

ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO

dott.ing. **ROBERTO BOSETTI**

INSCRIZIONE ALBO N° 1027

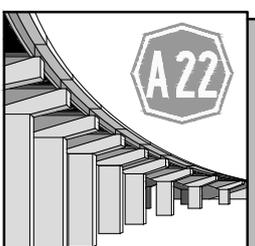
IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

dott. ing. *Roberto Bosetti*

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

1	ELABORATI GENERALI
2.1.1	STUDI GEOLOGICI E GEOTECNICI Regione Veneto Relazione geologica

1	SETT. 2023	RICHIESTE INTEGRAZIONI M.A.S.E.	ENGEIO s.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
0	MAR. 2021	EMISSIONE	ENGEIO s.r.l.	G. BERRERA	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:
NUMERO PROGETTO: 31/09					

INDICE

1	Premesse.....	2
1.1	Inquadramento geografico.....	2
1.2	Normativa di riferimento.....	3
1.3	Principali informazioni pregresse.....	4
1.3.1	Studio geologico a supporto del Progetto Definitivo.....	4
1.3.2	Dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A.....	5
1.3.3	Altre fonti informative.....	5
1.4	Elaborati grafici prodotti.....	6
1.5	Report indagini geognostiche.....	7
2	Geologia.....	8
2.1	Quadro geologico di riferimento.....	8
2.2	Carte geolitologiche.....	14
2.2.1	Depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi.....	14
2.2.2	Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi.....	15
2.2.3	Depositi prevalentemente argillosi e limosi.....	15
2.2.4	Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe.....	15
3	Geomorfologia.....	16
3.1	Quadro geomorfologico di riferimento.....	16
3.2	Carte geomorfologiche.....	17
3.2.1	Elementi morfologici naturali.....	17
3.2.1.1	Traccia di paleoalveo incassato o a livello della pianura.....	17
3.2.1.2	Orlo di scarpata di paleoalveo leggermente depresso rispetto alla pianura circostante.....	17
3.2.1.3	Scarpata di erosione fluviale fissata.....	18
3.2.1.4	Aerea depressa a deflusso difficoltoso.....	18
3.2.2	Elementi morfologici antropici.....	18
3.2.2.1	Cava attiva.....	18
3.2.2.2	Cava esaurita.....	18
3.2.2.3	Discarica attiva.....	18
3.2.2.4	Discarica esaurita.....	18
3.2.3	Idrografia.....	18
3.2.3.1	Fiume Tartaro.....	19
3.2.3.2	Corso d'acqua principale.....	19
3.2.3.3	Lago di cava o fontanile.....	19
4	Indagini geognostiche pregresse.....	21
4.1	Sondaggi a carotaggio continuo.....	21
4.2	Trincee o pozzetti esplorativi.....	23
4.3	Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono.....	24
4.4	Prove penetrometriche dinamiche.....	25
5	Indagini integrative.....	27
6	Sezioni litostratimetriche.....	28

1 PREMESSE

La presente relazione descrive lo studio geologico effettuato a supporto della progettazione definitiva per la realizzazione della terza corsia dell'autostrada A22, "del Brennero", prevista tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314), relativamente al tratto ricadente nella sola Regione Veneto.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 1.2, e, in particolare del D.M. 17/01/2018, Testo Unico - Norme Tecniche per le Costruzioni.

Esso ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

1. raccolta di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento, quali, carte tematiche, dati stratigrafici, studi geologici precedenti, in gran parte, citati nel paragrafo 1.3 (in particolare, va sottolineata la vasta mole di informazioni fornite dalle indagini effettuate dopo la redazione del progetto definitivo dell'intervento in esame);
2. definizione delle caratteristiche litostratimetriche mediante analisi critica ed elaborazione della documentazione di cui al punto precedente;
3. pianificazione di un programma di analisi integrative alla luce delle necessità progettuali e di quanto ricostruito grazie alle prime 2 fasi di studio;
4. aggiornamento del modello geologico coi dati derivanti dalla nuova campagna d'indagini;
5. definizione geologica e geomorfologica dell'area d'imposta dell'infrastruttura in esame e di un suo discreto intorno.

1.1 Inquadramento geografico

Il tratto veneto dell'autostrada A22 "del Brennero", ha una lunghezza di oltre una ventina di chilometri, collegando all'incirca le chilometriche 223 e 246 (cfr. immagine aerea di Fig. 1).

Esso ricade interamente in provincia di Verona, interessando, da nord verso sud, i comuni di Bussolengo, Sona, Verona, Sommacampagna, Villafranca, Vigasio, Povegliano Veronese e Nogarole Rocca.

In questo tratto, l'infrastruttura attraversa una porzione dell'alta pianura padana, compresa tra i fiumi Adige e Mincio, lambendo la città di Verona e incrociando, al limite sud-orientale di tale abitato, l'autostrada A4.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	2 di 30

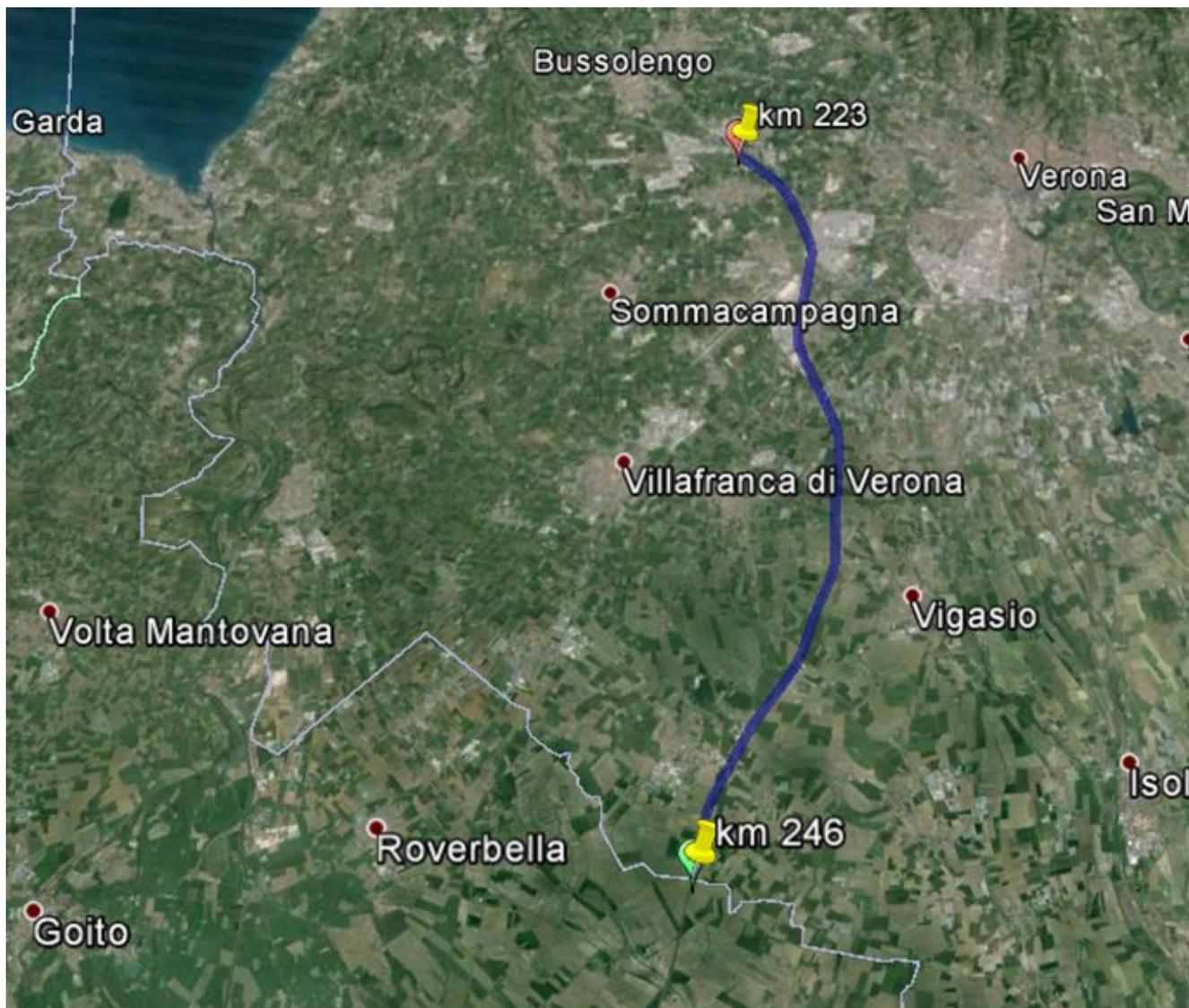


FIG. 1 – IMMAGINE AEREA DEL TRATTO DI AUTOSTRADA VENETO OGGETTO D'INTERVENTO
 (DA GOOGLE EARTH)

1.2 Normativa di riferimento

- Circolare 21-1-2019 n° 7 C.S.LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione dell'”Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni” di cui al DM 17/1/2018.
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni – Allegato A;
- 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;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	3 di 30

- 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;
- 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";
- L.R. n. 19 del 30/10/2008 “Norme per la riduzione del rischio sismico”;
- D.G.R. Veneto n° 244 del 9/3/2021 - Nuovo elenco dei comuni sismici del Veneto;
- D.G.R. Veneto n° 378 del 30/3/2021 - Nuove procedure autorizzative per le costruzioni in zona sismica e abitati da consolidare.

