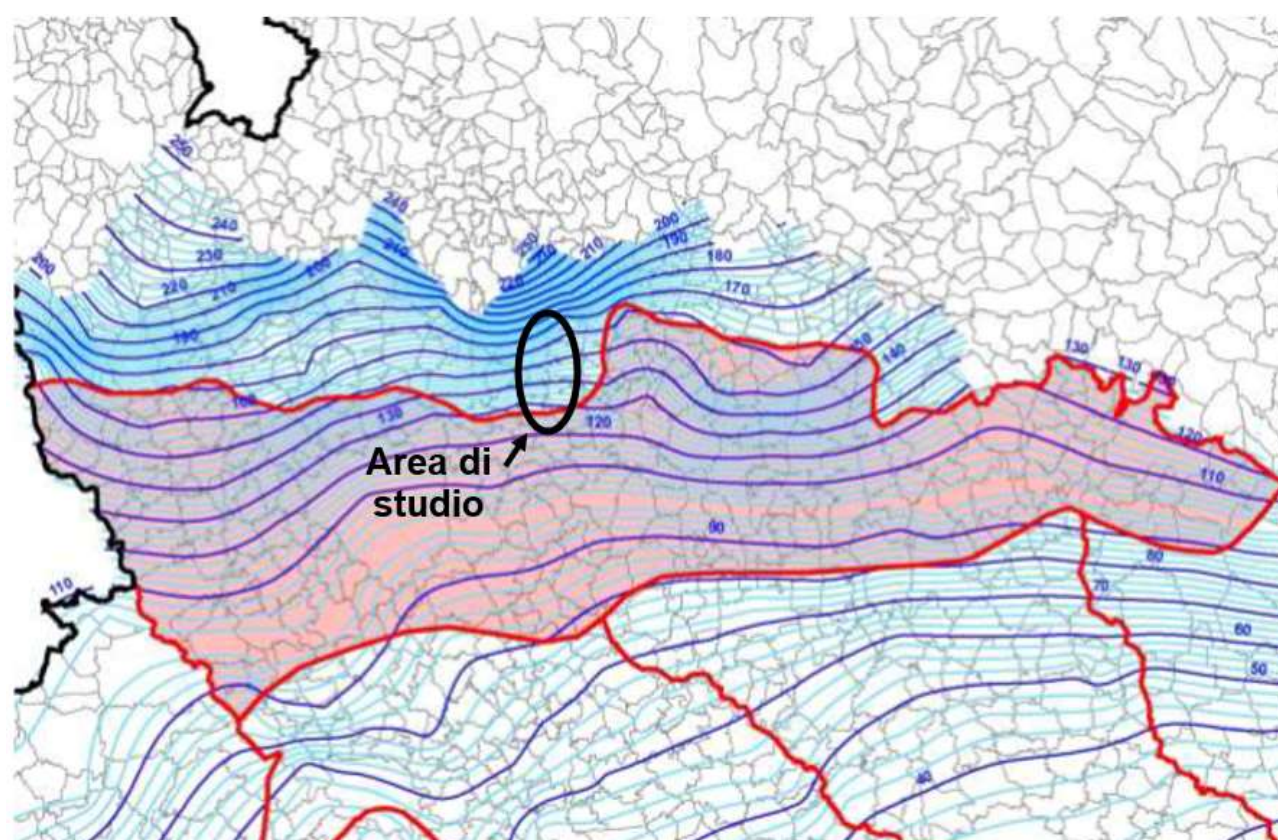


Figura 3-26 – Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella da PTUA 2016 (in blu e azzurro la piezometria del maggio 2014; in rosso i confini dei corpi idrici dell'ISI)

La morfologia della superficie piezometrica del Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda, come riportato in Figura 3-27, evidenzia una falda radiale generalmente convergente nei settori centrale, sud-occidentale e orientale del corpo idrico, in relazione agli assi di drenaggio costituiti dal fiume Ticino e dal fiume Adda, al cono di depressione della città di Milano all'asse e nell'area compresa tra Oglio e Mella. Si osservano altresì alcuni settori divergenti (basso varesotto, settore occidentale della Provincia di Milano e settore centrale della Provincia di Bergamo).

L'acquifero è di tipo multistrato confinato, alimentato dalle idrostrutture superficiali e intermedie in corrispondenza delle aree prossime ai rilievi pedemontani (deflusso da monte) e alimentante l'acquifero superiore in corrispondenza delle zone di paleoalveo del fiume Po.

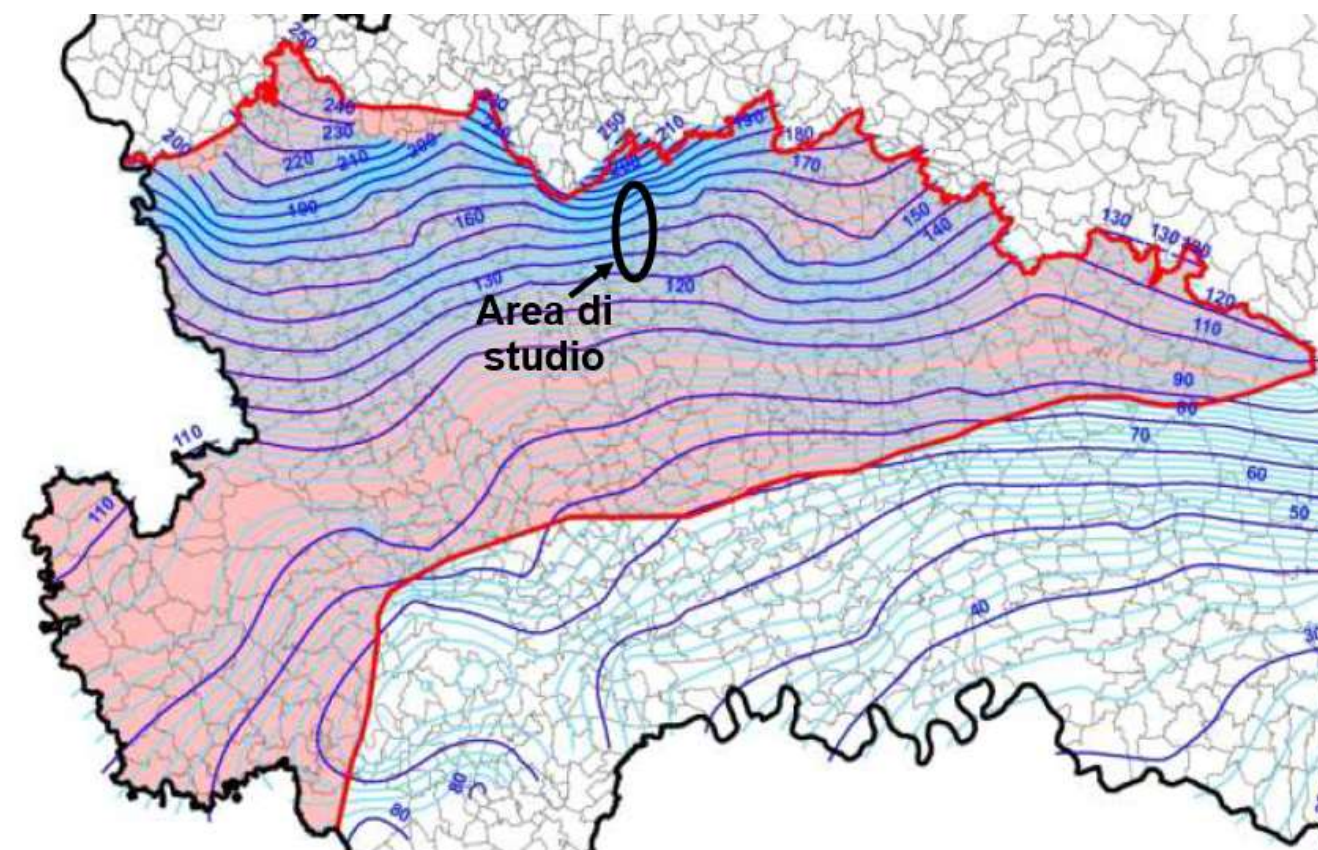


Figura 3-27 – Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda da PTUA 2016 (in blu e azzurro la piezometria del maggio 2014; in rosso i confini dei corpi idrici dell'ISS)

Al fine di analizzare più in dettaglio le caratteristiche del primo acquifero in corrispondenza delle opere in progetto, nella Carta idrogeologica, alla scala 1:10'000, già menzionata nel paragrafo 3.4.3, è stata rappresentata anche la piezometria rilevata nel settembre 2014, scaricabile dal geoportale della Regione Lombardia, che rappresenta una condizione di alto della falda.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

In tali elaborati si osserva che i livelli statici variano dai circa 195 m s.l.m. dell'estremità settentrionale dell'area d'intervento, ai 137÷138, di quella meridionale; conseguentemente, la soggiacenza si mantiene sempre su valori nell'ordine dei 15÷20 m dall'attuale piano campagna, con eccezione della valle in cui scorre il torrente Molgora, dove si riduce a poco più di 10 m.

Il gradiente idraulico si mantiene su valori costanti, dell'ordine dell'8‰.

Nella Carta idrogeologica sono rappresentati anche i pozzi pubblici ad uso idropotabile, con relative fasce di rispetto, ripresi dagli approfondimenti specifici del Piano di Territoriale Coordinamento Provinciale (PTCP) di Monza e Brianza e dei Piani di Governo del Territorio (PGT) dei Comuni attraversati dall'infrastruttura in progetto.

### 3.4.5 Vulnerabilità degli acquiferi

Alla luce di quanto descritto nel paragrafo 3.4.2, l'area oggetto d'intervento, in considerazione della dominanza, nel sottosuolo, di depositi granulari permeabili e della presenza di una falda a pelo libero, seppure con valori di soggiacenza generalmente superiori a 15 m, è da considerarsi ad alta vulnerabilità idrogeologica, per quanto concerne gli acquiferi superficiali (ISS e ISI, idraulicamente connesso al primo).

Quelli profondi, appartenenti all'ISP, invece, risultano protetti da livelli acquitardi e, pertanto, si possono ritenere a basso grado di vulnerabilità.

Coerentemente a quanto sopra descritto, si segnala che l'intero territorio in esame ricade nelle zone vulnerabili ai nitrati di origine agricola, definite in attuazione dell'art. 3 della direttiva 676/91/CEE e dell'art. 92 del d.lgs. 152/06 e parte integrante del Piano di Tutela e Uso delle Acque (PTUA 2016)

### 3.4.6 Aree di protezione

Come anticipato nel paragrafo 3.4.1 in fase di revisione del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia (PTUA 2016) approvato con d.g.r. n. 6990 del 31 luglio 2017 si è ritenuto opportuno realizzare una serie di approfondimenti per la ricostruzione del modello concettuale della struttura idrogeologica dei settori di pianura e di fondovalle che, tra le altre cose, ha portato alla ridelimitazione delle zone di ricarica e delle zone di riserva (cfr. Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei), sebbene sia da considerarsi solo come una prima proposta che dovrà essere affinata in futuro, sulla base dell'aumento delle conoscenze relative a uno sviluppo di una modellistica del sottosuolo lombardo.

