

◆◆◆
Direzione Azioni Integrate
con gli Enti Locali



Comune di Rivarolo C.se

**PROGRAMMA GENERALE DI GESTIONE DEI SEDIMENTI -
STRALCIO TORRENTE ORCO NEL TRATTO TRA CUORGNE'
E CHIVASSO - PRIMO PROGRAMMA OPERATIVO -
2° LOTTO - 2° STRALCIO
COMUNE DI RIVAROLO**

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO REDATTO dalla
CITTA' METROPOLITANA DI TORINO

**Direzione Azioni Integrate con gli EE.LL.
Unità Specializzata Tutela del Territorio**

REV.	DESCRIZIONE-CONTENUTO	DATA	REDATTO	VERIFICATO
0	1° emissione	aprile 2021	GD	
1	2° emissione	aprile 2022	GD	GaP

IL COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

☒ Ing. Giovanni PONCHIA
Città Metropolitana di Torino

CONSULENZA SPECIALISTICA

☒ POLITECNICO DI TORINO
DIATI - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente,
del Territorio e delle Infrastrutture
Corso Duca degli Abruzzi, 24
10129 Torino



**POLITECNICO
DI TORINO**

visto: IL DIRIGENTE DELLA DIREZIONE

☒ Ing. Massimo VETTORETTI
Città Metropolitana di Torino

CODICE ID. COMMESSA:

1819A

CODICE ELABORATO:

1819A_E_A_04_2_2

REDATTO DA:

☒ Dott. Geol. Gabriella DE RENZO
Città Metropolitana di Torino

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

☒ Dott. Geol. Gabriele PAPA
Città Metropolitana di Torino

SCALA:

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

TAVOLA N°:

A.04

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	4
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
3. INQUADRAMENTO.....	12
3.1 IL SETTORE DI PIANURA DEL BACINO DEL T. ORCO.....	14
3.2 INQUADRAMENTO PIANIFICATORIO E VINCOLISTICO DEL SETTORE DI PIANURA.....	18
4. GLI INTERVENTI PREVISTI.....	22
4.1 INTRODUZIONE.....	22
4.2 GLI INTERVENTI VERIFICATI CON LA PROCEDURA DI VIA E PREVISTI NEL PROGETTO DEFINITIVO.....	23
4.3 PRINCIPALI ELEMENTI DI PROGETTO.....	28
5. LE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE.....	30
5.1 POZZETTI ESPLORATIVI.....	30
5.2 SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	31
5.3 PROVE SPT IN FORO.....	31
5.4 INDAGINI GEOFISICHE: MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	31
6. GLI INTERVENTI NEL COMUNE DI CHIVASSO.....	34
6.1 ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE.....	34
6.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	39
6.3 MODELLO GEOLOGICO.....	41
6.4 MODELLO GEOTECNICO.....	43
6.5 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	51
7. GLI INTERVENTI NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE.....	55
7.1 ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE.....	55
7.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	57
7.3 MODELLO GEOLOGICO.....	58
7.4 MODELLO GEOTECNICO.....	59
7.5 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	60
8. LA SCOGLIERA DEL 2° LOTTO NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE.....	63
8.1 ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE.....	63
8.2 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	64
8.3 MODELLO GEOLOGICO.....	65
8.4 MODELLO GEOTECNICO.....	66
8.5 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....	67
9. CONCLUSIONI.....	71

ELENCO FIGURE

- Figura 3.1 – Schema strutturale delle Alpi Graie: 4) Zona Brianzonese interna: zoccolo polimetamorfico prewestfaliano, sequenze permo-carbonifere e copertura mesozoico-terziaria; 5) ricoprimenti penninici interni del Gran Paradiso e del Dora-Maira; 6) Falda Piemontese dei Calcescisti con pietre verdi indifferenziate; 7) Austroalpino: Zona Sesia -Lanzo e lembi meridionali della falda Dent Blanche s.l.; 8) Massiccio ultrabasico di Lanzo e peridotiti di Baldissero; 9) Zona del Canavese; 10) Zona Ivrea - Verbano
- Figura 3.2 – L'assetto geologico del settore di pianura del bacino del T. Orco: in azzurro/verdino i depositi alluvionali, in giallo i depositi fluvioglaciali e il morenico. I cerchi rossi indicano l'ubicazione degli interventi in progetto (stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 56 Torino, scala originaria 1 : 100.000)
- Figura 3.3 - Assetto viario del settore di pianura del bacino del T. Orco. I cerchi rossi indicano l'ubicazione degli interventi in progetto
- Figura 3.4 – Stralci della Carta Geologica d'Italia, Foglio 156 Torino Est, scala originaria 1 : 50.000
- Figura 5.1 – Energizzazione durante lo stendimento per la MASW eseguita a Rivarolo C.se
- Figura 6.1 – Panoramica da valle sul meandro abbandonato nell'ottobre 2020, sito d'intervento dei pennelli
- Figura 6.2 – Panoramica dalla sponda destra sull'ansa di valle in direzione della sponda sinistra
- Figura 6.3 – Panoramica sul tratto d'alveo rettilineo di neoformazione tra i due meandri, visto da valle (sponda destra)
- Figura 6.4 – Panoramica da valle del canale abbandonato a tergo del tratto d'alveo rettilineo
- Figura 6.5 – Panoramica sulla scogliera in massi di cava presente a tergo della sponda attiva destra, a valle dell'ansa abbandonata
- Figura 6.6 – Panoramica sulla scogliera in massi di cava a difesa della sponda sinistra lungo l'ansa di valle
- Figura 7.1 – Panoramica dalla sponda sinistra; in primo piano il ramo attivo minore. Sulla sfondo l'alta sponda destra
- Figura 7.2 – Sponda sinistra erosa in corrispondenza dell'ansa aperta verso sudovest
- Figura 8.1 – Scogliera in opera lungo la sponda sinistra a valle del ponte di Rivarolo C.se. L'intervento previsto consiste nella realizzazione del suo proseguimento fino a raggiungere i pennelli già in opera

ELENCO TAVOLE

- Tavole 1a, 1b, 1c, 1d – Assetto geologico e morfologico dei terrazzi
- Tavole 2a, 2b, 2c, 2d – Evoluzione morfologica dell'alveo attivo del T. Orco – Aggiornamento
- Tavola 3 – Pianificazione territoriale e vincolistica di Bacino
- Tavola 4 – Insieme degli interventi previsti
- Tavola 5 – Stralci delle Carte di Sintesi dei P.R.G.C. di Chivasso e di Rivarolo
- Tavola 6 – Ubicazione degli interventi previsti da progetto definitivo e ubicazione delle indagini
- Tavola 7 – Territorio comunale di Chivasso: assetto geomorfologico del sito coinvolto dagli interventi
- Tavola 8 – Territorio comunale di Rivarolo: assetto geomorfologico del sito coinvolto dagli interventi
- Tavola 9 - Territorio comunale di Rivarolo: assetto geomorfologico del sito coinvolto dall'intervento 2° lotto – 2° stralcio

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 – Documentazione relativa alle indagini geognostiche: pozzetti, sondaggi e MASW

Allegato 2 - Documentazione relativa alle prove di laboratorio

Allegato 3 – Stratigrafie rintracciate nella Banca dati geotecnica di Arpa Piemonte

1. INTRODUZIONE

Questa relazione è stata redatta per contribuire a dare attuazione alla Convenzione (stipulata nel dicembre 2018, tra la Regione Piemonte e la Città Metropolitana di Torino) avente come oggetto la progettazione, fino al livello esecutivo, di quanto previsto dal Primo Programma Operativo del Piano di Gestione dei Sedimenti del Torrente Orco (Regione Piemonte).

Gli interventi, oggetto della presente relazione, erano stati individuati nell'ambito del Programma Generale di Gestione dei Sedimenti (P.G.S.) per i corsi d'acqua piemontesi - *Programma di Gestione dei Sedimenti per il T. Orco* -, strumento attuativo della Regione Piemonte (D.G.R. 44-5084 del 14.01.2002 e *Deliberazione dell'Autorità di Bacino del Po n. 9 del 05.04.2006*) il contenuto del quale era stato sviluppato, per il T. Orco, da una convenzione di ricerca stipulata nel 2006 tra l'Agenzia Interregionale per il Po (A.I.P.O. nel prosieguo) e il Politecnico di Torino, ricerca a cui si rimanda per eventuali approfondimenti ⁽¹⁾.

Gli interventi allora previsti attenevano specificatamente alla manutenzione degli alvei e delle opere di difesa esistenti e alla progettazione di nuove opere idrauliche attività che, unitamente alla Polizia Idraulica e al coordinamento del Servizio di Piena, concorrono sempre alla gestione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua in rapporto al rischio derivante dalle piene, incrementando la mitigazione del rischio stesso. In particolare, nell'ambito della manutenzione, gli interventi che coinvolgono i sedimenti e i processi di dinamica torrentizia a quest'ultimi associati, influenzano la dinamica dell'alveo e quindi, se ben finalizzati possono, nel tempo, rallentare l'evoluzione naturale del torrente, contenendo: la divagazione planimetrica nonché la variazione altimetrica delle quote di fondo e l'attivazione incontrollata di canali secondari; tutti fattori di rischio per le opere idrauliche esistenti e per i territori rivieraschi.

In fase di progettazione a livello di fattibilità tecnico-economica, in considerazione della significativa dinamicità del T. Orco e del lungo periodo temporale trascorso tra la citata ricerca scientifica (2008) e la Convenzione in essere (2018), è stato necessario apportare alcune modifiche progettuali rispetto al programma iniziale. Tali modifiche sono state apportate dal Politecnico di Torino nell'ambito di una Convenzione, stipulata nel 2019 tra la Città Metropolitana di Torino e il

¹Politecnico di Torino – Dipartimento di Idraulica, Trasporti ed Infrastrutture Civili - Programma generale di Gestione dei Sedimenti (PGS) per i corsi d'acqua piemontesi. Programma di gestione dei sedimenti per il Torrente Orco - RELAZIONE – Contratto di ricerca n. 1236/2006 – Convenzione AIPO n. 334 rep. 20/12/2006 – Responsabile Scientifico: Prof. Ing. Maurizio Rosso (maggio 2007 – aggiornamento: febbraio 2008)

Dipartimento Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture (DIATI), per dar seguito ad una collaborazione e consulenza tecnico scientifica in materia idrologico-idraulica.

Lo scopo della presente relazione è quello di ottemperare alle previsioni di legge circa gli aspetti geologici e geotecnici da affrontare per la progettazione, a livello di **progetto definitivo** degli interventi da effettuarsi lungo il corso del T. Orco individuati:

- ✓ in prima istanza in detto Programma Operativo;
- ✓ sviluppati e adeguati nel corso delle attività svolte nella progettazione di fattibilità tecnico economica;
- ✓ selezionati come idonei e quindi approvati con DD 2341/A1813B/2020 dalla Regione Piemonte nel corso della fase di Verifica della procedura di VIA (ex. art. 10 della L.R. 40/1998), fase che ha portato l'esclusione del progetto dalla fase di Valutazione di cui all'art.12 della L.R. 40/1998 in combinato disposto con gli artt. 23 e ss. del D.Lgs 152/06).

Gli interventi selezionati come idonei e quindi approvati con DD 2341/A1813B/2020 dalla Regione Piemonte sono:

- ✓ in **Rivarolo C.se**: - intervento di ripascimento di un tratto di alveo attivo (**intervento 7_A1_1**) di lunghezza pari a circa 320 m;
- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1_2**) di lunghezza pari a circa 440 m e larghezza media pari a circa 35 m per il deflusso di parte delle portate di piena;
- intervento di apertura d'invito di un nuovo ramo in alveo a valle degli interventi di cui ai punti precedenti (**intervento 7_A1_3**)
- realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2° Lotto – 2° Stralcio**), lunga circa 100 m, a protezione della sponda sinistra tra la scogliera esistente (di cui ne costituisce il proseguimento) e i pennelli esistenti;
- ✓ in **Chivasso**: - intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A4_1**) di lunghezza pari a circa 700 m e larghezza media pari a circa 40 m per il deflusso delle portate di piena;
- realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2_A4_2**), lunga 710 m, a protezione della sponda destra del nuovo ramo;

- realizzazione di 6 nuovi pennelli in cassero in massi ciclopici
(**intervento 2_A4_3**) non cementati di lunghezza pari a 45 m , intestati su
scogliera di cui al punto precedente.