1.3 Principali informazioni pregresse

Come indicato nelle premesse, la prima fase dello studio è consistita nella ricerca e raccolta di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento.

Di seguito sono citate tutte le fonti informative utilizzate.

1.3.1 Studio geologico a supporto del Progetto Definitivo

La Relazione Geologica a supporto del Progetto Definitivo dell'intero intervento di realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) è stata redatta, nel dicembre 2009, da parte dello Studio Associato Geologia Applicata di Mezzocorona (Tn).

Per la redazione di tale elaborato, ci si è avvalsi dei dati originali ottenuti dal rilievo di campagna, che hanno integrato i dati bibliografici disponibili. In considerazione della mole di indagini e/o prove esistenti, infatti, gli autori non hanno ritenuto necessario eseguire ulteriori approfondimenti, ma hanno articolato lo studio nelle seguenti fasi:

1. Acquisizione dei dati bibliografici disponibili
2. Acquisizione di prove ed indagini geologiche/geotecniche effettuate lungo l'asse autostradale e nelle zone ad esso adiacenti
3. Definizione di un modello geomorfologico preliminare da interpretazione aereofotogrammetrica
4. Verifica e correzione del modello preliminare mediante un'analisi dello stato dei luoghi, tramite rilievi e sopralluoghi
5. Analisi e confronto critico tra i dati bibliografici raccolti, indagini e prove esistenti con il rilievo geomorfologico effettuato

Lo studio ha consentito di elaborare un modello geologico e litostratigrafico, per l'intero tratto compreso tra Verona e l'intersezione con l'autostrada A1, riportato graficamente nelle tavole:

- Carta geolitologica e geomorfologica (Tavole da A₁₋₂₆ a A₂₆₋₂₆)
- Sezioni litostratigrafiche ed idrogeologiche (Tavole da D₁₋₁₅ a D₁₅₋₁₅)

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	4 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	<i>Progetto definitivo</i>

1.3.2 Dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A.

I dati forniti da Autostrada del Brennero S.p.A. sono relativi alla progettazione sia dell'intera autostrada che di interventi locali, come: sottopassi, sovrappassi, svincoli, stazioni di accesso, piazzole, ecc.

Il più delle volte, si tratta di intere relazioni geologiche, relative alla singola opera oggetto di studio, con uno spazio temporale che spazia tra il 1993 e il 2015; dunque, comprendendo anche gli approfondimenti d'indagine effettuati per la realizzazione della terza corsia. Invece, per quanto riguarda la progettazione dell'autostrada si hanno a disposizione dei sondaggi effettuati negli anni 1966 e 1967.

La consultazione e il recepimento di tali dati è stato possibile grazie al lavoro di raccolta, riorganizzazione, analisi, razionalizzazione e georeferenziazione delle stesse informazioni, effettuato dal dott. geol. Matteo Baisi, sempre su incarico di Autostrada del Brennero S.p.A.

Per il tratto in esame sono disponibili i dati relativi alle indagini di campagna riepilogate nella seguente tabella (cfr. Tab. 1):

Tipo di indagine	Quantità
Sondaggio a carotaggio continuo (SC)	62
Trincea o pozzetto esplorativo (T)	32
Prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)	2
Prova penetrometrica dinamica (SCPT)	2
MASW	1

TAB. 1 – INDAGINI GEOGNOSTICHE FORNITE DA AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.
RELATIVE AL TRATTO AUTOSTRADALE IN ESAME

A questi vanno aggiunti quelli forniti dalle prove di laboratorio effettuate su 134 campioni.

1.3.3 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 Veneto¹.

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

- Litologia
- Geomorfologia
- Idrografia

¹ Cfr. <https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/geoportale>

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	5 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	<i>Progetto definitivo</i>

- Fotogrammi aerei

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

- AA.VV (1999) - Carta Geomorfológica della Pianura Padana, alla scala 1:250.000. M.U.R.S.T. Ed. Selca, Firenze
- Servizio Geologico d'Italia - "Foglio 62 – Mantova – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000"
- Servizio Geologico d'Italia - "Foglio 63 – Legnago – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000"
- Servizio Geologico d'Italia - "Foglio 48 – Peschiera del Garda – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000"
- Servizio Geologico d'Italia - "Foglio 49 – Verona – della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000"
- Regione Veneto – "Carta delle unità geomorfologiche in scala 1: 250.000"

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

- ARPAV (2008) - Le acque sotterranee della pianura veneta. I risultati del progetto SAMPAS
- Cremaschi M. & Alii (1980) – Evoluzione della Pianura Padana durante l'età del Bronzo, l'età romana e il alto Medio Evo: geomorfologia e insediamenti. 16, fasc. 1 - 2 - 3 - 4, pp. 106.
- Dondi L. & D'Andrea M. G. (1986) - La Pianura Padana e Veneta dall'Oligocene superiore al Pleistocene. Giornale Di Geologia, 48 (1-2), 197–225.
- Garzanti E., Vezzoli G. & Andò S. (2011) - Paleogeographic and paleodrainage changes during Pleistocene glaciations (Po Plain, Northern Italy). Earth-Science Rev., 105, 25–48.
- ISPRA (2015) - Modello geologico 3D e geopotenziali della Pianura Padana centrale (Progetto GeoMol). Rapporti ISPRA, 234/2015, pp. 104 e Appendice
- Ori G. G. (1993) - Continental depositional systems of the Quaternary of the Po Plain (northern Italy). Sedimentary Geology, 83 (1-2), 1–14.
- Perconig E. (1956) - Il Quaternario della Pianura Padana. Actes du IV Congrès INQUA (Rome-Pise, 1953), Roma, 481-524.
- Pieri M., Groppi G. (1981): Subsurface geological structure of the Po plain, Italy. Progetto Finalizzato Geodinamica- Agip n. 414.
- Regione Lombardia & ENI Divisione AGIP (2002): Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia"
- Ricci Lucchi F. (1980) – Sedimentologia, parte III, Ambienti Sedimentari e Facies. Ed. CLUEB.

1.4 Elaborati grafici prodotti

A supporto della presente relazione sono stati redatti gli elaborati grafici indicati nella seguente tabella (cfr. Tab. 2– Elaborati grafici prodotti):

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	6 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	Progetto definitivo

Codice	Codice	Scala
VEN-GE.2.1	Carta geolitologica con ubicazione indagini (Tav. 1/3)	1:5.000
VEN-GE.2.2	Carta geolitologica con ubicazione indagini (Tav. 2/3)	1:5.000
VEN-GE.2.3	Carta geolitologica con ubicazione indagini (Tav. 3/3)	1:5.000
VEN-GE.3.1	Carta geomorfologica (Tav. 1/3)	1:5.000
VEN-GE.3.2	Carta geomorfologica (Tav. 2/3)	1:5.000
VEN-GE.3.3	Carta geomorfologica (Tav. 3/3)	1:5.000
VEN-GE.4.1	Sezione litostratimetrica (Tav. 1/3)	D=1:5.000, H=1:500
VEN-GE.4.2	Sezione litostratimetrica (Tav. 2/3)	D=1:5.000, H=1:500
VEN-GE.4.3	Sezione litostratimetrica (Tav. 3/3)	D=1:5.000, H=1:500

TAB. 2– ELABORATI GRAFICI PRODOTTI

1.5 Report indagini geognostiche

I risultati delle indagini geognostiche utilizzati nel presente studio sono riportati negli allegati elencati nella seguente tabella (cfr. Tab. 3– Allegati con report delle indagini geognostiche):

Codice	Titolo
VEN-GE.5.1	Report indagini geognostiche - Stratigrafie sondaggi
VEN-GE.5.2	Report indagini geognostiche - Prove penetrometriche
VEN-GE.5.3.1	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 1/2
VEN-GE.5.3.2	Report indagini geognostiche - Analisi di laboratorio 2/2
VEN-GE.5.4	Report indagini geognostiche - Sismica
VEN-GE.5.5	Report indagini geognostiche - Sondaggi con escavatore

TAB. 3– ALLEGATI CON REPORT DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Va chiarito che nell'elaborato VEN-GE.5.4 sono riportati i risultati delle indagini sismiche la cui ubicazione è raffigurata nella Carta geolitologica con ubicazione indagini (cfr. elaborati VEN-GE.3.1, VEN-GE.3.2 e VEN-GE.3.3), ma che questi dati non saranno analizzati nella presente relazione. Per la trattazione di tale argomento si rimanda alla Relazione sismica.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	7 di 30

2 GEOLOGIA

2.1 Quadro geologico di riferimento

Il territorio in esame appartiene al settore nord orientale della Pianura Padana la cui evoluzione geologica risulta connessa allo sviluppo della catena alpina e di quella appenninica, costituendo, sin dal tardo Cretacico, la parte frontale delle due sistemi ad opposta convergenza.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente la pianura veronese rientra in un settore della Pianura Padana a carattere omonoclinico (*Pedealpine Homocline*), con una debole immersione regionale del basamento mesozoico verso sud (cfr. Fig. 2).