Ciò premesso, di seguito sono sinteticamente riepilogati i risultati di tale attività con riferimento al territorio oggetto di studio:

- Per quanto riguarda l'Idrostruttura Sotterranea Superficiale (ISS), in considerazione dell'estrema variabilità e intercomunicabilità dei corpi idrogeologici, si è considerata come area di ricarica l'intera superficie della pianura, comprensiva, chiaramente, anche della porzione in cui è prevista la realizzazione dell'infrastruttura in esame ( )
- L'area di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea Intermedia (ISI), definita elaborando i dati al passaggio tra ISS e ISI, in modo da valutare aree di potenziale scambio, interessa anch'essa interamente la zona d'intervento
- La zona oggetto di studio risulta esterna a tutte le aree di ricarica dell'Idrostruttura Sotterranea Profonda (ISP)
- L'area in esame rientra tra quelle designate per l'estrazione di acqua per il consumo umano sia dall'ISS che dall'ISP, che, dall'ISE, limitatamente alla sua estremità più meridionale

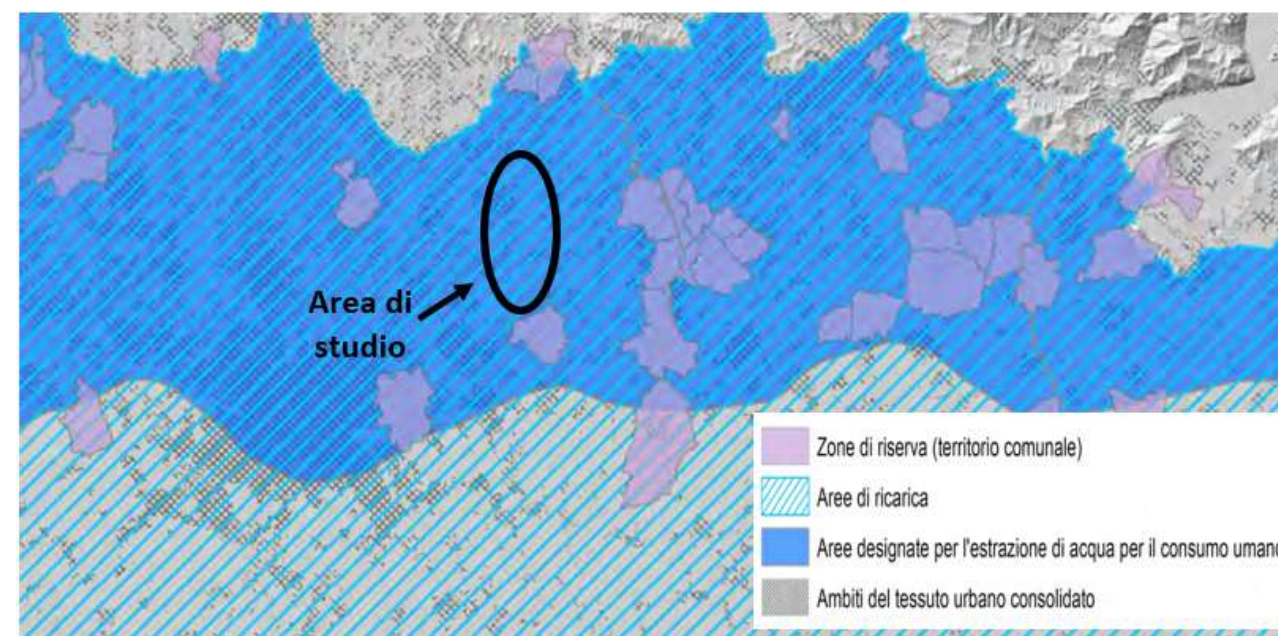


Figura 3-28 - Aree designate per l'estrazione di acqua per il consumo umano e Zone di protezione Idrostruttura Sotterranea Superficiale (da PTUA 2016)



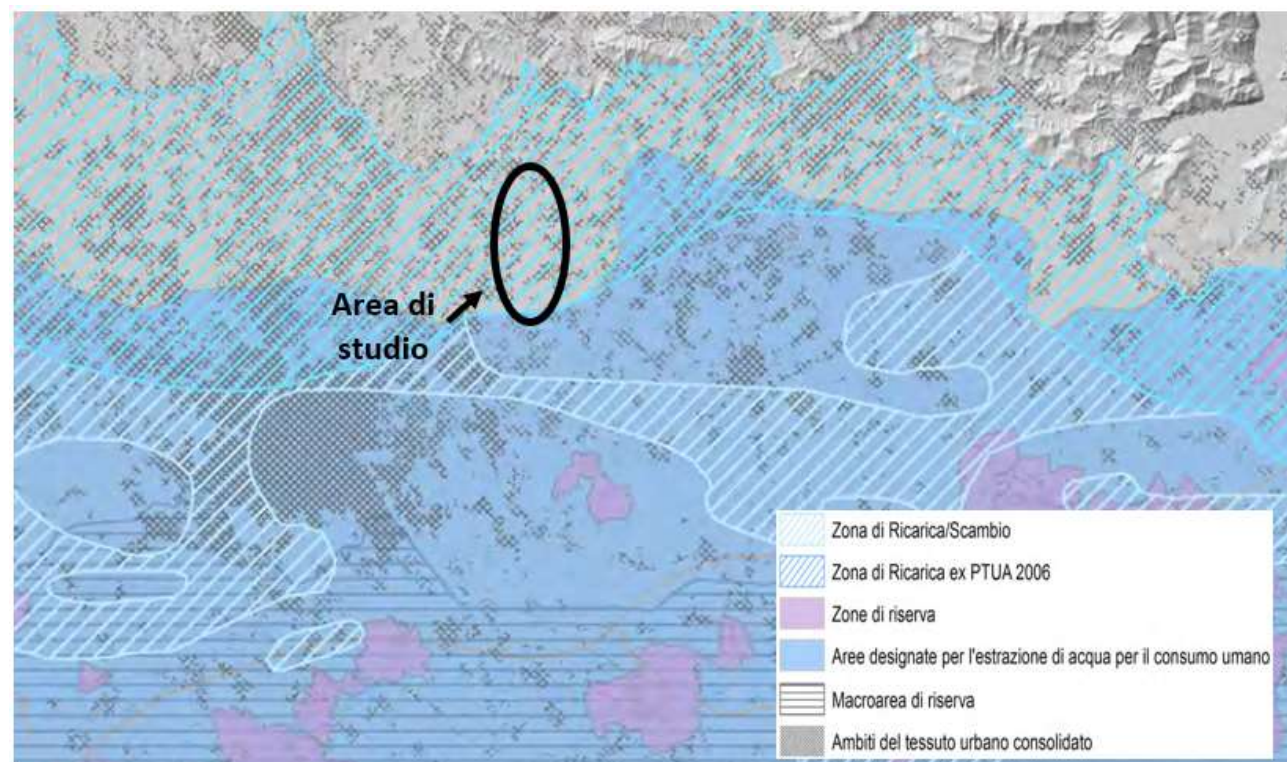


Figura 3-29 – Aree designate per l'estrazione di acqua per il consumo umano e Zone di protezione Idrostruttura Sotterranea Superficiale (da PTUA 2016)

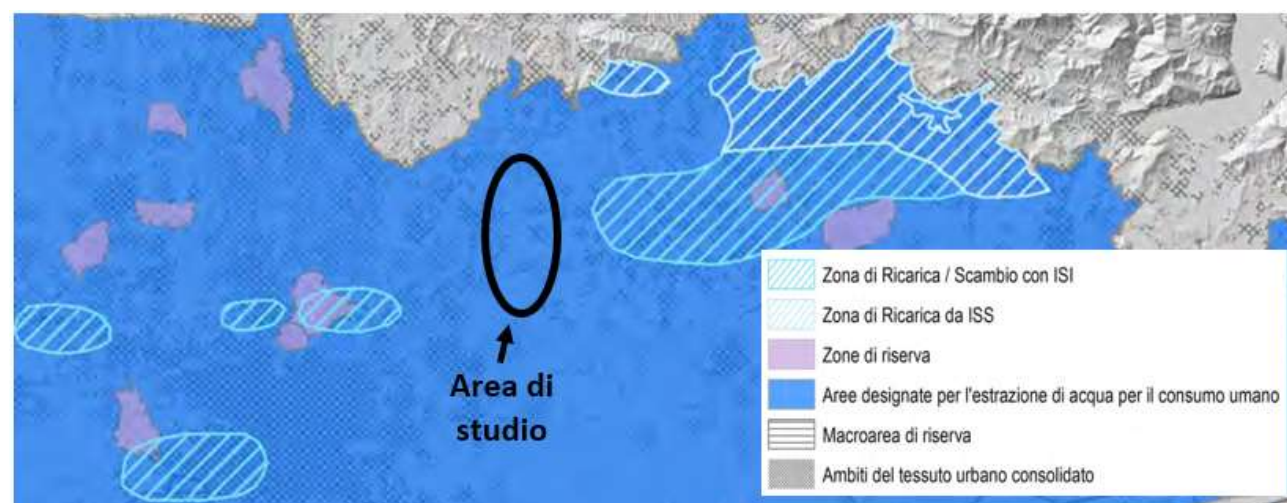


Figura 3-30 – Aree designate per l'estrazione di acqua per il consumo umano e Zone di protezione Idrostruttura Sotterranea Superficiale (da PTUA 2016)

### 3.4.7 Stato quantitativo e qualitativo dei corpi idrici sotterranei

I corpi idrici sotterranei, illustrati nel paragrafo, 3.4.1, sono soggetti a un monitoraggio sistematico di tipo quali-quantitativo da parte di ARPA Lombardia.

Più precisamente, con riferimento a quelli che interessano il territorio in esame, sono presenti:

- nel Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda GWBISSAPTA
  - 46 punti per il monitoraggio quantitativo
  - 58 punti per il monitoraggio qualitativo
- nel Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella GWBISIMPTM:
  - 25 punti per il monitoraggio quantitativo
  - 31 punti per il monitoraggio qualitativo
- nel Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda GWBISPAMPLO:
  - 25 punti per il monitoraggio quantitativo
  - 29 punti per il monitoraggio qualitativo

Come descritto nel capitolo 6 dell'Elaborato 2: Caratterizzazione, monitoraggio e classificazione dei corpi idrici sotterranei del PTUA 2016, ai fini della classificazione quantitativa di tali corpi idrici si sono analizzati i trend piezometrici, nel sessennio 2009-2014, per ciascun punto monitorato,

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

valutando il coefficiente angolare della linea di tendenza<sup>2</sup>. Quindi, si è proceduto al calcolo delle percentuali dei punti con trend discendente rispetto al totale dei punti del corpo idrico: se la percentuale è  $\geq$  al 20% il corpo idrico si colloca in stato quantitativo SCARSO; in tutti gli altri casi lo stato è BUONO.

La valutazione dello stato chimico, invece, è stata svolta, inizialmente, osservando, in ogni singolo punto di monitoraggio, nel triennio di monitoraggio 2012-2014, l'eventuale superamento, almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014, degli standard di qualità ambientale (individuati a livello comunitario) e dei valori soglia (individuati a livello nazionale) indicati rispettivamente dalle tabelle 2 e 3 della parte A dell'Allegato 3, D.Lgs. 30/2009. Ciò ha consentito di effettuare delle valutazioni puntuali utilizzando le categorie BUONO, in caso di non superamento, e NON BUONO, in caso di superamento. Infine, per la classificazione al corpo idrico è stato attribuito lo stato BUONO solo quando i punti con giudizio negativo non superano il 20% di quelli riferiti allo stesso corpo idrico.

Al fine di comprendere l'attendibilità dei giudizi espressi sono stati valutati anche i rispettivi livelli di confidenza, in base alla stabilità dei giudizi stesso: un livello di confidenza alto in presenza di giudizio di stato stabile, se per un solo anno il giudizio risulta diverso, si ha un livello di confidenza basso. La valutazione è stata svolta sia a livello puntuale che per corpo idrico.

Di seguito, sono riepilogati i risultati dei monitoraggi effettuati sui 3 corpi idrici ricadenti, almeno parzialmente, nell'area di studio:

- Corpo idrico sotterraneo superficiale di Alta Pianura Bacino Ticino Adda GWBISSAPTA
  - stato quantitativo
    - classificazione: BUONO
    - livello di confidenza: ALTO
  - stato chimico
    - classificazione: NON BUONO
    - livello di confidenza: ALTO
  - elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009 almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014

- Atrazina-desisopropil
- AMPA; Bromacil
- 2-6-Diclorobenzammide
- Metolachlor
- Sommatoria-fitofarmaci
- Nitrati
- elenco delle sostanze che superano i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014
  - Tetracloroetilene
  - Sommatoria-Organo-Alogenati
  - Triclorometano
  - Cromo-VI
  - Nichel
  - Esaclorobutadiene
  - Dibromoclorometano
  - Dibenzo(a-h)antracene
  - Cromo-totale
  - Antimonio
  - Ione-Ammonio-(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
  - Bromodiclorometano
  - Tricloroetilene
  - Arsenico
- Corpo idrico sotterraneo intermedio di Media Pianura Bacino Ticino Mella GWBISIMPTM
  - stato quantitativo
    - classificazione: BUONO
    - livello di confidenza: ALTO
  - stato chimico
    - classificazione: NON BUONO
    - livello di confidenza: ALTO

<sup>2</sup> Considerando una banda di confidenza del 15% sul coefficiente angolare della linea di tendenza, si valuta come stazionario il trend delle linee di tendenza ricadenti tra  $\pm$  il 15% di un angolo  $\pi/4$  ovvero  $6,75^\circ$ . In termini di coefficienti angolari, si valuta come stazionario il trend delle linee di tendenza con coefficiente angolare compreso tra  $\pm$  tang  $6,75 = \pm 0,12$ .

