

COMUNITA' MONTANA OLTREPO' PAVESE (PV)

P.zza Umberto I, 9 - 27057 Varzi PV

Pec: cm.oltrepo_pavese@pec.regione.lombardia.it

OGGETTO: AREST "NEI BORGHI DEL SALAME DI VARZI": Riqualficazione del percorso di collegamento tra i Comuni di Cecima (PV) e Ponte Nizza (PV)

CUP: C47H24002150002

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA (PTFE)



B2. RELAZIONE GEOLOGICA

Progettista:

Dr. Agr. Giacomo Agnelli

Via Torino, 35/37 - 27045 CASTEGGIO (PV)

E.mail: giacomo@agristudioap.it

Pec: g.agnelli@epap.conafpec.it

Consulente geologo:

Dott. Geol. Marco Degliantoni

Fr. S. Martino, 26 - 27057 - Varzi (PV)

e-mail: mdegli@libero.it

Committente:

COMUNITA' MONTANA OLTREPO' PAVESE

RUP: Ing. Stefania Camerini

P.zza Umberto I, 9 - 27057 Varzi PV

Pec: cm.oltrepo_pavese@pec.regione.lombardia.it

GIUGNO 2025

COMUNITA' MONTANA OLTREPO' PAVESE (PV)

P.zza Umberto I, 9 - 27057 Varzi PV
Pec: cm.oltrepo_pavese@pec.regione.lombardia.it

AREST "NEI BORGHI DEL SALAME DI VARZI": RIQUALIFICAZIONE DEL PERCORSO DI COLLEGAMENTO TRA I COMUNI DI CECIMA (PV) E PONTE NIZZA (PV)

CUP: C47H24002150002 - CIG: B63EF95F04

STUDIO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA

Varzi , giugno 2025



1. INDICE

1.	<u>INDICE</u>	<u>2</u>
2.	<u>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</u>	<u>3</u>
3.	<u>QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO.....</u>	<u>3</u>
4.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>4</u>
5.	<u>ELEMENTI DI PIANIFICAZIONE LOCALE</u>	<u>5</u>
	<i>COMPONENTE GEOLOGICA PGT</i>	<i>5</i>
	<i>PAI - PGRA</i>	<i>8</i>
6.	<u>LINEAMENTI GENERALI.....</u>	<u>9</u>
	<i>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E LITOLOGICO.....</i>	<i>9</i>
	<i>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE.....</i>	<i>12</i>
	<i>ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE.....</i>	<i>15</i>
7.	<u>INTERVENTI IN PROGETTO E SUGGERIMENTI PROGETTUALI</u>	<u>16</u>
8.	<u>CONSIDERAZIONI DI GEOLOGIA APPLICATA</u>	<u>22</u>
	<i>INDICAZIONI PER VALUTAZIONE E VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE E DEI CEDIMENTI</i>	<i>22</i>
	<i>STABILITÀ DEI PENDII E FRONTI DI SCAVO</i>	<i>22</i>
	<i>VERIFICA ALL'ADDENSAMENTO ECCESSIVO IN CASO DI SISMA.....</i>	<i>22</i>
	<i>DISTANZA DA FAGLIE</i>	<i>22</i>
	<i>VERIFICA A LIQUEFAZIONE</i>	<i>22</i>
	<i>TERRE E ROCCE DA SCAVO.....</i>	<i>23</i>
	<i>INVARIANZA IDRAULICA.....</i>	<i>23</i>
9.	<u>INDICAZIONI SISMICHE</u>	<u>24</u>
10.	<u>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE</u>	<u>25</u>

2. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

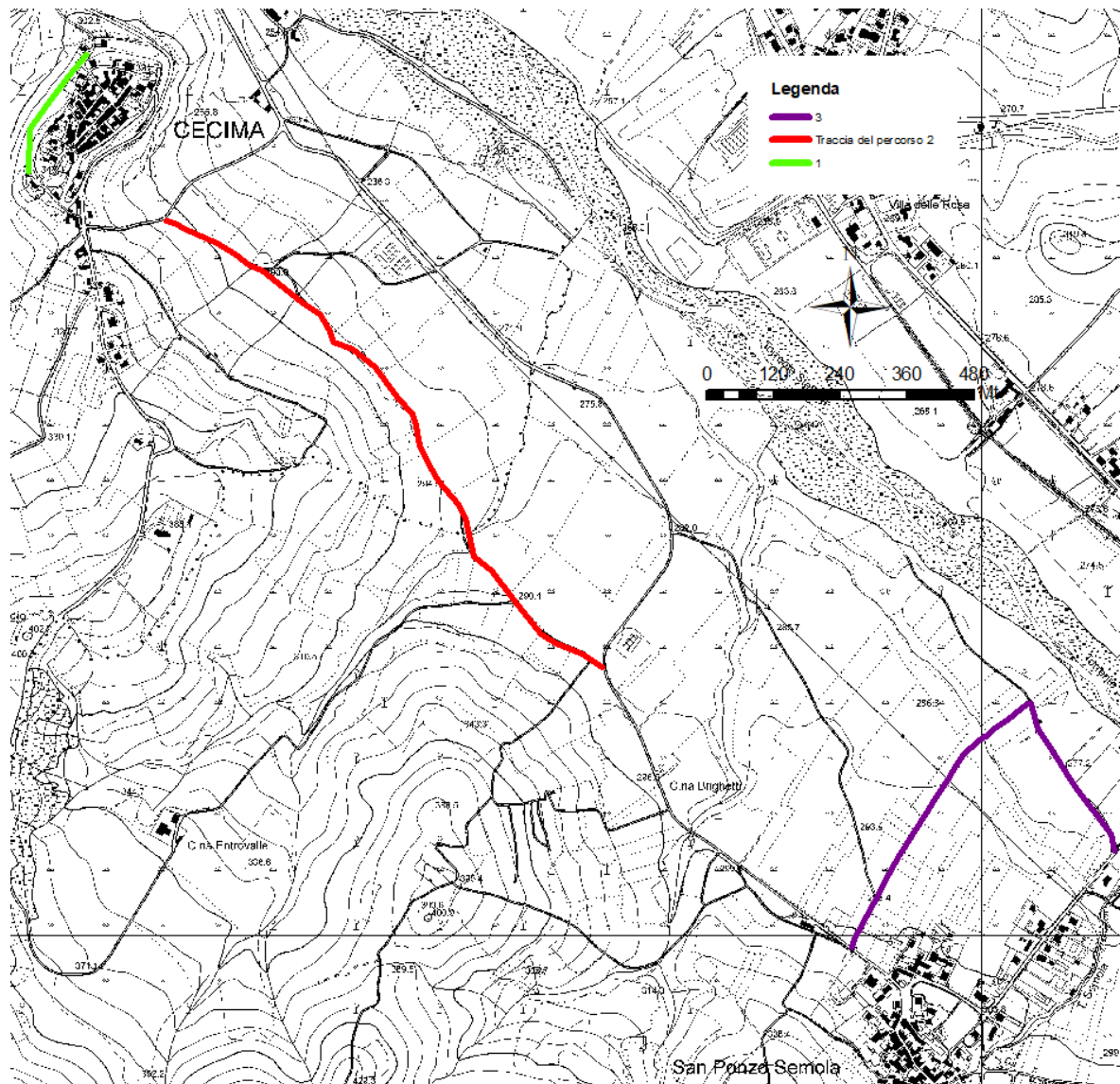
- Elementi di Geotecnica (II ed.)** - P. Colombo, F. Colleselli (1996). Zanichelli Editore
- Geologia Tecnica** - F. Ippolito, P. Nicotera, P. Lucini, M. Civita, R. de Riso (1975) – Isedi
- Carta Tecnica Regionale Scala 1: 10000** (1994) – Regione Lombardia Servizio Sistema Informativo Regionale
- Carta Geologica d'Italia VOGHERA – Foglio 178** (II ed.) 1: 50000
- Fondazioni** (1991) Bowles ed. MC GRAW – HILL
- Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni Vol. 1 e 2** – Carlo Cestelli Guidi – Ottava Edizione Hoepli
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA** alla scala 1: 50.000
- Il Manuale del Geologo** – Mario Casadio, Carlo Elmi – Pitagora Editrice Bologna 1995
- Guide Geologiche regionali "Appennino Ligure-Emiliano"** – Società Geologica Italiana - BE-MA Editrice
- Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell'OltrePo pavese** – Regione Lombardia, CNR – 1998
- Carta dei Movimenti Franosi** - Regione Lombardia, CNR – 1998
- Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia** – R. Lombardia DG Territorio ed Urbanistica - *Struttura Rischi Geologici* – Luglio 2002
- Linee guida per la progettazione della viabilità agro silvo pastorale in Lombardia – Criteri generali** – Istituto di idraulica agraria dell'università degli studi di Milano – 2005
- Sistemazioni Idraulico Forestali: Indirizzi per gli interventi** – Regione Lombardia - *Quaderni della Ricerca n. 116* - giugno 2010
- Linee di indirizzo per la progettazione delle opere di difesa del suolo in Regione Lombardia** – Regione Lombardia – Edizione settembre 2011
- Linee guida per la progettazione della viabilità agro-silvo-pastorale in Lombardia – Criteri generali - contratto di ricerca tra Università degli Studi di Milano, Regione Lombardia – D.G. Agricoltura e C.M. della Valsassina** – Edizione settembre 2005

3. QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

- Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»** emanate con D.M. del 17 gennaio 2018, pubblicato su Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale; Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" pubblicato su supplemento ordinario n. 5 alla Gazzetta ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019
- D.G.R. n. 2129/14** - Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia
- LR 33/15** - Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche
- D.G.R. IX/2616** del 30 novembre 2011 - Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n. 8/7374.
- D.G.R. n. 5001/16** - Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- PGT** – Comuni di Cecima e Ponte Nizza

4. PREMESSA

Il presente documento è redatto a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica relativo all'intervento: "AREST "NEI BORGHI DEL SALAME DI VARZI": RIQUALIFICAZIONE DEL PERCORSO DI COLLEGAMENTO TRA I COMUNI DI CECIMA (PV) E PONTE NIZZA (PV)". L'areale in studio è individuabile al Foglio B9a1 della Carta Tecnica Regionale in scala 1/10000 e corrisponde ad una porzione di territorio delimitata verso Nord dall'abitato di Cecima e verso Sud dall'abitato di San Ponzo. Il progetto prevede la realizzazione di interventi volti alla riqualificazione dei percorsi pedonali, oggetto specifico del presente documento sono il tratto centrale (tratto 2) e quello più a Sud (tratto 3) in quanto interessati da locali dissesti e deterioramento del fondo dovuti principalmente all'azione delle acque, sia sorgentizie che di ruscellamento. In considerazione del contesto prettamente rurale in cui si sviluppa, unitamente alla funzionalità turistico – escursionistica che il tracciato riveste in ambito locale e non, la progettazione degli interventi potrà privilegiare il ricorso a tecniche di ingegneria naturalistica, ove possibile, in alternativa alle tecniche tradizionali.