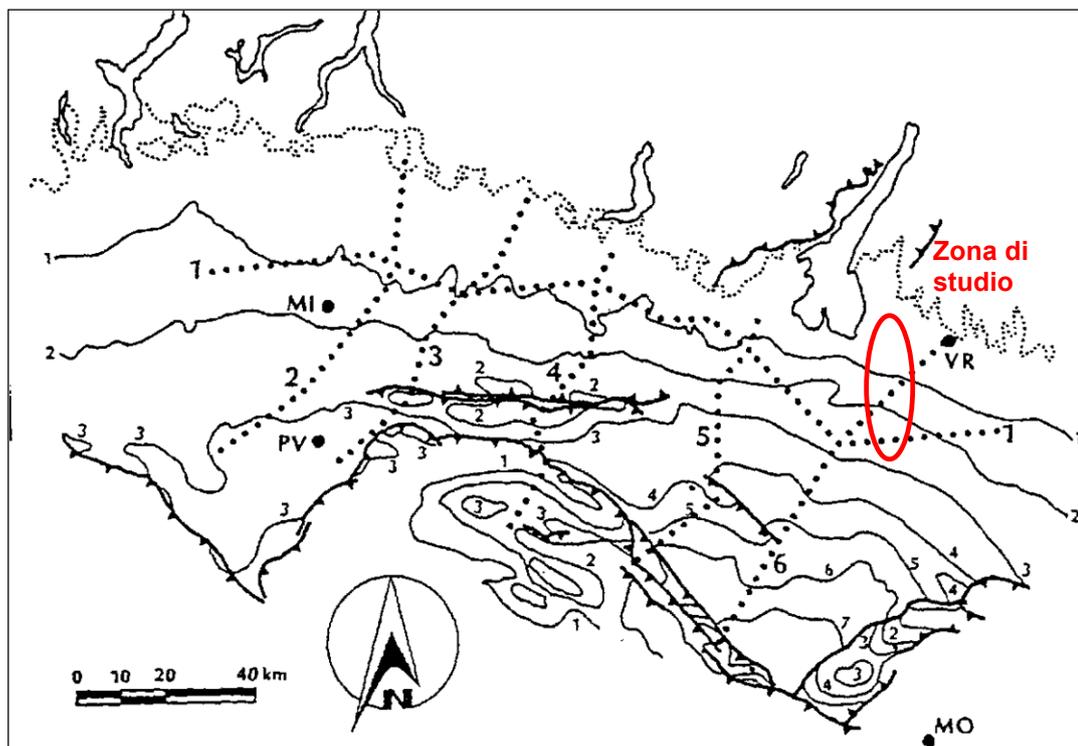


FIG. 2 – SCHEMA TETTONICO STRUTTURALE DELLA PIANURA PADANA (DA PIERI E GROPPPI, 1981)
 (ISOBATE DEL TETTO DEL PLIOCENE IN MIGLIAIA DI METRI)

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Nel contempo si registra un sensibile spostamento verso Nord-Est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	8 di 30

strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde Nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico, risente in modo consistente di tali movimenti.

Il margine settentrionale risente, invece, in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici fini legati a movimenti eustatici.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo.

Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo, presenti alla base, sono ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti *facies*: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, Est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale Sud-Est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue:

- Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po)
- Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica
- Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica
- Delta conoide alpino ed appenninico
- Piana costiera
- Piattaforma sommersa
- Scarpate sottomarina
- Piana bacinale.

L'organizzazione verticale delle *facies* all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiori spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri.

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentano fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali.

Il settore meridionale del sottosuolo in esame è stato recentemente studiato, con particolare dettaglio, in quanto interno all'area pilota italiana individuata dal Progetto Geomol² per poter analizzare un settore

² Il Progetto GeoMol "Assessing subsurface potentials of the Alpine Foreland Basins for sustainable planning and use of natural resources" è finanziato dal Programma Spazio Alpino 2007-2013 - Cooperazione Territoriale Europea, nell'ambito del tema prioritario 3 - Environment and Risk Prevention.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	9 di 30

strategico, sia dal punto di vista della valutazione del geopotenziale (geotermia) che per la presenza di strutture tettoniche sismicamente attive.

In particolare, grazie all'interpretazione di un dataset costituito da 12.200 km di linee sismiche (807 linee) e da 126 log di pozzi (cfr. Fig. 3), è stato possibile ottenere una modellazione geologica omogenea 3D per l'intera area pilota.

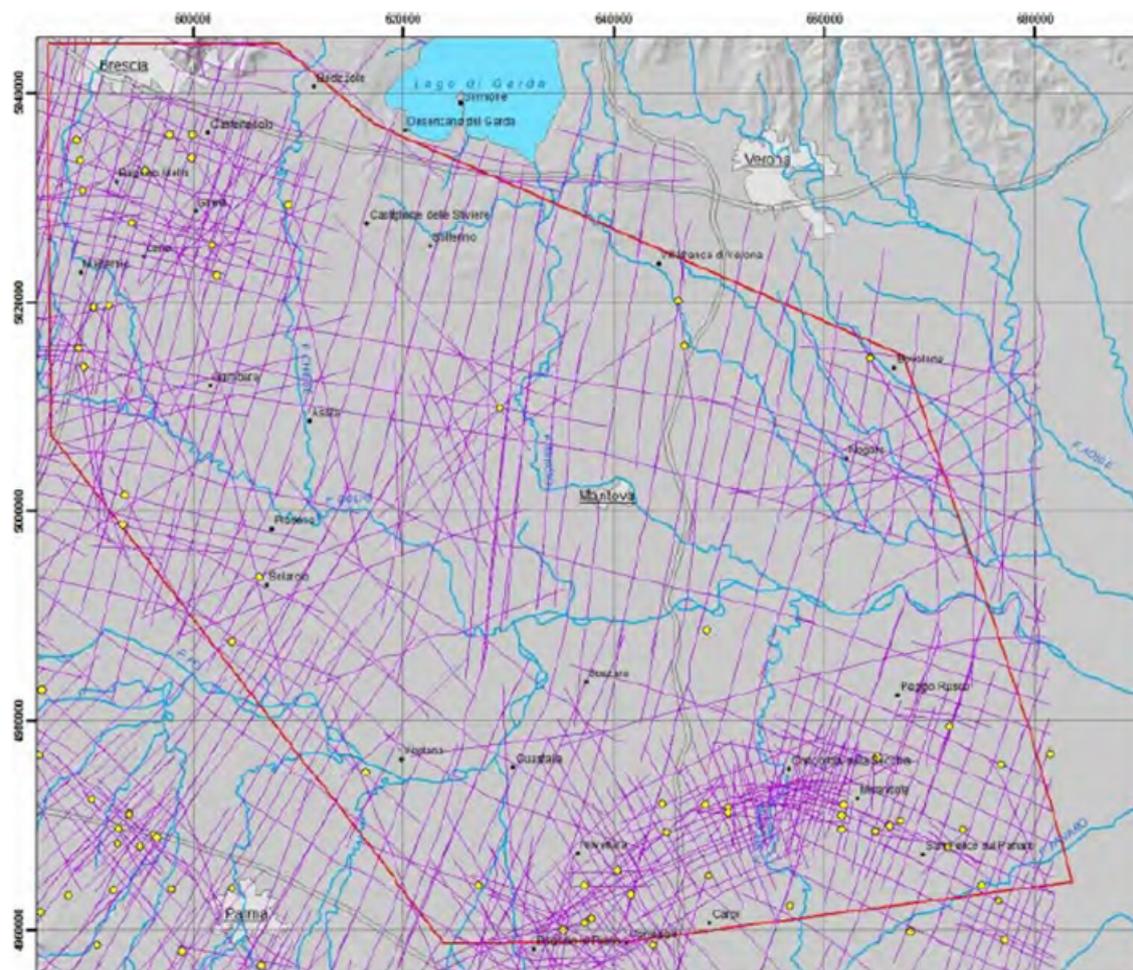


FIG. 3 – BASE DATI UTILIZZATA PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA

Tale modellazione è basata su uno schema stratigrafico, riportato in Fig. 4, valido alla scala regionale, che distingue 16 unità, dal Permiano al Pleistocene, separate da superfici di discontinuità riconoscibili nel sottosuolo, in quanto riflettori sismici ben evidenti e correlabili. Proprio in Fig. 4 si osserva che, solo nel Pleistocene, sono presenti 7 unità: 4 marine e 3 continentali.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	10 di 30

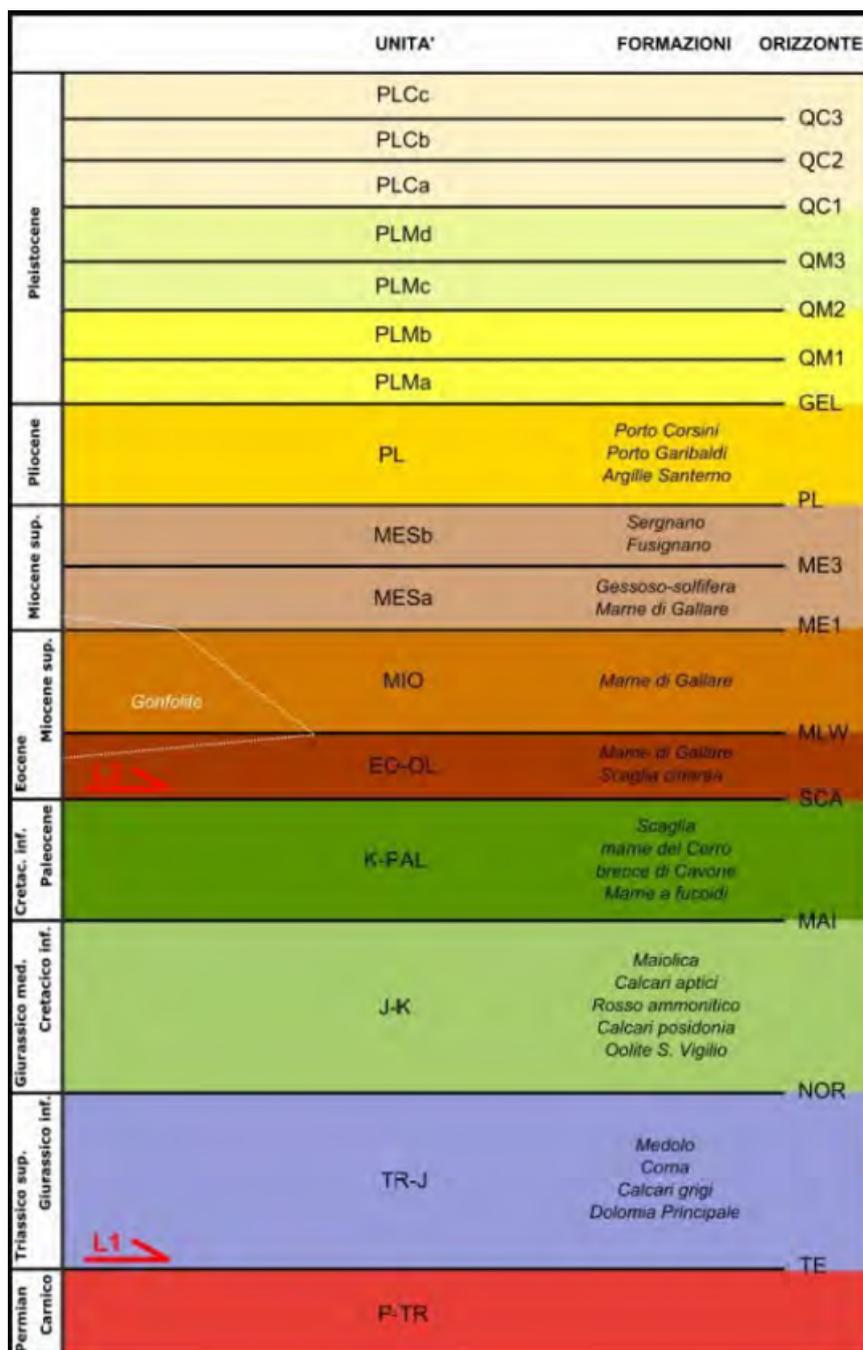
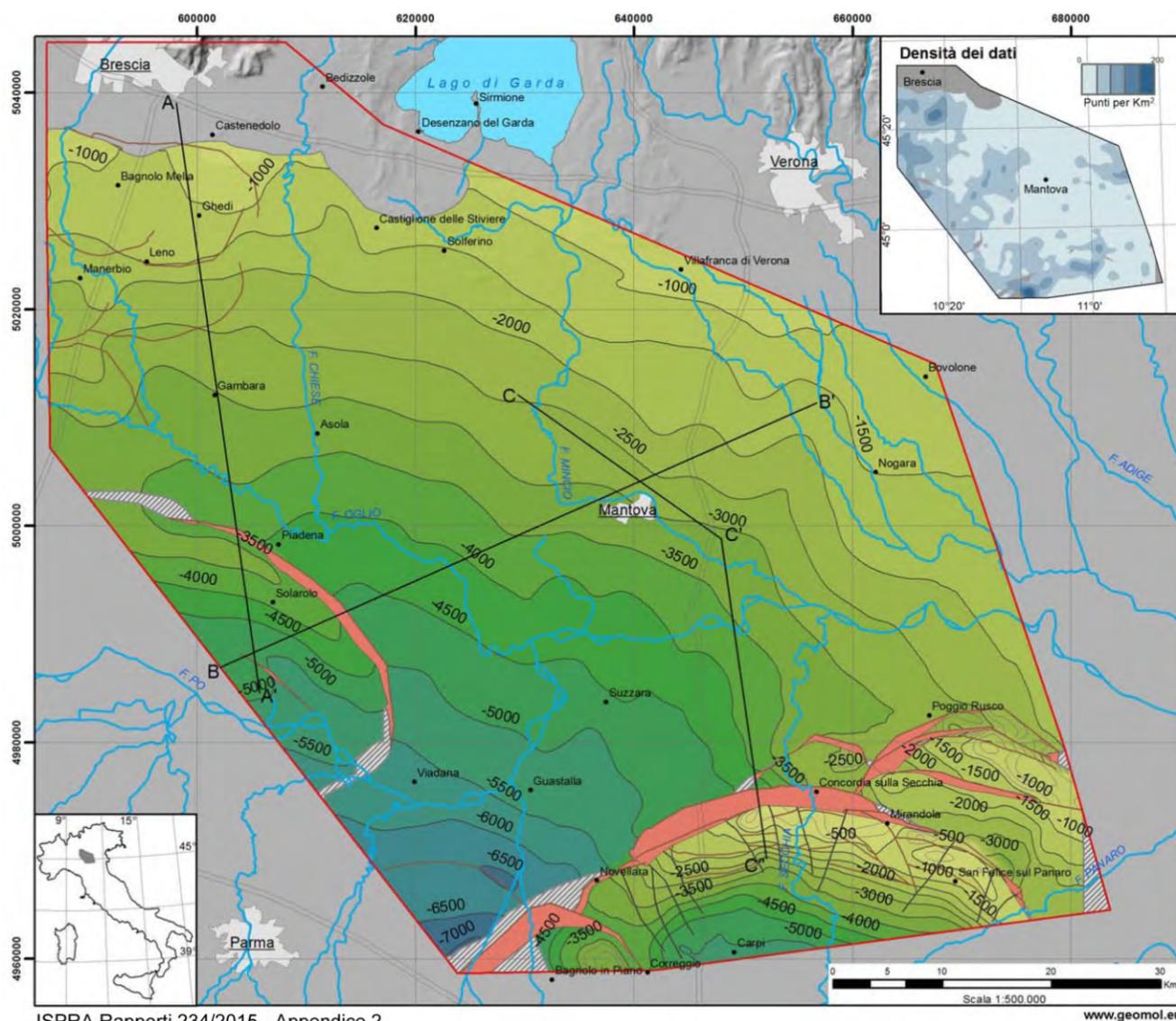


FIG. 4 – SCHEMA STRATIGRAFICO PER LA MODELLAZIONE GEOLOGICA DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA

Il modello 3D permette, oltre a misurare dei volumi, di estrarre rappresentazioni numeriche 2D, sia in mappa (vedi, ad esempio, in Fig. 5 la mappa della base del Pliocene. , ottenuta mediante curve a ugual quota s.l.m. e rappresentando gli elementi strutturali che la intersecano) che in sezione.