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009 almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014
  - 2-6-Diclorobenzammide
  - Aldrin
  - Atrazina
  - Atrazina-desetil
  - Atrazina-desisopropil
  - Bromacil
  - Dicamba
  - Propanil
  - Sommatoria-fitofarmaci
  - Nitrati
- elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009 almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014
  - 1-4-Diclorobenzene
  - 2-6-Diclorobenzammid
  - Carbamazepina-(µg/l)
  - Cromo-VI
  - Dibenzo(a-h)antracene
  - Nichel
  - Sommatoria-Organo-Alogenati
  - Tetracloroetilene
  - Tricloroetilene
  - Triclorometano
- Corpo idrico sotterraneo profondo di Alta e Media Pianura Lombarda GWBISPAMPLO
  - stato quantitativo
    - classificazione: BUONO
    - livello di confidenza: ALTO
  - stato chimico
    - classificazione: NON BUONO
    - livello di confidenza: ALTO
  - elenco delle sostanze che superano gli standard di qualità ambientale (Tab. 2, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) o i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014
    - AMPA

- Sommatoria (aldrin-dieldrin-endrin-isodrin)
- elenco delle sostanze che superano i valori soglia (Tab. 3, Allegato 3, D.Lgs. 30/2009) almeno una volta nel triennio di monitoraggio 2012-2014
  - antracene
  - Dibromoclorometano
  - Ione-Ammonio-(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>);
  - Nichel
  - Tetracloroetilene
  - Tricloroetilene
  - Triclorometano;
  - Sommatoria (aldrin-dieldrin-endrin-isodrin)

### 3.5 LITOLOGIA E GEOTECNICA

Grazie all'acquisizione dei dati esistenti e alla specifica campagna di indagini (cfr. 1.4.2), nell'ambito degli studi per il progetto definitivo della variante tratta D, è stato possibile definire, con un grado di dettaglio commisurato alla tipologia di ogni singola opera, le caratteristiche geologiche e geotecniche del sito di intervento e del comportamento geomeccanico dei terreni.

Nel corso dello studio geotecnico sono state svolte anche le seguenti attività:

- verifica della stabilità dei rilevati e delle trincee
- valutazione dei cedimenti indotti dai rilevati
- calcolo degli spessori delle bonifiche
- caratterizzazione dei terreni di scavo per il loro riutilizzo

Per le opere strutturali, invece, la modellazione effettuata è stata trasferita ai progettisti così da consentirgli di effettuare le verifiche geotecniche di legge anche su tali opere.

Per ulteriori approfondimenti relativi a tale analisi si rimanda ai seguenti elaborati:

- DGGDD000GE00000RG\_001A - Relazione geologica e idrogeologica
- DGGDD000GE00000GL\_001A - Profilo litostratimetrico (settore nord)
- DGGDD000GE00000GL\_002A - Profilo litostratimetrico (settore sud)
- DGGDD000GE00000GL\_003A - Sezioni litostratimetriche viabilità secondaria
- DGGDD000GE00000GL\_004A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (1/3)
- DGGDD000GE00000GL\_005A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (2/3)
- DGGDD000GE00000GL\_006A - Sezioni litostratimetriche rampe TEEM-A4 (3/3)

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- DGGDD000GE00000GL\_007A - Sezioni litostratigrafiche viabilità interferita e attraversamenti faunistici
- DGGDD000GE00000GL\_008A - Sezioni litostratigrafiche svincolo di Vimercate
- DGTDD000GE00000GT\_001A - Relazione geotecnica
- DGTDD000GE00000GN\_001A – Modello geotecnico profilo (settore nord)
- DGTDD000GE00000GN\_002A - Modello geotecnico profilo (settore sud)
- DGTDD000GE00000GN\_003A - Modello geotecnico viabilità secondaria
- DGTDD000GE00000GN\_004A - Modello geotecnico rampe TEEM-A4 (1/3)
- DGTDD000GE00000GN\_005A - Modello geotecnico rampe TEEM-A4 (2/3)
- DGTDD000GE00000GN\_006A - Modello geotecnico rampe TEEM-A4 (3/3)
- DGTDD000GE00000GN\_007A - Modello geotecnico viabilità interferita e attraversamenti faunistici
- DGTDD000GE00000GN\_008A – Modello geotecnico svincolo di Vimercate
- DGTDD000GE00000GT\_002A - Cedimenti
- DGTDD000GE00000GT\_003A - Verifiche di stabilità

In questa sede ci si limita a constatare che, fatta salva la problematica degli occhi pollini, affrontata al paragrafo 3.1.3, non sono emerse particolari criticità di natura litologica e/o geotecnica.

### 3.6 QUALITÀ AMBIENTALE DEI TERRENI

Per la definizione della qualità ambientale dei terreni interessati dal tracciato autostradale, descritta nel Piano di Utilizzo del progetto in esame, si è fatto riferimento all'Allegato 1 del Dpr 120/2017.

L'ubicazione delle verticali d'indagine è stata effettuata utilizzando il criterio definito nell'allegato 2 dello stesso decreto, relativo alle opere infrastrutturali lineari: ovvero, è stata ubicata una verticale ogni 500 m lineari.

Le profondità di campionamento sono state definite sulla base delle profondità previste negli scavi ed hanno rispettato il criterio di seguito riportato:

- Campione C1 – campione superficiale tra 0.0 e 0.5m
- Campione C2 – campione intermedio o fondo scavo in caso di scavi con profondità inferiore a 2m
- Campione C3 - campione di fondo scavo.

Non essendo prevista l'intercettazione della falda non sono stati eseguiti campionamenti delle acque sotterranee.

Lungo la tratta stradale sono state eseguite 23 verticali distribuite lungo l'asse viario e sono stati analizzati 59 campioni.

Tutti i campioni sono risultati conformi alla Colonna B della tabella 1 allegato 5 Parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06 e smi di riferimento per un uso del suolo a viabilità.

Inoltre, 56 (su 59) campioni sono risultati conformi anche alla colonna A della tabella 1 allegato 5 Parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06.

Infine, 58 (su 59) campioni sono risultati conformi alle CSC dell'art.3 allegato 2 del DM.46/2019 per le aree agricole.

In Tabella 3-8 sono sintetizzati i campioni prelevati ed i superamenti rilevati..

Sintesi Campioni Ambientali					
Verticale	Prof. Campione	Denominazione	Set Analitico	Superamenti Colonna A tabella 1 allegato 5 Parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06	Superamenti CSC dell'art.3 allegato 2 del DM.46/2019 per le aree agricole
S2-DH	0.0-0.5	C1	2		
S2-DH	0.5-1.0	C2	2		
S4-DAC	0.0-0.5	C1	1		
S4-DAC	2.0-3.0	C2	1		
S4-DAC	4.0-5.0	C3	1		
S6	0.0-0.5	C1	1		
S6	0.5-1.0	C2	1		
S7-DAC	0.0-0.5	C1	1		
S7-DAC	0.5-1.0	C2	1	Co=36.1±6.7mg/kg	Co=36.1±6.7mg/kg
S9-DH	0.0-0.5	C1	2		
S9-DH	0.5-1.0	C2	2		
P1	0.0-0.5	C1	1		
P1	0.5-1.0	C2	1		
S10-PZ	0.0-0.5	C1	1		
S10-PZ	0.5-1.0	C2	1		
S11	0.0-0.5	C1	1		
S11	5.0-7.0	C2	1		

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Sintesi Campioni Ambientali					
Verticale	Prof. Campione	Denominazione	Set Analitico	Superamenti Colonna A tabella 1 allegato 5 Parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06	Superamenti CSC dell'art.3 allegato 2 del DM.46/2019 per le aree agricole
S11	11.0-12.0	C3	1		
S18-PZ	0.0-0.5	C1	3		
S18-PZ	5.0-7.0	C2	1		
S18-PZ	11.0-12.0	C3	1		
S23	0.0-0.5	C1	2		
S23	1.5-3.5	C2	2		
S23	5.0-6.0	C3	1		
S27	0.0-0.5	C1	3		
S27	0.5-1.0	C2	3		
S28	0.0-0.5	C1	3		
S28	0.5-1.0	C2	3		
P4	0.0-0.5	C1	2		
P4	0.5-1.0	C2	2		
P5	0.0-0.5	C1	1	As=28±6.6mg/kg	
P5	0.5-1.0	C2	1		
P6	0.0-0.5	C1	1		
P6	2.0-3.0	C2	1		
P6	4.0-5.0	C3	1		
P7	0.0-0.5	C1	2		
P7	1.0-2.0	C2	1		
P7	2.0-3.0	C3	1		
P8	0.0-0.5	C1	1		
P8	0.5-1.0	C2	1		
P8	1.0-3.0	C3	1		
P9	0.0-0.5	C1	1		
P9	0.5-1.0	C2	1		
P10	0.0-0.5	C1	2		
P10	2.0-3.0	C2	1		
P10	4.0-5.0	C3	1		
S41-DH	0.0-0.5	C1	3		
S41-DH	1.0-3.0	C2	1		
S41-DH	5.0-6.0	C3	1		

Sintesi Campioni Ambientali					
Verticale	Prof. Campione	Denominazione	Set Analitico	Superamenti Colonna A tabella 1 allegato 5 Parte IV Titolo V D.Lgs. 152/06	Superamenti CSC dell'art.3 allegato 2 del DM.46/2019 per le aree agricole
S43-DAC	0.0-0.5	C1	3		
S43-DAC	3.0-6.0	C2	1		
S43-DAC	10.0-11.0	C3	1		
S49-PZ	0.0-0.5	C1	3		
S49-PZ	0.0-0.5	C4	4		
S49-PZ	0.5-1.0	C2	3	As=27±6.3mg/kg	
S47-PZ	0.0-0.5	C1	3		
S47-PZ	0.0-0.5	C4	4		
S47-PZ	3.0-6.0	C2	1		
S47-PZ	10.0-11.0	C3	1		

Tabella 3-8 – Sintesi dei campioni effettuati e dei superamenti rilevati

Dunque, si osservano superamenti della colonna A per il parametro As in P5-C1 e S49-C2 e della colonna A dell'art.3 del DM 46/2019 per il parametro Co in S7-DAC-C2.

Il campione S7-DAC – C2 prelevato alla profondità di 0.5-1.0 m dal p.c. nei pressi dell'intersezione con SP3 in Comune di Vimercate ha evidenziato la presenza di Cobalto in concentrazioni comprese tra la colonna A e la Colonna B.

Nel PGT di Vimercate l'area ricade all'interno della traccia della Pedemontana ed opere connesse e quindi classificabile come colonna B.

Il valore ottenuto evidenzia anche un valore di incertezza ( $\pm 6.7$  mg/l), che nel caso venissero utilizzati i criteri delle linee guida ISPRA n.52/2009, fornirebbe un valore di 29.4 mg/l risultando conforme alle CSC dell'art.3 allegato 2 del DM.46/2019 per le aree agricole.

Il campione P5 – C1 prelevato alla profondità di 0-0.5 m dal p.c. nei pressi della Cascina Baraggiola in Comune di Vimercate ha evidenziato la presenza di Arsenico in concentrazioni comprese tra la colonna A e la Colonna B, ma conformi all'art.3 del DM 46/2019 per le aree agricole.

Nel PGT di Vimercate allo stato attuale la verticale ricade all'interno degli ambiti agricoli, per i quali è conforme ai sensi del DM 46/2019 e dovrà adeguare il PGT al nuovo tracciato previsto con conformità alla colonna B.