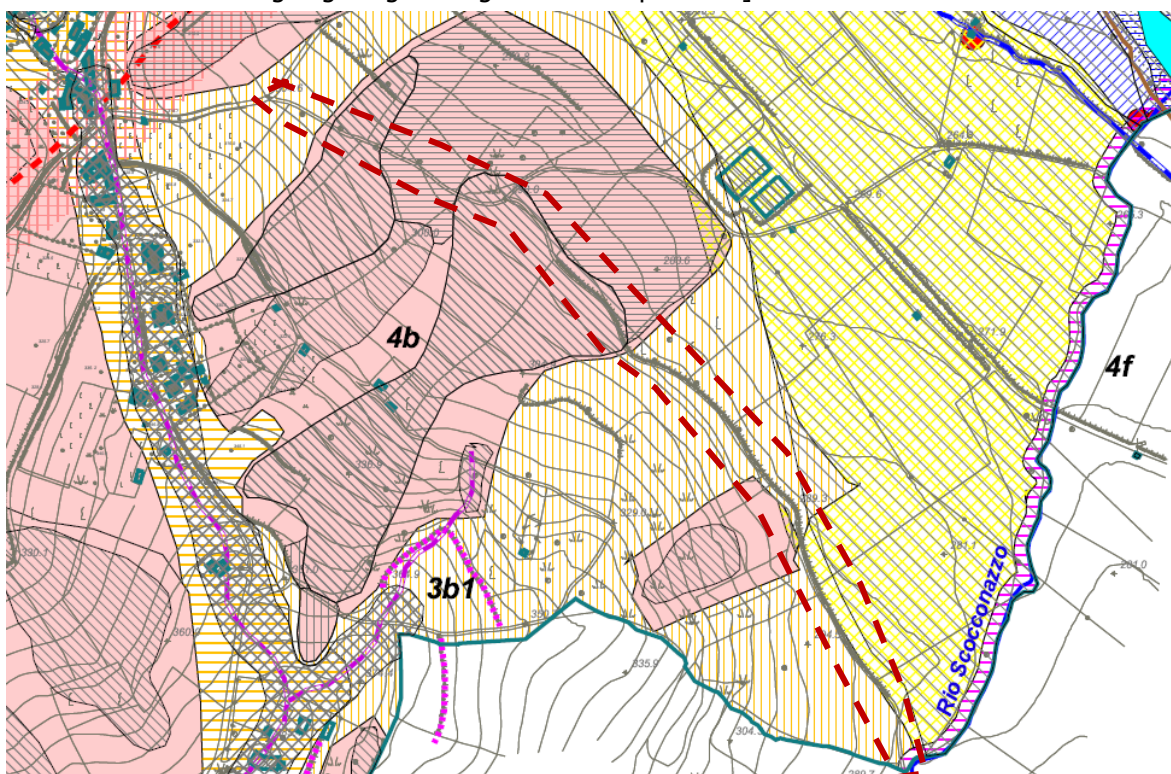
Corografia area d'indagine (1:12000)

5. ELEMENTI DI PIANIFICAZIONE LOCALE

Componente geologica PGT

Comune di Cecima – Tratto 2

In accordo alle previsioni dello strumento di Pianificazione vigente (PGT) le aree di intervento ricadono, prevalentemente in classe di fattibilità **3b1** (Settori di versante stabili, adiacenti a frane in diverso stato di evoluzione o compresi in aree con dissesto idrogeologico localizzato) e **4b** [Aree di versante prevalentemente instabili per frane di scivolamento, scivolamento-colata e fenomeni di erosione accelerata (calanchi) allo stato attivo (Fa), quiescente (Fq) o stabilizzato (Fs) quest'ultimo non verificato con indagini geologiche e geotecniche specifiche].



CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)
<p>4b Aree di versante prevalentemente instabili per frane di scivolamento, di scivolamento-colata e calanchi, allo stato attivo (Fa), quiescente (Fq) e stabilizzato (Fs)</p> <p>3b1 Settori di versante stabili, a destinazione prevalentemente agricola, compresi in aree di frana o al margine delle stesse</p>	<p>Z3b Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (area di influenza degli effetti morfologici)</p> <p>Z1a Zona di frana attiva</p> <p>Z1b Zona di frana quiescente</p> <p>Z1c Zona di frana stabilizzata</p>

Estratto Carta di Fattibilità – Fonte PGT

Per la classe di fattibilità **3b1** valgono le successive prescrizioni geologico – geotecniche:

In queste aree sono ammessi gli interventi di manutenzione e, qualora fattibile dal punto di vista tecnico, la realizzazione di eventuali ampliamenti funzionali e di ristrutturazione.

In relazione all'attività agricola ivi presente, si ritiene possibile, qualora le condizioni di pericolosità dell'area lo consentano tecnicamente, la realizzazione di nuove costruzioni riguardanti l'attività agricola (strutture produttive e residenze rurali).

La fattibilità di tali interventi è condizionata alla verifica di compatibilità geomorfologica e geotecnica mediante studi e indagini geologiche geotecniche mirati alla definizione della pericolosità locale e alle prescrizioni per gli interventi sia edificatori che di mitigazione necessari, in ottemperanza a quanto previsto dalle NTC 2008 (NTC 2018 ndr)

Per la classe di fattibilità **4b** valgono le successive prescrizioni geologico – geotecniche:

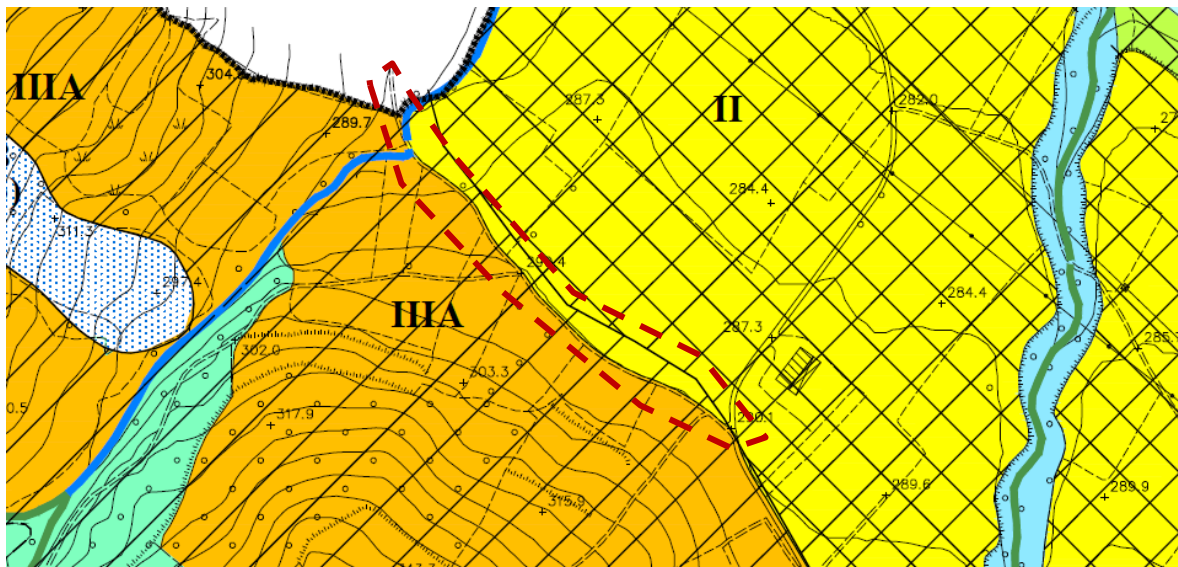
In generale le attività consentite e le limitazioni d'uso in queste aree sono quelle elencate all'art.9 - commi 2-3-4 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I approvate con D.P.C.M. 24.05.2001

Le attività agricole e silvo-pastorali non dovranno aggravare ulteriormente lo stato di dissesto in atto e al tempo stesso non danneggiare le opere e i manufatti realizzati con interventi Pubblici per la mitigazione del rischio (drenaggi, strutture di difesa-sostegno, opere idrauliche).

Sotto il profilo della Pericolosità Sismica Locale (PSL) l'area in frana (4b) risulta iscritta allo scenario Z1b Z1b ovvero *zona di frana quiescente* per la quale i potenziali effetti indotti dall' azione sismica si concretizzano in instabilità; pertanto qualora si prevedano opere soggette all'applicazione delle NTC sarà necessario predisporre gli opportuni approfondimenti. Le zone 3b1 non sono soggette ad amplificazione.

Comune di Ponte Nizza – Tratto 2

In accordo alle previsioni dello strumento di Pianificazione vigente (PGT) le aree di intervento ricadono in classe di fattibilità **3** (SOTTOCLASSE IIIA aree non urbanizzate talora boscate caratterizzate da un assetto geomorfologico, idrogeologico e geostatico che limitano e vincolano la trasformazione d'uso del suolo in senso edificatorio e infrastrutturale e aree urbanizzate dove l'edificazione dei lotti interclusi richiede una dettagliata valutazione delle condizioni geomorfologiche circostanti e delle caratteristiche geotecniche/idrogeologiche dei terreni di fondazione).



CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)
<p>IIIA SOTTOCLASSE IIIA - AREE NON URBANIZZATE TALORA BOSCHATE CON PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDRAULICA MEDIO-ALTA E/O ADIACENTI A ZONE CON CONDIZIONI GEOSTATICHE LOCALI O GENERALI PRECARI E AREE URBANIZZATE DOVE L'EDIFICAZIONE DEI LOTTI INTERCLUSI RICHIEDE UNA DETTAGLIATA VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI GEOSTATICHE CIRCOSTANTI E DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE/IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE</p>	<p>Z1b ZONA DI VERSANTE CON PRESENZA DI DEPOSITI DI ORIGINE ELUVIO-COLLUVIALE</p>

Estratto Carta di Fattibilità – Fonte PGT

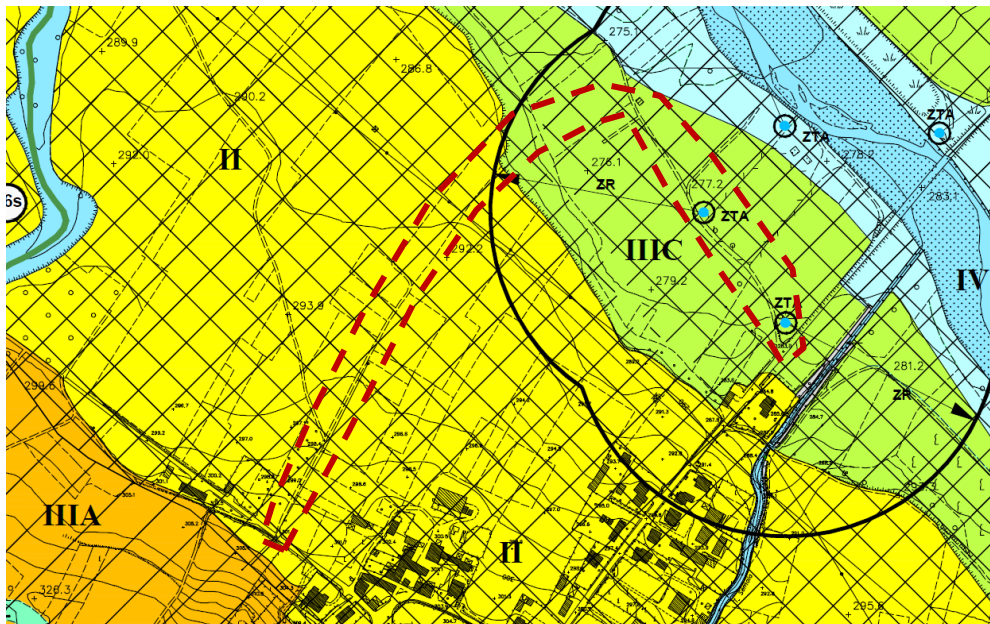
Per la sottoclasse di fattibilità **IIIA** valgono le successive prescrizioni geologico – geotecniche:

Manufatti o interventi di modesta o modestissima incidenza sul terreno in termini di carico indotto e di modifica geomorfologica e idrogeologica (muretti di recinzione, pavimentazioni esterne, porticati, ecc.) valgono le prescrizioni previste per la classe di fattibilità geologica II ovvero dovrà essere fornita una dichiarazione a firma di un Geologo iscritto all'Ordine dei Geologi che attesti la compatibilità geologica/idrogeologica/geotecnica/idraulica dell'intervento.