ISPRA Rapporti 234/2015 - Appendice 2

www.geomol.eu

FIG. 5 –MAPPA DELLA BASE DEL PLIOCENE ALL'INTERNO DELL'AREA PILOTA GEOMOL IN ITALIA
 (DALLA PRESENTAZIONE DI ANDREA PICCIN: "IL PROGETTO EUROPEO GEOMOL", SABBIONETA 3/02/16)

Le analisi effettuate nel corso del Progetto Geomol hanno consentito di migliorare anche la conoscenza della geometria e dello stato di attività delle strutture tettoniche sepolte. A riguardo in Fig. 6 è riportato uno stralcio cartografico con raffigurati i «sistemi» classificati e le sorgenti sismogetetiche ubicate nella porzione di territorio veneto attraversata nel tratto dell'infrastruttura in esame.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	12 di 30



FIG. 6 – MAPPA STRUTTURALE E SORGENTI SISMOGENETICHE NEL TERRITORIO OGGETTO DI STUDIO
 (DA [HTTP://MAPS.GEOMOL.EU](http://maps.geomol.eu))

Interessante è, infine, la descrizione che viene data della sorgente sismogenetica del terremoto del 1117 del Veronese, di seguito riportata:

Il terremoto del Veronese del 1117 di Mw 6.7....è il più forte evento sismico ad aver colpito il settore centrale della Pianura Padana. Esso è caratterizzato da un'area di danneggiamento e risentimento molto estesa, incentrata nella zona di pianura a sud di Verona ed inclusa all'interno dell'area di studio del Progetto GeoMol In letteratura sono presenti diverse ipotesi riguardanti la faglia causativa del terremoto e molte di queste propongono una sorgente sismogenetica posizionata almeno 30-50 km di distanza dall'area di massimo danneggiamento, la quale è stata da sempre considerata una porzione indeformata dell'avanpaese comune delle due catene. Le soluzioni proposte includono strutture appartenenti ai sistemi del Sudalpino, come il thrust del Monte Baldo, il thrust dei Monti Lessini, ed il thrust di Thiene-Bassano ... e dell'Appennino Settentrionale come il thrust di Piadena Il database DISS, al contrario, ha privilegiato una soluzione basata su uno studio di dettaglio di anomalie idrografiche di sospetta origine tettonica e di dati di sottosuolo, incentrato nel settore di pianura ospitante l'area epicentrale del terremoto Infine, recentemente, il terremoto del 1117 è stato attribuito ad una delle faglie del sistema delle strutture dirette ereditate presenti nel sottosuolo della pianura a sud di Verona, la Faglia di Nogara o la Faglia di S. Ambrogio Queste faglie dirette ereditate, sono state confrontate geometricamente nel modello geologico 3D con la sorgente sismogenetica del database DISS (ITCS076). Esse mostrano in pianta un andamento quasi ortogonale alla sorgente DISS, ma se viste in sezione occupano un intervallo di profondità molto superficiale, essendo state mappate solamente tra 2 e 4 km di profondità circa e non intersecando il piano della sorgente sismogenetica DISS, se non

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	13 di 30

nella sua porzione superiore Questo è dovuto ad una mancanza di informazione al di sotto della profondità di 4-5 km causata dalla scarsa qualità delle linee sismiche al di sotto dei carbonati mesozoici. Mancando informazioni sulla geometria profonda di queste strutture e, soprattutto, mancando informazioni definitive sulla loro attività recente (le linee sismiche a tal riguardo non mostrano orizzonti recenti chiaramente dislocati), nell'ambito del progetto si è scelto di mantenere la soluzione proposta dal database DISS, lievemente modificata solamente per quanto riguarda gli intervalli di profondità.

2.2 Carte geolitologiche

Ai fini del presente lavoro, riveste particolare interesse l'analisi delle caratteristiche litologiche dei terreni superficiali. La litologia permette, infatti, di dare un primo orientamento per la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei depositi sui quali saranno impostate le infrastrutture in progetto.

A tale scopo, è stato svolto uno studio che ha comportato, innanzitutto, la raccolta dei dati disponibili, quali, in particolare, studi geologici a scala comunale e provinciale, stratigrafie d'indagini geognostiche e carte tematiche (cfr. paragrafo 1.3).

Inoltre, si è proceduto all'acquisizione di nuove informazioni tramite un rilevamento di campagna, che ha comportato l'analisi diretta delle litologie affioranti e di quelle messe a giorno dagli scavi.

I risultati dello studio sono stati cartografati, alla scala 1:5.000, nelle Carte geolitologiche con ubicazione indagini di cui agli elaborati VEN-GE.2.1, VEN-GE.2.2 e VEN-GE.2.3.

Esse rappresentano la distribuzione areale dei depositi del primo sottosuolo, fino a -2 m da piano campagna.

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

Per distinguere adeguatamente i terreni incontrati sono state, pertanto, individuate quattro classi.

L'attribuzione di ogni area ad una specifica classe è stata basata sul criterio della prevalenza tessiturale nell'ambito della verticale indagata.

I limiti tra le diverse classi sono stati tracciati a seguito di un'analisi di carattere morfologico e geologico che ha consentito di valutare i processi evolutivi responsabili dalla distribuzione spaziale delle singole unità litologiche.

Di seguito, vengono sinteticamente descritte le quattro classi individuate.

2.2.1 Depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi

Ricadono in questa classe i depositi di conoide, costituiti da le ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari amalgamati, intercalate a sabbie limose, in strati di spessore decimetrico.

Tali depositi caratterizzano tutta la porzione più settentrionale del territorio attraversato dall'infrastruttura in esame, a nord della chilometrica 233, oltre a un breve tratto, all'incirca tra il km 242 e il km 243.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	14 di 30

2.2.2 Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi

Si tratta di depositi tipici dell'ambiente deposizionale di canale e argine prossimale, costituiti, prevalentemente, da sabbie medie e fini, organizzate in strati di spessore decimetrico, intercalate a sabbie fini e finissime limose; subordinatamente, sono presenti limi argillosi. Localmente si trovano anche sabbie medie e grossolane, in corpi lenticolari e nastriformi.

L'autostrada oggetto di studio è impostata su questa classe litologica solo in un tratto, compreso, all'incirca, tra il km 233 e il km 234.

2.2.3 Depositi prevalentemente argillosi e limosi

Appartengono a questa classe i sedimenti di area interfluviale, ubicati nelle aree depresse della piana inondabile, interposte ai depositi di argine. Questi si sedimentano in condizioni di "stanca" quando l'energia del fiume che esonda è quasi totalmente esaurita e l'ultima frazione granulometrica che ancora viene portata in sospensione è quella più fine, argillosa.

Dunque, si tratta di argille, argille limose e limi argillosi laminati, deposti in strati medi e spessi, con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose, in strati da molto sottili a medi.

Questa tipologia di depositi è quasi sempre presente come terreni d'imposta nel settore meridionale dell'infrastruttura in esame, a sud della chilometrica 234.

2.2.4 Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe

Sono depositi con caratteristiche tessiturali analoghe a quelle della classe precedente ma in cui si rinvenivano anche livelli di argille e limi ricchi in sostanza organica, prevalentemente decomposta, tipici dell'ambiente di palude.

L'A22 interessa questa tipologia di depositi solo in corrispondenza dell'attraversamento del fiume Tartaro, attorno alla chilometrica 236.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	15 di 30

3 GEOMORFOLOGIA

3.1 Quadro geomorfologico di riferimento

L'area in esame ricade all'interno della pianura veronese, sistema morfologico identificabile con la vasta superficie pianiziale che caratterizza la parte centro-meridionale del territorio provinciale.

Il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti, con quote comprese tra poco più di 30 m s.l.m., sul confine tra regione Lombardia e Veneto ai quasi 100 m s.l.m., in corrispondenza dell'estremità settentrionale del tratto di autostrada oggetto di studio.

L'evoluzione di questo settore di territorio è legata alla presenza di un imponente sistema fluvio-glaciale e fluviale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali.

Più in dettaglio, all'interno della porzione di livello fondamentale in esame, si distingue, a nord della chilometrica 235, l'alta pianura ghiaioso sabbiosa (cui appartiene anche la Valle dell'Adige, che si insinua fra il Monte Baldo e la Lessinia), più prossima alle colline moreniche e al sistema prealpino, con pendenza nell'ordine dello 0,5%; spostandosi a sud, invece, si passa alla bassa media pianura idromorfa, che, a sua volta, è distinta in fascia delle risorgive, all'incirca tra il km 235 e il km 237, e in area dei paleovalvei destra Adige, a sud del km 237 fino al confine regionale, dove si ha un'acclività media inferiore allo 0,3%.

Nel complesso il territorio si presenta come una pianura monotona. Le morfologie naturali, che in zona si sviluppano a piccola scala, conferiscono all'area un aspetto debolmente ondulato, movimentato da forme allungate talora convesse e talora concave.

L'analisi dell'assetto morfologico è stata svolta sulla base della documentazione biblio-cartografica riguardante, principalmente, studi effettuati per la pianificazione territoriale, a scala provinciale e comunale, integrata da rilevamenti diretti di campagna.