Il campione S49-Pz C2 prelevato alla profondità di 0.5-1.0 m dal p.c. nei pressi dell'intersezione con la TEEM A4 in Comune di Agrate Brianza ha evidenziato la presenza di Arsenico in concentrazioni comprese tra la colonna A e la Colonna B, ma conformi all'art.3 del DM 46/2019 per le aree agricole.

Nel PGT di Caponago allo stato attuale la verticale ricade all'interno di aree agricole per i quali è conforme ai sensi del DM 46/2019 e dovrà adeguare il PGT al nuovo tracciato previsto con conformità alla colonna B.

## 4 EFFETTI POTENZIALMENTE ATTESI

Nei successivi paragrafi vengono illustrati gli effetti potenzialmente attesi a seguito della realizzazione dell'opera in progetto, distinguendo tra fase di cantiere e fase di esercizio. Tali effetti sono stati individuati tramite un'analisi che ha tenuto conto dei fattori di pressione, trattati nel capitolo 2, e delle caratteristiche ambientali dalla componente, descritte nel capitolo 3.

### 4.1 EFFETTI SPECIFICI ATTESI IN FASE DI CANTIERE

#### 4.1.1 Componente Geologia

##### 4.1.1.1 Possibile perdita di elementi morfologici di pregio

È inevitabile che le attività di scavo e di realizzazione delle opere in progetto porteranno alcune modifiche all'attuale assetto morfologico dei luoghi.

A riguardo, va però considerato che, come descritto nel paragrafo 3.2.2, l'area in esame è da considerare integralmente antropizzata. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo.

L'aspetto più evidente di tale attività è la livellazione della superficie topografica, con conseguente cancellazione parziale o totale di quasi tutte le forme naturali originarie.

Nel dettaglio, nell'Allegato 2: Carta geomorfologica, si sono potute raffigurare solo delle tracce di paleoalveo e degli orli di terrazzo.

Le prime sono poco significative dal punto di vista geomorfologico, tant'è che non si sono potute individuare tramite rilievi ma, principalmente, prendendo atto di quanto riportato nelle fonti bibliografiche raccolte.

Gli orli di terrazzo sono, invece, le linee che separano una superficie altimetricamente superiore, pianeggiante o subpianeggiante, rispetto a una inferiore ad inclinazione più elevata che costituisce la scarpata morfologica. Tali elementi, generalmente, sono conseguenza di un'azione erosiva ad opera di corsi d'acqua (fiumi o torrenti) ma hanno subito anche un rimaneggiamento antropico.

Nella Carta geomorfologica gli orli di terrazzo facilmente rilevabili sono stati indicati come "evidenti"; quelli con dislivelli minori e angoli meno acclivi, di difficile individuazione, come "smussati".

L'intervento in progetto interferisce con le forme evidenti in 5 punti interrompendole per tratti di una cinquantina di metri, a fronte di una lunghezza complessiva di ciascuna scarpata di varie centinaia di metri.

Quanto al torrente Molgora, il ponte previsto ne consentirà l'attraversamento senza alterare l'attuale assetto geomorfologico dell'alveo, fatta salva la realizzazione di opere di difesa spondale (tema che verrà affrontato anche nel paragrafo 4.2.1.1).

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: continuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: lieve

##### 4.1.1.2 Rischio sanitario per la popolazione

Un fattore di rischio per la popolazione è connesso alle possibili interferenze delle aree di cantiere e dei siti di inserimento delle opere con aree contaminate o potenzialmente contaminate.

Relativamente a tale impatto, si deve, però, tenere presente di quanto segue:

- Dall'analisi dell'elenco dei siti contaminati (al 31/12/2022), fonte AGISCO (Anagrafe e gestione Integrata Siti Contaminati) si è potuto constatare che, nel territorio in esame ne è presente solo uno, circa 500 m a ovest della galleria artificiale in progetto, dunque a una distanza tale da non interferire con l'intervento in progetto.
- Le analisi effettuate nell'area in esame, nell'ambito della campagna indagini per il progetto definitivo evidenziano che i parametri dei terreni analizzati presentano, generalmente, valori CONFORMI ai limiti imposti nel D.lgs. n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale, ad eccezione di 3 campioni che risultano NON CONFORMI solo per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale.
- I siti individuati come depositi intermedi hanno destinazione d'uso agricola per la quale i limiti di riferimento sono quelli dell'allegato 2 del DM 46/2019. Le verifiche ambientali eseguite hanno evidenziato il rispetto di tali limiti per tutti i campioni analizzati, fatta eccezione per il campione S7-DAC-C2 (0.5-1.0m di profondità) per il quale è registrato un superamento per il

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

parametro Cobalto ( $36.1 \pm 6.7$  mg/kg s.s.). In generale, quindi, tutti i terreni scavati durante la realizzazione dell'opera risultano conformi ai limiti della tipologia di destinazione d'uso. Per quello che riguarda i terreni provenienti dall'area del campione S7-DAC (scavi a profondità superiori a 0.5m) dovranno essere stoccati nell'area del campo base nord all'interno della quale è presente una porzione classificata a destinazione produttiva (riferimento colonna B Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.) oppure all'interno delle aree di produzione, classificabili in colonna B, ovvero l'area di pertinenza del tracciato autostradale.

- Le operazioni di scavo di pali e diaframmi, in ragione dell'eventuale apporto di sostanze necessarie al sostegno delle pareti di scavo, altereranno lo stato naturale dei terreni estratti e, pertanto, questi potrebbero essere riutilizzati solo a seguito di una caratterizzazione che ne attesti lo stato di non contaminazione. Considerato, tuttavia, che nel presente progetto vi è un considerevole *surplus* di materiali pregiati, che possono essere riutilizzati sia per la realizzazione di rilevati che per la produzione di inerti pregiati, i materiali di scavo di pali e diaframmi verranno considerati come rifiuti e come tali conferiti a discariche autorizzate.
- Le modalità di scavo con escavatore non prevedono l'insorgere di condizioni in cui i terreni possano essere contaminati durante tale attività e pertanto i materiali, in virtù della caratterizzazione svolta in fase di progetto esecutivo o in corso d'opera potranno essere impiegati secondo le normali pratiche industriali.
- Nel caso in cui, in fase di esecuzione dei lavori, si dovesse rinvenire un sito potenzialmente contaminato, le attività andranno immediatamente interrotte e saranno messe in atto le eventuali misure di emergenza necessarie per impedire il diffondersi della contaminazione ai sensi della normativa vigente (cfr. in particolare, d.lgs. 152/2006).

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: temporaneo
- Frequenza: discontinuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: lieve

#### 4.1.1.3 Rischio geotecnico per la popolazione e per le opere

In questo paragrafo si fa riferimento al rischio geotecnico, cui saranno soggetti sia la popolazione che i manufatti, a seguito delle alterazioni degli equilibri esistenti, in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni, derivanti dalle interazioni con le attività di cantiere; alterazioni che, come visto nel paragrafo 3.1.5.4, riguardano anche aree a vincolo idrogeologico.

Trattasi di un impatto che verrà mitigato, durante la costruzione, grazie al rispetto delle norme e dei piani per la sicurezza ma che è già stato e sarà ulteriormente (cfr. progetto esecutivo) attenuato in fase progettuale, tramite analisi, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), basate su modellazioni geologiche e geotecniche, definite grazie a una dettagliata campagna d'indagini.

Infatti, gli studi effettuati, ai quali si rimanda per ulteriori approfondimenti, attestano la fattibilità dell'intervento in progetto sotto l'aspetto geotecnico.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: temporaneo
- Frequenza: discontinuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: trascurabile

#### 4.1.2 Componente Acque sotterranee

##### 4.1.2.1 Rischio di contaminazione di falde captate anche per il consumo umano

L'unico effetto atteso, per la componente Acque sotterranee, in fase di cantiere, è connesso al rischio di contaminazione dovuto a possibili inquinamenti causati da:

- sversamenti accidentali di reflui prodotti durante le lavorazioni;
- realizzazione di fondazioni profonde (pali e diaframmi) che richiederanno l'utilizzo di fanghi per il sostegno degli scavi.

Tale rischio interessa la prima falda che, in zona, risulta a pelo libero e ospitata in un serbatoio costituito da depositi permeabili (prevalentemente ghiaiosi) che ha come tetto la superficie topografica; caratteristica che, come visto nel paragrafo 3.4.5, le conferisce un'alta vulnerabilità intrinseca, seppure i valori di soggiacenza siano elevati (generalmente superiori a 15 m).



Malgrado ciò, si è constatato che alcuni dei pozzi ad uso acquedottistico raffigurati nell'Allogato 3: Carta idrogeologica, hanno filtri nell'acquifero più superficiale.

Va, altresì, evidenziato che il territorio in cui si inseriscono le opere in progetto risulta intensamente antropizzato e vi sono già presenti numerose sorgenti inquinanti, più pericolose delle attività che saranno svolte nel cantiere in esame (solo per citarne una, il sito contaminato posto circa 500 m a ovest della galleria artificiale). Inoltre, l'attuale stato qualitativo dei corpi idrici sotterranei (cfr. paragrafo 3.4.7) risulta non buono.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: temporaneo
- Frequenza: discontinuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: media

Al fine di diminuire l'entità dell'effetto atteso, riducendola da media a lieve, nel prosieguo della presente relazione saranno indicate delle specifiche azioni mitigative (cfr. paragrafo 5.1) e misure di controllo (cfr. paragrafo 6.2) in fase di cantiere.

## 4.2 EFFETTI SPECIFICI ATTESI IN FASE DI ESERCIZIO

### 4.2.1 Componente Geologia

#### 4.2.1.1 Possibile alterazione della dinamica morfologica naturale

È lecito porsi il problema di come sarà alterata l'attuale dinamica morfologica naturale una volta realizzate le opere in progetto.

Riguardo a tale problematica, va però richiamato quanto affermato nel paragrafo 3.2.2, ovvero che, su gran parte del territorio oggetto d'intervento, la dinamica di modellamento morfologico è governata esclusivamente dall'uomo.

L'unica porzione che mantiene una sua naturalità è l'alveo del torrente Molgora, ove si riconoscono forme in continuo mutamento, in relazione all'alternarsi dell'azione erosiva e deposizionale del corso d'acqua.

La progettazione in esame comporterà solo una modesta limitazione a questa attività, prevedendo la realizzazione di opere di difesa spondale, esclusivamente a protezione delle porzioni del manufatto di attraversamento (ponte) più esposte al rischio di scaldamento.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: continuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: trascurabile

#### 4.2.1.2 Aumento del rischio da "occhi pollini"

Nel paragrafo 2.1.4 si è visto come, nel territorio attraversato dalla tratta autostradale in esame, per lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma, considerata l'assenza di un sistema fognario, di una rete di bonifica e, con eccezione del torrente Molgora, per il primo tratto di 1,5 km di lunghezza, di corsi d'acqua in grado di recepirle, si è necessariamente dovuto prevedere di realizzare delle vasche di dissipazione.

A tale azione progettuale, però, conseguono due possibili impatti in fase di esercizio: il primo, relativo all'aumento del rischio da "occhi pollini", trattato nel presente paragrafo; il secondo, che riguarda la Componente Acque sotterranee, per cui si rimanda al paragrafo 4.2.2.1

Il fenomeno degli "occhi pollini" è stato ampiamente trattato nel paragrafo 3.1.3 e ad esso si rimanda per eventuali approfondimenti. Qui ci si limita a ricordare che, in un contesto di alta suscettività a tale fenomeno, l'immissione di acque nel sottosuolo potrebbe avere degli effetti negativi, contribuendo ad ampliare le cavità esistenti fino a generare, nei casi peggiori, dei crolli, con sprofondamento della superficie topografica e danni ingenti ai manufatti sovrastanti.

Per limitare questo impatto, in progetto, si è agito sulla localizzazione delle vasche, ubicandole il più possibile lontano sia dall'asse stradale che da altri manufatti o edifici al contorno, in modo che i danni attesi possano considerarsi trascurabili.