Di conseguenza, visto quanto sviluppato nel progetto di fattibilità tecnico-economica riguardo l'assetto geomorfologico generale dell'alveo nel settore di pianura del Bacino del T. Orco, nella presente relazione, si concentra l'attenzione sui siti destinati ad ospitare gli interventi in progetto selezionati, attingendo e approfondendo quanto riportato:

- ✓ nella ricerca del 2008 a cura del Politecnico di Torino;
- ✓ nella relazione geologica del progetto di fattibilità tecnico-economica;
- ✓ nell'Elaborato n. 1819A_D_A_05 : *Relazione Idrologico Idraulica e specialistica.*

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La realizzazione degli interventi in progetto sottostà ad una serie di norme promulgate a livello nazionale e locale che possono essere raggruppate nelle seguenti categorie:

1. norme che regolano la realizzazione fisica degli interventi;
2. norme che regolano i rapporti tra gli interventi e il territorio destinato ad ospitarli;

Fanno parte della prima categoria le seguenti norme principali:

Normativa nazionale

- L. n. 55 del 14.06.2019: *“Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 18 aprile 2019 n. 32, recante disposizioni urgenti per il rilancio del settore dei contratti pubblici, per l’accelerazione degli interventi infrastrutturali, di rigenerazione urbana e di ricostruzione a seguito di eventi sismici”*;
- Deliberazione ISPRA n. 54 del 09.05.2019: *“Linea guida sull’applicazione della disciplina per l’utilizzo delle terre e rocce da scavo*;
- Circolare n. 7 del 21.01.2019: *“Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018 e s.m.i.”*;
- D.P.R. n. 120 del 13.06.2017: *“Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi dell’art.8 dl decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164*;
- D.M. 17.01.2018 e s.m.i.: *“Norme tecniche per le costruzioni”*;
- D.lgs n. 50 del 18.04.2016 e s.m.i.: *“Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull’aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d’appalto degli enti erogatori nei settori dell’acqua, dell’energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”*;
- O.P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 : *“Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”*;
- D.lgs n 152 Parte IV del 03.04.2006 e s.m.i.: *“Norme in materia ambientale”*;
- O.P.C.M. n. 3274 All.4 del 20.03.2003 e s.m.i.: *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*;
- DPR n. 380 del 06.06.2001: *“Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia*

edilizia”;

- Legge n. 64 del 02.02.1974: *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;*
- Regio Decreto n. 523 del 25.07.1904: *“Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie “;*

Normativa Regionale

- D.G.R. n. 5-440 del 21.10.2014: *“Determinazione ed approvazione dell’aggiornamento relativo all’importo dei diritti istruttori per l’esercizio delle funzioni in materia di prevenzione del rischio sismico della Regione Piemonte. Modifiche alla D.G.R. n. 21-5361 del 21/02/2013 (BUR n. 45 del 6/11/2014);*
- D.G.R. n. 65-7656 del 21.05.2014: *“Individuazione dell’ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084”;*
- D.G.R. n. 65-7656 del 09.02.2014: *“Determinazione dei canoni per la concessione di estrazione di materiali litoidi dal demanio idrico ex articolo 15 della l.r. n. 17/2013 e modifiche alle procedure di cui alla D.G.R. n. 44-5084 del 14/01/2002”;*
- D.G.R. n. 7-3340 del 03.02.2012: *“Modifiche e integrazioni alle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. n. 4-3084 del 12/12/2011”;*
- D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011: *“D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. “Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese”;*
- Regolamento regionale n. 12 del 09/11/2004: *“Regolamento regionale di attuazione della legge regionale 6 ottobre 2003, n. 25 (Norme in materia di sbarramenti fluviali di ritenuta e bacini di accumulo idrico di competenza regionale. Abrogazione delle leggi regionali 11 aprile 1995, n. 58 e 24 luglio 1996, n. 49)”;*
- L. R. n. 25 del 06/10/2003: *“Norme in materia di sbarramenti fluviali di ritenuta e bacini di accumulo idrico di competenza regionale. Abrogazione delle leggi regionali 11 aprile 1995, n. 58 e 24 luglio 1996, n. 49”;*
- D.G.R. n. 44-5084 del 14.01.2002: *“Manutenzione dei corsi d’acqua di competenza regionale con*

asportazione di materiali litoidi: individuazione dei criteri e delle modalità di attuazione degli interventi e determinazione dei canoni. Prime indicazioni”;

Fanno parte della seconda categoria le seguenti norme principali:

Normativa nazionale

- D.Lgs. n. 34 del 03.03.2018: *“Testo unico in materia di foreste e filiere forestali”;*
- D.Lgs. n. 104 del 16.06.2017: *“Attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva 2011/92/UE, concernente la valutazione dell’impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114”;*
- D.P.R. n. 31 del 13.02.2017: *“Regolamento recante individuazione degli interventi esclusi dall’autorizzazione paesaggistica o sottoposti a procedura autorizzatoria semplificata”;*
- Deliberazione del C. I. n. 5 del 07/12/2016: *“Adozione progetto di variante alle norme di attuazione del PAI e del PAI Delta”;*
- D.P.C.M. del 27.10.2016: *“Approvazione del Piano di gestione del rischio di alluvioni del distretto idrografico Padano”;*
- Decreto 30.03.2015: *“Linee guida per la verifica di assoggettabilità a valutazione di impatto ambientale dei progetti di competenza delle regioni e province autonome, previsto dall’articolo 15 del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 agosto 2014, n. 116”;*
- D.Lgs. n. 49 del 23.02.2010: *“Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”;*
- D.Lgs. n. 63 del 26.03.2008: *“Ulteriori disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, in relazione al paesaggio “;*
- D.Lgs. n. 4 del 16.01.2008: *“Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale”;*
- D.lgs n 152 Parte II del 03.04.2006 e s.m.i.: *“Norme in materia ambientale”;*
- D.P.C.M. del 12.12.2005: *“Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell’articolo 146, comma 3 , del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42”;*
- D.Lgs. n. 42 Parte I, Parte III del 24.02.2004 e s.m.i.: *“Codice dei beni culturali e del paesaggio”;*

- D.P.C.M. del 24 .05.2001: *“Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI)”*;
- Legge n. 47 del 28.02.1985: *“Norme in materia di controllo dell’attività urbanistico-edilizia, sanzioni, recupero e sanatoria delle opere abusive”*;
- D.P.C.M. del 27.12.1988: *“Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all’art. 6 della Legge 349/86, adottate ai sensi dell’art. 3 del D.P.C.M. 377/88”*

Normativa Regionale

- D.G.R. n. 17-8404 del 15/02/2019 - OPCM 3519/2016. DGR 19 gennaio 2010 n. 65-7656: *“Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte”*;
- D.G.R n. 17-7911 del 23/11/2018: *“Modifica dell’Allegato 1 alla DGR 30 luglio 2018, n. 25-7286 recante “Disposizioni regionali riguardanti l’attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l’aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi”*;
- D.G.R. n. 25-7286 del 30.07.2018: *“Disposizioni regionali riguardanti l’attuazione del Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico (art. 58 Norme di Attuazione PAI, integrate dal Titolo V), le attività per i comuni non ancora adeguati al PAI e l’aggiornamento del quadro del dissesto a seguito di eventi calamitosi”*;
- D.G.R. n. 28-7049 del 14/06/2018: *“Disposizioni relative alla “Direttiva per la determinazione dei deflussi ecologici a sostegno del mantenimento/raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati dal Piano di Gestione del distretto idrografico e successivi riesami e aggiornamenti.*
- D.G.R. n. 23-4637 del 06.02.2017: *“L.R. 4/2009, articolo 19. Disposizioni sulle trasformazioni del bosco ad altra destinazione d’uso e approvazione dei criteri e delle modalità per la compensazione”*;
- D.P.G.R n. 2/R del 23/01/2017: *“Regolamento regionale recante:”Attuazione dell’articolo 3, comma 3 ter della legge regionale 10 febbraio 2009, n. 4 (Gestione e promozione economica delle foreste)”*;
- Circolare del Presidente della Giunta Regionale n. 3/AMB del 27/04/2015: *“Applicazione delle disposizioni regionali in materia di VIA di cui alla l.r. 40/1998 “Disposizioni inerenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione”, in relazione ai disposti di cui al decreto ministeriale 30 marzo 2015, n. 52, recante: “Linee guida per la verifica di assoggettabilità a*

valutazione di impatto ambientale dei progetti di competenza delle regioni e province autonome, previsto dall'articolo 15 del decreto-legge 24 giugno 2014, n. 91, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 agosto 2014, n. 116";

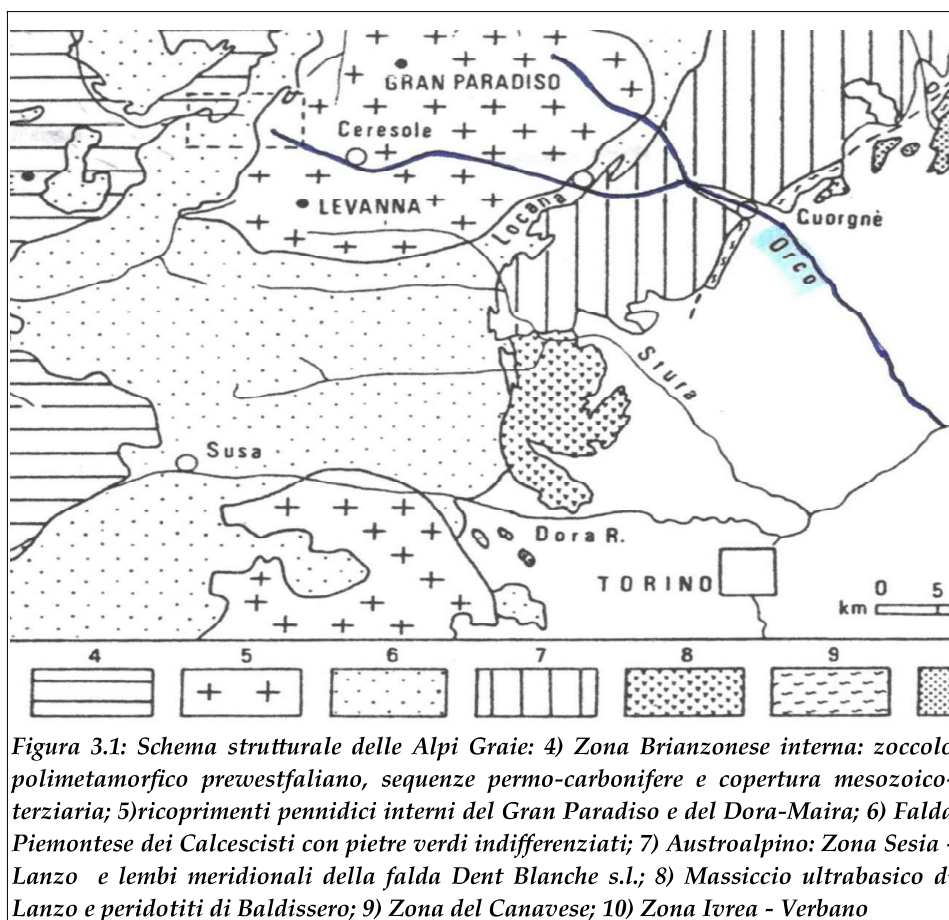
- D.G.R. n. 64-7417 del 07.04.2014: *"Indirizzi procedurali e tecnici di difesa del suolo e pianificazione urbanistica";*
- D.C.R. n. 129 – 35527 del 20/09/2011: *"Aggiornamento degli allegati A1 e B2 alla legge regionale 14 dicembre 1998, n. 40 (Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione) in conseguenza delle modifiche agli allegati III e IV alla parte seconda del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, operate dalla legge 23 luglio 2009, n. 99";*
- D.G.R. n. 80-1651 del 28/02/2011: *"Linee guida per la redazione del programma di rilascio del deflusso minimo vitale ai sensi dell'articolo 7 del regolamento regionale 17 luglio 2007 n. 8/R";*
- L.R. n. 19 del 29/06/2009 e s.m.i.: *"Testo unico sulla tutela delle aree naturali e della biodiversità";*
- L.R. n. 4 del 10/02/2009 e s.m.i.: *"Gestione e promozione economica delle foreste", Capo IV "Tutela del territorio e degli ecosistemi forestali" Sezione I "Tutela delle superfici forestali dalle trasformazioni" art 19 "Trasformazione del bosco in altra destinazione d'uso";*
- L.R. n. 32 del 01/12/2008: *"Provvedimenti urgenti di adeguamento al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell' articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137)";*
- L.R. n. 14 del 16/06/2008: *"Norme per la valorizzazione del paesaggio";*
- L.R. n. 40 del 14/12/1998: *"Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione";*
- Circolare P.G.R. 8.05.1996 n. 7/LAP e Nota tecnica esplicativa del dicembre 1999: *"Specifiche tecniche per l'elaborazione degli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici";*
- L.R. 56/1977 e s.m.i.: *"Tutela ed uso del suolo"*

3. INQUADRAMENTO

Il T. Orco scorre nei territori comunali di tredici Comuni tra i quali Rivarolo Canavese e Chivasso (settore di pianura) e delimita parte del confine di altri cinque. Nel territorio comunale di Chivasso confluisce, in sinistra idrografica, nel Fiume Po.