Come anticipato gli agenti morfogenetici che hanno svolto un ruolo predominante nel modellamento della pianura sono i corsi d'acqua.

Altri elementi molto importanti nel modellamento del territorio sono le strutture tettoniche che hanno condizionato la dinamica fluviale quaternaria.

Sempre sotto il profilo morfologico l'area in esame è da considerarsi 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 suddivisione del territorio, in particolare nella bassa media pianura idromorfa attraverso una rete di collettori artificiali, che consentono, a periodi alterni, lo scolo e la distribuzione irrigua delle acque.

Esigenze antropiche hanno portato all'edificazione di argini artificiali, a fianco dei corsi d'acqua, che, per le aree di pianura extragolenali, hanno provocato una sorta di congelamento dello stato di fatto morfologico

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	16 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	Progetto definitivo

antecedente la loro realizzazione (con eccezione di quanto possa derivare dall'attività antropica), mentre la morfodinamica fluviale resta attiva all'interno delle golene.

3.2 Carte geomorfologiche

Le caratteristiche geomorfologiche individuate per il territorio in esame sono riportate, congiuntamente alle informazioni relative all'idrografia superficiale, nelle Carte geomorfologiche di cui agli elaborati VEN-GE.3.1, VEN-GE.3.2 e VEN-GE.3.3, tutte redatte alla scala 1:5.000.

In tali carte è stata rappresentata, innanzitutto, la zonazione descritta nel paragrafo precedente, distinguendo l'alta pianura ghiaioso sabbiosa dalla bassa media pianura idromorfa, a sua volta, distinta in fascia delle risorgive e in area dei paleoalvei destra Adige.

Quindi, sono state tracciate le isoipse: sia quelle principali, con equidistanza di 5 m, che quelle secondarie, con equidistanza di 1 m.

Infine, sono stati ripotati i principali elementi idrografici e morfologici identificati come elencati nei seguenti paragrafi, rispettando la suddivisione adottata nella legenda della Carta geomorfologica.

3.2.1 Elementi morfologici naturali

3.2.1.1 Traccia di paleoalveo incassato o a livello della pianura

E' una forma connessa con vecchi letti fluviali ora abbandonati. Detto abbandono, avviene di regola durante episodi di tracimazioni, facilitati dal dislivello esistente tra letto fluviale e la pianura circostante.

Si tratta di elementi difficilmente individuabili, sia in carta che durante i sopralluoghi: 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.

Le tracce cartografate (cfr. all'incirca in corrispondenza delle chilometriche: 223, 235 e 245), sono, pertanto, state rilevate esaminando gli andamenti planimetrici del territorio in esame, unitamente alle informazioni biblio-cartografiche relative agli antichi percorsi fluviali.

3.2.1.2 Orlo di scarpata di paleoalveo leggermente depresso rispetto alla pianura circostante

In questa classe sono state raffigurate le scarpate d'erosione di modeste dimensioni che intersecano il livello fondamentale della pianura delimitando delle piccole valli.

Sostanzialmente, come per l'elemento morfologico descritto nel paragrafo precedente, individuano antichi tracciati fluviali: la differenza è che, in questo caso, si rappresentano delle fasce interessate dal corso d'acqua e non degli allineamenti. Fasce che sono state disegnate solo nell'area dei paleoalvei destra Adige, tra il 239 e il km 241.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	17 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Lombardia</i>	<i>Progetto definitivo</i>

3.2.1.3 *Scarpata di erosione fluviale fissata*

Si tratta di una forma analoga alla precedente, ma di altezza plurimetrica, tanto da renderla rilevabile sia con sopralluoghi in sito che dal semplice esame delle isoipse.

Nel tratto in esame scarpate di questo tipo sono state individuate, all'incirca, al km 242 e al km 243, a delimitare una fascia depressa ortogonale al tracciato autostradale.

3.2.1.4 *Aerea depressa a deflusso difficoltoso*

Nella porzione di territorio in esame sono state cartografate 2 aree depresse a deflusso difficoltoso.

La prima corrisponde alla valle in cui scorre il fiume Tartaro che interseca l'autostrada in esame, alla chilometrica 236, al passaggio tra fascia delle risorgive e area dei paleoalvei destra Adige.

La seconda è quella delimitata dalle scarpate di erosione fluviale fissate descritte nel paragrafo 3.2.1.3.

3.2.2 *Elementi morfologici antropici*

Quali elementi morfologici antropici sono state rappresentate le aree interessate da attività estrattive e da discariche, distinguendo tra:

3.2.2.1 *Cava attiva*

Sono state rilevate e raffigurate 2 attività estrattiva in corso, entrambe adiacenti all'infrastruttura sul suo lato occidentale: al Km 223 e al km 231

3.2.2.2 *Cava esaurita*

In Comune di Nogarole Rocca sono presenti 2 cave esaurite: una adiacente all'autostrada, sul lato est, tra il km 239 e 240, l'altra ad ovest, in corrispondenza della chilometrica 243, distante circa 400 m.

Altre cave esaurite sono quelle sotto falda rappresentate tra gli elementi idrografici, come laghi di cava (cfr. paragrafo 3.2.3.3).

3.2.2.3 *Discarica attiva*

Una discarica attiva è presente in Comune di Sona all'interno dell'ambito estrattivo adiacente all'infrastruttura, sul suo lato occidentale, al Km 223, già citato nel paragrafo 3.2.2.1.

3.2.2.4 *Discarica esaurita*

E' stata cartografata una sola discarica esaurita: in Comune di Verona, all'incirca alla chilometrica 226, in adiacenza all'autostrada, sul lato ovest.

3.2.3 *Idrografia*

Come elementi idrografici sono stati distinti:

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	18 di 30

3.2.3.1 Fiume Tartaro

Il Tartaro è uno dei pochi fiumi italiani che nascono in pianura da risorgive, assieme ai suoi affluenti. Si tratta di un corso d'acqua naturale della lunghezza di 52 km che si estende fino alla conca di Torretta di Legnago (VR). Da tale località entra in provincia di Rovigo divenendo un canale artificiale, in buona parte ricavato dal letto del fiume Tartaro, che prende il nome di Canalbianco.

Il fiume è navigabile dalla confluenza del canale Fissero, con il quale costituisce l'idrovia Fissero-Tartaro-Canalbianco o "Mantova-mare", fino alla foce in Adriatico.

L'infrastruttura oggetto di studio attraversa il fiume Tartaro, in corrispondenza della chilometrica 262, con 2 ponti, uno per carreggiata.



FIG. 7 – FOTO DEL FIUME TARTARO RIPRESO POCO AD OVEST DELL’A22 (SULLO SFONDO)

3.2.3.2 Corso d'acqua principale

In questa classe sono stati accorpati tutti gli elementi idrografici lineari principali, con eccezione del fiume Tartaro già visto nel paragrafo precedente.

Questi sono presenti principalmente nel settore meridionale del tratto in esame, quello ricadente nella bassa media pianura idromorfa, dove costituiscono una fitta rete di canali, quasi sempre, artificiali, realizzati per assicurare ai terreni agricoli un sufficiente e regolare drenaggio, durante i periodi piovosi, e un adeguato apporto idrico, durante i mesi asciutti.

3.2.3.3 Lago di cava o fontanile

Nella Carta geomorfologica, sono state rappresentate a parte le zone in cui sono presenti scavi che hanno intercettato la falda freatica, laddove essa presenta una soggiacenza particolarmente bassa; sia che

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	19 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	<i>Progetto definitivo</i>

siano stati effettuati specificatamente per l'approvvigionamento idrico (fontanili), sia che siano il risultato di attività estrattive (laghetti di cava, già anticipati al paragrafo 3.2.2).

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	20 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	Progetto definitivo

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Per ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche dei terreni dell'area oggetto di studio, sono stati considerati, innanzitutto, i dati pregressi già citati nel paragrafo 1.3.

In particolare, va sottolineata la vasta mole di informazioni fornite dalle campagne geognostiche effettuate dopo la redazione del progetto definitivo dell'intervento in esame.

Nei successivi paragrafi, sono descritte le varie tipologie di indagini di cui si sono potuti esaminare i risultati.

4.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per la conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti lungo il tratto di infrastruttura oggetto d'intervento sono stati eseguiti 62 sondaggi a carotaggio continuo.