Inoltre, come descritto nel paragrafo 6.1.2, in fase di esercizio sarà presente un sistema di monitoraggio così da tenere sotto controllo il fenomeno, allertare ai primi segnali di dissesto e consentire di prevenire danni peggiori.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: discontinuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: lieve

#### 4.2.1.3 Rischio geotecnico per la popolazione e per le opere

In maniera simile a quanto indicato al paragrafo 4.1.1.3, anche in fase di esercizio, popolazione e manufatti saranno soggetti a rischio geotecnico a seguito delle alterazioni degli equilibri esistenti, in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni, derivanti dalle interazioni con le differenti opere.

Queste alterazioni, come visto nel paragrafo 3.1.5.4, riguardano anche aree a vincolo idrogeologico, seppure l'intero contesto non desti particolari preoccupazioni (assenza di situazioni di dissesto).

Come già scritto, si tratta di un impatto che viene mitigato già in fase progettuale, grazie alle analisi, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), basate su modellazioni geologiche e geotecniche, definite grazie a una dettagliata campagna d'indagini.

Infatti, gli studi effettuati a supporto del progetto definitivo, ai quali si rimanda per ulteriori approfondimenti, attestano la fattibilità dell'intervento sotto l'aspetto geotecnico. Ulteriori e più precise valutazioni dovranno essere effettuate nel corso del progetto esecutivo.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: continuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: trascurabile

#### 4.2.1.4 Rischio sismico per la popolazione e per le opere

L'analisi delle interazioni indotte dall'esercizio dell'opera in progetto con il rischio sismico è stata effettuata valutando le eventuali variazioni delle tre componenti che determinano il rischio stesso; ovvero:

- la pericolosità, che consiste nella probabilità che un dato evento si verifichi con una certa intensità in una data area e in un determinato intervallo di tempo,
- la vulnerabilità, che è la propensione da parte di un bene esposto a subire un danno a seguito di un determinato evento calamitoso,
- l'esposizione, ovvero, il valore dell'insieme degli elementi a rischio all'interno dell'area esposta.

La realizzazione dell'infrastruttura, ovviamente, non ha alcuna influenza sulla pericolosità sismica che, in zona, come indicato nel paragrafo 3.3, risulta bassa (considerando sia la pericolosità sismica di base che gli eventuali effetti di amplificazione locali).

Va, invece, previsto un aumento dell'esposizione, in considerazione, soprattutto, del valore dell'elemento "autostrada".

Per contro, va considerata la bassa vulnerabilità della stessa opera che, analogamente a quanto indicato nei paragrafi dedicati al rischio geotecnico (cfr. paragrafi 4.1.1.3 e 4.2.1.3), è stata e sarà dimensionata in base a verifiche, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), che hanno già comportato anche le analisi di Risposta Sismica Locale (cfr. paragrafo 3.3.5.1) basate su modellazioni sismostratigrafiche di dettaglio..

A supporto di quanto affermato nel capoverso precedente, si evidenzia che sono stati considerati i seguenti periodi di riferimento per l'azione sismica:

- 200 anni, per le opere di scavo e rilevato del tracciato principale e delle opere connesse e per tutti i viadotti, ponti e sottovia
- 100 anni, per le opere inerente il casello (pensilina e edifici di stazione)

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: continuo
- Reversibilità: reversibile

- Entità: lieve

#### 4.2.2 Componente Acque sotterranee

##### 4.2.2.1 Rischio di contaminazione di falde captate anche per il consumo umano

Il principale effetto, in fase di esercizio, sulla componente Acque sotterranee, riguarda il rischio di contaminazione della prima falda che, come ricordato nel paragrafo 4.1.2.1:

- è ospitata in un serbatoio costituito da depositi permeabili (prevalentemente ghiaiosi) che ha come tetto la superficie topografica
- presenta valori di soggiacenza elevati (generalmente superiori a 15 m)
- risulta a pelo libero
- ha un'alta vulnerabilità intrinseca
- è oggetto di una percentuale del prelievo esercitato dai pozzi ad uso acquedottistico
- risulta già a rischio di contaminazione da parte numerose sorgenti potenzialmente inquinanti
- è caratterizzata da uno stato qualitativo non buono.

Tale contaminazione dovrebbe avvenire da parte delle acque di piattaforma dissipate nelle apposite vasche descritte nel paragrafo 2.1.4.

Va, però, tenuto presente che, a contenere tale rischio:

- il progetto prevede che, a monte delle vasche, siano presenti opere per il trattamento delle acque di prima pioggia (impianti che trattano le acque di dilavamento e catturano gli sversamenti accidentali)
- l'eventuale inquinante, considerata la limitata profondità delle vasche di dissipazione (1÷2 m) e l'elevata soggiacenza della falda dovrà filtrare per uno spessore significativo di terreno, percorso lungo il quale subirà un'azione depurante.

Inoltre, come descritto nel paragrafo 6.2, in fase di esercizio sarà presente un sistema di monitoraggio così da tenere sotto controllo lo stato qualitativo delle acque sotterranee, allertare ai primi segnali di peggioramento e consentire di prevenire danni peggiori.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente

- Frequenza: discontinuo
- Reversibilità: reversibile
- Entità: lieve

##### 4.2.2.2 Possibile perturbazione della naturale dinamica delle acque sotterranee

Un ultimo effetto deriva dalla possibile presenza di opere che potrebbero interferire con la naturale dinamica delle acque sotterranee.

A riguardo, confrontando i dati a disposizione relativi alla soggiacenza della falda con le soluzioni progettuali adottate, non si sono evidenziate particolari problematiche.

Dalle indagini eseguite è, infatti, emerso come i livelli freatici si attestino a profondità tali da non essere interessati dalle opere in progetto fatta eccezione per delle limitate porzioni di pali e diaframmi.

In generale, l'impatto sulla circolazione idrica sotterranea risulterà, pertanto, estremamente modesto.

In considerazione delle valutazioni sopraesposte, l'effetto è stato caratterizzato come sintetizzato ai seguenti punti:

- Carattere: isolato
- Durata: permanente
- Frequenza: continuo
- Reversibilità: irreversibile
- Entità: trascurabile

## 5 MISURE DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

### 5.1 MISURE PER LA FASE DI CANTIERE

Come descritto nel capitolo 4, l'analisi dei fattori di pressione dovuti alle azioni di progetto, confrontati con le caratteristiche ambientali dalla componente Geologia e Acque sotterranee, ha consentito di individuare effetti potenzialmente attesi di entità generalmente trascurabile o lieve.

Solo nel paragrafo 4.1.2.1, esaminando l'impatto connesso con il rischio di contaminazione di falde captate anche per il consumo umano, che potrebbe essere causato da:

- sversamenti accidentali di reflui prodotti durante le lavorazioni;
- realizzazione di fondazioni profonde (pali e diaframmi) che richiederanno l'utilizzo di fanghi per il sostegno degli scavi.

è stato valutato di entità media.

Conseguentemente, al fine di diminuire tale entità, riducendola da media a lieve, si propongono le seguenti azioni mitigative:

- durante la realizzazione dei diaframmi e dei pali di fondazione
  - andrà evitato l'utilizzo di fanghi bentonitici, prevedendo, quindi, per il sostegno degli scavi, esclusivamente fanghi polimerici biodegradabili.
- Riguardo agli sversamenti accidentali
  - I rifornimenti dei mezzi d'opera all'interno dell'area di cantiere dovranno essere effettuati presso aree impermeabilizzate oppure tramite un carro cisterna equipaggiato con erogatore di carburante a tenuta, che impedisca il rilascio accidentale di sostanze nell'ambiente.
  - Gli eventuali depositi fissi di carburanti e lubrificanti in cantiere saranno preferibilmente localizzati presso aree impermeabilizzate, appositamente individuate, all'interno del cantiere stesso; in ogni caso i serbatoi di stoccaggio dovranno essere dotati di apposite vasche di contenimento di eventuali perdite o sversamenti accidentali.
  - Le eventuali operazioni di manutenzione dei mezzi d'opera saranno effettuate solamente in aree impermeabilizzate oppure in officine specializzate esterne al cantiere, al fine di evitare la dispersione accidentale nell'ambiente di carburanti e olii minerali. Tali operazioni saranno svolte avendo cura di evitare lo sversamento al suolo di olii, grassi o altre sostanze liquide derivanti dalle operazioni di manutenzione dei macchinari e di raccogliere gli olii usati ed i filtri, garantendone il corretto smaltimento ed il conferimento ai Consorzi autorizzati.

- In ogni caso, l'area di cantiere si doterà di materiali oleoassorbenti per idrocarburi da impiegare tempestivamente in caso di sversamenti incidentali di sostanze inquinanti quali olii o idrocarburi.

### 5.2 MISURE PER LA FASE DI ESERCIZIO

Sulla base delle soluzioni progettuali proposte e delle analisi ambientali svolte, per quanto riguarda la fase di esercizio, non si reputano necessarie ulteriori misure di compatibilità ambientale rispetto a quanto già previsto dal progetto.

## 6 MISURE DI CONTROLLO DEGLI EFFETTI

Nel capitolo 5 si è visto come gli effetti attesi necessitino di prevedere specifiche azioni di controllo di particolari situazioni che potrebbero manifestarsi in fase di cantiere e/o di esercizio.

Tali azioni sono dettagliatamente descritte nel Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) al quale si rimanda per eventuali approfondimenti.

Nei successivi paragrafi ci si limita ad elencare le misure previste descrivendone brevemente le finalità specifiche connesse e le modalità d'individuazione dei punti di monitoraggio.

### 6.1 MISURE PREVISTE PER LA COMPONENTE GEOLOGIA

#### 6.1.1 Criteri adottati

Si riportano di seguito i criteri adottati per l'identificazione delle aree interessate dalle attività di monitoraggio per la componente Geologia:

- verifica della cartografia geologica disponibile (Progetto Definitivo e Geoportale della Regione Lombardia);
- esame dello studio geologico allegato al Progetto Definitivo;
- consultazione della cartografia relativa alla suscettività al fenomeno degli occhi pollini;
- caratteristiche del tracciato;
- lavorazioni previste (con particolare attenzione alle aree di dispersione delle acque di piattaforma).

#### 6.1.2 Identificazione delle aree

Sulla base dei principi esposti nel paragrafo precedente, sono state riconosciute le aree meritevoli di misure di controllo, ovvero:

- aree che presentano rischio molto alto o alto di suscettività al fenomeno degli occhi pollini

In particolare, per gli aspetti ideologici sono state identificate le seguenti criticità:

- vasche di dissipazione acque di piattaforma.

il PTCP vigente della provincia di Monza e Brianza *indica esplicitamente: Nelle aree in cui risulta esserci una probabilità alta e molto alta al fenomeno degli occhi pollini deve essere prestata la massima attenzione nello smaltimento delle acque nel terreno. In queste zone deve essere evitato l'uso dei pozzi perdenti in quanto l'immissione di acqua a seguito di precipitazioni può*

*innescare il fenomeno e/o contribuire in modo sostanziale alla sua accentuazione, aumentando quindi la probabilità di avere danni alle opere.*

Nel caso in questione, tuttavia, a parte il tratto iniziale di circa 1.5 Km, non esiste la possibilità di conferire le acque di piattaforma nel reticolo delle acque superficiali, che risulta pressoché assente.

Per tale motivo si è fatto ricorso alle vasche di dissipazione che sono state localizzate il più possibile lontane sia dall'asse stradale che da altri manufatti o edifici al contorno.

Inoltre, si è ritenuto necessario monitorare, oltre che dal punto di vista idrogeologico, anche il potenziale sviluppo di occhi pollini mediante un sistema sperimentale costituito da un rilievo topografico di superficie e da un assestometro.