Il bacino idrografico ad esso afferente è parte delle Alpi Graie, occupa un vasto territorio del Canavese occidentale e si sviluppa dai 4025 m s.l.m. della Punta il Roc ai 177 m circa s.l.m., misurabili in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino; per un'area di circa 930 Km² ed un perimetro di circa 210 km. Gli affluenti principali del T. Orco, entrambi in sinistra idrografica, sono: il T. Soana e il T. Piantonetto.

Dal punto di vista geologico, il bacino è inserito in un'area dominata dalle Unità Pennidiche Superiori del massiccio del Gran Paradiso, costituite da un basamento cristallino composito in cui affiorano prevalenti gneiss occhiadini (Compagnoni et al., 1974). Il margine orientale del massiccio è delimitato da litologie afferenti alla Zona Piemontese, costituite da calcescisti con pietre verdi, che affiorano in Val Soana; all'esterno si riconoscono le Unità del basamento pol ciclico della Zona Sesia-Lanzo (Venturini, 1995) costituite da micascisti e paragneiss (Figura 3.1).



Il settore di pianura del bacino si estende dalle falde montuose presenti nel territorio comunale di Cuorgnè e la confluenza con il Fiume Po; è formato dai depositi alluvionali del T. Orco e dai depositi fluvioglaciali afferenti all'anfiteatro morenico di Ivrea. Gli interventi previsti sono ubicati lungo il corso medio - basso del T. Orco e sono compresi (da monte verso valle) nei territori comunali di Rivarolo Canavese e Chivasso (Figure 3.2).

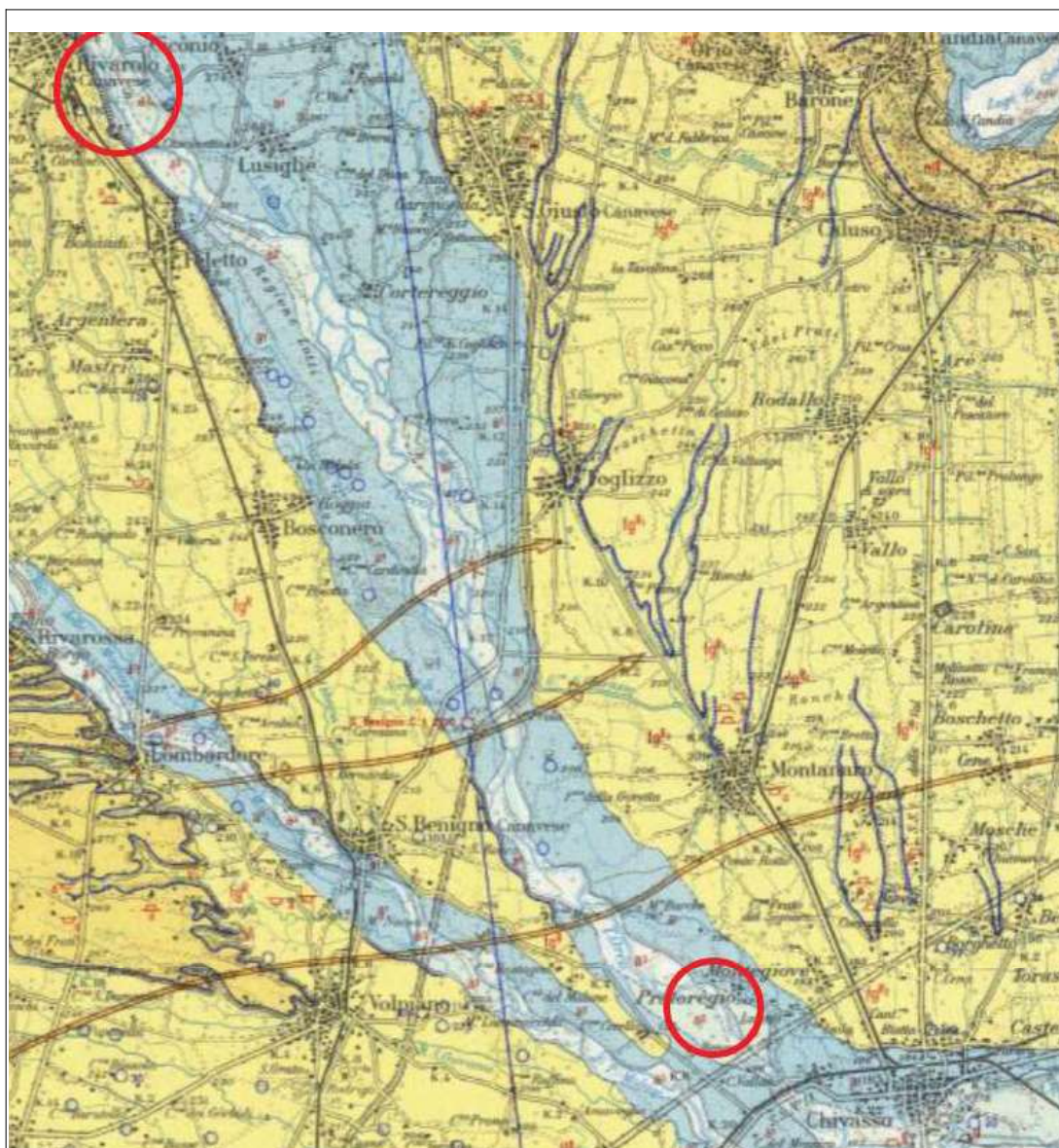


Figura 3.2: l'assetto geologico del settore di pianura del bacino del T. Orco: in azzurro/verdino i depositi alluvionali, in giallo i depositi fluvioglaciali e il morenico. I cerchi rossi indicano l'ubicazione degli interventi in progetto (stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio 56 Torino, scala originaria 1 : 100.000)

3.1 Il settore di pianura del bacino del T. Orco

Il settore di pianura del bacino ospita, in destra idrografica dell'asta principale, i centri abitati di: Salassa (in parte), Rivarolo Canavese, Feletto (in parte), Bosconero (in parte) e San Benigno (in parte) lungo una relativamente stretta fascia di territorio (larghezza media 700 m circa) subpianeggiante a vocazione principalmente agricola e generalmente turistica. I suddetti concentrici sono collegati dalla S.P. 460, asse viario principale che, a monte di Cuornè, conduce in alta Valle Orco e, a valle di Feletto, esce dal bacino in direzione di Caselle e poi di Torino.

In sinistra idrografica, il settore di pianura del bacino si amplia molto e ospita, nella fascia di piana rivierasca, i centri abitati di: Castellamonte, Ozegna, Cicogno, Lusigliè, San Giusto Canavese, Foglizzo, Montanaro e Chivasso oltreché numerosi altri concentrici nelle aree pedemontane collinari. La fascia subpianeggiante di pianura, anche in sinistra idrografica è sostanzialmente agricola e generalmente turistica. Qui il collegamento viario è rappresentato da una fitta rete di strade provinciali che collegano fra loro i centri abitati, le principali direttrici SO-NE della quale sono le S.S. P.P.: 82 e 222, da Chivasso in direzione di Ivrea; in direzione circa O-E le S.S. P.P.: 51, 52, 56 e 217. A valle di San Benigno Canavese, il settore di pianura del bacino idrografico del T.Orco è attraversato da due autostrade: la A5 Torino-Aosta e la A4 Torino-Trieste (Figura 3.3).

A partire da Cuornè il T. Orco è attraversato da numerosi ponti tra i quali quelli di maggiore interesse per vicinanza agli interventi in progetto (da monte verso valle):

- all'altezza del concentrico di Salassa, il ponte a servizio della S.P. 565 che collega la destra idrografica all'Eporediese;
- il ponte di Rivarolo Canavese a servizio della S.P. 222;
- il ponte di Feletto a servizio della S.P. 41;
- il ponte a servizio della S.P. 40 che collega Leinì, Volpiano e San Benigno Canavese con la sinistra idrografica del torrente;
- il ponte autostradale della autostrada A5 Torino-Aosta;
- il doppio viadotto autostradale (uno per corsia) della autostrada A4 Torino-Trieste;
- il ponte della linea ferroviaria Alta Velocità Torino-Milano;
- poco a monte della confluenza con il Po, tra Brandizzo e Chivasso, il ponte a servizio della S.P. 11.

In questo settore di pianura, il naturale corso del T. Orco è inoltre interessato da numerose opere

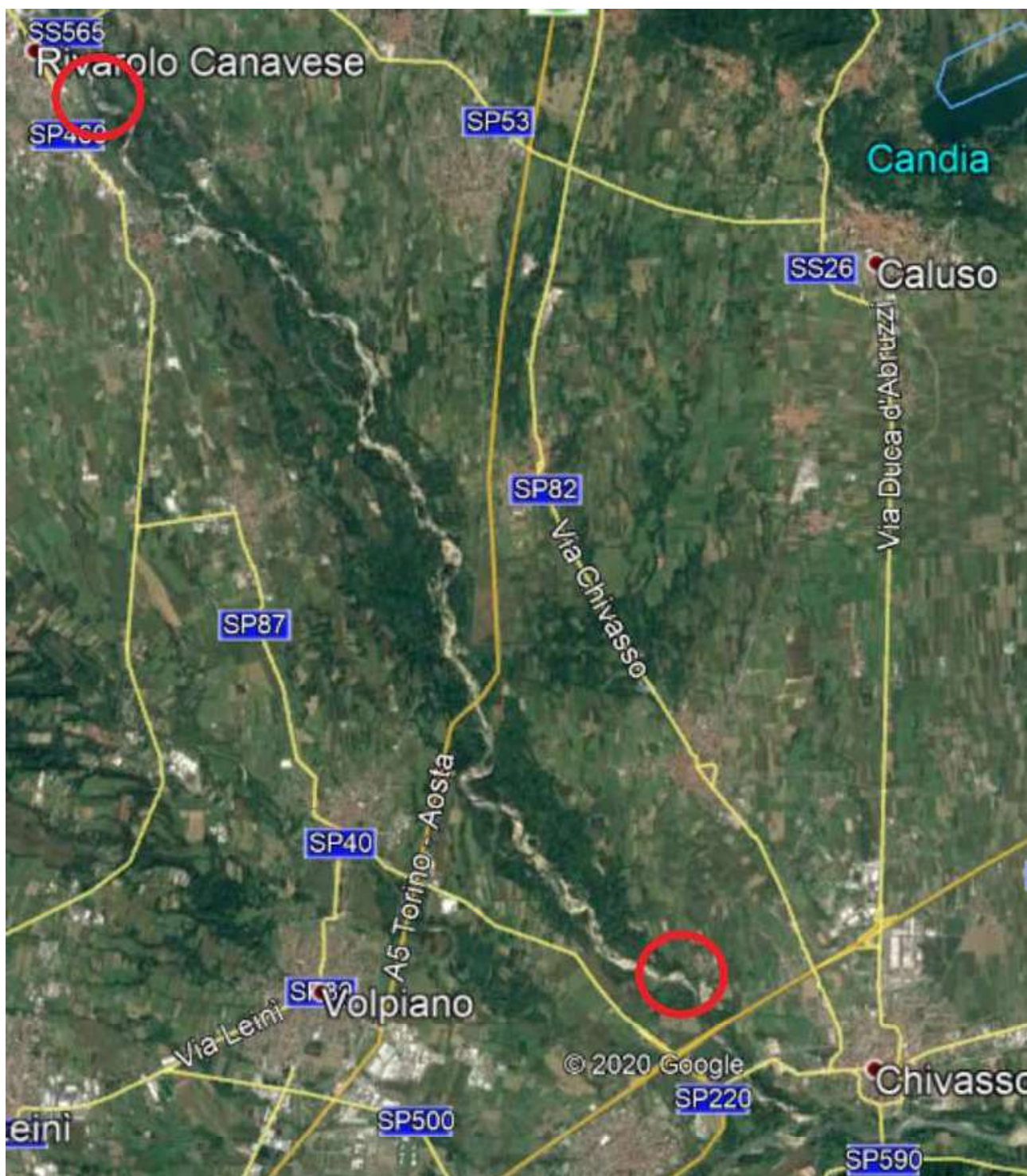


Figura 3.3: assetto viario del settore di pianura del bacino del T. Orco. I cerchi rossi indicano l'ubicazione degli interventi in progetto

infrastrutturali con parti in alveo tra le quali quelle di maggiore interesse per vicinanza agli interventi in progetto (da monte verso valle):