Sotto il profilo della Pericolosità Sismica Locale (PSL) l'area risulta ascritta allo scenario Z4d ovvero *zona di versante con presenza di depositi di origine eluvio-colluviale* per la quale i potenziali effetti indotti dall'azione sismica si concretizzano in amplificazioni litologiche; pertanto qualora si prevedano opere soggette all'applicazione delle NTC sarà necessario predisporre gli opportuni approfondimenti.

Comune di Ponte Nizza – Tratto 3

In accordo alle previsioni dello strumento di Pianificazione vigente (PGT) le aree di intervento ricadono parte in classe di fattibilità **2** e parte in **3** (SOTTOCLASSE **IIIC** fascia di rispetto, di conservazione e di tutela idraulica, idrogeologica e ambientale della piana alluvionale del torrente Staffora esterna all'area a rischio idraulico Eb).



CLASSI DI FATTIBILITA' GEOLOGICO-TECNICA		PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)	
II	CLASSE II - FATTIBILITA' CON MODESTE LIMITAZIONI: AREE NELLE QUALI LE CONDIZIONI DI RIDOTTA PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E IDRAULICA POSSONO ESSERE CONTROLLATE CON L'ADOZIONE DI SEMPLICI CRITERI TECNICO-COSTRUTTIVI E/O CON LA REALIZZAZIONE DI MODESTI INTERVENTI DI SALVAGUARDIA IDROGEOLOGICA LIMITATI AL SINGOLO LOTTO EDIFICATORIO E AL SUO IMMEDIATO INTORNO (Art.8 Norme Geologiche di Piano)		ZONA DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI GRANULARI E COESIVI
IIIC	SOTTOCLASSE IIIC, FASCIA DI RISPETTO, DI CONSERVAZIONE E DI TUTELA IDRAULICA-IDROGEOLOGICA-AMBIENTALE DELLA PIANA ALLUVIONALE DEL TORRENTE STAFFORA ESTERNA ALL'AREA A RISCHIO IDRAULICO Eb		

Estratto Carta di Fattibilità – Fonte PGT

Per la classe di fattibilità **IIIC** valgono le successive prescrizioni geologico – geotecniche:

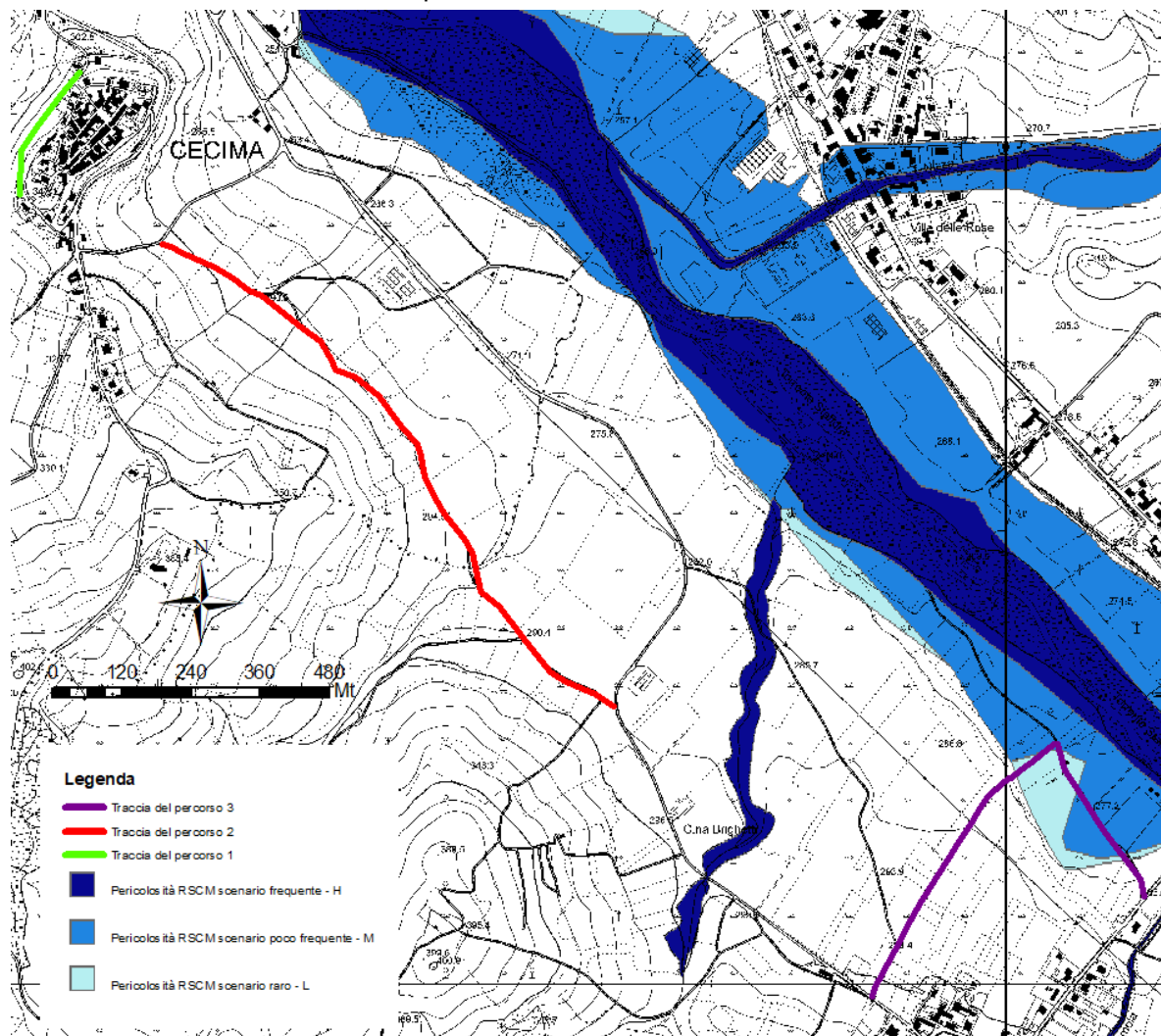
In tale area dovranno essere conservate o migliorate le attuali caratteristiche naturali e ambientali. Dovrebbero essere ammesse solo le attività compatibili con un razionale uso del suolo che non comportino alterazioni dell'equilibrio idrogeologico delle acque sotterranee o modificazioni rilevanti dei caratteri morfologici, ambientali e paesistici. A tale scopo ed in relazione alla vulnerabilità idrogeologica, gli eventuali interventi edilizi e/o infrastrutturali che saranno previsti dalla pianificazione dovranno essere supportati da un dettagliato studio idrogeologico che escluda

alterazioni o possibili contaminazioni della falda acquifera presente nei depositi alluvionali del torrente Staffora. Nel caso di interventi prossimi al limite dell'area Eb, il progetto dovrà prevedere anche uno studio idraulico puntuale che confermi tale limite e quindi escluda l'esondazione dell'area da parte di una piena del torrente Staffora con tempo di ritorno T500 anni.

Sotto il profilo della Pericolosità Sismica Locale (PSL) l'area risulta ascritta allo scenario Z4a ovvero zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari e coesivi per la quale i potenziali effetti indotti dall'azione sismica si concretizzano in amplificazioni litologiche; pertanto qualora si prevedano opere soggette all'applicazione delle NTC sarà necessario predisporre gli opportuni approfondimenti.

Pai - Pgra

Parte del percorso 3 come evincibile dalla cartografia riportata a seguire, tratta dall'ultimo aggiornamento del PGRA di Regione Lombardia, risultano ricomprese nelle aree oggetto di piano. La tipologia di intervento risulta tuttavia compatibile in quanto non contrasta le previsioni delle NTA del Pai ed allo stesso tempo non prevede la realizzazione di ostacoli o sopraelevazioni che ostacolano il libero deflusso delle acque.

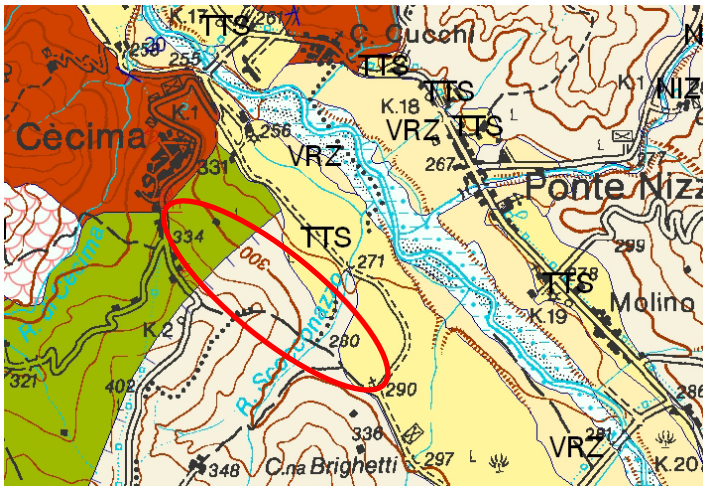


Stralcio Carta PGRA – Fonte Geoportale Lombardia

6. LINEAMENTI GENERALI

Inquadramento geologico e litologico

Il territorio, è modellato nelle rocce che fanno parte delle unità tettonico-stratigrafiche dell'Appennino Settentrionale, qui suddivise in due blocchi strutturali principali dalla faglia subverticale sviluppata in direzione NE - SO poco a Sud dell'allineamento San Bartolomeo - Cecima. In particolare nel blocco settentrionale si evidenziano a partire da Nord - le successioni afferenti la formazione delle Arenarie di Ranzano, la F.ne di Contignaco e le Breccie di Baiso; il blocco meridionale è caratterizzato da successioni marnoso sabbiose (Marne di Antognola) e da successioni terrigene-carbonatiche (Arenarie di M. Vallassa).