In Figura 6-1 è riportato lo schema di monitoraggio complessivo di un'area tipo di dissipazione che comprende:

- n° 2 piezometri
- n° 6 caposaldi topografici
- n° 1 assestometro da foro con anelli magnetici

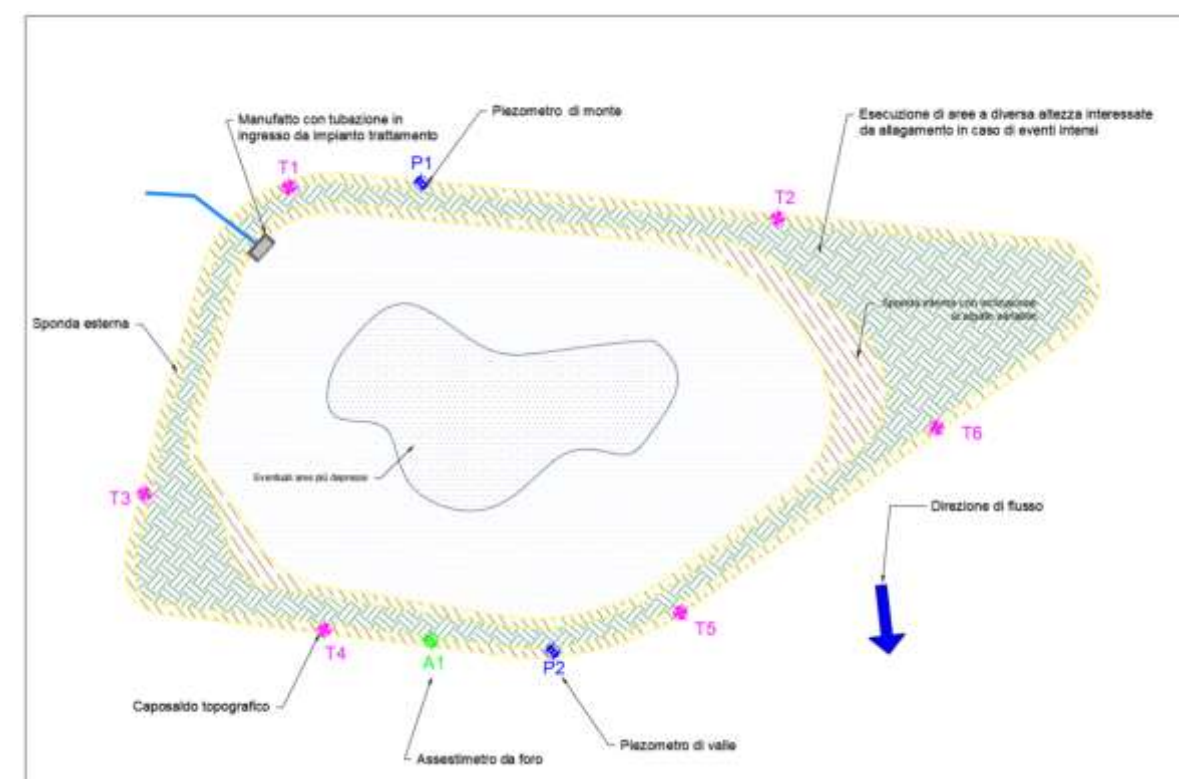


Figura 6-1 – Schema di monitoraggio di una vasca di dissipazione

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

### 6.1.3 Identificazione dei punti

La scelta dei punti di monitoraggio è stata effettuata secondo i criteri esposti nei paragrafi precedenti, e la loro ubicazione si è basata essenzialmente sul posizionamento delle vasche di dissipazione in relazione al rischio molto alto o alto di suscettività al fenomeno degli occhi pollini.

Opera	Monitoraggio	Comune	WGS84 - 32N		CODICE
			Coord X	Coord y	
Vasca dissipazione	Assestometro	Vimercate	530641.26	5052970.99	ASS-VI-01
Vasca dissipazione	Assestometro	Bellusco	531107.19	5052239.77	ASS-BE-01
Vasca dissipazione	Assestometro	Vimercate	531388.97	5051528.61	ASS-VI-02
Vasca dissipazione	Assestometro	Ornago	531138.40	5050664.53	ASS-OR-01
Vasca dissipazione	Assestometro	Burago di Molgora	530932.07	5048858.78	ASS-BU-01
Vasca dissipazione	Assestometro	Agrate Brianza	530923.94	5048111.39	ASS-AG-01
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Vimercate	530659.09	5053012.90	TOP-VI-01
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Bellusco	531107.63	5052311.55	TOP-BE-01
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Bellusco	531418.85	5051583.90	TOP-BE-02
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Ornago	531145.09	5050720.71	TOP-OR-01
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Burago di Molgora	530932.41	5048974.25	TOP-BU-01
Vasca dissipazione	Rilievo topografico	Agrate Brianza	530928.40	5048160.89	TOP-AG-01

Tutti gli assestimetri avranno una profondità di 20 m.

## 6.2 MISURE PREVISTE PER LA COMPONENTE ACQUE SOTTERRANEE

### 6.2.1 Criteri adottati

Si riportano di seguito i criteri adottati per l'identificazione delle aree interessate dalle attività di monitoraggio per la componente Acque sotterranee:

- verifica della cartografia geologica disponibile (Progetto Definitivo e Geoportale della Regione Lombardia);
- esame dello studio idrogeologico allegato al Progetto Definitivo;
- consultazione della cartografia relativa alla vulnerabilità dell'acquifero;
- consultazione della cartografia relativa al rischio idrogeologico;
- verifica dell'eventuale presenza di pozzi;
- caratteristiche del tracciato;
- lavorazioni previste (con particolare attenzione a scavi di gallerie, trincee profonde, pile di ponti e viadotti);
- aree di cantiere.

È stata inoltre verificata la presenza di pozzi pubblici. In cartografia vengono identificati i pozzi e le relative fasce di rispetto. La zona di rispetto è stata individuata in conformità a quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.; in assenza di informazioni in merito è stata indicata con il metodo geometrico della circonferenza avente raggio 200 m. Lo studio di eventuali misure di protezione, che si dovessero rendere necessarie, sarà realizzato nella fase esecutiva dell'opera, prima dell'inizio delle lavorazioni.

### 6.2.2 Identificazione delle aree

Sulla base dei principi esposti nel paragrafo precedente sono state riconosciute le aree più soggette a potenziali fenomeni di inquinamento ovvero:

- aree che presentano caratteristiche geologiche ed idrogeologiche che potrebbero determinare la migrazione e la propagazione di eventuali inquinanti nel primo acquifero (acquifero libero principale);
- aree che presentano elevata vulnerabilità dell'acquifero libero principale;
- aree interessate da lavorazioni che potrebbero interferire con la falda.

In particolare, per gli aspetti idrogeologici sono state identificate le seguenti criticità:

- realizzazione dei viadotti Molgora e Ruginello le cui fondazioni interferiscono con la falda;
- realizzazione della galleria artificiale SP 2;
- trincea di innesto A4-TEEM;
- vasche di dissipazione acque di piattaforma.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**6.2.3 Identificazione dei punti**

La scelta dei punti di monitoraggio è stata effettuata secondo i criteri esposti nei paragrafi precedenti, e la loro ubicazione si è basata su:

- cartografia tecnica regionale;
- fotopiano;
- sopralluoghi e rilievi;
- tracciato.

In ciascuna delle zone sensibili individuate vengono posizionati due punti di monitoraggio che devono rispettare il criterio di monte e valle rispetto alla direzione di deflusso della falda.

Tale criterio consente infatti di valutare, non tanto il valore assoluto degli indicatori in ciascun sito, quanto invece la variazione dello stesso parametro tra i due punti di misura e di riconoscere eventuali impatti determinati dalla presenza di lavorazioni/cantieri e dell'opera stessa.

L'idoneità dei punti di monitoraggio è, infatti, direttamente correlata alle caratteristiche idrogeologiche del territorio interessato dall'opera, della vulnerabilità della falda, e dalle strutture in costruzione dell'opera stessa, con particolare riferimento a quelle profonde quali gallerie, trincee, palificazioni.

Opera	Comune	Coord X	Coord y	CODICE	Prof. piezometro
Viadotto Molgora	Vimercate	528821.80	5053657.84	PIM-VI-01	30
Viadotto Molgora	Vimercate	528772.92	5053403.17	PIV-VI-02	30
Viadotto Rugirello	Vimercate	530390.86	5053357.47	PIM-VI-03	30
Viadotto Rugirello	Vimercate	530428.75	5053110.02	PIV-VI-04	30
Galleria SP 12	Vimercate	531159.97	5051669.60	PIM-VI-07	30
Galleria SP 12 - Vasca	Ornago	531145.53	5050788.70	PIM-OR-01	30
Vasca dissipazione	Bellusco	531105.63	5052412.52	PIM-BE-01	30
Vasca dissipazione	Bellusco	531107.86	5052231.39	PIV-BE-02	30
Vasca dissipazione	Vimercate	530646.39	5053073.51	PIM-VI-05	30
Vasca dissipazione	Vimercate	530656.42	5052963.16	PIV-VI-06	30
Vasca dissipazione	Bellusco	531398.23	5051636.16	PIM-BE-03	30
Vasca dissipazione	Vimercate	531389.87	5051513.23	PIV-VI-08	30

Vasca dissipazione	Ornago	531139.29	5050657.62	PIV-OR-02	30
Vasca dissipazione	Burago di Molgora	530930.18	5049075.24	PIM-BU-01	30
Vasca dissipazione	Burago di Molgora	530932.41	5048853.65	PIV-BU-02	30
Vasca dissipazione	Agrate Brianza	530927.06	5048220.30	PIM-AG-01	30
Vasca dissipazione	Agrate Brianza	530924.61	5048102.81	PIV-AG-02	30
Trincea	Agrate Brianza	530258.04	5047761.95	PIM-AG-03	30
Trincea	Agrate Brianza	530295.49	5047124.36	PIV-AG-04	30

Lungo tutto il tracciato la profondità della falda è compresa tra 15 e 20 m da p.c. tranne che in corrispondenza della valle del Molgora, dove, a causa dell'incisione valliva del torrente la soggiacenza è di circa 10 m.

## 7 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questa Sezione sono stati descritti i potenziali effetti attendibili a seguito della realizzazione e messa in esercizio del Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse - VARIANTE TRATTA D, sulla componente geologia e acque sotterranee.

L'obiettivo è l'individuazione delle sensibilità e delle vulnerabilità di natura geologica, geomorfologica, sismica, geotecnica e idrogeologica, eventualmente presenti nelle aree interessate dalle opere in progetto e nel contorno potenzialmente influenzabile, al fine di verificare l'attesa di potenziali interferenze inducibili dall'intervento stradale e dai relativi cantieri sulla componente e, ove rilevate, fornire l'indicazione di adeguate misure di compatibilità ambientale.

A tale scopo, innanzitutto, sono state messe a fuoco le azioni definite in progetto, in grado di influenzare tale componente. Ciò ha permesso di individuare le pressioni attendibili di seguito elencate:

- sulla componente “Geologia”
  - in fase di cantiere
    - modifica della morfologia dei luoghi a seguito della realizzazione degli interventi in progetto
    - possibile interferenza delle aree di cantiere e dei siti di inserimento delle opere con aree contaminate o potenzialmente contaminate
  - in fase di esercizio
    - interferenza con la naturale dinamica di modellamento geomorfologico
    - immissione di fluidi in sottoterraneo, che potrebbero determinare fenomeni di dissesto
    - interazione con aree a rischio sismico
  - sia in fase di cantiere che in fase di esercizio
    - alterazione degli equilibri esistenti, in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni
- sulla componente “Acque sotterranee”
  - in fase di esercizio
    - perturbazioni indotte sulle dinamiche delle acque sotterranee, a causa degli ingombri fisici nel sottosuolo dovuti alla realizzazione di pali e diaframmi, anche in relazione alla presenza di sorgenti, pozzi e aree di ricarica delle falde
  - sia in fase di cantiere che in fase di esercizio

- possibile modifica delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee con eventuale contaminazione di pozzi di acque destinate al consumo umano e delle relative aree di ricarica

In considerazione delle azioni indicate nel paragrafo 2.1 e delle tipologie di pressione, sopraelencate, si è valutato che il loro ambito d'influenza può essere circoscritto alla zona d'imposta delle opere e a un suo stretto intorno (indicativamente, si è proposto di assumere un *buffer* di 500 m). Tuttavia, in maniera prudenziale, le analisi entro cui sono state sviluppate le descrizioni dello stato della componente, di cui al capitolo 3, sono riferite a una porzione di territorio molto più vasta (cfr. tagli degli allegati cartografici).