In Tab. 4, per ciascun sondaggio sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- eventuale prova *down-hole* effettuata nel foro di sondaggio
- eventuale piezometro installato nel foro di sondaggio
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC1-DH	98,4	222+887	40	X		5034344,43	647634,99
VR	VR-SC2	91,5	224+080	20			5033496,28	648477,85
VR	VR-SC3-DH	91,1	224+080	35	X		5033547,1	648524,28
VR	VR-SC4	88,8	224+725	20			5033045,38	648932,74
VR	VR-SC5	88	224+858	20			5032963,59	649044,85
VR	VR-SC6	84,2	225+344	20			5032530,81	649277,88
VR	VR-SC7	83,1	225+682	20			5032221,38	649401,94
VR	VR-SC8-DH	81,9	225+682	35	X		5032151,12	649226,08
VR	VR-SC9	82,7	225+854	20			5032027,47	649388,21
VR	VR-SC10	77	227+050	20			5030907,9	649831,97
VR	VR-SC11-DH	77,5	227+050	35	X		5030904,55	649766,82

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	21 di 30

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC12	75	227+251	30			5030708,29	649757,72
VR	VR-SC13	72,5	227+572	20			5030394,8	649711,53
VR	VR-SC14-PZ	71,4	227+885	25		X	5030071,36	649743,32
VR	VR-SC15-DH	71,4	227+930	40	X		5030045,64	649629,42
VR	VR-SC16	68,3	228+257	20			5029723,78	649572,96
VR	VR-SC17-PZ	58,8	228+688	30		X	5029292,65	649532,24
VR	VR-SC18	66,7	229+113	20			5028865,66	649511,59
VR	VR-SC19-PZ	65,5	229+281	40		X	5028701,75	649476,71
VR	VR-SC20-DH	66,7	229+303	30	X		5028688,21	649418,89
VR	VR-SC21-PZ	65,7	229+517	25		X	5028467,41	649443,73
VR	VR-SC22-DH	67,5	229+649	40	X		5028346,19	649366,33
VR	VR-SC23	63,1	229+932	20			5028059,61	649344,6
VR	VR-SC24-PZ	62,6	230+138	25		X	5027849,78	649359,27
VR	VR-SC25-DH	62,6	230+170	35	X		5027830,62	649438,01
VR	VR-SC26-PZ	59	231+000	25		X	5027030,41	649670,03
VR	VR-SC27-PZ	48,5	232+887	30		X	5025296,13	650402,17
VR	VR-SC28-DH	49	232+897	30	X		5025262,65	650317,89
VR	VR-SC29-DH	47 / 52,8	234+007	45	X		5024165,94	650354,18
VR	VR-SC30-PZ	47 / 55	234+007	45		X	5024163,61	650410,37
VR	VR-SC31	41	236+154	20,3			5022024,35	650249,19
VR	VR-SC32	41,1	236+200	30			5021977,3	650265,58
VR	VR-SC33-DH	41	236+704	40	X		5021475,08	650211,95
VR	VR-SC34-PZ	41	236+704	40		X	5021472,75	650268,14
VR	VR-SC35-PZ	38	238+667	40		X	5019627,76	649615,64
VR	VR-SC36-DH	38	238+667	40	X		5019610,34	649669,11
VR	VR-SC37-PZ	39,6	239+000	25		X	5019306,51	649545,18
VR	VR-SC38	41.3/33.2	240+008	40			5018343,09	649216,31
VR	VR-SC39	41,3	240+008	65			5018348,26	649206,77
VR	VR-SC40-PZ	36	240+019	60		X	5018365,69	649153,3
VR	VR-SC41	35	240+823	20			5017704,04	648701,48
VR	VR-SC42	32,5	240+832	20			5017665,6	648740,55
VR	VR-SC43-PZ	36	241+527	22		X	5017098,3	648337,94
VR	VR-SC44	36	241+541	22			5017127,58	648273,08
VR	VR-SC45-DH	36	241+546	40	X		5017088,51	648319,53
VR	VR-SC46-DH	36	241+588	40	X		5017080,61	648257,8
VR	VR-SC47-DH	40.6/35	243+198	40	X		5015690,86	647443,15
VR	VR-SC48-PZ	35	243+259	40		X	5015596,04	647492,68
VR	VR-SC49-PZ	37,1	243+521	25		X	5015489,4	647130,98
VR	VR-SC50-PZ	36,9	243+656	15		X	5015257,54	647284,56
VR	VR-SC51-PZ	36,7	243+679	15		X	5015253,21	647242,07
VR	VR-SC52-DH	32,1	245+536	45	X		5013474,4	646751,21
VR	VR-SC53-PZ	37,3	245+554	45		X	5013475,56	646653,36
VR	VR-SC54	53	232+200	20,4			5025926,37	650110,24

provincia	Codice	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	down hole	piezometro	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SC55	46,5	234+020	17,7			5024162,91	650385,13
VR	VR-SC56	38,5	235+950	18,6			5022239,88	650208,26
VR	VR-SC57	40	236+630	20,3			5021551,15	650253,78
VR	VR-SC58	40	237+500	17,7			5020706,62	650081,77
VR	VR-SC59	35,5	240+090	20,4			5018283,8	649130,22
VR	VR-SC60	36	241+570	20,6			5017087,65	648297,16
VR	VR-SC61	36,0	243+220	18,6			5015656,55	647476,59
VR	VR-SC62	34,5	243+670	20,7			5015254,55	647267,93

TAB. 4– TABELLA RIEPILOGATIVA DEI SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO PREGRESSI

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi e i risultati delle prove in foro sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.1.

Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, agli elaborati VEN-GE.5.3.1 e VEN-GE.5.3.2.

4.2 Trincee o pozzetti esplorativi

Per l'approfondimento delle conoscenze dei soli terreni più superficiali, in corrispondenza della fascia di spartitraffico, è stata eseguita una campagna di trincee e pozzetti che, nel tratto in esame ha previsto la realizzazione di 32 indagini.

In Tab. 5 per ciascun saggio sono riportati:

- provincia
- codice
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	codice	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-T1	230+200	- 2,3 m	5027798,92	649417,56
VR	VR-T2	230+750	- 2,3 m	5027280,59	649589,15
VR	VR-T3	231+200	- 2,3 m	5026861,12	649751,82
VR	VR-T4	231+700	- 2,4 m	5026396,44	649936,14
VR	VR-T5	232+200	- 2,3 m	5025932,30	650123,60
VR	VR-T6	232+700	- 2,3 m	5025464,63	650303,22
VR	VR-T7	233+200	- 2,3 m	5024976,86	650417,41

provincia	codice	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-T8	233+700	- 2,4 m	5024476,77	650432,67
VR	VR-T9	234+200	- 2,3 m	5023979,01	650386,76
VR	VR-T10	234+700	- 2,3 m	5023481,07	650346,02
VR	VR-T11	235+200	- 2,3 m	5022981,74	650326,41
VR	VR-T12	235+700	- 2,3 m	5022481,64	650305,36
VR	VR-T13	236+200	- 2,3 m	5021982,28	650285,02
VR	VR-T14	236+700	- 2,3 m	5021482,53	650266,73
VR	VR-T15	237+200	- 2,3 m	5020983,72	650201,81
VR	VR-T16	237+700	- 2,3 m	5020516,86	650020,09
VR	VR-T17	238+200	- 2,3 m	5020054,26	649829,68
VR	VR-T18	238+700	- 2,1 m	5019586,95	649654,94
VR	VR-T19	239+250	- 2,1 m	5019065,60	649482,51
VR	VR-T20	239+700	- 2,1 m	5018639,63	649332,13
VR	VR-T21	240+200	- 2,2 m	5018196,39	649098,90
VR	VR-T22	240+700	- 2,1 m	5017784,76	648813,48
VR	VR-T23	241+200	- 2,2 m	5017377,03	648523,36
VR	VR-T24	241+700	- 2,1 m	5016972,11	648229,98
VR	VR-T25	242+200	- 2,0 m	5016554,15	647959,27
VR	VR-T26	242+750	- 1,8 m	5016067,43	647703,93
VR	VR-T27	243+200	- 2,0 m	5015667,13	647497,91
VR	VR-T28	243+700	- 2,3 m	5015220,69	647272,81
VR	VR-T29	244+250	- 2,1 m	5014731,62	647024,94
VR	VR-T30	244+700	- 2,1 m	5014302,44	646900,11
VR	VR-T31	245+200	- 2,1 m	5013812,71	646801,68
VR	VR-T32	245+700	- 2,1 m	5013322,39	646704,37

TAB. 5– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE TRINCEE O POZZETTI ESPLORATIVI PREGRESSI

Le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportate nel report di cui all'elaborato LOM-GE.5.5.

4.3 Prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono

Queste prove consistono nella misurazione della resistenza alla penetrazione di una punta elettrica dotata di piezocono, di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($V = 2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$). La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta, che agisce su una batteria di aste (aste cave con il cavo di trasmissione dati all'interno), alla cui estremità inferiore è collegata la punta con piezocono.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura estensimetrico collegato alla punta ed al manicotto dell'attrito laterale, e da un trasduttore di pressione per la misura della pressione interstiziale dei pori, cioè il carico idraulico istantaneo presente nell'intorno della punta, attraverso un setto poroso opportunamente saturato e disareato.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	24 di 30

I dati delle resistenze alla punta, al manicotto laterale, della pressione dei pori e dell'inclinazione della punta vengono registrate su supporti magnetici e successivamente elaborati.