- a valle del ponte a servizio della S.P. 565 nei pressi di Salassa (Località Tapparo) la traversa per derivazione idrica con opera di presa in sponda sinistra;

- all'altezza del campo da calcio di Rivarolo Canavese, un'opera trasversale (soglia?) parzialmente danneggiata;
- in corrispondenza dell'abitato di Feletto, a monte del ponte a servizio della S.P. 41 in sponda destra, una derivazione idrica (Gora dell'Abbazia) da un canale secondario del T. Orco a scopo produttivo;
- in sinistra idrografica, nel territorio comunale di Foglizzo, 600 m circa a nord del limite comunale, lo sbarramento di un ramo laterale del T. Orco per derivazione idrica con opera di presa;
- all'altezza di località Le Mure (San Benigno Canavese) ma in sinistra idrografica, nel territorio comunale di Montanaro, lo sbarramento di un ramo laterale del T. Orco per derivazione idrica (Roggia San Marco) con opera di presa.

Come detto, il settore di pianura del bacino idrografico del T. Orco è articolato in una serie di ampie superfici subpianeggianti. Tali superfici, debolmente inclinate verso sud, si raccordano all'alveo del T. Orco grazie ad una serie di terrazzi di minore estensione, disposti a gradinata e delimitati da scarpate di erosione ad andamento sinuoso e con l'altezza compresa tra il metro e qualche decina di metri, a testimonianza della successione di episodi erosivo-deposizionali operati nel tempo dal corso d'acqua. I principali terrazzi osservabili nel settore d'interesse e l'assetto geologico generale sono riportati nelle Tavole 1a ÷ 1d.

Le scarpate di terrazzo più rilevanti, per altezza e continuità, riportate in dette tavole rappresentano in molti casi anche un limite fisico di natura geologica e litologica. In merito, la Carta Geologica d'Italia, Foglio 56 Torino, alla scala 1:100.000, riconosce, nel settore di pianura del bacino idrografico del T. Orco (Figura 3.2), le seguenti Formazioni (dalla più recente alla più antica):

- ✓ *Alluvioni ghiaioso-sabbiose recenti ed attuali* (Olocene sup.) in corrispondenza dell'alveo di piena del T. Orco;
- ✓ *Depositi ghiaiosi con lenti sabbioso-argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili* (Olocene) lungo le fasce prossimali al corso d'acqua;
- ✓ *Alluvioni sabbioso-ghiaiose postglaciali ricoprenti in parte i precedenti depositi del fluviale-fluvioglaciale würmiano* (Olocene inf.) rilevabili esternamente e superiormente ai depositi di cui al punto precedente;

- ✓ Depositi ghiaiosi-sabbiosi con paleosuolo rosso-arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura raccordanti con le cerchie moreniche rissiane (Pleistocene sup.).

La parte prossima alla confluenza del T. Orco nel Fiume Po è esposta anche nel più recente Foglio 156 Torino Est, della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Figura 3.4). Qui i rilievi di dettaglio hanno consentito di riconoscere il *Sintema di Palazzolo* differenziandolo in (dal più recente al più antico):

- *Subsintema di Ghiaia Grande* costituito da ghiaie e ghiaie-sabbiose inalterate o poco alterate (2,5Y – 10YR) con locali intercalazioni sabbiose, coperte in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose inalterate (2,5Y). Nell'area collinare depositi siltosi e sabbioso siltosi poco alterati (2,5Y) con intercalazioni ghiaiose (depositi fluviali CSN_{3b}) (Olocene – Attuale);

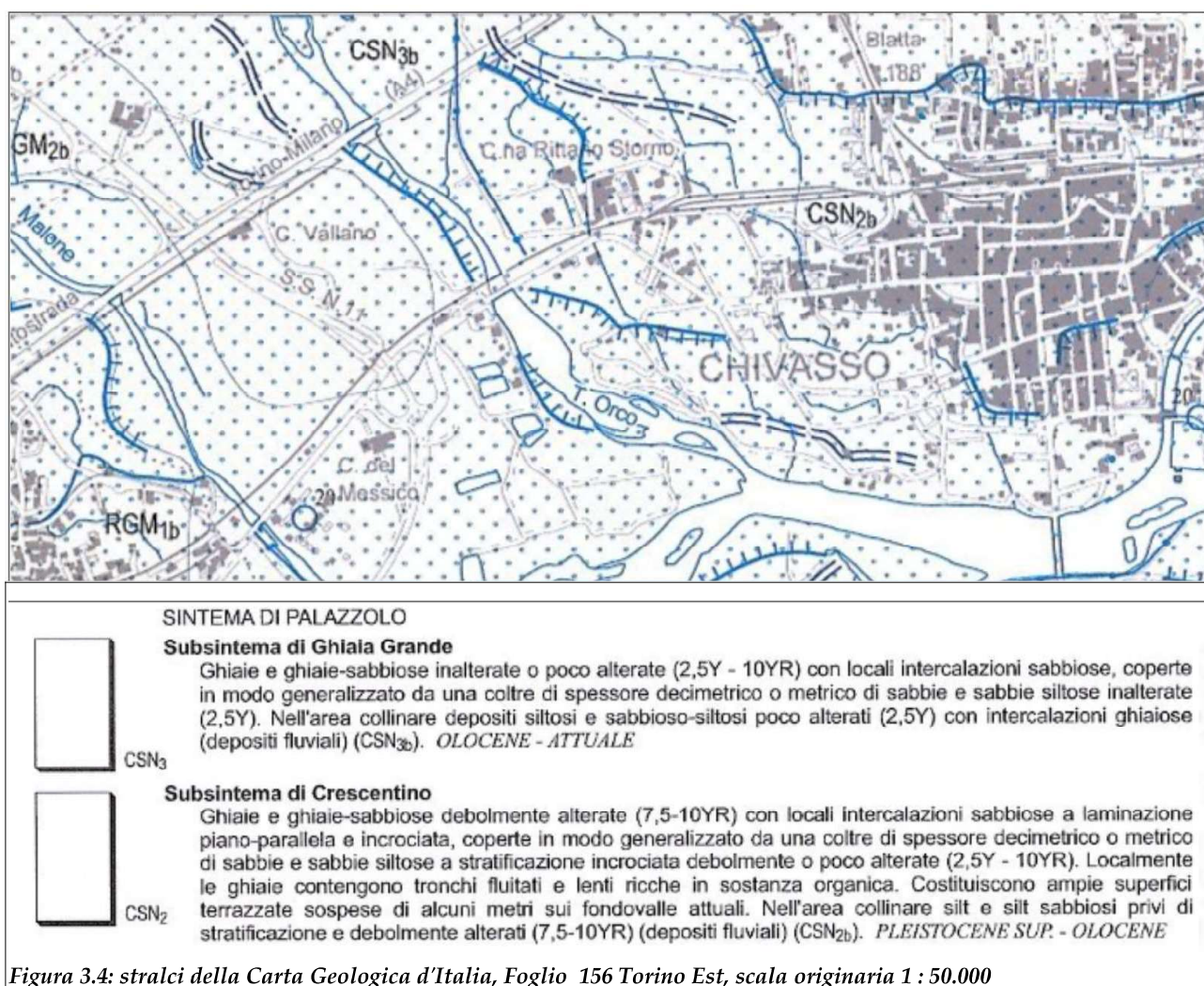


Figura 3.4: stralci della Carta Geologica d'Italia, Foglio 156 Torino Est, scala originaria 1 : 50.000

- *Subsintema di Crescentino* costituito da ghiaie e ghiaie-sabbiose debolmente alterate (7,5Y – 10YR) con locali intercalazioni sabbiose a laminazione piano-parallela e incrociata, coperte in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose a stratificazione incrociata debolmente o poco alterate (2,5Y – 10YR). Localmente le ghiaie contengono tronchi fluitati e lenti ricche in sostanza organica. Costituiscono ampie superfici terrazzate sospese di alcuni metri sui fondovalli attuali. Nell'area collinare silt e silt sabbiosi privi di stratificazione e debolmente alterati (7,5Y – 10YR) (depositi fluviali CSN_{2b}) (Pleistocene sup. - Olocene).

In considerazione della scala di rappresentazione (1:100.000), della vetustà e della diversità dei Fogli Geologici nei quali ricade il settore di pianura del bacino idrografico del T. Orco, per la redazione delle Tavole 1a ÷ 1d si sono raccolte ulteriori informazioni, sia sull'assetto morfologico, sia sull'assetto geologico e litotecnico di detto bacino, negli allegati geologici di adeguamento al P.A.I. presenti nei Piani Regolatori Generali Comunali (P.R.G.C. nel prosieguo) dei comuni rivieraschi e limitrofi.

Per quel che riguarda l'assetto geomorfologico generale dell'alveo nel settore di pianura del bacino del T. Orco, ci si limita qui ad esporre un breve aggiornamento di quanto riportato nella ricerca del 2008, a cura del Politecnico di Torino⁽¹⁾, circa questo tema, ricerca alla quale si rimanda per eventuali approfondimenti. La ricerca infatti aveva consentito la delimitazione della fascia di divagazione storica del corso d'acqua, delimitazione basata sull'analisi di un intervallo di 30 anni (dal 1975 al 2003). La sovrapposizione della variazione planimetrica dell'alveo del T. Orco nel settore di pianura del bacino negli anni analizzati nello studio con quella ricavata dalle seguenti fonti cartografiche: Carte IGM impianto storico 1880-1882; 1922-1934, 1955-1969, Carte della Regione Piemonte: CTR 1991-1999 e DBR 2019 dimostra che l'evoluzione più recente dell'alveo del T. Orco nel settore di pianura del suo bacino idrografico rientra nella fascia di divagazione storica individuata (Tavole 2a ÷ 2d.).

3.2 Inquadramento pianificatorio e vincolistico del settore di pianura

Il territorio d'interesse, da intendersi limitato alle aree peri-torrentizie di pianura del T. Orco, ricade negli strumenti di pianificazione e vincolistici vigenti che vengono di seguito esaminati partendo dalla scala più piccola (livello nazionale), e quindi arealmente più significativa, fino a

quella di maggior dettaglio (livello provinciale).