In accordo infatti al rilevamento effettuato per la redazione della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 le descrizioni litologiche dei terreni affioranti sono le seguenti:

FORMAZIONE DI RANZANO (RAN) - La Formazione di Ranzano, derivante da depositi torbiditici, è costituita da successioni di strati arenacei, conglomeratici e pelitici in proporzioni molto variabili -
Attribuzione cronologica: Priaboniano

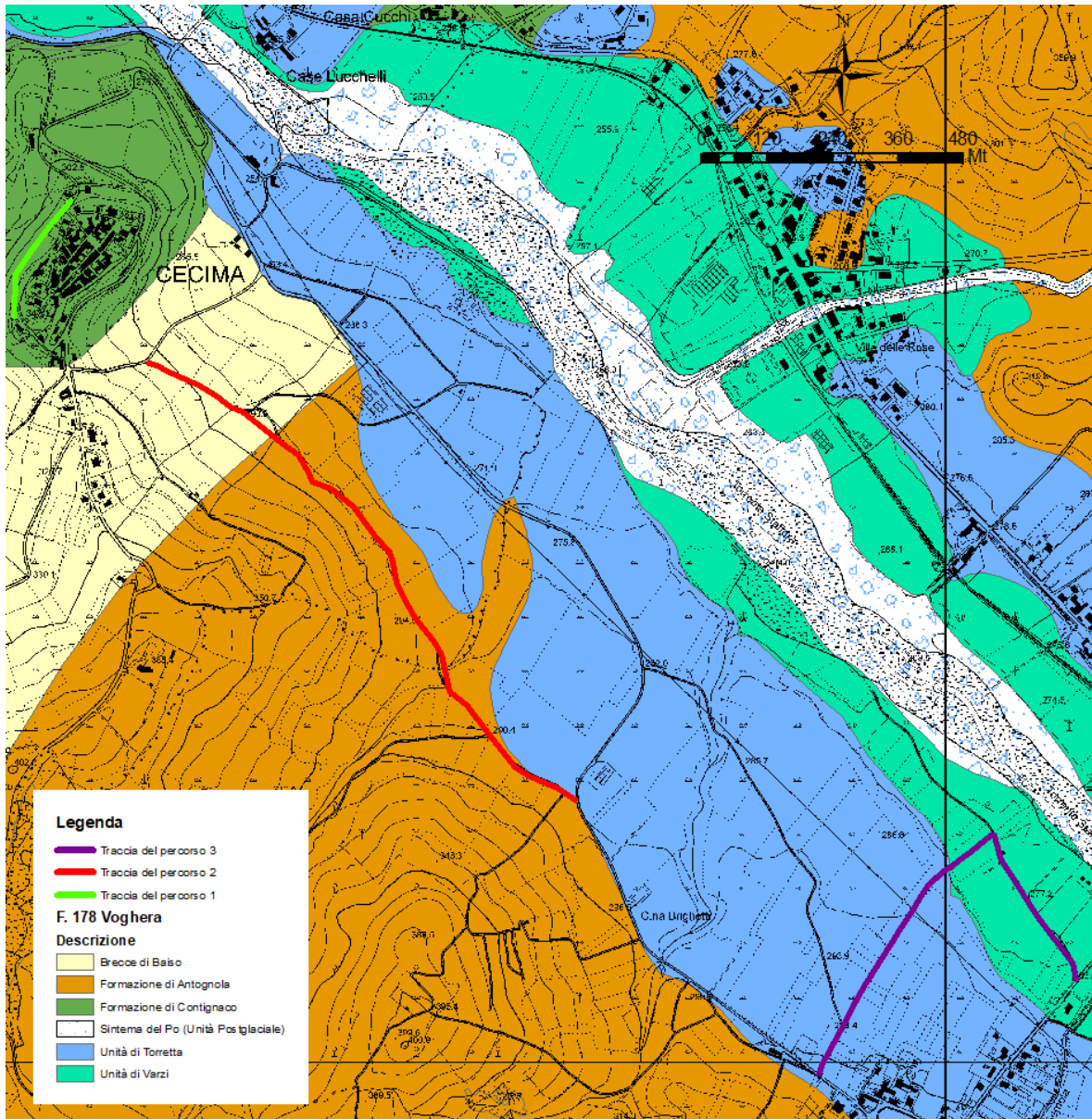
superiore - Rupeliano superiore.

BRECCIE ARGILLOSE DI BAISO (BAI) - In questa unità viene compresa una serie di corpi rocciosi a tessitura caotica precedentemente cartografati (Foglio 71 Voghera alla scala 1:100.000, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1969) come: "Complesso Caotico", "Complesso Indifferenziato" e "Calcari di Zebedassi" p.p.. Tali corpi rocciosi sono costituiti da breccie poligeniche a matrice argillosa grigia o varicolori, che contiene clasti spigolosi eterometrici provenienti dalle formazioni liguri tipo arenarie di Scabiazza, argille a palombini, argille varicolori di Cassio e flysch ad Elmintoidi s.l.. La tessitura dei depositi è caotica del tipo block in matrix e si ritiene che la loro origine sia dovuta ad una serie di colate sottomarine. Sul terreno è possibile individuare, in alcuni casi, "lambi monoformazionali" generalmente di argille varicolori. Le breccie argillose di Baiso affiorano estesamente nel foglio essendo presenti quasi ovunque alla base della successione epiligure.

Le breccie argillose di Baiso, che affiorano alla base della Successione Epiligure in tutto l'Appennino settentrionale tra il bolognese e il pavese, sono interpretate come depositi di frana sottomarina, e rappresentano la risposta sedimentaria alle instabilità indotte nel prisma Ligure dalla Fase Ligure o Mesoalpina. Attribuzione cronologica: pre-Bartoniano superiore.

FORMAZIONE DI ANTOGNOLA (ANT) - La Formazione di Antognola (cfr. Marne di Antognola p.p., BELLINZONA et alii, 1971; Marne di Bosmenso p.p., CAVANNA et alii, 1989) è costituita da marne e marne argillose verdognole o grigie, a stratificazione piano-parallela mal visibile, con caratteristiche patine manganesifere sulle superfici di frattura. Fratturazione concoide o con tipiche superfici concentriche. Il limite inferiore è graduale con il membro di Varano de' Melegari (RAN3) della Formazione di Ranzano; quello superiore è sempre graduale, con la Formazione di Contignaco. Lo spessore massimo della formazione, stimato, è di circa 200 m. La Formazione di Antognola è

interpretata come sedimento pelagico deposto in un bacino non molto profondo, e rappresenta una stasi negli apporti sedimentari grossolani nel prisma ligure. Attribuzione cronologica: Rupeliano terminale - Aquitaniano.



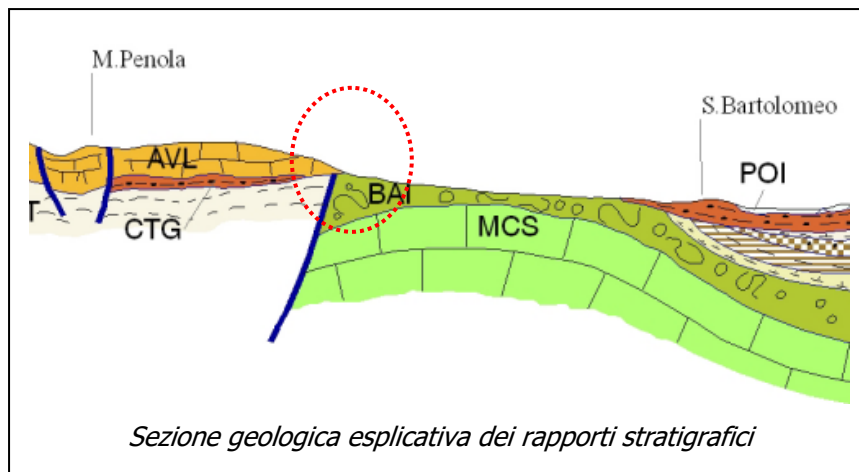
Estratto della Carta Geologica alla scala 1.50.000 F. 178 - Voghera

BRECCIE ARGILLOSE DELLA VAL TIEPIDO - CANOSSA (MVT) - In questa unità viene compresa una serie di corpi rocciosi a tessitura caotica precedentemente cartografati (Foglio 71 Voghera scala 1:100.000, SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA, 1969; BELLINZONA et alii, 1971) come "Complesso Caotico" e come "Complesso Indifferenziato". La tessitura dei depositi è caotica del tipo block in matrix, e si ritiene che la loro origine sia dovuta ad una serie di frane sottomarine. Nell'ambito del Foglio 178-Voghera l'unità è interamente compresa nella Formazione di Antognola, apparentemente nella sua parte superiore: lo si osserva in più punti, nella zona di Musigliano-M. Penola, a ridosso della Linea Villalvernia-Varzi, nella zona di Moglie e Mutti, in Val Staffora, e a Vignola, sempre in Val Staffora. Attribuzione cronologica: Chattiano?-Aquitaniano;

FORMAZIONE DI CONTIGNACO (CTG) - La Formazione di Contignaco (cfr. Marne di Monte Lumello, BELLINZONA et alii, 1971), è costituita da marne siltose grigie e da marne calcaree

chiare, alle quali si intercala, nella parte inferiore, una successione di strati arenaceo-pelitici spessa circa 20 m, caratteristica della formazione è la presenza di silice che, da letteratura, è di origine sia biogenica che vulcanica: quando è diffusa nel sedimento il livello corrispondente si presenta come molto competente e con tipica frattura scheggiata, associata a patine nerastre manganesifere sulle superfici di frattura; più raramente, la silice può presentarsi concentrata in liste o lenti scure. Attribuzione cronologica: Aquitaniano superiore - Burdigaliano inferiore.

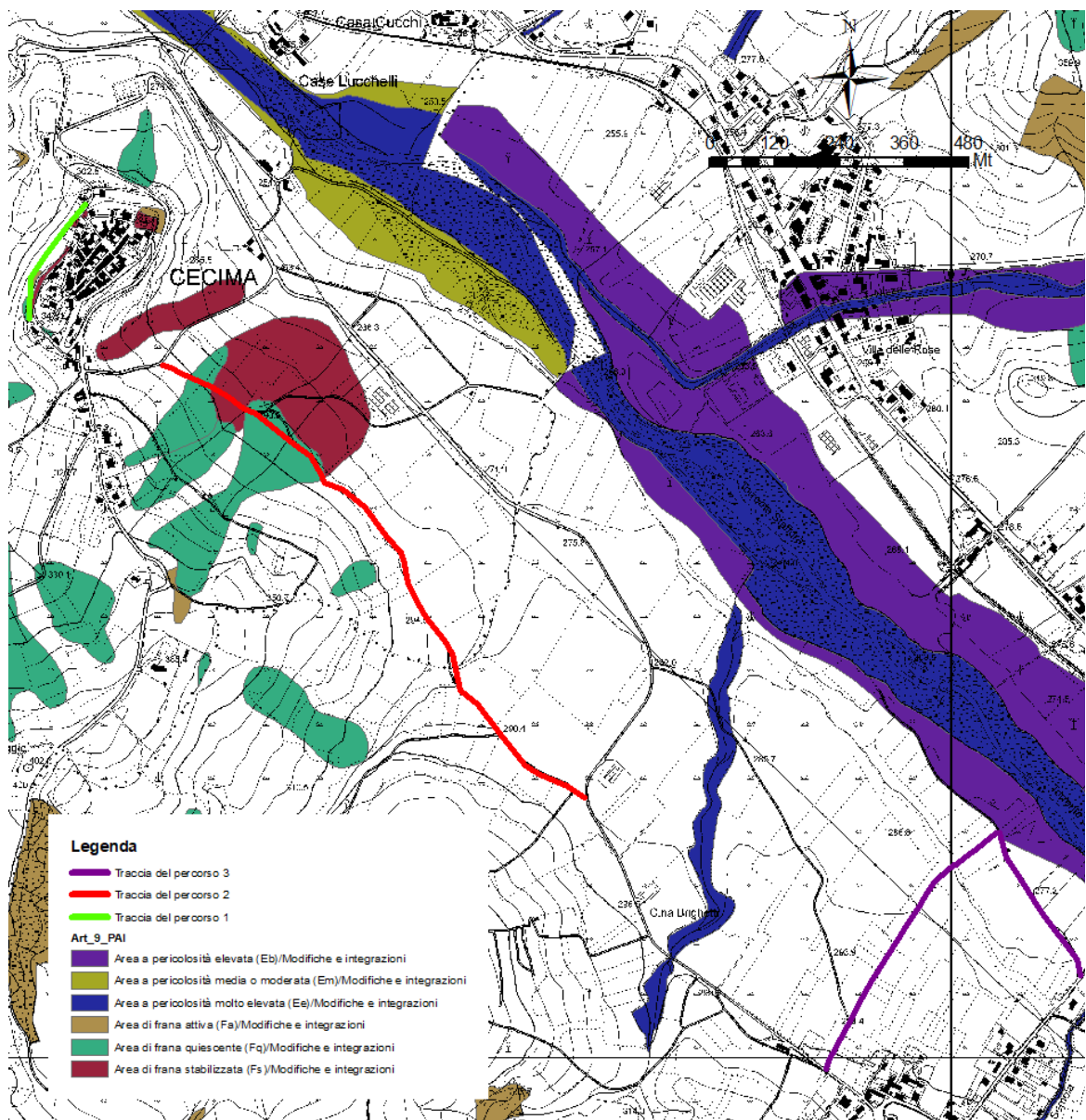
ARENARIE DI MONTE VALLASSA (AVL) - Le arenarie di Monte Vallassa, in ragione della maggior



competenza rispetto alle unità prevalentemente argillose sottostanti e delle prevalenti giaciture sub-orizzontali, costituiscono "placche" morfologicamente rilevate, delimitate da ripidi pendii e scarpate e in genere ricoperte da vegetazione arborea, in