Nel tratto in esame sono state realizzate 2 prove CPTU.

In Tab. 6, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

provincia	codice PROVA	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-CPTU1	59,0	231+000	2,12	5027019,49	649676,37
VR	VR-CPTU2	39,6	239+000	0,92	5019293,54	649540,55

TAB. 6– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

I report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove CPTU, sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2.

4.4 Prove penetrometriche dinamiche

Le indagini denominate SCPT sono delle prove penetrometriche dinamiche superpesanti.

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite battitura con un maglio di massa pari a 63.5 Kg e con altezza di caduta di 75 cm e la conseguente determinazione del numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica (area della punta 20.43 cm²) e le aste ad essa collegate, per una profondità di 20 cm.

Nel tratto in esame sono state realizzate 2 prove SCPT.

In Tab. 7, per ciascuna prova, sono riportati:

- provincia
- codice
- quota in m s.l.m.
- progressiva chilometrica
- massima profondità raggiunta in m
- latitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N
- longitudine nel sistema WGS84 UTM zona 32 N

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	25 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) <i>Tratto Regione Lombardia</i>	<i>Progetto definitivo</i>

provincia	codice PROVA	quota (m)	progressiva (km)	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-SCPT1	32,6	244+618	- 8,00 m	5014374,30	646927,67
VR	VR-SCPT2	32,1	246+053	- 8,00 m	5012966,94	646649,32

TAB. 7– TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE PROVE CPTU PREGRESSE

I report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza, rilevati nel corso delle prove SCPT, sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	26 di 30

PROGETTO	LIVELLO
AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A. - BRENNERAUTOBHAN A.G. Realizzazione della terza corsia tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314) Tratto Regione Lombardia	Progetto definitivo

5 INDAGINI INTEGRATIVE

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, descritta nel capitolo 4, all'interno del presente studio, è stato pianificato un programma di indagini integrative.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Intergeo s.r.l. di Modena tra l'ottobre e il dicembre 2015.

Come indicato in Tab. 8, nel tratto veneto sono state realizzate 2 prove CPTU, entrambe approfondite fino a rifiuto: la prova VR-CPTU3 è stata interrotta a soli -3,50 m dal piano campagna; mentre, la VR-CPTU4 è riuscita a indagare un discreto spessore di sottosuolo, pari a 16 m.

Per l'attraversamento dell'orizzonte più superficiale, è stato sempre necessario realizzare un preforo tramite sondaggio a carotaggio continuo

provincia	codice prova	sondaggio di preforo	quota (m)	progressiva (km)	eseguita nel	profondità (m)	latitudine WGS84 UTM zona 32 N	longitudine WGS84 UTM zona 32 N
VR	VR-CPTU3	si	39,00	239+366	ott-15	- 3,50 m	5018932,23	649449,98
VR	VR-CPTU4	si	34,10	242+399	ott-15	- 16,00 m	5016398,34	647824,08

TAB. 8 – INDAGINI GEOGNOSTICHE INTEGRATIVE RELATIVE AL TRATTO AUTOSTRADALE IN ESAME

Anche i report con le tabelle e i grafici dei valori di resistenza rilevati nel corso delle prove CPTU integrative sono riportati nell'elaborato VEN-GE.5.2.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	27 di 30

6 SEZIONI LITOSTRATIMETRICHE

Le indagini eseguite hanno consentito di ricostruire l'assetto litostratimetrico dell'area oggetto di studio.

In particolare, alla luce di quanto emerso nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo e delle prove penetrometriche, si sono potute redigere le sezioni, in scala $L=1:5.000$ $H=1:500$, raffigurate negli elaborati VEN-GE.4.1, VEN-GE.4.2 e VEN-GE.4.3.

In tali elaborati, le singole indagini sono state posizionate in relazione dell'ubicazione planimetrica fornita, determinandone la quota di inizio sulla base dei dati altimetrici al contorno.

Sotto ogni sezione sono rappresentate le distanze, progressive e parziali, e la quota del terreno sul livello del mare (s.l.m.).

Per ogni sondaggio sono indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stato realizzato
- se è stato o meno traslato dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)
- l'eventuale effettuazione di campionamenti, indisturbati, rimaneggiati e/o di prove SPT
- il livello massimo raggiunto dalla falda
- se è stato attrezzato con un piezometro a tubo aperto, rappresentando il tratto fenestrato

Inoltre, è stata raffigurata la successione litostratimetrica incontrata, distinguendo le seguenti classi:

- R = materiale di riporto
- V = terreno vegetale
- C = ciottoli
- G = ghiaia
- S = sabbia
- L = limo
- A = argilla
- T = torba
- ASF = asfalto
- O = materiale organico

e seguenti condizioni di copresenza o alternanza:

- XY = deposito misto con parti uguali di X e di Y
- X-Y = deposito misto con X molto più abbondante di Y

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	28 di 30

- X/Y = alternanze paritetiche di X e Y

e rappresentando, sulla colonna stratigrafica, le profondità (in m) sia dei cambi litologici che dei multipli di 5 m.

Anche per le prove penetrometriche sono stati indicati:

- il codice
- la profondità in m
- la quota assoluta di bocca foro in m s.l.m.
- l'ubicazione rispetto all'asse del tracciato con distanza espressa in m
- l'anno in cui è stata realizzata
- se è stata o meno traslata dalla posizione originale (ai fini di consentirne la lettura)

Inoltre sono rappresentati i grafici, al variare della profondità, rispettivamente:

- di N20 per le prove penetrometriche dinamiche
- del coefficiente di attrito, Fr (%), e della pressione interstiziale dei pori, u (MPa), per le prove penetrometriche statiche con punta elettrica dotata piezocono

I dati delle indagini sono stati correlati nelle sezioni utilizzando 7 differenti classi di terreni:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie
2. Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli
3. Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi
4. Depositi prevalentemente limosi o limoso sabbiosi
5. Depositi prevalentemente argillosi, argilloso limosi o limoso argillosi
6. Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe
7. Rilevato autostradale esistente

Dalla lettura di questi elaborati si possono fare le seguenti considerazioni:

- Tutto il settore più settentrionale del territorio in esame, a nord della chilometrica 232, è largamente dominato dai "Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" al cui interno si trovano solo piccole lenti di "Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli".
- Nel tratto compreso all'incirca tra la chilometrica 232 e la chilometrica 237, si osserva che livelli di "Depositi prevalentemente ghiaiosi, in matrice sabbiosa, ghiaie con sabbie" si interdigitano a livelli costituiti da sedimenti più fini (dai limi alle sabbie con ghiaie e ciottoli), rilasciati da correnti a minor energia di trasporto.
- I "Depositi prevalentemente argillosi o limosi con elevati tenori di sostanza organica, torbe" sono stati rappresentati a costituire delle piccole lenti, tra cui, l'unica significativa è quella nel primo sottosuolo nella valle del fiume Tartaro.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	29 di 30

- Tra la chilometrica 237 e la chilometrica 242, almeno nei primi 50 m di sottosuolo, la classe più presente è quella dei “Depositi prevalentemente sabbioso ghiaiosi, sabbie con ghiaie e ciottoli”, sottostanti una copertura di spessore variabile (fino a 7÷8 m) di depositi a differenti tessiture (da argillosa a sabbiosa).
- A sud della chilometrica 242 dominano i “Depositi prevalentemente sabbiosi, talora sabbioso limosi” con locali lenti appartenenti alle altre classi.
- Ponendo a confronto il modello geologico, ricostruito nel presente studio, con quello realizzato per il progetto definitivo, basato su una quantità di dati assai minore, emergono alcune sostanziali differenze. In particolare, va evidenziato che:
 - Nelle nuove sezioni, con eccezione di piccolissime lenti, tra cui quella in corrispondenza del fiume Tartaro, non sono stati indicati depositi appartenenti a quella che era stata definita come “UNITA' D: depositi fluvioglaciali e/o alluvionali costituiti da depositi torbosi – palustri” e che erano stati cartografati, nel primo sottosuolo, all'incirca tra il km 236 e il km 237,5 (sempre in corrispondenza della valle del fiume Tartaro, ma con un'estensione molto superiore) e nell'intorno della chilometrica 242.
 - Nello studio per il progetto definitivo era stata operata una sovrastima della presenza dell'“UNITA' C: depositi fluvioglaciali e/o alluvionali costituiti da argille e limi, con sabbie e ghiaie nettamente subordinate” indicata, a valle della chilometrica 243, a formare un livello di copertura di oltre 10 m di spessore, che le indagini di maggior dettaglio non hanno rilevato.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	VEN-GE.1 - Relazione geologica	Agosto 2023	1	30 di 30