Queste analisi, che sono servite a individuare i principali elementi di sensibilità ambientale da assumere come riferimento per le successive valutazioni, sono state organizzate nelle seguenti aree tematiche:

- Geologia
- Geomorfologia
- Sismica
- Idrogeologia
- Litologia e geotecnica
- Qualità ambientale dei terreni

L'esame delle caratteristiche geologiche, innanzitutto, ha consentito di individuare le formazioni presenti nel territorio attraversato dall'infrastruttura: sia quelle affioranti che quelle profonde.

Un approfondimento particolare è stato effettuato sul fenomeno, tipico di questa zona, degli “occhi pollini”, associato alla presenza di cavità nei terreni su cui influiscono vari fattori quali: l'alterazione dei depositi, la presenza di cementazione, la variabilità della permeabilità e la circolazione dell'acqua nel sottosuolo.

Riguardo a tale tematismo è stata proposta anche una mappatura delle aree a differente grado di suscettività da cui emerge che la variante tratta D attraversa zone a suscettività: molto alta, alta e moderata.

Nel settore settentrionale del territorio in esame, in Comune di Vimercate, l'infrastruttura in progetto ricade in due aree a vincolo idrogeologico ai sensi dell'art. 1 del R.D. 30.12.1923, n. 2367. Trattasi di un vincolo cui sono state sottoposte a seguito di una determinazione, del 1979, del Corpo Forestale dello Stato (Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste).



**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Da un esame di dettaglio, si è, tuttavia, appurato che le uniche interferenze tra zone attualmente boscate e le opere in progetto, all'interno di tali aree, si hanno in corrispondenza di tre scarpate che delimitano i terrazzi geomorfologici, riguardo alle quali, va detto che, ad oggi, non è stata rilevata alcuna situazione di dissesto e che i nuovi interventi sono e saranno progettati, oltre che eseguiti, in modo da non comprometterne la stabilità.

Le ricerche effettuate hanno consentito di appurare che l'infrastruttura in progetto non interferisce con alcun geosito, né di rilevanza regionale, né di rilevanza provinciale, tutti posti a una distanza di almeno 3 chilometri ed esterni ai tagli cartografici della Carta geologica.

Sulla base di misure derivanti dal telerilevamento effettuato mediante interferometria differenziale SAR si evince la sostanziale assenza di movimenti verticali e, pertanto, si è potuto escludere che la zona non sia soggetta a fenomeni di subsidenza.

Sotto l'aspetto geomorfologico, l'area in esame è da considerare integralmente antropizzata. Infatti, nei secoli, la comunità umana ha compiuto continue modifiche al territorio per renderlo compatibile all'insediamento e all'utilizzo agricolo. L'aspetto più evidente di tale attività è la livellazione della superficie topografica, con conseguente cancellazione parziale o totale di quasi tutte le forme naturali originarie.

Nel dettaglio, nell'Allegato 2: Carta geomorfologica, si sono potute raffigurare solo delle tracce di paleoalveo e degli orli di terrazzo. Le prime sono poco significative dal punto di vista geomorfologico, tant'è che non si sono potute individuare tramite rilievi ma, principalmente, prendendo atto di quanto riportato nelle fonti biblio-cartografiche raccolte. Gli orli di terrazzo sono, invece, le linee che separano una superficie altimetricamente superiore, pianeggiante o subpianeggiante, rispetto a una inferiore ad inclinazione più elevata che costituisce la scarpata morfologica. Tali elementi, generalmente, sono conseguenza di un'azione erosiva ad opera di corsi d'acqua (fiumi o torrenti) ma hanno subito anche un significativo rimaneggiamento antropico.

Nella Carta geomorfologica gli orli di terrazzo facilmente rilevabili sono stati indicati come "evidenti"; quelli con dislivelli minori e angoli meno acclivi, di difficile individuazione, come "smussati".

Relativamente agli elementi non naturali, vanno, invece, considerati:

- la Cava Vitali, all'interno del Polo estrattivo Caponago, ove sono state distinte 2 aree: una scavata a fossa e recuperata tramite riporto di terreni, fino al piano campagna originario, che sarà interessata da opere del quadrante sud-orientale dell'innesto TEEM-A4; l'altra, attiva, anch'essa a fossa, esterna alle aree d'intervento.

- Il sito contaminato censito nell'elenco dei siti contaminati (al 31/12/2022), fonte AGISCO (Anagrafe e gestione Integrata Siti Contaminati) si è potuto constatare che, nel territorio in esame ne è presente solo uno, circa 500 m a ovest della galleria artificiale in progetto, dunque a una distanza tale da non interferire con l'intervento in progetto.

Gli studi sismici non hanno evidenziato particolari fragilità: infatti la pericolosità sismica di base, in zona, risulta bassa e l'unico effetto locale che ci si può attendere è una modesta amplificazione di carattere stratigrafico.

Per la definizione della qualità ambientale dei terreni interessati dal tracciato autostradale, si è fatto riferimento ai risultati delle analisi del Piano di Utilizzo. Questi evidenziano che i parametri dei terreni analizzati presentano, generalmente, valori CONFORMI ai limiti imposti nel D.lgs. n° 152/2006 Parte quarta Titolo V All.5 Tab. 1 per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale, Commerciale e Industriale, ad eccezione di 3 campioni che risultano NON CONFORMI, solo per i siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale.

Dal punto di vista idrogeologico si è visto che la prima falda:

- è ospitata in un serbatoio costituito da depositi permeabili (prevalentemente ghiaiosi) che ha come tetto la superficie topografica
- presenta valori di soggiacenza elevati (generalmente superiori a 15 m)
- risulta a pelo libero
- ha un'alta vulnerabilità intrinseca
- è oggetto di una percentuale del prelievo esercitato dai pozzi ad uso acquedottistico
- risulta già a rischio di contaminazione da parte numerose sorgenti potenzialmente inquinanti
- è caratterizzata da uno stato qualitativo non buono.

L'analisi litologica e geotecnica ha consentito di affermare che, fatta salva la problematica degli occhi pollini, di cui si è già accennato, non sono emerse particolari criticità di natura litologica e/o geotecnica.

Alla luce dei fattori di pressione, trattati nel capitolo 2, e delle caratteristiche ambientali dalla componente, descritte nel capitolo 3, sono stati individuati gli effetti potenzialmente attesi di seguito riproposti.

Le attività di scavo e di realizzazione delle opere in progetto porteranno alcune modifiche all'attuale assetto morfologico dei luoghi. Tuttavia, si tratta di un impatto lieve considerata la forte antropizzazione del territorio, precedentemente menzionata, che, se si fa eccezione per l'alveo

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

del torrente Molgora, ha portato alla cancellazione o all'alterazione della totalità delle forme naturali.

Infatti, l'intervento interferirà solo con degli orli di terrazzo facilmente rilevabili in 5 punti interrompendole per tratti di una cinquantina di metri, a fronte di una lunghezza complessiva di ciascuna scarpata di varie centinaia di metri.

Quanto al torrente Molgora, il ponte previsto ne consentirà l'attraversamento senza alterare l'attuale assetto geomorfologico dell'alveo, fatta eccezione per la realizzazione di opere di difesa spondale.

Riguardo a come sarà alterata l'attuale dinamica morfologica naturale, una volta realizzate le opere in progetto, va ricordato che, su gran parte del territorio oggetto d'intervento, tale dinamica non è naturale ma governata esclusivamente dall'uomo.

L'unica porzione che mantiene una sua naturalità è, appunto, l'alveo del torrente Molgora, ove si riconoscono forme in continuo mutamento, in relazione all'alternarsi dell'azione erosiva e deposizionale del corso d'acqua.

La progettazione in esame comporterà solo una modesta limitazione a questa attività, prevedendo la realizzazione di opere di difesa spondale, esclusivamente a protezione delle porzioni del manufatto di attraversamento (ponte) più esposte al rischio di scalzamento.

Un fattore di rischio per la popolazione sarà connesso alle possibili interferenze delle aree di cantiere e dei siti di inserimento delle opere con aree contaminate o potenzialmente contaminate.

Relativamente a tale impatto, si deve, però, tenere presente, da una parte, l'assenza di siti contaminati, già censiti, e la buona qualità ambientale dei terreni analizzati, dall'altra quanto segue:

- I siti individuati come depositi intermedi hanno destinazione d'uso agricola per la quale i limiti di riferimento sono quelli dell'allegato 2 del DM 46/2019. Le verifiche ambientali eseguite hanno evidenziato il rispetto di tali limiti per tutti i campioni analizzati, fatta eccezione per il campione S7-DAC-C2 (0.5-1.0m di profondità) per il quale è registrato un superamento per il parametro Cobalto ( $36.1 \pm 6.7$  mg/kg s.s.). In generale, quindi, tutti i terreni scavati durante la realizzazione dell'opera risultano conformi ai limiti della tipologia di destinazione d'uso. Per quello che riguarda i terreni provenienti dall'area del campione S7-DAC (scavi a profondità superiori a 0.5m) dovranno essere stoccati nell'area del campo base nord all'interno della quale è presente una porzione classificata a destinazione produttiva (riferimento colonna B Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

e s.m.i.) oppure all'interno delle aree di produzione, classificabili in colonna B, ovvero l'area di pertinenza del tracciato autostradale.

- Le operazioni di scavo di pali e diaframmi, in ragione dell'eventuale apporto di sostanze necessarie al sostegno delle pareti di scavo, altereranno lo stato naturale dei terreni estratti e, pertanto, questi potrebbero essere riutilizzati solo a seguito di una caratterizzazione che ne attesti lo stato di non contaminazione. Considerato, tuttavia, che nel presente progetto vi è un considerevole *surplus* di materiali pregiati, che possono essere riutilizzati sia per la realizzazione di rilevati che per la produzione di inerti pregiati, i materiali di scavo di pali e diaframmi verranno considerati come rifiuti e come tali conferiti a discariche autorizzate.
- Le modalità di scavo con escavatore non prevedono l'insorgere di condizioni in cui i terreni possano essere contaminati durante tale attività e pertanto i materiali, in virtù della caratterizzazione svolta in fase di progetto esecutivo o in corso d'opera potranno essere impiegati secondo le normali pratiche industriali.
- Nel caso in cui, in fase di esecuzione dei lavori, si dovesse rinvenire un sito potenzialmente contaminato, le attività andranno immediatamente interrotte e saranno messe in atto le eventuali misure di emergenza necessarie per impedire il diffondersi della contaminazione ai sensi della normativa vigente (cfr. in particolare, d.lgs. 152/2006).

L'impatto da rischio geotecnico, cui saranno soggetti sia la popolazione che i manufatti, a seguito delle alterazioni degli equilibri esistenti, in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni, riguarda sia la fase di cantiere che quella di esercizio.

Trattasi di un impatto che è già stato e sarà ulteriormente (cfr. progetto esecutivo) attenuato in fase progettuale, tramite analisi, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), basate su modellazioni geologiche e geotecniche, definite grazie a una dettagliata campagna d'indagini.

Infatti, gli studi effettuati, ai quali si rimanda per ulteriori approfondimenti, attestano la fattibilità dell'intervento in progetto sotto l'aspetto geotecnico.

Inoltre, durante la costruzione, verrà mitigato anche rispettando le norme e i piani per la sicurezza.

L'analisi delle interazioni indotte dall'esercizio dell'opera in progetto con il rischio sismico è stata effettuata valutando le eventuali variazioni delle tre componenti che determinano il rischio stesso; ovvero:

- la pericolosità, che consiste nella probabilità che un dato evento si verifichi con una certa intensità in una data area e in un determinato intervallo di tempo,

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- la vulnerabilità, che è la propensione da parte di un bene esposto a subire un danno a seguito di un determinato evento calamitoso,
- l'esposizione, ovvero, il valore dell'insieme degli elementi a rischio all'interno dell'area esposta.

La realizzazione dell'infrastruttura, ovviamente, non avrà alcuna influenza sulla pericolosità sismica che, in zona, come indicato precedentemente, risulta bassa (considerando sia la pericolosità sismica di base che gli eventuali effetti di amplificazione locali).

Va, invece, previsto un aumento dell'esposizione, in considerazione, soprattutto, del valore dell'elemento "autostrada".