In particolare si evidenzia (Tavola 3):

- il Progetto: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (I.F.F.I. nel prosieguo) realizzato e aggiornato sulla base di criteri stabiliti a livello nazionale, promosso dall'ex Servizio Geologico Nazionale nel 2000, non riconosce alcun elemento significativo di pericolosità e/o di rischio;
- il Progetto (realizzato da Arpa Piemonte a partire dal 2002): Sistema Informativo frane in Piemonte (SifraP nel prosieguo), segnala la presenza di un colamento rapido innescatosi a seguito dell'evento alluvionale del 2000, attualmente stabilizzato, lungo la sponda sinistra del T. Orco in Località Canton nel comune di Cuorné;
- il Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I. nel prosieguo) a scala di bacino, approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, individua nella classificazione del rischio idrogeologico su base comunale (scala comprendente 4 gradi di rischio):
 - un rischio moderato (cioè il primo grado nella scala di rischio) per il territorio comunale di Valperga Caluso;
 - un rischio medio (cioè il secondo grado nella scala di rischio) per il territorio comunale dei comuni di: Bosconero, Feletto, Rivarolo, Oglianico e Castellamonte;
 - un rischio elevato (cioè il terzo grado nella scala di rischio) per il territorio comunale dei comuni di: Chivasso, Montanaro, San Benigno, Foglizzo, San Giusto, San Giorgio, Lusigliè, Cicogno, Ozegna, Salassa e Cuorné.
- Il P.A.I., per detto territorio, lungo il T. Orco riconosce e disegna le fasce fluviali A, B, C, da Cuorné (Località Pedaggio), fino alla confluenza; individua limiti di progetto in corrispondenza del limite tra la Fascia B e la Fascia C:
 - in sponda sinistra a ovest dell'abitato di Chivasso da Località Pratoregio a Cascina Ritano Storno;
 - in sponda sinistra a sud-ovest dell'abitato di Foglizzo;
 - in sponda sinistra, ad ovest e a sud della frazione compresa tra Cascina Binando e Località Congregazione nel Comune di San Giorgio Canavese;
 - in sponda sinistra nel territorio comunale di Castellamonte in corrispondenza delle Località Rantano, Botte e Ginestra;
 - in sponda sinistra nel centro abitato di Cuorné, Località Pedaggio e in sponda destra all'altezza della stazione;

e, sempre in sponda sinistra, in corrispondenza della confluenza, prende atto del collaudo del tratto d'argine esistente.

In corrispondenza dell'area d'interesse, il P.A.I. segnala altri elementi significativi di pericolosità e/o di rischio di tipo areale (cioè interessanti delle superfici) quali:

- in corrispondenza dell'alveo, nel territorio comunale di Cuornè, un'area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio. Qui, in corrispondenza dell'abitato di Cuornè, il PAI riconosce un'area a rischio geologico molto elevato (RME) di Tipo ZONA I: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o uguale a 50 anni;
- in sponda sinistra, a sud di Foglizzo e in corrispondenza del centro abitato nonché tra gli abitati di San Giorgio Canavese e San Giusto Canavese, aree a pericolosità elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio.
- Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A. nel prosieguo) approvato con D.P.C.M. del 27/10/2016, riconosce in corrispondenza delle fasce A e parzialmente B (talora le amplia) del P.A.I. una elevata probabilità di alluvione; aggiunge settori a media e scarsa probabilità di alluvione tra Montanaro e Chivasso. Il P.G.R.A., aggiornato nel 2019, amplia ulteriormente in alcuni punti le aree ad elevata probabilità di alluvione
- la cartografia a scala catastale inerente la zonizzazione ai sensi del Vincolo Idrogeologico ex L.R. 45/1989 e s.m.i. pone l'intera area d'interesse non soggetta a Vincolo Idrogeologico.
- il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale - PTC2 (Variante al PTC1 ai sensi dell'art.10 della L.R. 56/1977 e s.m.i., secondo le procedure di cui all'art.7), adottato dal Consiglio Provinciale con Delib. n. 26817 del 20.07.2010, approvato dal consiglio Regionale con Delib. n. 121-29759 del 21.07.2011 limitatamente alla materia di difesa del suolo, riporta, per l'area in oggetto, il seguente elemento:
 - quali fasce perfluviali le fasce A e B del P.A.I. con la finalità primaria di mantenere, recuperare e valorizzare le funzioni idrauliche, paesaggistiche ed ecologiche dei corsi d'acqua. In tali aree fatte salve le prescrizioni del P.A.I.(art. 47, comma 4, Direttiva):

b) deve essere garantita l'evoluzione morfologica naturale del fiume e degli ecosistemi connessi, con particolare riguardo alle zone umide latitanti (lanche, morte, mortizze, ecc.) compatibilmente a quanto previsto dai programmi di gestione dei sedimenti (ove già redatti) e con l'assetto delle opere idrauliche di difesa;

c) sono esclusi usi e modalità d'intervento che possono pregiudicare i processi di cui alla lettera b precedente;

d) sono da prevedere interventi volti alla ricostituzione degli equilibri alterati, alla restituzione al fiume dei terreni inopportunosamente sottrattigli, all'eliminazione per quanto possibile dei fattori meno accettabili d'interferenza antropica;

e) sono consentite le attività agricole, ove già esistenti;

f) non sono ammessi nuovi insediamenti.

Per quel che riguarda il significato di pianificazione dei seguenti piani:

- il Piano Territoriale Regionale (P.T.R. nel prosieguo);
- il Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R. nel prosieguo);

si rimanda all'Elaborato n. 1819A_D_A_03_1: *Analisi Ambientale* dove sono adeguatamente esposti, non contenendo questi piani alcun ulteriore tipo di vincolo connesso alla dinamica fluviale e all'assetto geomorfologico e/o geologico del territorio.

4. GLI INTERVENTI PREVISTI

4.1 Introduzione

Sulla base di quanto riportato nei capitoli precedenti, e a seguito dell'aggiornamento dello studio idraulico del T. Orco eseguito in occasione del **progetto di fattibilità tecnico ed economica**, si era presentata la necessità di adeguare le prime ipotesi di intervento, risalenti al 2008, con ipotesi d'intervento meglio confacenti alla più recente dinamica del corso d'acqua. In particolare, tenendo conto delle finalità del progetto e sulla base degli approfondimenti idraulici eseguiti, in occasione del progetto di fattibilità tecnico ed economica erano stati individuati gli interventi⁽²⁾ di seguito elencati (Tavola 4).

Nel territorio comunale di Chivasso in sponda destra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A4₁**) di lunghezza pari a circa 695 m e larghezza media pari a circa 40 m per il deflusso delle portate di piena;
- realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2_A4**), lunga 813 m, a protezione della sponda destra del nuovo ramo;
- realizzazione di 5 nuovi pennelli (**intervento 2_A4**) in cassero in massi ciclopici non cementati di lunghezza pari a 45 m, intestati su scogliera di cui al punto precedente;

Al confine tra il territorio comunale di Chivasso e il territorio comunale di Montanaro in sponda sinistra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A1₂**) di lunghezza pari a circa 628 m e larghezza media pari a circa 25 m per il deflusso di parte delle portate di piena.

Nel territorio comunale di Montanaro in sponda destra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A1₁**) di lunghezza pari a circa 330 m e larghezza media pari a circa 30 m per il deflusso di parte delle portate di piena;

in sponda sinistra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 3_A2₁**) di lunghezza pari a circa 360 m e larghezza media pari a circa 20 m per il deflusso di parte delle portate di piena;

²Le misure degli interventi di seguito elencati sono quelle che erano state definite nel progetto di fattibilità tecnico economica

Nel territorio comunale di San Benigno Canavese in sponda destra:

- intervento di ripascimento di un tratto di alveo attivo (**intervento 3_A1_1**) di lunghezza pari a circa 540 m ;

Nel territorio comunale di Rivarolo Canavese in sponda sinistra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1₄**) di lunghezza pari a circa 1060 m e larghezza media pari a circa 60 m per il deflusso di parte delle portate di piena;
- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1₂**) di lunghezza pari a circa 430 m e larghezza media pari a circa 35 m per il deflusso di parte delle portate di piena;

in sponda destra:

- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1₃**) di lunghezza pari a circa 480 m e larghezza media pari a circa 40 m per il deflusso di parte delle portate di piena;
- intervento di ripascimento di un tratto di alveo attivo (**intervento 7_A1₁**) di lunghezza pari a circa 300 m.

Nella tabella che segue sono riportati i volumi di scavo e di riporto (non i ripascimenti) che erano stati previsti per ogni intervento in sede di **progetto di fattibilità tecnico-economica**.

Interventi	Scavo	Riporto	Diff
2_A1	-2880,71	1021,324	-1859,38
2_A4	-51952,9	343,5452	-51609,4
3_A2	-5598,37	627,2929	-4971,07
7_A1_2	-2803,42	1161,849	-1641,57
7_A1_3	-2833,36	1230,189	-1603,17
7_A1_4	-77557,3	4227,957	-73329,3
Totale	-143626	8612,158	-135014

4.2 Gli interventi verificati con la procedura di VIA e previsti nel progetto definitivo

La Determinazione Dirigenziale A1800A – Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Protezione Civile, Trasporti e Logistica A1813B – Tecnico regionale area metropolitana di Torino (Atto DD 2341/A1813b/2020 del 07/09/2020) connessa alla fase di Verifica della procedura di VIA inerente il

progetto di fattibilità tecnico economica precedentemente redatto, ha approvato gli interventi oggetto di questa relazione e l'esclusione del progetto dalla fase di valutazione di cui all'art. 12 della L.R. 40/1998 in combinato disposto con gli artt. 23 e ss. del Dlgs 152/2006. In particolare nella Determinazione è stato riscontrato che: *"...quanto emerso nel corso dell'istruttoria può essere superato con l'osservanza delle condizioni inerenti alla fase di predisposizione del progetto definitivo, di realizzazione delle opere e di esercizio, nonché di quelle vincolanti ai fini del rilascio delle autorizzazioni /nulla osta e dell'esecuzione dell'intervento, tutto come dettagliatamente illustrato nell'Allegato A⁽³⁾...da recepire nelle successive fasi di progettazione, realizzazione e di esercizio..."*.

Per quanto attiene alla fase di **progettazione definitiva** e in relazione agli argomenti d'interesse per questa relazione l'Allegato A determina:

- *"...gli interventi di rimodellazione e apertura di nuovi rami, finalizzati alla riqualificazione fluviale e alla sicurezza idrogeologica, dovranno essere supportati da uno studio puntuale dei diversi siti che consenta di quantificare gli effetti sulla componente generazionale ed evidenzi le modifiche dell'assetto attuale del corso d'acqua, al fine di garantire il mantenimento delle caratteristiche di naturalità del ramo idrico...L'apertura di nuovi rami dovrà essere ipotizzata con caratteristiche morfologiche il più possibile confrontabili con i rami del corso d'acqua naturale evitando eccessive geometrizzazioni e mantenendo sponde poco scoscese facilmente colonizzabili dalla vegetazione..."*;
- *"...occorrerà valutare l'effetto che l'insieme delle opere e degli interventi previsti in progetto possono avere sul valore dell'IQM calcolato da Arpa Piemonte nel 2012 nell'ambito dei monitoraggi della qualità dei corpi idrici, a livello di singolo tratto interessato piuttosto che di intero corpo idrico...Ciò comporta il calcolo dell'IQM nella condizione post operam ed il confronto con quanto rilevato da Arpa nel precedente monitoraggio, nonché, all'occorrenza, la previsione di azioni che mitigano l'eventuale impatto negativo degli interventi..."*;
- *"...la viabilità di cantiere e le aree di stoccaggio dei materiali, previste per i lavori di movimento terra, dovranno essere individuate evitando eventuali interferenze con le aree ad elevata valenza naturalistica presenti lungo il corso d'acqua e localizzate cartograficamente. La logistica di cantiere dovrà minimizzare gli spazi disponibili e le occupazioni permanenti sulla base delle reali esigenze lavorative, gestionali e di sicurezza, sempre in considerazione dei recettori sensibili nelle aree*

³ Allegato A: elenco delle condizioni ambientali del provvedimento di verifica di assoggettabilità a via e modalità di attuazione del monitoraggio di cui all'art. 28 del D.Lgs. 152/2006, come modificato dal D.Lgs. 104/2017

circostanti...L'eventuale realizzazione di guadi lungo il T. Orco dovrà essere effettuata limitando il più possibile l'intorbidamento del corso d'acqua...";