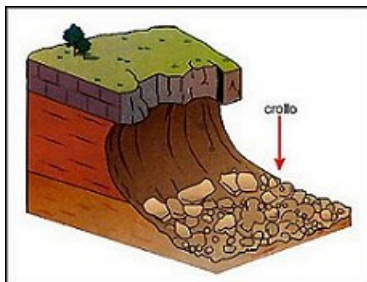
contrasto con le aree coltivate circostanti. La formazione è costituita da arenarie bioclastiche e biocalcareni, bruno-giallastre in patina e grigie in frattura, a molluschi (ostreidi e pectinidi, gasteropodi), briozoi, foraminiferi bentonici, alghe, più rari brachiopodi ed echinidi. In subordinate sono presenti conglomerati fini a bioclasti e biocalciruditi, con clasti di rocce metamorfiche verdi. Si intercalano marne sabbiose grigio-azzurre bioturbate, prevalenti nella parte bassa della successione del Monte Vallassa. La stratificazione è in genere mal definita e le arenarie si presentano per lo più massive o in strati amalgamati, talora molto alterati a formare banchi sabbiosi; a tratti è evidente la stratificazione obliqua. Le bancature sono comunemente caratterizzate da aspetto nodulare, connesso a cementazione differenziale. Lo spessore massimo conservato è compreso tra 350 e 400 metri. Le arenarie di Monte Vallassa si trovano in discordanza angolare sulla Formazione di Contignaco e, in assenza di quest'ultima, sulla Formazione di Antognola o sulle breccie argillose di Baiso. Il limite superiore delle arenarie di Monte Vallassa, riconoscibile solo al margine collinare, è con le marne di S. Agata Fossili. Attribuzione cronologica: Langhiano e dubitativamente Burdigaliano superiore - Serravalliano. Da un punto di vista litotecnico, le formazioni che creano più problematiche, per quanto riguarda il dissesto idrogeologico, unitamente ad altri fattori tra cui acclività dei versanti, regime pluviometrico, presenza e tipologia vegetazionale, sono rappresentate da quelle a maggiore componente marnosa ed argillosa. A livello locale il primo tratto verso Cecima corre in corrispondenza delle Breccie Argillose di Baiso; il restante in corrispondenza della F.ne di Antognola.

Inquadramento geomorfologico generale



Estratto della Carta dei Dissesti - PAI – Fonte Geoportale Lombardia

La presenza di formazioni a natura argillosa ed argilloso marnosa, il particolare assetto strutturale e giaciturale delineatosi in seguito a ripetute ed intense fasi deformative, unitamente all'azione selettiva degli agenti esogeni, governa le caratteristiche geotecniche-geomeccaniche delle formazioni affioranti, talora peraltro particolarmente negative.

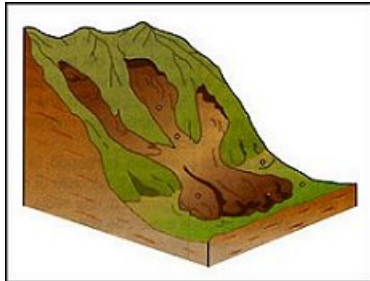


Se alle condizioni di base si aggiunge che le pratiche agricole più elementari (canalizzazioni, solcatura, creazione di filari di arbusti a sostegno delle terre...) sono state quasi definitivamente abbandonate, è facile capire il motivo per il quale nell'areale investigato la frequenza dei fenomeni franosi è così alta.

Le diverse tipologie di fenomeno sono come di seguito riassumibili (Varnes 1984):

Frane di crollo: si tratta per lo più di eventi circoscritti, relativamente poco diffusi e soprattutto di dimensioni tali da risultare difficilmente cartografabili. Interessano nell'areale oggetto dello studio esclusivamente unità a componente lapidea predominante, risultando posizionabili al piede delle scarpate più acclivi.

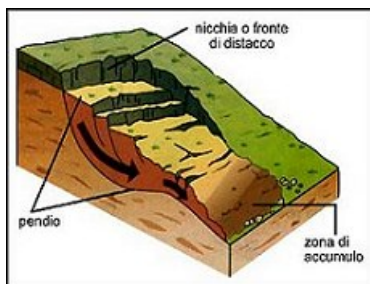
Frane di colamento: si verificano in corrispondenza di unità in cui è possibile evidenziare situazioni



litologico-stratigrafiche e strutturali alquanto sfavorevoli. Il processo estremamente diffuso nell'area, si realizza per lo più secondo un'azione regressiva in lenta evoluzione, favorita nella maggior parte dei casi dallo scalzamento al piede operato dai corsi d'acqua, il movimento che ne deriva tende spesso ad esaurirsi nel tempo attraverso una lenta ma progressiva migrazione verso l'alto impedendo, in tal modo, la creazione di forme significative quali le nicchie di frana. Tali tipologie ricevono

continuo approvvigionamento di materiale detritico lungo il corpo di frana e, a causa di esso, sono soggette a periodiche riprese di movimento.

Frane di scorrimento: rientrano in questa tipologia sia gli scorrimenti traslazionali che quelli rotazionali. I primi avvengono particolarmente in ammassi a componente lapidea predominante lungo superfici di stratificazione o comunque in corrispondenza di sistemi di giunti le cui

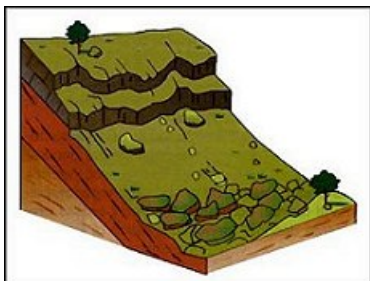


caratteristiche meccaniche sono fortemente ridotte dalle intense fasi tettoniche responsabili del quadro strutturale attuale. Altrettanto frequente è la situazione che prevede lo scorrimento di una porzione della copertura rispetto al substrato; si tratta di una tipologia tipica del paesaggio appenninico che, soprattutto in corrispondenza di periodi particolarmente piovosi, prende avvio inizialmente dalle lacerazioni della coltre superficiale, attraverso lenti movimenti di creep, e prosegue talora sino alla completa messa a giorno del substrato; ciò favorisce l'impostarsi dell'erosione accelerata,

producendo quindi situazioni di instabilità sempre più accentuate.

Gli scorrimenti rotazionali si riscontrano in accumuli di versante a matrice rilevante, sia in ammassi complessi discontinui a componente fine predominante. La superficie finale di rottura può assumere, in funzione delle masse lapidee presenti, una forma più o meno regolare, ulteriormente complicata dalle regressioni successive della nicchia.

Frane complesse: una situazione particolarmente critica, che riassume in sé parte dei caratteri delle



frane di scorrimento parte di quelle delle colate, riguarda gli ammassi complessi a componente lapidea predominante giacenti su ammassi sempre strutturalmente complessi ma a componente marnoso-argillosa prevalente. L'origine del movimento è imputabile principalmente alla degradazione del versante che alimenta continuamente la fascia dei detriti rendendo instabile il profilo e determinando un appesantimento del pendio.

Se l'unità soprastante, come spesso accade, risulta fratturata, costituisce una roccia serbatoio, mentre l'ammasso sottostante, se presenta una componente fine rilevante, costituisce un orizzonte preferenziale di ritenuta; ciò comporta l'imbibizione sia della fascia di detrito che della zona di contatto fra gli ammassi, risolvendosi in una costante situazione

di instabilità. Tale precaria stabilità dei luoghi risulta strettamente connessa, oltre ai fattori intrinseci dei sedimenti costituenti i rilievi, alla piovosità sia in termini di quantità che di intensità di precipitazioni oltre che di distribuzione annuale.

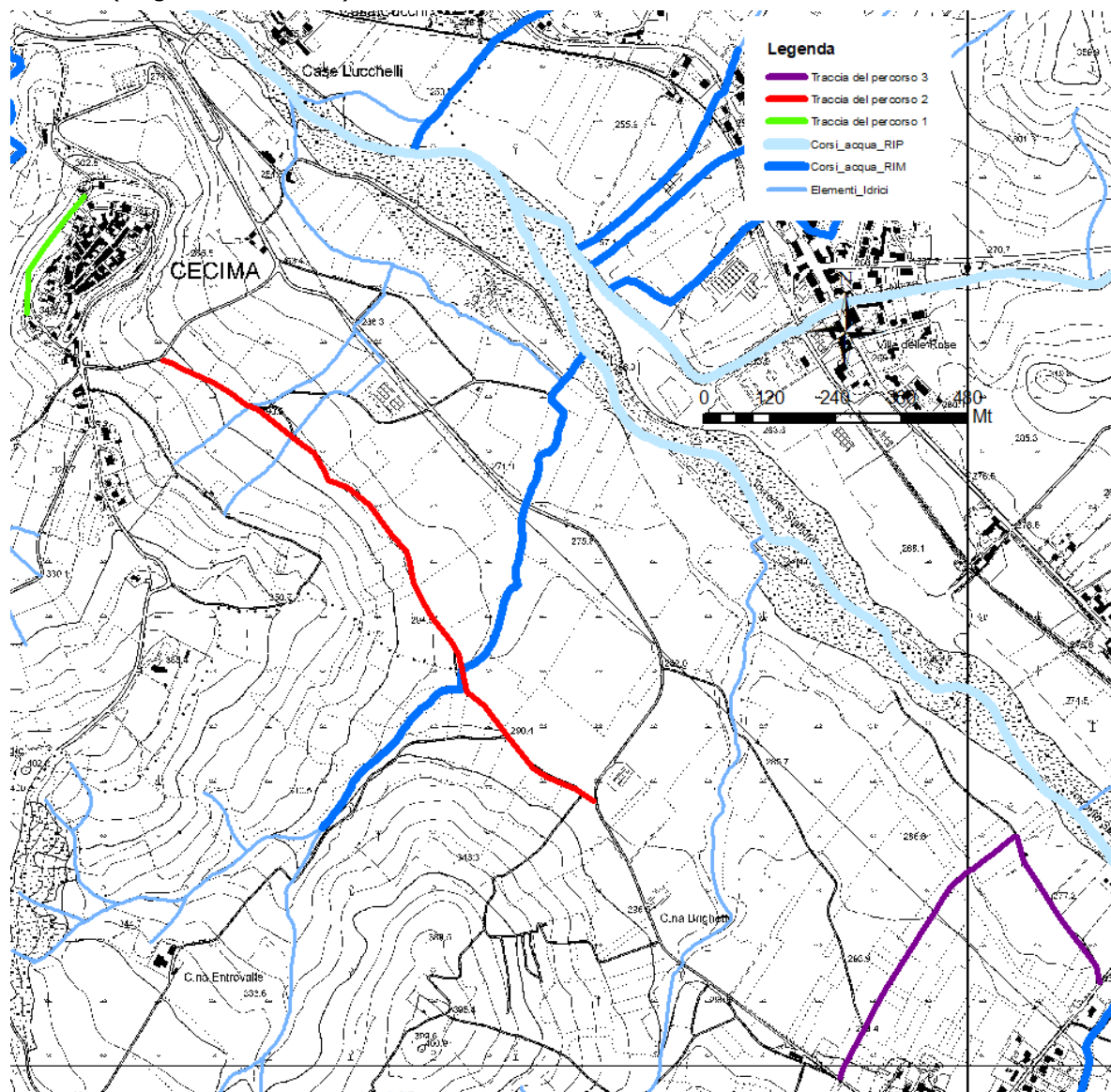
Il corpo stradale oggetto di studio incide direttamente corpi franosi in stato quiescente e stabilizzato e si trova nell'area di influenza di altri corpi franosi in stato quiescente.