Per contro, va considerata la bassa vulnerabilità della stessa opera che, analogamente a quanto indicato per il rischio geotecnico è stata e sarà dimensionata in base a verifiche, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), che hanno già comportato anche analisi di Risposta Sismica Locale, basate su modellazioni sismostratigrafiche di dettaglio.

A supporto di quanto affermato nel capoverso precedente, si evidenzia che sono stati considerati i seguenti periodi di riferimento per l'azione sismica:

- 200 anni, per le opere di scavo e rilevato del tracciato principale e delle opere connesse e per tutti i viadotti, ponti e sottovia
- 100 anni, per le opere inerente il casello (pensilina ed edifici di stazione)

Nel paragrafo 2.1.4 si è visto come, nel territorio attraversato dalla tratta autostradale in esame, per la gestione delle acque meteoriche, si è necessariamente dovuto prevedere di realizzare delle vasche di dissipazione.

A tale azione progettuale, però, conseguono due possibili impatti in fase di esercizio: il primo, relativo all'aumento del rischio da "occhi pollini", il secondo, che riguarda la Componente Acque sotterranee.

In un contesto di alta suscettività al fenomeno degli "occhi pollini", l'immissione di acque nel sottosuolo potrebbe avere degli effetti negativi, contribuendo ad ampliare le cavità esistenti fino a generare, nei casi peggiori, dei crolli, con sprofondamento della superficie topografica e danni ingenti ai manufatti sovrastanti.

Per limitare questo impatto, in progetto, si è agito sulla localizzazione delle vasche, ubicandole il più possibile lontano sia dall'asse stradale che da altri manufatti o edifici al contorno, in modo che i danni attesi possano considerarsi trascurabili.

Inoltre, in fase di esercizio è stato previsto un sistema di monitoraggio così da tenere sotto controllo il fenomeno, allertare ai primi segnali di dissesto e consentire di prevenire danni peggiori.

La dissipazione delle acque di piattaforma aumenta anche rischio di contaminazione dalla falda, anche se il progetto prevede che, a monte delle vasche, siano presenti opere per il trattamento delle acque di prima pioggia

Tale rischio è stato stimato più elevato, in fase di cantiere, quando si potrebbero verificare possibili inquinamenti causati da:

- sversamenti accidentali di reflui prodotti durante le lavorazioni;
- realizzazione di fondazioni profonde (pali e diaframmi) che richiederanno l'utilizzo di fanghi per il sostegno degli scavi.

Conseguentemente, al fine di diminuirne l'entità, sono state individuate le seguenti misure di compatibilità ambientale:

- durante la realizzazione dei diaframmi e dei pali di fondazione
  - andrà evitato l'utilizzo di fanghi bentonitici, prevedendo, quindi, per il sostegno degli scavi, esclusivamente fanghi polimerici biodegradabili.
- riguardo agli sversamenti accidentali
  - I rifornimenti dei mezzi d'opera all'interno dell'area di cantiere dovranno essere effettuati presso aree impermeabilizzate oppure tramite un carro cisterna equipaggiato con erogatore di carburante a tenuta, che impedisca il rilascio accidentale di sostanze nell'ambiente.
  - Gli eventuali depositi fissi di carburanti e lubrificanti in cantiere saranno preferibilmente localizzati presso aree impermeabilizzate, appositamente individuate, all'interno del cantiere stesso; in ogni caso i serbatoi di stoccaggio dovranno essere dotati di apposite vasche di contenimento di eventuali perdite o sversamenti accidentali.
  - Le eventuali operazioni di manutenzione dei mezzi d'opera saranno effettuate solamente in aree impermeabilizzate oppure in officine specializzate esterne al cantiere, al fine di evitare la dispersione accidentale nell'ambiente di carburanti e olii minerali. Tali operazioni saranno svolte avendo cura di evitare lo sversamento al suolo di olii, grassi o altre sostanze liquide derivanti dalle operazioni di manutenzione dei macchinari e di raccogliere gli olii usati ed i filtri, garantendone il corretto smaltimento ed il conferimento ai Consorzi autorizzati.

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

- In ogni caso, l'area di cantiere si doterà di materiali oleoassorbenti per idrocarburi da impiegare tempestivamente in caso di sversamenti incidentali di sostanze inquinanti quali olii o idrocarburi.

Un ultimo effetto deriva dalla possibile presenza di opere che potrebbero interferire con la naturale dinamica delle acque sotterranee.

A riguardo, confrontando i dati a disposizione relativi alla soggiacenza della falda con le soluzioni progettuali adottate, non si sono evidenziate particolari problematiche.

Dalle indagini eseguite è, infatti, emerso come i livelli freatici si attestino a profondità tali da non essere interessati dalle opere in progetto, fatta eccezione per delle limitate porzioni di pali e diaframmi.

In generale, l'impatto sulla circolazione idrica sotterranea risulterà, pertanto, estremamente modesto.

Per una sintesi delle valutazioni soprariportate, si faccia riferimento alle seguenti tabelle.

Pressione attesa	Categoria di effetto correlato	Specificazione dell'effetto atteso		Stima motivata	Valutazione dell'Effetto
Modifica della morfologia dei luoghi	Possibile perdita di elementi morfologici di pregio	<i>Carattere</i>	isolato	Sono stati valutati i danni che saranno causati dalle attività di scavo e di realizzazione delle opere in progetto sulle forme naturali. L'infrastruttura si inserisce in un contesto morfologico fortemente antropizzato in cui gli unici elementi morfologici parzialmente interferiti sono le scarpate d'erosione fluviale. Ne consegue che l'impatto è stato stimato di entità lieve.	non significativo
		<i>Durata</i>	permanente		
		<i>Frequenza</i>	continuo		
		<i>Reversibilità</i>	reversibile		
Eventuale interferenza con aree contaminate o potenzialmente contaminate	Rischio sanitario per la popolazione	<i>Carattere</i>	isolato	Relativamente a tale impatto, si deve tenere presente, da una parte, l'assenza di siti contaminati, già censiti, e la buona qualità ambientale dei terreni analizzati, dall'altra che la cantierizzazione sarà gestita in maniera da minimizzare i rischi per il personale e operativo e la popolazione residente	non significativo
		<i>Durata</i>	temporaneo		
		<i>Frequenza</i>	discontinuo		
		<i>Reversibilità</i>	reversibile		

Tabella 7.1. - Valutazione della significatività degli effetti potenzialmente attesi per la componente Geologia in sola fase di Cantiere

Pressione attesa	Categoria di effetto correlato	Specificazione dell'effetto atteso		Stima motivata	Valutazione dell'Effetto
Interferenza con la naturale dinamica di modellamento geomorfologico	Alterazione della dinamica morfologica naturale	<i>Carattere</i>	isolato	Su gran parte del territorio oggetto d'intervento la dinamica di modellamento morfologico è governata esclusivamente dall'uomo. L'unica porzione che mantiene una sua naturalità è l'alveo del torrente Molgora, ove sono previsti interventi di difesa spondale che limiteranno l'azione erosiva del corso d'acqua. Nel complesso, dal punto di vista morfologico, l'effetto sarà trascurabile.	non significativo
		<i>Durata</i>	permanente		
		<i>Frequenza</i>	continuo		
		<i>Reversibilità</i>	reversibile		
Immissione di fluidi in sottoterraneo, che potrebbero determinare fenomeni di dissesto	Aumento del rischio da "occhi pollini"	<i>Carattere</i>	isolato	Per limitare questo impatto, in progetto, si è agito sulla localizzazione delle vasche, ubicandole il più possibile lontano sia dall'asse stradale che da altri manufatti o edifici al contorno, in modo che i danni attesi possano considerarsi trascurabili. Inoltre, in fase di esercizio è stato previsto un sistema di monitoraggio così da tenere sotto controllo il fenomeno, allertare ai primi segnali di dissesto e consentire di prevenire danni peggiori.	non significativo
		<i>Durata</i>	permanente		
		<i>Frequenza</i>	discontinuo		
		<i>Reversibilità</i>	reversibile		
Interazione con aree a rischio sismico	Rischio sismico per la popolazione e per le opere	<i>Carattere</i>	isolato	Le interazioni indotte dall'esercizio dell'opera in progetto con il rischio sismico saranno modeste in considerazione della ridotta pericolosità sismica della zona e della bassa vulnerabilità della stessa opera che, è stata e sarà dimensionata in base a verifiche, condotte nel rispetto della normativa vigente che hanno già comportato anche analisi di Risposta Sismica Locale, basate su modellazioni sismostratigrafiche di dettaglio	non significativo
		<i>Durata</i>	permanente		
		<i>Frequenza</i>	continuo		
		<i>Reversibilità</i>	reversibile		

Tabella 7.2. - Valutazione della significatività degli effetti potenzialmente attesi per la componente Geologia in sola fase di Esercizio

**VARIANTE TRATTA D**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

Pressione attesa	Categoria di effetto correlato	Specificazione dell'effetto atteso		Stima motivata	Valutazione dell'Effetto
		Carattere			
Alterazione degli equilibri esistenti in termini di stabilità e comportamento geomeccanico dei terreni	Rischio geotecnico per la popolazione e per le opere	Carattere	isolato	Si tratta di un impatto che è già stato e sarà ulteriormente (cfr. progetto esecutivo) attenuato in fase progettuale, tramite analisi, condotte nel rispetto della normativa vigente (cfr., in particolare, il Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni), basate su modellazioni geologiche e geotecniche, definite grazie a una dettagliata campagna d'indagini. Inoltre, durante la costruzione, verrà mitigato anche rispettando le norme e i piani per la sicurezza.	non significativo
		Durata	permanente		
		Frequenza	continuo		
		Reversibilità	reversibile		

Tabella 7.3. - Valutazione della significatività degli effetti potenzialmente attesi per la componente Geologia sia in fase di Cantiere che in quella di Esercizio

Pressione attesa	Categoria di effetto correlato	Specificazione dell'effetto atteso		Stima motivata	Valutazione dell'Effetto
		Carattere			
Ingombri fisici nel sottosuolo dovuti alla realizzazione di pali e diaframmi	Possibile perturbazione della naturale dinamica delle acque sotterranee	Carattere	isolato	Confrontando i dati a disposizione relativi alla soggiacenza della falda con le soluzioni progettuali adottate, non si sono evidenziate particolari problematiche. Dalle indagini eseguite è, infatti, emerso come i livelli freatici si attestino a profondità tali da non essere interessati dalle opere in progetto, fatta eccezione per delle limitate porzioni di pali e diaframmi.	non significativo
		Durata	permanente		
		Frequenza	continuo		
		Reversibilità	irreversibile		

Tabella 7.4. - Valutazione della significatività degli effetti potenzialmente attesi per la componente Acque sotterranee in sola fase di Esercizio

Pressione attesa	Categoria di effetto correlato	Specificazione dell'effetto atteso		Stima motivata	Valutazione dell'Effetto
		Carattere			
Modifica delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee	Rischio di contaminazione di falde captate anche per il consumo umano	Carattere	isolato	Si tratta di un rischio più elevato, in fase di cantiere, quando si potrebbero verificare possibili inquinamenti causati da: <ul style="list-style-type: none"> <li>sversamenti accidentali di reflui prodotti durante le lavorazioni;</li> <li>realizzazione di fondazioni profonde (pali e diaframmi) che richiederanno l'utilizzo di fanghi per il sostegno degli scavi.</li> </ul> Conseguentemente, al fine di diminuirne l'entità, sono state individuate delle misure di compatibilità ambientale quali l'utilizzo esclusivamente di fanghi polimerici biodegradabili e una serie di cautele da adottare per evitare che eventuali sversamenti accidentali raggiungano il sottosuolo.	non significativo
		Durata	permanente		
		Frequenza	discontinuo		
		Reversibilità	reversibile		

Tabella 7.5. - Valutazione della significatività degli effetti potenzialmente attesi per la componente Acque sotterranee Geologia sia in fase di Cantiere che in quella di Esercizio

**ALLEGATI**

**ALLEGATO 1: CARTA GEOLOGICA**

**ALLEGATO 2: CARTA GEOMORFOLOGICA**

**ALLEGATO 3: CARTA IDROGEOLOGICA**

**ALLEGATO 4: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA**

**ALLEGATO 5: CARTA DEI TERREMOTI**