- "...al termine delle attività di cantiere si dovrà procedere al ripristino delle aree utilizzate per la viabilità e per lo stoccaggio dei materiali. Dove necessario si dovrà altresì provvedere ad un reinverdimento delle superfici...Si ritiene che tali interventi debbano ricomprendere anche le aree di ripascimento e/o rimbottimento di scogliere e/o pennelli in cassero...";*
- "...sia verificata l'interferenza delle opere da realizzare con la presenza in Comune di Rivarolo Canavese di due scaricatori di piena a servizio della rete di fognatura pubblica gestita dalla SMAT S.p.A. (n. 01704124 e n. 01704125, entrambi posizionati in destra idrografica)...";*
- si realizzino esclusivamente i canali previsti nella pertinenza attiva propriamente detta, ossia quella interessata dalle piene ricorrenti del torrente, escludendo al momento l'intervento 7_A1_4 (Comuni di Rivarolo Canavese e Feletto) anche in relazione alle dimensioni significative dello stesso ramo (lunghezza 1060 m, larghezza 60 m) che si collocherebbe in un contesto ad elevata dinamicità idraulica. La sua eliminazione evita inoltre le interferenze con gli approvvigionamenti delle piccole derivazioni Busardo (BTO316R5093 - Qmax 190 l/s) e Ronco Gurtè (BTO316R5095 - Qmax 45 l/s) e della grande derivazione conosciuta come Bealera Abbaziale (TO913 - Qmax nel periodo di massima idro-esigenza 2100 l/s) poste in destra Orco presso l'abitato di Feletto, tutte operanti senza una traversa fissa ma con derivazione effettuata mediante materiale sciolto dell'alveo;*
- sia valutata la reimmissione del ramo in progetto 7_A1_3 (Comune di Rivarolo Canavese) considerato che risulta orientata pressoché perpendicolarmente al canale attivo esistente, allo scopo di escludere eccessive pressioni sul canale attivo provocando nel tempo un condizionamento indesiderato nell'evoluzione dello stesso;*
- va ponderata attentamente la realizzazione dell'intervento 2_A1_2 (Comuni di Montanaro e Chivasso) poiché occorre evitare la formazione di un prevalente monocursale in associazione agli interventi 2_A1_1 (Comune di Montanaro) e 2_A4_2 (Comune di Chivasso);*
- sia approfondito l'esame in merito alla corretta orientazione dello sbocco del ramo 2_A4_2 (Comune di Chivasso) allo scopo di evitare un indirizzamento del filone fluido che metta a maggiore rischio la sponda sinistra idrografica e il ponte dell'Autostrada A4 localizzato poco più a valle. In particolare si pone in evidenza che dalle tavole di simulazioni appare come l'intervento faccia diminuire le velocità in sponda sinistra, con notevole beneficio delle sollecitudini sulla sponda stessa, ma sembra, invece, che il medesimo comporti una diminuzione delle aree bagnate in sponda destra, sottraendo porzioni*

utili a laminare le piene, e che faccia aumentare la velocità in sponda destra, dove verrà realizzata la scogliera, creando una canalizzazione forzata della corrente. Inoltre, sembrerebbe che a metà del canale in progetto le velocità si riducano notevolmente, anche se non sono evidenti, dalle tavole di progetto, degli elementi che possano condurre a tale situazione. È più probabile, invece, che si creino delle erosioni localizzate, rispostando nuovamente, anche in maniera più pronunciate, la corrente in sponda sinistra;

- venga verificato il posizionamento dell'intervento 2_A4_1 (Comune di Chivasso) tenendo conto che non dovrebbe risultare collocato all'interno della fascia di divagazione compatibile individuata dal PGS al fine di non condizionare il corso d'acqua quando invece il PGS medesimo ha definito la possibilità di divagare;*
- venga verificata con attenzione l'utilità dell'intervento di ripascimento 3_A1_3 (Comune di San Benigno Canavese) alla luce dell'attuale posizione marginale dello spazio entro cui si dovrebbe agire rispetto alla dinamica del fiume, e ciò anche a fronte del suo riconosciuto valore naturalistico, prevedendo invece lavori sul nuovo percorso circa rettilineo, dove si esplicano i processi erosivi legati al deflusso concentrato, per un tratto indicativamente che va dal taglio di meandro verso monte fino al ponte della SP n. 40;*
- i lavori di ripascimento siano completati da opere a verde o di ingegneria naturalistica per conseguire un maggiore consolidamento delle aree interessate;*
- sia valutato un aumento del livello di protezione lungo i margini della pertinenza attiva del torrente tenendo conto delle situazioni note ed attualmente in evoluzione riscontrabili nei comuni di Rivarolo Canavese, San Giorgio Canavese, Foglizzo, san benigno Canavese e Montanaro (anche a tutela della frazione Pratoregio in Comune di Chivasso), facendo leva sull'economie derivanti dall'eliminazione dell'intervento 7_A1_4 di cui sopra, oltre a quanto potrà essere disponibile a seguito della verifica sulla necessità o meno dell'intervento 2_A1_2 e dell'aggiornamento progettuale che tenga conto dello stato attuale dei luoghi. Si dovrà operare per lo più mediante movimentazione del litoide a ripascimento delle rive in erosione e solo laddove necessario, a tutela di beni pubblici, d'interesse collettivo e degli abitati esposti a rischio, prevedendo opere di difesa comunque di tipo flessibile da realizzare con le tecniche dell'ingegneria naturalistica;*
- sia appurata con cura la quota di posizionamento di tutte le interferenze presenti nel tratto torrentizio oggetto d'intervento, che va da Rivarolo Canavese a Chivasso, comprendendo quindi i passaggi in subalveo, le pile e spalle dei ponti, i punti di presa idrica, in modo da escludere qualsiasi*

attività di scavo nel corso d'acqua, per un intorno geomorfologicamente significativo, che possa determinare su dette interferenze effetti negativi;

- sia sviluppato, anche in ottemperanza alle previsioni del Primo Programma Operativo di cui al PGS, il monitoraggio degli interventi sia nella fase di realizzazione sia in quella di esercizio, al fine di verificare analiticamente tutte le ricadute sul territorio dal punto di vista idraulico e morfologico. In particolare dovrà essere verificato che i rami a carattere aggiuntivo si attivino in corrispondenza della Q2 (deflusso con ricorrenza ogni 2 anni circa) e non s'impongano come sostitutivi del ramo principale provocando una rettificazione del percorso del torrente a discapito della diversificazione dell'alveo e della qualità ecosistemica (ad esempio con penalizzazioni delle aree umide degli spazi riparati, e cc.);*
- sia verificata la fattibilità di uno sviluppo dell'intervento per lotti funzionali successivi, allo scopo di controllare con maggiore efficacia il comportamento dell'Orco a seguito dei lavori realizzati;*
- siano prese in considerazione le possibili ricadute del futuro intervento relative al nuovo sistema acquedottistico della Valle Orco nel rapporto con le opere in progetto...*

Sulla scorta di quanto sopra riportato nella fase di **progettazione definitiva** sono stati approfonditi i seguenti interventi (Tavola 4):

- ✓ in **Rivarolo C.se**: - intervento di ripascimento di un tratto di alveo attivo (**intervento 7_A1_1**) di lunghezza pari a circa 320 m;
- intervento di ripristino tratto di scogliera di circa 36 m (**intervento 7_A1_1_D**)
- intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1_2**) di lunghezza pari a circa 440 m e larghezza media pari a circa 35 m per il deflusso di parte delle portate di piena;
- intervento di apertura d'invito di un nuovo ramo in alveo a valle degli interventi di cui ai punti precedenti (**intervento 7_A1_3**)
- realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2° Lotto – 2° Stralcio**), lunga circa 100 m, a protezione della sponda sinistra tra la scogliera esistente (di cui ne costituisce il proseguimento) e i pennelli esistenti;
- ✓ in **Chivasso**: - intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A4_1**) di lunghezza pari a circa 700 m e larghezza media pari a circa 40 m per il

deflusso delle portate di piena;

- realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2_A4_2**), lunga 710 m, a protezione della sponda destra del nuovo ramo;

- realizzazione di 6 nuovi pennelli in cassero in massi ciclopici (**intervento 2_A4_3**) non cementati di lunghezza pari a 45 m , intestati su scogliera di cui al punto precedente.

4.3 Principali elementi di progetto

Per quel che riguarda i principali elementi di progetto si rimanda alle Tavole B.01 ÷ Tavole B.12

In merito agli interventi previsti è importante ricordare che per Chivasso, così come per Rivarolo C.se l'inquadramento pianificatorio e vincolistico a scala locale è riportato nella Tavola 5

- *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (TAV 13 scala 1:2.000) del Comune di Chivasso, la fascia di deflusso delle piene viene classificata in Classe IIIa; mentre le aree perifluviali sono classificate in Classe IIIa1: *porzioni di territorio per lo più inedificate che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti*. Le Norme tecniche di Attuazione (N.d.A. nel prosieguo) prevedono l'inedificabilità per i territori in classe IIIa ad esclusione della realizzazione di opere infrastrutturali a difesa del territorio, successivamente alla predisposizione di un piano di intervento che risolva le problematiche di carattere idraulico, esteso organicamente su una porzione significativa del bacino idrografico di pertinenza. Le stesse Norme prevedono per porzioni di territorio classificate in Classe IIIa1 la possibilità di realizzare i seguenti interventi: 1) *interventi di ripristino delle opere di difesa e interventi idraulici e di sistemazione ambientale atti a ridurre il rischio idraulico;...8) le opere di demolizione e i reinterri che non siano funzionali ad una successiva attività costruttiva; 9) le attività estrattive sono ammesse se individuate all'interno dei piani di settore e se compatibili con i criteri fissati dai piani sovraordinati vigenti. Opere di movimentazione di terra per bonifiche agrarie sono ammesse esclusivamente se finalizzate al livellamento delle superfici coltivate con compenso dei volumi di scavo e di riporto;*
- nella *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* (TAV G.1.8 scala 1:10.000) del Comune di Rivarolo Canavese: il territorio coinvolto dagli

interventi viene classificato in Classe IIIa2: settori golenali sviluppati principalmente in sinistra del T. Orco periodicamente inondabili per eventi di piena con Tr indicativamente compreso tra 10 e 200 anni. Le N.d.A. riportano per queste aree: non è consentita la realizzazione di nuovi edifici. Sono consentiti interventi di sistemazione idraulica finalizzati al ripristino della funzionalità idraulica del settore ... sono ammesse la manutenzione ordinaria e straordinaria oltre alla demolizione. Pertanto ulteriori possibilità edificatorie potranno essere consentite, se non ubicate in ambito di dissesto attivo o incipiente, a seguito di uno studio di compatibilità geomorfologica di dettaglio, comprensivo di indagini geologiche e geotecniche e a seguito della realizzazione di opere di riassetto territoriale di riduzione del rischio eventualmente individuate da tale studio. In merito agli edifici sparsi presenti in classe IIIa, è da escludere qualsiasi intervento edilizio in area in dissesto attivo, incipiente o in area potenzialmente dissestabile, anche se connesso ad attività e residenze rurali.

In conclusione, gli interventi previsti sono compatibili con il quadro pianificatorio e vincolistico attivo sulle aree coinvolte.

5. LE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE

5.1 Pozzetti esplorativi

In data 10/12/2020, con benna cingolata a braccio rovescio, sono stati eseguiti dalla Direzione Viabilità della Città Metropolitana di Torino n. 5 pozzetti esplorativi superficiali finalizzati alla descrizione dei primi metri di terreno e alla raccolta di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio finalizzate sia all'indagine geognostica che a quella ambientale.

I pozzetti sono stati eseguiti lungo la sponda destra del T. Orco nel territorio comunale di Chivasso e ubicati come indicato nella Tavola 6

Le caratteristiche dei pozzetti sono quelle indicate nella tabella seguente.

COMUNE DI CHIVASSO				
POZZETTO	PROFONDITÀ RAGGIUNTA da p.c.	PROFONDITÀ FALDA da p.c.	N° CAMPIONI	PROFONDITÀ CAMPIONI da p.c.
P1	- 1,85 m	-	1	- 1,85 m
P2	- 3,40 m	- 3,40 m	1	- 3,40 m
P3	- 2,60 m	- 2,60 m	1	- 2,00 m
P4	- 1,70 m	- 1,70 m	1	- 1,50 m
P5	- 1 m	- 1,00 m	-	-

In data 15/12/2020, con benna cingolata a braccio rovescio, sono stati eseguiti dalla Direzione Viabilità della Città Metropolitana di Torino n. 2 pozzetti esplorativi superficiali finalizzati alla descrizione dei primi metri di terreno e alla raccolta di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio finalizzate sia all'indagine geognostica che a quella ambientale.