Sotto l'aspetto idrografico si riconoscono alcuni recettori che solcano il versante e trovano recapito nel T. Staffora; il più importante di essi è il Rio Scoconazzo appartenente al Reticolo Idrico Minore del comune di Cecima.

Il corpo stradale incide in particolare tre elementi del reticolo compreso il Rio Scoconazzo.

Dal punto di vista idrogeologico si rimarca la presenza di termini argillosi (di fatto impermeabili) posti alla base delle Arenarie di Monte Vallassa, complesso arenaceo sabbioso che rappresenta il principale acquifero della zona.

Tale assetto, come rimarcato in precedenza, oltre che contribuire all'instabilità dei luoghi, determina la venuta a giorno delle acque sotterranee in corrispondenza del cambio litologico descritto (sorgenti da contatto).



Stralcio Carta del reticolo idrografico – Fonte Geoportale Regione Lombardia (scala 1:10.000)

Assetto litostratigrafico locale

L'area interessata dagli interventi pur risultando caratterizzata da ampia estensione, dal punto di vista litostratigrafico, per la porzione più superficiale interessata dalle opere assume caratteristiche simili. L'assetto litostratigrafico locale, ad una prima verifica, può essere descritto dalla presenza di uno strato superficiale, uno intermedio ed uno basale i cui parametri possono come nel seguito essere descritti:

Strato superficiale

potenza 0.40 ÷ 1.00m: orizzonte a tessitura detritico argilloso sabbiosa da moderatamente a consistente, caratterizzato da valori medi di peso di volume γ 17.0 ÷ 18.0 KN/m³, angolo di attrito ϕ' compreso tra 20 e 26°, coesione non drenata c_u 20 ÷ 40 KN/m², modulo Elastico pari a 1-4 Mpa. Terreno a comportamento prevalentemente coesivo.

Strato intermedio (Tratto 2)

Potenza 1.50 – 4.00 m: orizzonte a tessitura argillosa e detritico argillosa localmente saturo generalmente a consistenza medio-bassa caratterizzato da valori di peso di volume γ 18.0÷19.5 KN/m³, peso di volume saturo γ_{sat} 19.0÷20.5 KN/m³ coesione non drenata c_u 40÷ 60 KN/m², angolo di attrito ϕ' 24 e 30°, coesione c' 0 – 5 KN/mq, modulo Elastico pari a 4-8 MPa. Orizzonte a comportamento prevalentemente coesivo.

Strato intermedio (Tratto 3)

Potenza 2.50 – 8.00 m: orizzonte a matrice sabbiosa e sabbioso limosa inglobante ciottoli e ghiaie a densità media caratterizzato da valori di peso di volume γ 17.0÷18.5 KN/m³, peso di volume saturo γ_{sat} 18.0÷19.5 KN/m³, angolo di attrito ϕ' 28 e 34°, coesione efficace c' 0 – 5 KN/mq, modulo Elastico pari a 10-20 MPa. Orizzonte a comportamento prevalentemente incoerente.

Strato basale

Potenza non definita: orizzonte argilloso argillitico o argilloso marnoso consistente interessato da fessurazioni nella parte più superficiale caratterizzato da valori di peso di volume γ 21.0÷23.0 KN/m³, angolo di attrito $\phi > 32^\circ$, coesione c' 5÷100 KN/m², coesione non drenata c_u 100÷ 250 KN/m², modulo elastico 50 ÷ 100 MPa. Orizzonte a comportamento lapideo – coesivo per le eventuali modellazioni.

Falda

Le arenarie di Monte Vallassa rappresentano un acquifero a rilevanza regionale.

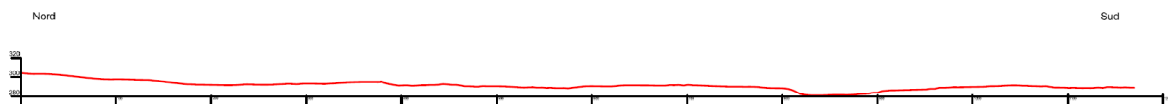
Poiché le Arenarie di Monte Vallassa (a dominante arenaceo – sabbiosa) costituiscono un naturale acquifero e le Brecce argillose di Baiso e la F.ne di Antognola (a dominante argilloso - marnosa) rappresentano un limite di permeabilità relativo, è evidente che in corrispondenza del passaggio tra le due formazioni vengano alla luce numerose manifestazioni idriche. Esse in parte recapitando in colatori naturali, in parte infiltrandosi al di sotto del suolo, contribuiscono a rendere i terreni instabili per diminuzione della resistenza al taglio. Le aree prossime al torrente Staffora sono sede di falda libera.

7. INTERVENTI IN PROGETTO E SUGGERIMENTI PROGETTUALI

L'analisi comparativa degli strati informativi territoriali (geologia, geomorfologia, idrologia, acclività) in relazione al tracciato, validata dalle osservazioni visive effettuate in sede di sopralluogo, consente di formulare considerazioni utili ai fini progettuali.

Il percorso 2 corre in posizione di mezzo versante intersecando nel suo percorso alcune valli laterali ed alcuni dissesti in stato quiescente e stabilizzato; in alcuni tratti si rinvencono inoltre modeste venute idriche.

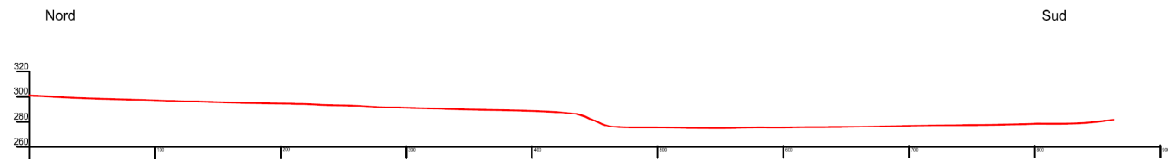
Lo sviluppo del tracciato è di circa 1200 m con un dislivello limitato a poco meno di 30 m.



Sviluppo altimetrico del percorso 2

Il percorso 3 corre in posizione di fondovalle incidendo la scarpata (altezza 10-12m ed inclinazione 22-24°) che separa due ordini di terrazzi fluviali ed in corrispondenza della quale si rinvencono venute idriche.

Lo sviluppo del tracciato è di circa 900 m con un dislivello limitato a poco meno di 25 m.



Sviluppo altimetrico del percorso 3

Ai fini della progettazione, al fine di evitare rilascio di acque incontrollate, si raccomanda di:

- verificare le sezioni trasversali del corpo strada privilegiando pendenze che minimizzino il ristagno idrico secondo le buone prassi di progettazione della viabilità forestale;
- realizzare cunetta stradale con sezione non inferiore 0.7mq e pendenza > 1%; per pendenza elevate si consiglia il rivestimento delle stesse o la realizzazione di salti idraulici;
- posare tombotti di attraversamento stradale, recapitanti negli esistenti colatori naturali, con diametro non inferiore a m 1.00 avendo cura di proteggerne lo sbocco mediante dispositivo antiersivo;
- privilegiare, in corrispondenza delle intersezioni con le valli laterali, sezioni longitudinali del tipo a corda molla ad elevato raggio al fine di non ostacolare eventuali tracimazioni dei corsi d'acqua effimeri;
- ove possibile rivestire le tratte a pendenza più elevata;
- drenare le acque sub-superficiali.

In ogni caso la *regimazione delle acque superficiali* potrà essere perseguita mediante la realizzazione di una rete di drenaggio che intercetti le acque provenienti dal corpo strada e dalle sponde mediante cunette e tombotti e le smaltisca nei recettori esistenti (Scoconazzo oltre ad impluvi minori). Tale rete dovrà essere dimensionata tenendo conto dei potenziali deflussi superficiali determinati con tempi di ritorno dell'evento non inferiori a 100 anni.

Tra le soluzioni per la regimazione delle acque superficiali si ricordano:

Opere longitudinali

Cunette - Si tratta di canalette a cielo aperto che, da una parte intercettano il deflusso sottosuperficiale dal versante di monte, dall'altra raccolgono il deflusso superficiale prodotto sul piano stradale. Possono essere semplici incisioni a lato della carreggiata o canalette realizzate con materiale vario. In genere si preferisce assegnare dimensioni standard badando a raccordarle ai tombini (o alle canalette) con una frequenza sufficiente ad evitare che il deflusso accumulato ecceda la loro capacità di deflusso. Dal punto di vista idraulico possono essere dimensionate con le consuete relazioni basate sul moto uniforme e la difficoltà maggiore sta nella determinazione della portata da smaltire.

Nel caso in cui le cunette non siano rivestite, esse possono essere erose al fondo e sui lati, soprattutto con pendenze elevate; per evitare questo tipo di problemi sarebbe opportuno mantenere la pendenza media a valori inferiori al 4÷5%, ricorrendo a piccoli salti di fondo. In generale, per la facilità con cui possono intasarsi, le cunette andrebbero evitate in situazioni di forte produzione di detrito dal versante (o dalla scarpata) di monte e quando non si preveda la possibilità di effettuare manutenzione periodica.

Le tipologie maggiormente diffuse sono:

- Cunette non rivestite - sono economiche, ma suscettibili di erosione per cui vanno eseguite solamente su tratti con pendenze limitate e su substrati non facilmente erodibili;
- Cunette in legname e pietrame - sono resistenti all'erosione, possono essere realizzate sul posto con materiale locale, si inseriscono bene dal punto di vista paesaggistico ed ambientale (si veda in proposito il Quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica della Regione Lombardia, 2000);

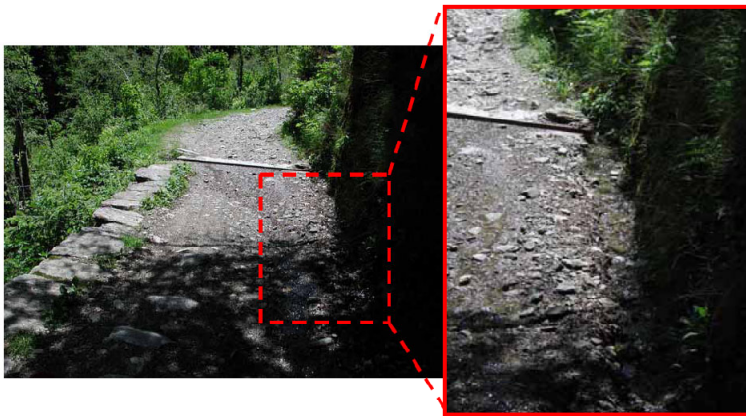
La *regimazione delle acque sotterranee* potrà avvenire mediante la realizzazione di modeste trincee e/o speroni drenanti che opportunamente approfonditi nel terreno consentano di smaltire l'eccesso di pressioni neutre gravanti su terreni e manufatti in caso di innalzamento del livello di falda.