I pozzetti sono stati eseguiti lungo la sinistra destra del T. Orco nel territorio comunale di Rivarolo Canavese e ubicati come indicato nella Tavola 6

Le caratteristiche dei pozzetti sono quelle indicate nella tabella seguente.

COMUNE DI RIVAROLO CANAVESE				
POZZETTO	PROFONDITÀ RAGGIUNTA da p.c.	PROFONDITÀ FALDA da p.c.	N° CAMPIONI	PROFONDITÀ CAMPIONI da p.c.
P1	- 2,10 m	- 2,10 m	1	- 2,10 m
P2	- 2,20 m	- 2,20 m	2	-1,00 - 2,20 m

5.2 Sondaggi geognostici

Nelle date 11 -12 -13 /01/2021, con sonda idraulica tipo CMV "MK 900 GL" montata su trattore gommato a trazione integrale, sono stati eseguiti dalla Ditta Sondeco s.r.l. per conto della Direzione Azioni Integrate Enti Locali della Città Metropolitana di Torino, n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo e a recupero di nucleo (S1, S2 e S3), ubicati in corrispondenza degli interventi strutturali (pennelli e scogliera) previsti lungo la sponda destra del T. Orco nel territorio comunale di Chivasso e finalizzati alla descrizione dei primi 10 metri di terreno e alla raccolta di campioni da sottoporre ad analisi di laboratorio.

I sondaggi, ubicati come indicato nella Tavola 6, presentano le caratteristiche indicate nella tabella seguente.

COMUNE DI CHIVASSO				
SONDAGGIO	PROFONDITÀ RAGGIUNTA da p.c.	PROFONDITÀ FALDA da p.c.	N° CAMPIONI	PROFONDITÀ CAMPIONI da p.c.
S1	- 10 m	- 2,80 m	2	- 4,80 ÷ - 5,00 m - 9,80 ÷ -10,00 m
S2	- 3 m	- 2,60 m	-	-
S1	- 10 m	- 3,00 m	2	- 4,80 ÷ - 5,00 m - 9,80 ÷ -10,00 m

5.3 Prove SPT in foro

Le prove SPT sono state eseguite nei fori di sondaggio secondo le prescrizioni stabilite dalle specifiche AGI 1977 e approfondite dalla norma UNI EN ISO 22476-3:2012. Sono state eseguite 5 prove SPT nei sondaggi S1 e S3 e solo 1 prova SPT nel sondaggio S2 poco significativa a causa dell'interruzione dopo 3 m della perforazione (per maggiori dettagli si veda l'Allegato 1).

5.4 Indagini geofisiche: MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

In data 15/12/2020, con stendimenti lunghi circa 50 metri, sono state eseguite, dalla Ditta Sondeco s.r.l., n. 2 prove MASW, una lungo la riva sinistra del T. Orco, nel **territorio comunale di Rivarolo Canavese**, una in sponda destra dello stesso torrente, nel **territorio comunale di Chivasso**, ubicate come indicato nella Tavola 5.

Queste prove sono finalizzate alla caratterizzazione sismica dei suoli tramite la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito sino ad almeno 30 metri dal piano campagna (V_{s30}). La conoscenza del profilo delle onde di taglio V_s degli strati che compongono i primi 30 metri di profondità è finalizzata a:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello del piano fondale tipo di opera
- valutare il potenziale di liquefazione del terreno.
- valutare l'accelerazione sismica per il calcolo della stabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno nei confronti dell'azione sismica
- valutare, in condizioni sismiche, la capacità portante ed i cedimenti di rilevati stradali, opere di sostegno, fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità, si determina una velocità media equivalente V_{s30} rappresentativa del sito in esame. La legge adoperata è la seguente:

$$V_{s30} = 30 / \sum h_i / v_i$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di n strati presenti nei primi 30 metri di profondità. Tale parametro consente di classificare il sito in categorie di sottosuolo secondo i riferimenti normativi.

In entrambi i casi, per generare le onde di superficie è stata usata una mazza battente di 10 kg e uno stendimento di 24 geofoni a 4.5 Hz con una distanza intergeofonica di 2 m (Figura 5.1).



Figura 5.1: Energizzazione durante lo stendimento per la MASW eseguita a Rivarolo C.se

Infine, la progettazione di una **scogliera antierosiva a proseguimento di una scogliera esistente (intervento 2° Lotto – 2° Stralcio)**, a valle del ponte di Rivarolo Canavese, ha costituito una integrazione progettuale successiva all'impianto generale di progettazione e, per tale motivo, arrivata fuori tempo massimo rispetto al programma di indagini geognostiche già predisposto ed eseguito. In considerazione di ciò l'approfondimento geologico-geotecnico per detto sito si è basato sulla bibliografia raccolta e sul rilievo di campagna.

6. GLI INTERVENTI NEL COMUNE DI CHIVASSO

6.1 Assetto morfologico locale

Dal punto di vista morfologico, il tratto di corso del T. Orco coinvolto negli interventi in progetto è attualmente caratterizzato da due ampie anse consecutive, entrambe con concavità aperta a sudovest, collegate da un tratto rettilineo di recentissima formazione. Nell'ottobre 2020 infatti in



Figura 6.1: panoramica da valle sul meandro abbandonato nell'ottobre 2020, sito di intervento dei pennelli



Figura 6.2: panoramica dalla sponda destra sull'ansa di valle in direzione della sponda sinistra



Figura 6.3: panoramica sul tratto rettilineo di neoformazione tra i due meandri visto da valle (sponda destra)

occasione della piena del giorno 4, lungo questo tratto, l'Orco cambia notevolmente la morfologia



Figura 6 4: panoramica da valle del canale abbandonato a tergo del tratto rettilineo

dell'alveo, abbandonando la sua conformazione ad S grazie all'apertura di un nuovo canale circa parallelo al Rio Gora Baina, canale che ribalta di 180 gradi la pregressa ansa di monte, aperta a nordest.

Attualmente, a seguito di questo vero e proprio taglio di meandro, il T. Orco ha abbandonato la pronunciata ansa aperta a nordest, che risulta quasi asciutta, lungo la quale è previsto l'immorsamento dei 6 pennelli, e dopo un tratto rettilineo lungo oltre 350 m ha divagato a nordest scorrendo in unico canale ai piedi della scogliera presente lungo la sponda sinistra all'altezza dell'abitato di Pratoregio.

L'elevata dinamicità del T. Orco lungo questo tratto è testimoniata dai numerosi orli di terrazzo presenti in sponda destra e dall'esistenza di depressioni derivanti da canali abbandonati di antica formazione. In particolare sono stati riconosciuti, da nordovest a sudest:

- Un primo orlo di terrazzo, praticamente continuo, con scarpata di varia altezza ($\approx 0,5 \div >2,5$ m) che costituisce la sponda del meandro abbandonato e che, pressoché al termine del tratto rettilineo, si allontana dalla sponda attiva per raggiungere, quasi senza soluzioni di continuità, di nuovo l'alveo attivo oltre 550 m più a valle;
- un secondo orlo di terrazzo, molto discontinuo anche per rimaneggiamenti di natura antropica, sempre con scarpata di modesta altezza ($<1,5$ m), rilevabile a tergo del primo, presente sia in corrispondenza della prima ansa, quella quasi asciutta, che in corrispondenza della seconda ansa. Questo orlo di terrazzo e relativa scarpata risultano assenti in corrispondenza del tratto rettilineo;
- una lunga depressione morfologica, larga mediamente 4 m, a tergo del tratto rettilineo di sponda attiva;
- un'altra depressione morfologica che infossa, per un breve tratto, lo sterrato di accesso di proprietà di Cascina Cerello al T.Orco, 450 m circa dall'attuale sponda destra attiva del corso d'acqua.

Tale sistema di terrazzi ribassa il piano campagna della pianura circostante dalla quota massima di circa 191 m s.l.m. (in corrispondenza dello sterrato di proprietà di Cascina Cerello) alla quota minima di circa 185 m s.l.m. (in corrispondenza dell'attuale sponda attiva T. Orco all'altezza del lago di cava presente in sponda sinistra).

In sponda sinistra, dalla confluenza del Rio Gora Baina al lago di cava ivi presente l'orlo di terrazzo segna la sponda attiva dell'Orco la cui scarpata supera mediamente i 2,5 m di altezza.



Figura 6.5: panoramica sulla scogliera in massi di cava presente a tergo della sponda destra attiva a valle dell'ansa abbandonata



Figura 6.6: panoramica sulla scogliera in massi di cava a difesa della sponda sinistra in corrispondenza del meandro di valle

Risalendo il corso del T. Orco l'orlo di terrazzo diventa discontinuo e lontano dal canale attivo e la scarpata di terrazzo si abbassa notevolmente.

Procedendo al confronto tra quanto rilevato sul terreno e l'assetto dinamico del corso d'acqua nel tempo si è potuto osservare che:

- il tratto d'alveo, attivatosi con il taglio del meandro avvenuto nel 2020 e causa del quasi completo abbandono da parte dell'acqua corrente dell'ansa con concavità a nordest, ricalca in parte l'andamento che le carte degli Stati Sardi (1852) disegnano per l'Orco del tempo, sebbene tutti i canali attivi del torrente di allora appaiano più larghi e ramificati;
- la morfologia ad S del torrente nel tratto d'interesse, cartografata nella DB3 del 2018 costituisce l'evoluzione più avanzata di un assetto che si imposta a partire dagli anni '50 dello scorso secolo e che si sviluppa nel tempo con l'accentuazione delle due anse contrapposte fino all'interruzione di questo trend ad opera dell'attualissimo taglio di meandro. Tale evoluzione iniziava dopo un lungo periodo di relativa rettificazione dell'alveo principale riscontrabile durante i primi decenni del secolo;
- presumibilmente risale a tale lungo periodo (1950-2018) la formazione delle scarpate di terrazzo riscontrate in sponda destra in corrispondenza dell'ansa aperta a sudovest, mentre la depressione esistente a tergo dell'attuale tratto rettilineo sembra essere effetto di un canale attivo in epoca ottocentesca. Sempre all'ottocento potrebbe risalire la depressione più esterna connessa all'allora presenza di un canale minore che scorreva 500 m a sudovest dall'attuale alveo attivo principale del corso d'acqua.

Il rilevamento in campo ha messo in evidenza le seguenti strutture difensive presenti:

- una scogliera in massi di cava non cementati parzialmente dissestata a protezione dell'ansa abbandonata in sponda destra;
- sempre in destra idrografica, una scogliera in massi di cava non cementati in discrete condizioni di manutenzione e fondata con taglione in cemento a circa 2 m di profondità da p.c.;
- in sinistra idrografica, in corrispondenza dell'ansa di valle, una scogliera dissestata ai margini a difesa dell'alta sponda ivi presente.

Tutte le informazioni riportate in questo paragrafo sono esplicitate nella Tavola 7 e illustrate nelle Figure 6.1÷ 6.6.

6.2 Assetto geologico locale

Gli interventi previsti nel territorio comunale di Chivasso, coinvolgono sempre i depositi alluvionali attuali, afferenti alla dinamica attuale del T. Orco. Questi depositi sono costituiti da ciottoli e ghiaie in abbondante matrice sabbiosa, per nulla alterati, con lenti e intercalazioni francamente sabbiose. Presentano grado di pedogenizzazione nullo in quanto depositi presenti attualmente nell'alveo del T. Orco e/o costituenti tale alveo in tempi attuali/molto recenti.