I drenaggi sottosuperficiali possono essere efficacemente utilizzati in combinazione o in alternativa alle cunette. Rispetto a queste hanno il vantaggio di non intasarsi a causa dei detriti provenienti dai dissesti superficiali e dai residui della vegetazione arborea e di non avere problemi di erosione.

Le tipologie più frequenti sono:

- drenaggi in ghiaia - si tratta di effettuare uno scavo (in genere 0.5 m per 1.0 m) che viene riempito con uno strato di pietrisco per la metà e poi coperto con terreno di riporto; al fine di ridurre l'intasamento dei meati e prolungarne l'efficienza può essere vantaggioso rivestire lo strato di pietrisco con geotessuto;
- drenaggi tubolari - si tratta di aggiungere alla tipologia precedente un dreno tubolare (generalmente in PVC corrugato) che viene posizionato sul fondo dello scavo. Anche in questo caso è vantaggioso rivestire il dreno con geotessuto al fine di ridurre l'intasamento dei fori;

- drenaggi con fascine - in linea di principio potrebbero anche essere utilizzati drenaggi con



fascine morte; hanno il vantaggio di essere economiche e realizzabili in loco, anche se la loro durata è limitata e presentano problemi d'innesto con i tombini (si veda in proposito il quaderno delle opere tipo di ingegneria naturalistica della Regione Lombardia, 2000).

Tombini

L'acqua raccolta dalle cunette e dai drenaggi longitudinali, come precedentemente accennato, deve essere opportunamente convogliata verso il versante di valle o la rete idrografica con una frequenza sufficiente ad evitare che si formino volumi difficilmente gestibili o erosioni al fondo della cunetta. Per ridurre la possibilità d'intasamento è bene collocare all'intersezione tra cunetta (o drenaggio) e tombino un pozzetto ispezionabile; per evitare fenomeni d'erosione localizzata sul versante o nella rete idrografica occorre prevedere all'uscita dei tombini opere di dissipazione.

In generale, per comodità si tende ad utilizzare tombini di dimensione standard ed a farne variare la spaziatura lungo il tracciato, in modo da non avere attraversamenti troppo frequenti né portate eccessive nelle cunette che potrebbero intasarsi e riversare l'acqua sul piano stradale.

Indipendentemente dalla portata che vi deve transitare, *sarebbe opportuno utilizzare manufatti con diametro di almeno 1 m per ridurre la possibilità d'intasamenti e consentire eventuali ispezioni; in ogni caso non si dovrebbero utilizzare dimensioni inferiori a 0.45 m.* In genere, infatti, il fattore che deve guidare la scelta delle dimensioni del tombino non è quello strettamente idraulico, quanto quello legato al possibile intasamento derivante dal trasporto di detrito o di materiale flottante che può cambiare proprio in relazione alla realizzazione della strada e allo sfruttamento del bosco. Per facilitare lo smaltimento della portata liquida e soprattutto solida occorre che i tombini abbiano una pendenza superiore al 2%.

La spaziatura dei tombini dipende dalla portata prodotta dal piano stradale e dalla scarpata di monte, nonché dalla capacità di deflusso della cunetta (o del drenaggio) ed è pertanto di difficile calcolo; nel caso di cunette non rivestite la spaziatura tra i tombini può essere assunta pari a quella che si avrebbe per le canalette trasversali.

Opere complementari

Nell'ambito delle opere complementari da utilizzare nello schema costruttivo della tombinatura, rientrano semplici accorgimenti che però esercitano un ruolo fondamentale per garantire l'efficienza delle opere di drenaggio.

Una delle opere più importanti è costituita dalla protezione dei punti d'ingresso e d'uscita dei tombini, che costituiscono dei punti critici: il primo, infatti, può essere soggetto ad intasamenti che ne pregiudicano l'efficienza, la seconda può provocare erosione sulla scarpata di valle o sul versante. Per evitare questo tipo di problemi è opportuno prevedere piccole opere di mitigazione.

Gli ingressi ai tombini, che costituiscono il raccordo con le cunette ed i drenaggi, dovrebbero essere dotati di pozzetti ispezionabili per prevenirne l'intasamento e anche per ridurre la quantità di sedimento che perviene alla rete di drenaggio; le stesse opere possono anche essere utilizzate per realizzare siti di ricarica e di dispersione del deflusso eventualmente necessari per riequilibrare la dinamica idrologica naturale. Queste opere vanno dal semplice rialzo dell'ingresso del tombino, ai pozzetti in legname, sassi o altro materiale, a veri e propri bacini di decantazione ottenuti con sbarramenti.

Per quanto riguarda la stabilizzazione delle canalette laterali è possibile intervenire con opere particolarmente semplici ma efficaci, in grado di fissare il fondo della canaletta stessa; a tale scopo possono essere utilizzati efficacemente pietre di grosse dimensioni e tondame, fissati alle sponde ed al fondo.

In generale, il deflusso proveniente dai tombini (ma anche delle canalette e dei deflettori) non dovrebbe essere convogliato direttamente nei corsi d'acqua, ma dovrebbe essere fatto transitare attraverso una zona cuscinetto ("buffer zone") possibilmente con morfologia convessa, poco erodibile e stabile, in grado di assorbire il deflusso e ritardare l'arrivo del sedimento in esso trasportato, mitigando così il conseguente aumento dei colmi di piena e del trasporto solido.

Opere trasversali (canalette o deviatori o deflettori)

Le opere trasversali a cielo aperto assolvono essenzialmente la funzione di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola sul versante di valle o negli impluvi.

Esse, interrompendo lo scorrimento dell'acqua, ne riducono il potere erosivo, limitano la formazione di solchi e l'approfondimento delle tracce lasciate dalle ruote dei veicoli.

Sebbene siano note anche come deviatori o deflettori comunemente vengono chiamate canalette indipendentemente dalla loro tipologia.

Questo tipo di manufatti, che in genere sono associati alla sagomatura della sede stradale con pendenza verso valle, ma che possono essere anche utilizzate al posto dei tombini che sottopassano la strada nel caso di piano con pendenza verso monte, possono essere realizzati in diversi modi per tipologia e materiale utilizzato.

Pendenza [%]	Situazione favorevole ³	Situazione sfavorevole ⁴
	Distanza [m]	Distanza [m]
5	72	
6	56	
7	48	
8	44	30
9	40	28
10	36	26
11	34	24
12	32	22
13	30	20
14	28	18
15	27	16
16	26	14
17	24	13
18	23	
19	22	
20	21	
21	20	
22	19	

L'obiettivo che un sistema di smaltimento delle acque superficiali deve raggiungere è quello di evitare la concentrazione del deflusso sulla sede stradale e sulla scarpata di valle o verso quella di monte, prevenendone l'erosione e l'instabilizzazione. Tale obiettivo può essere raggiunto con il concorso di diversi elementi tra i quali rientrano le canalette.

In generale, i criteri che dovrebbero guidare la realizzazione delle opere sono i medesimi che controllano i fenomeni di erosione idrica, tenendo però conto delle specifiche esigenze legate alla transitabilità. I principali fattori che influenzano l'efficienza del sistema di smaltimento delle acque, di conseguenza, sono:

- caratteristiche delle precipitazioni intense;
- caratteristiche della sede stradale (erodibilità del

substrato e pendenza);

- lunghezza del deflusso superficiale (distanza delle canalette e tipologia del piano viabile);

- caratteristiche delle scarpate (stabilità del substrato e pendenza);
- intensità e tipologia di traffico;
- frequenza di manutenzione.

Tali fattori, difficilmente traducibili in schemi interpretativi e modellistici rigorosi, trovano riscontro in termini progettuali e realizzativi nelle seguenti caratteristiche: distanza tra i singoli elementi, pendenza, lunghezza e orientamento, protezione dello sbocco sulla scarpata, sul versante o nella rete. La distanza tra le canalette è sicuramente l'elemento di maggior interesse progettuale. In generale, essa deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale e di quello sottosuperficiale intercettato, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazione di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole.

I modelli relativi ai processi idrologici ed erosivi (anche quelli più complessi) non sono in grado di fornire risultati utilizzabili nella realtà operativa; sono stati effettuati alcuni tentativi in tale senso, ma con scarso successo ad eccezione del modello XDRAIN sviluppato dal Servizio Foreste dell'USDA (Elliot et al., 1998).

Al momento, quindi, non rimane che basarsi sulle esperienze fatte dai ricercatori in diverse situazioni. Per l'arco alpino sono disponibili i valori riportati da Hafner (1971, cit. Mazzalai, 1987) che fornisce valori compresi in una forcella che considera situazioni favorevoli e sfavorevoli in termini di produzione del deflusso e di erosività della pioggia (vedi Tabella).

Numerose esperienze sono state effettuate negli U.S.A. per una grande varietà di condizioni climatiche e di substrato ed hanno prodotto numerose linee guida. Nonostante la diversità dei valori è interessante notare che la maggior parte degli Autori non considera pendenze della strada superiori al 15÷16 % e che in tale caso la spaziatura è di circa 10 metri nelle condizioni peggiori e di alcune decine di metri in quelle migliori; con pendenza inferiore al 10%, invece, la spaziatura delle canalette risulta essere da alcune decine di metri fino ad oltre 100 metri.

La lunghezza delle canalette deve essere tale da superare di circa 10 cm il piano stradale verso valle e consentire un ammorsamento nella scarpata di monte al fine di evitare l'aggiramento della canaletta stessa. Nel calcolo della lunghezza occorre tenere conto dell'inclinazione rispetto all'asse stradale; una semplice relazione per valutare la lunghezza complessiva della canaletta (L) è la

seguinte:
$$L = \frac{l}{\sin \alpha} + t$$

con l larghezza strada, α inclinazione della canaletta rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale, t tolleranza d'installazione.

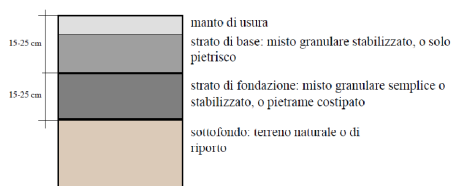
L'orientamento dovrebbe essere di 25÷45° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale (ottimale 30°) per evitare che le ruote gravino contemporaneamente sul manufatto e per conferire una pendenza trasversale alla canaletta.

La pendenza trasversale delle canalette deve garantire lo smaltimento del deflusso prodotto dal tratto di strada sotteso ed evitare la deposizione almeno del materiale più fine. A tale scopo la pendenza non dovrebbe essere inferiore al 3÷4%. La posa delle canalette deve essere accurata, soprattutto in terreni argillosi e cedevoli quando sono umidi, e utilizzare un letto costituito da materiale sciolto.

Protezione sbocco - Hanno lo scopo di dissipare l'energia cinetica del deflusso ed evitare pericolose erosioni localizzate. Tale risultato può essere efficacemente ottenuto mediante soluzioni più o meno semplici, dall'ammucchiare delle pietre di diametro adeguato (almeno 7-8 cm) a costituire un

blocco delle dimensioni minime di 60 per 20 cm, fino alla realizzazione di vere e proprie opere in pietrame a secco o con malta, in gabbioni, ecc.

Per il rifacimento del *fondo stradale*, necessario nei tratti degradati dell'intero percorso, si auspica



l'utilizzo di geosintetici da porre tra fondazione e sottofondo che separano gli strati e ripartiscono i carichi anche per la difficoltà di trasportare sufficienti quantità di materiale grossolano per realizzare uno strato di consolidamento del fondo naturale di spessore adeguato al carico transitabile.

La ricarica del fondo stradale, per ridurre l'azione erosiva, può essere realizzata con uno spessore variabile da 10 a 15 cm di ghiaia e pietrisco (diametro di 3.5-4.0 cm).

Il rifacimento del corpo stradale in corrispondenza delle aree a maggior pendenza, gravemente compromesso e continuamente interessato da ruscellamento su superficie molto acclive (pendenza



20° circa) può essere realizzato mediante "battuto di cemento" (costituito da una gettata di cemento preceduta dalla posa di una rete elettrosaldata per migliorare la portanza del terreno naturale) rivestito in ciottolato e selciato. In alternativa possono essere utilizzati leganti consistenti nella stesura di uno strato uniforme e continuo di legante sullo strato granulare e fatto penetrare nello stesso fino a saturazione. Ne risulta così un "tappettino" dello spessore di circa 1 cm che ha la proprietà di non essere rigido ma plastico, sopportando senza arrivare a rottura i carichi del traffico, trasferendoli così al sottofondo. I principali tipi di leganti sono: emulsioni bituminose a caldo o a freddo di vario genere; calce, cementi, pozzolana; resine di

vario genere.

Negli ultimi anni le emulsioni bituminose tradizionali, sono state affiancate da bitumi modificati che permettono la realizzazione di interventi che garantiscono una migliore integrazione ambientale ed ecologica in quanto consentono di ottenere un manufatto che esteriormente assume l'aspetto della terra battuta, ma che presenta ottime caratteristiche di stabilità interna, portanza e resistenza agli agenti atmosferici. Questo tipo di soluzione consente di contemperare l'esigenza di migliorare il transito sulle strade con fondo stabilizzato mediante le tecniche tradizionali, che sono spesso disagiati, insicure e che richiedono continue e costose manutenzioni con elevato consumo d'inerti, con la consapevolezza della necessità di ridurre l'impatto delle strade nelle aree di rilevante interesse ambientale.

8. CONSIDERAZIONI DI GEOLOGIA APPLICATA

Indicazioni per valutazione e verifica della capacità portante e dei cedimenti

Ai sensi della norma di riferimento lo scrivente suggerisce di verificare le prestazioni delle eventuali fondazioni dirette ed indirette in relazione agli orizzonti individuati al paragrafo precedente.

Detti valori andranno corretti per ottenere gli idonei valori di progetto (Vd) da utilizzare nelle formule di verifica della capacità portante e dei cedimenti.

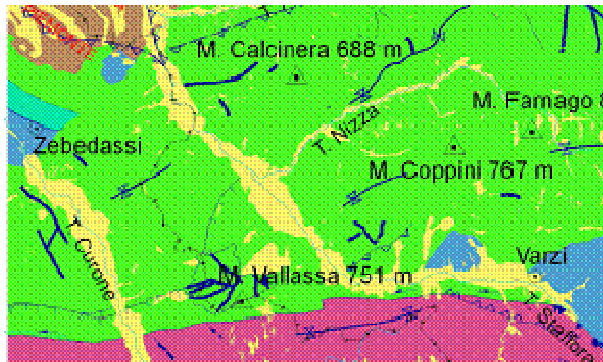
Stabilità dei pendii e fronti di scavo

La verifica della cartografia tematica, unitamente all'osservazione di campagna, evidenzia la presenza di aree di instabilità in stato quiescente. Si tratta di aree ove possono verificarsi locali scivolamenti di materiale terroso saturo detensionato dall'azione degli agenti atmosferici (ruscellamento ed infiltrazione idrica in prevalenza) che vanno a produrre colate lungo i versanti (tali accumuli di materiale vengono abitualmente rimodellati dai conduttori dei fondi). Tali locali criticità possono essere mitigate con la messa in opere degli interventi precedentemente descritti. L'apertura di scavi sia realizzata nel rispetto delle norme di sicurezza vigenti provvedendo alla verifica di stabilità degli stessi in relazione alle caratteristiche dello strato superficiale.

Verifica all'addensamento eccessivo in caso di sisma

La natura dei terreni costituenti il sottosuolo esclude la possibilità di addensamento.

Distanza da faglie



Principali lineamenti tettonici

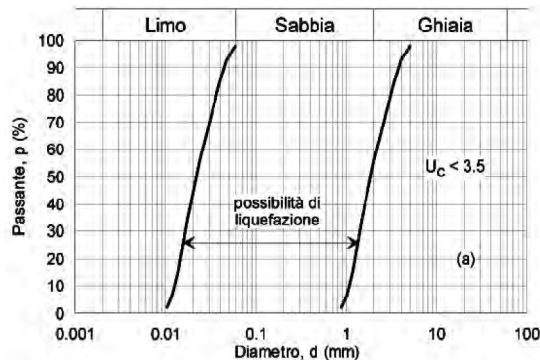
È segnalata l'esistenza di un lineamento principale distensivo parallelo alla direzione della valle Staffora, di ardua localizzazione, e la presenza di una faglia inversa (sovrascorrimento) che mette a contatto i termini delle Breccie di Baiso con la F.ne di Antognola.

Verifica a liquefazione

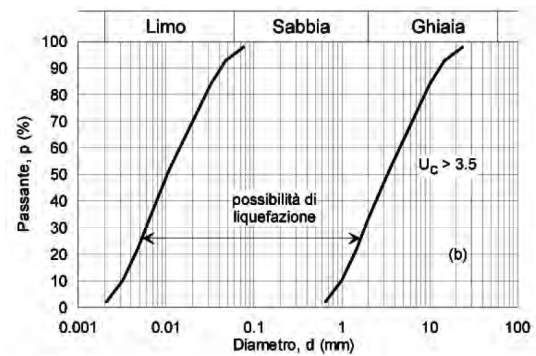
La liquefazione del suolo è il comportamento dei terreni saturi che, a causa di un aumento repentino della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido a uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante. Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e in falda (saturi). Durante un sisma le sollecitazioni indotte nel terreno saturo possono determinare un aumento repentino delle pressioni neutre interstiziali che possono giungere ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di confinamento, annullando così la resistenza al taglio del terreno e inducendo i fenomeni di fluidificazione. In base al punto 7.11.3.4.2. delle N.T.C., la

verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1 (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



7.11.1 (a)



7.11.1 (b)

Il punto 1 non risulta verificato.

In considerazione del punto 2 (assenza di falda) la verifica alla liquefazione può essere omessa.

Terre e rocce da scavo

Le terre risultanti dalle operazioni di scavo per la formazione del piano viabile (sterri e riporti), costituite essenzialmente da argille ed argille sabbiose o ghiaie in fondovalle (tratto 3) potranno essere integralmente riutilizzate tal quali (salvo le normali operazioni meccaniche di vagliatura e/o addensamento) in sito per i rimodellamenti morfologici dell'area di intervento; eventuali materiali non rientranti nella casistica delle terre e rocce da scavo dovranno essere trattati in accordo alla normativa di settore.

Invarianza idraulica

N/A

9. INDICAZIONI SISMICHE

A livello nazionale la normativa (NTC 2018) considera sismico tutto il territorio nazionale e prevede, per quanto di competenza dello scrivente ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'individuazione della **categoria di sottosuolo** e la definizione delle **categorie topografiche**. La categoria di sottosuolo è individuabile tra quelle di seguito riportate:

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

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

La categoria topografica è individuabile tra quelle di seguito riportate:

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Considerate le risultanze derivanti dall'analisi delle evidenze ambientali e dalla elaborazione delle indagini sismiche effettuate in aree attigue dovranno essere adottate la categoria di sottosuolo **E** e la condizione topografica **T1**.

I documenti di pianificazione, come già rilevato, individuano attraverso la carta della pericolosità sismica locale (PSL) per le zone di intervento, possibili effetti di amplificazione litologica. Poiché le opere in progetto non prevedono (SE&O) la realizzazione di manufatti soggetti a progettazione per azioni sismiche non si effettuano nel presente documento approfondimenti sismici di II° e/o III° livello che dovranno in ogni caso essere sviluppati (anche in ambito di studio geotecnico), qualora le previsioni progettuali dovessero mutare.

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dall'indagine geologico, tecnica e sismica, eseguita conformemente alle NTC 2018, alla D.G.R. IX/2616 ed alle Norme Geologiche di Piano, emerge quanto segue:

- ✓ Il percorso si sviluppa per circa 1200 m lineari, a mezza costa, sul versante orientale della dorsale che da Monte Vallassa degrada verso l'abitato di Cecima capoluogo; il tracciato per circa 350 m corre in corrispondenza di aree in dissesto idrogeologico.
- ✓ Siano verificate le condizioni di stabilità generali delle scarpate naturali ed artificiali i cui fronti dovranno avere inclinazione inferiore a 1:2 per altezze fino a 1.5 metri. Fronti di altezze superiori dovranno essere dotati di gradonature intermedie o protette con opere di sostegno (in c.a., terre armate, palificate doppie ecc); le scarpate di monte e di valle tengano comunque conto di rapporti altezza/larghezza 1:2 - 1:2.5.
- ✓ Eventuali rilevati da realizzare, in aree preventivamente "scoticate", non superino altezza di m 2 ed abbiano inclinazione delle sponde non superiore a 25° in aree stabili; in aree interessate da frane o franosità diffusa oltre a soddisfare i precedenti requisiti non dovranno apportare al terreno carichi permanenti indicativamente superiori a 5 t/mq .
- ✓ Le acque meteoriche siano convogliate verso idonei recettori naturali esistenti e/o artificiali senza interferire con i dissesti censiti.
- ✓ In corrispondenza di terreni a scarsa capacità portante e saturi (p. es. in corrispondenza di accumuli di detrito eluvio colluviale) la portanza del sottofondo sia migliorata utilizzando opportune soluzioni tecniche oltre a costipare il terreno naturale e "ricaricare" con uno strato di ghiaia; siano inoltre realizzati dreni atti ad allontanare le acque per gravità.
- ✓ Sia stabilito un piano di manutenzione delle opere che preveda la verifica puntuale dei punti critici del percorsi quali tombature, attraversamenti e versanti/sponde acclivi.
- ✓ Sia posta particolare attenzione all'inerbimento di superfici di sterri e riporti al fine di mitigare fenomeni di erosione ed infiltrazione localizzata.
- ✓ A livello progettuale esecutivo, per le opere la cui realizzazione sia disciplinata dalle NTC 2018, siano verificate puntualmente le prestazioni dei manufatti in relazione alle accelerazioni sismiche locali.

Fatto salvo eventuali approfondimenti di indagine si ritiene che le indicazioni contenute nel presente documento possano consentire di perseguire, conformemente alle previsioni normative, gli obiettivi di progetto.

Varzi, giugno 2025