Le stratigrafie dei cinque pozzetti eseguiti mostrano che i primi metri di terreno sono costituiti rispettivamente da:

POZZETTI ESPLORATIVI				
0,00 m P1	0,00 m P2	0,00 m P3	0,00 m P4	0,00 m P5
SABBIA DA MEDIA A GROSSOLANA MARRONCINA DEBOLMENTE LIMOSA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI E RARA GHIAIA	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE GHIAIOSA MARRONCINA - 0,50 m	SABBIA DA MEDIA A GROSSOLANA MARRONCINA CON GHIAIA CIOTTOLOSA MARRONCINA	SABBIA DA MEDIA A GROSSOLANA MARRONCINA CON GHIAIA -0,70 m	SABBIA DA MEDIA A GROSSOLANA MARRONCINA CON GHIAIA -1,00 m
-1,00 m	SABBIA GHIAIOSA MARRONCINA		GHIAIA SABBIOSA MARRONCINA CON RARI CIOTTOLI -1,70 m	
GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE CIOTTOLOSA, DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINA POLIGENICA. CIOTTOLI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ (φ MAX 15 cm)	-1,20 m			
-1,85 m	GHIAIA SABBIOSA MARRONCINA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ (φ MAX 10 cm)	-2,00 m		
		GHIAIA CON SABBIA E RARI CIOTTOLI POLIGENICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ' (φ MAX 10 cm)		
		-2,60 m		
	-3,40 m			

Ad esclusione del pozzetto P1 che è stato volutamente realizzato adiacente alla scogliera esistente, tutti i pozzetti esplorativi eseguiti a Chivasso sono stati interrotti, per ovvie ragioni esecutive, al raggiungimento della falda (linea blu). Le stratigrafie dei tre sondaggi geognostici eseguiti

mostrano che il substrato fino a 10 m è costituito rispettivamente da:

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO		
0,00 m S1	0,00 m S2	0,00 m S3
SABBIA GHIAIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ (ϕ MAX 10 cm)	SABBIA GROSSOLANA GHIAIOSA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI MARRONCINO GRIGIASTRA - RIPORTO?	SABBIA GHIAIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI (ϕ MAX 10 cm) A ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI
- 2,80 m	- 2,60 m	
	BLOCCO DI ROCCIA METAMORFICA	
	- 3,00 m	- 3,00 m
GHIAIA GROSSOLANA SABBIOSA DEBOLMENTE LIMO-ARGILLOSA MARRONCINA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ		GHIAIA GROSSOLANA SABBIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI, AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI
- 7,50 m		- 6,50 m
GHIAIA CON SABBIA DEBOLMENTE LIMO ARGILLOSA MARRONCINA CON RARI CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ ORGANIZZATI IN LIVELLI		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINO GIALLASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI
- 10,00 m		- 9,10 m
		LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE GHIAIOSO, DEBOLMENTE ARGILLOSO GIALLO OCRA
		- 9,80 m
		GHIAIA GROSSOLANA SABBIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI
		- 10,00 m

In Allegato 1 sono riportate le immagini e la documentazione relativa alle indagini geognostiche

In Allegato 2 è riportata la documentazione relativa alle prove di laboratorio

Nei fori di perforazione sono state eseguite prove SPT con penetrometro a punta chiusa vista la

granulometria grossolana dei depositi da analizzare. I valori riscontrati sono riportati nelle tabelle che seguono.

PROVE SPT NEL SONDAGGIO S1				
PROFONDITÀ (m)	N1	N2	N3	N _{SPT}
1,5	10	8	8	16
3,10	11	23	18	41
4,6	23	R	R	R
6,0	R	R	R	R
9,0	43	R	R	R

PROVE SPT NEL SONDAGGIO S2				
PROFONDITÀ (m)	N1	N2	N3	N _{SPT}
1,5	6	13	8	21

PROVE SPT NEL SONDAGGIO S3				
PROFONDITÀ (m)	N1	N2	N3	N _{SPT}
1,5	23	21	21	42
3,0	5	3	5	8
4,5	29	46	R	R
6,0	27	38	R	R
9,0	16	16	16	32

6.3 Modello geologico

Sulla scorta dei dati sopra riportati si è proceduto ad una ricostruzione schematica delle caratteristiche litotecniche del terreno destinato ad ospitare gli interventi in progetto.

Per quel che riguarda il tratto di sponda destinato ad ospitare i pennelli, sulla base delle stratigrafie ricavate dai pozzetti P1 e P2 e dal sondaggio S1, è stata individuata la successione stratigrafica rappresentativa riportata nella tabella che segue utile per il modello geotecnico; in occasione dell'esecuzione del sondaggio lungo questo tratto di sponda il livello della falda si attestava a circa - 2,5 m dal p.c.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE I PENNELLI		
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione
0,00 m ÷ -2,50 m	A	SABBIA GHIAIOSO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI (ϕ MAX 10 cm) AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ
-2,50 m ÷ -10,00 m	B	GHIAIA DA GROSSOLANA A MEDIA, SABBIOSO-CIOTTOLOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI A ALTO-MEDIO ARROTONDAMENTO E MEDIA-BASSA SFERICITÀ TALORA CONCENTRATI IN ORIZZONTI DISTINGUIBILI

Il tratto di sponda, destinato ad ospitare il punto di giunzione tra la scogliera ed i pennelli in progetto, ubicato in corrispondenza del punto di confluenza tra l'alveo del ramo principale e il ramo ad ansa in destra idrografica ad esso confluyente, presenta una morfologia a cuspidе che è risultata preservata dall'erosione di sponda che caratterizza la sponda stessa a valle della confluenza.

Con il sondaggio S2 è stato possibile verificare che, con ogni probabilità, detto tratto di confluenza ha subito in misura minore l'erosione a causa della presenza di una o più vecchie strutture difensive di natura antropica attualmente sepolte (scogliera?, massicciata?, pennello?) e intercettate con la perforazione a partire da -2,60 m dal p.c. circa. Sepolte cioè circa alla stessa quota del pelo libero dell'acqua del T. Orco nel giorno dell'esecuzione del sondaggio. Il pozzetto P1, scavato in una posizione più arretrata rispetto al sondaggio, ha, da parte sua, evidenziato che la scogliera presente una ventina di metri dalla sponda attiva del torrente, risultava fondata con un taglione in cemento a circa 1,8 m da p.c.

Il livello della falda freatica si attestava, in questo tratto di sponda in corrispondenza delle indagini eseguite, a circa -2,60 m dal p. c.

Per quel che riguarda il sito destinato ad ospitare la scogliera, sulla base delle stratigrafie ricavate dai pozzetti P3, P4 e P5, dal sondaggio S3 e dalla MASW, sono state individuate le distinzioni riportate nella tabella che segue che hanno consentito di ricavare una stratigrafia media generale utile per il modello geotecnico. In profondità, la prova MASW eseguita evidenzia la presenza di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

La linea blu indica il livello medio stimato della falda lungo il tratto di sponda interessato dalle indagini geognostiche.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE LA SCOGLIERA		
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione
-2,50 m	A	SABBIA GHIAIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CIOTTOLOSA CON CIOTTOLI POLIGENICI (ϕ MAX 10 cm) AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI. FASCIA DI ESCURSIONE DELLA FALDA CON POTENZIALI LIVELLI COSTITUITI DA MATERIALE SCIOLTO (IN OCCASIONE DEL SONDAGGIO REGISTRATO A – 3 m)
0,00 m ÷ -3,50 m		
-3,50 m ÷ -6,50 m	B	GHIAIA GROSSOLANA SABBIOSO-CIOTTOLOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ
- 6,50 m ÷ -9,00 m	C	SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINO GIALLASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI
- 9,00 m ÷ -10,00 m	D	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO GIALLO OCRA

In considerazione del fatto che le indagini geognostiche sono state eseguite in pieno inverno, ovvero in un periodo di morbida del T. Orco, il livelli indicati di soggiacenza della falda possono subire una notevole escursione tale da saturare completamente il substrato.

6.4 Modello geotecnico

Il modello geotecnico del sottosuolo è stato ricavato dalle stratigrafie validate dalle analisi granulometriche di laboratorio sia dei pozzetti esplorativi che dei sondaggi e dai risultati delle prove SPT in foro.

In merito alle prove SPT in foro, è necessario rammentare che, in questi litotipi, la prova può essere distorta dalla presenza di ciottoli di medie dimensioni che falsano il risultato in direzione di un addensamento più rilevante del reale. Tenendo conto di ciò, sono stati utilizzati i risultati delle prove SPT eseguite nel **Sondaggio S1** come di seguito specificato.

I valori di N_{SPT} sono stati normalizzati:

1. secondo la formula proposta da Skempton che assume il valore N_{60} quale valore corretto per le procedure esecutive:

$$N_{60} = C_{ER} C_B C_S C_R N_{SPT}$$

dove:

C_{er} = fattore di correzione per il rapporto di energia = 0,75

C_B = fattore di correzione per il diametro del foro = 1,0

C_S = fattore di correzione per il tipo di campionatore = 1

C_R = fattore di correzione per la lunghezza della fune = 0,75 - 0,85 - 0,95 - 1,0

N_{SPT} = valore misurato

2. tenendo conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, riferendoli ad un valore unitario della pressione verticale efficace $\sigma'_{vo} = 1 \text{ kgN/cm}^2 \approx 100 \text{ kPa}$;

Pertanto, considerando cautelativamente la soggiacenza della falda pari 1 m (in corrispondenza a S1) ed un peso di volume saturo pari a **20.0 kN/m³**, utilizzando la formula:

$$(N_1)_{60} = C_N N_{60}$$

dove:

$(N_1)_{60}$ = numero di colpi normalizzato;

N_{60} = valore corretto per le procedure esecutive

C_N = coefficiente di correzione calcolato con la formula di Liao e Whitman (in Squeglia e al., 2006):

$$C_N = 1/\sqrt{\sigma'_{vo}}$$

con $\sigma'_{vo} = 1 \text{ kgN/cm}^2$

Svolgendo si ottengono i valori riportati nella tabella che segue per il sondaggio S1:

Normalizzazione del valore N_{SPT} che tiene conto della strumentazione

SONDAGGIO S1					
profondità	fattori $C_{ER} C_B C_S$	fattore fune C_R	$C_{ER} C_B C_S C_R$	N_{SPT}	N_{60}
1,5	0,75	0,75	0,5625	16	9
3,10	0,75	0,85	0,6375	41	26
4,6	0,75	0,95	0,7125	>50	>36
6,0	0,75	0,95	0,7125	>50	>36
9,0	0,75	1	0,75	>50	>38

Correzione del valore di N_{SPT} per le tensioni litostatiche

SONDAGGIO S1											
z punto stratigrafico	ξ	γ (kN/m ³)	σ (kN/m ²)	ν (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	σ' (kN/cm ²)	σ' (kPa)	radice σ'	C_N	N_{60}	$(N_1)_{60}$
1	0	18,5	18,5	0	18,5	0,00185	0,185	0,43	2,32		
1,5	0,5	19	28,5	0	28,5	0,00285	0,285	0,53	1,87	9	17
3,1	2,1	20	62	5,88	56,12	0,005612	0,5612	0,75	1,33	26	35
4,6	3,6	20	92	10,08	81,92	0,008192	0,8192	0,91	1,10	>36	>40
6	5	20	120	14	106	0,0106	1,06	1,03	0,97	>36	>35
9	8	19	171	60	111	0,0111	1,11	1,05	0,95	>38	>36

3. Disponendo del valore normalizzato $(N_1)_{60}$, sono state utilizzate le seguenti correlazioni, proposte da Terzaghi - Peck (1948) e Gibbs - Holtz (1957) per ottenere indicazione sulla densità relativa $D_R\%$ dei materiali attraversati:

$(N_1)_{60}$	Densità relativa	
	Terzaghi – Peck (1948)	Gibbs – Holtz (1957)
0-4	molto sciolta	0-15%
4-10	sciolta	15-35%
10-30	media	35-65%
30-50	densa	65-85%
>50	molto densa	85-100%

SONDAGGIO S1			
profondità	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa
1,5	16	17	media
3,1	41	35	densa
4,6	R	>40	da densa a molto densa
6	R	>35	da densa a molto densa
9	R	>36	da densa a molto densa

Per ottenere il valore dell'angolo d'attrito di picco, i risultati normalizzati delle prove SPT sono stati quindi inseriti nella formula proposta dalla Japan Road Association, (1990):

$$\varphi_p' = \sqrt{15 \cdot N_{SPT}} + 15$$

Ottenendo i risultati riportati nella tabella che segue:

SONDAGGIO S1	
$(N_1)_{60}$	φ_p
17	31
35	38
>40	39
>35	38
>36	38

Con la medesima procedura si sono analizzati i risultati delle prove SPT eseguite nel Sondaggio S2 e nel Sondaggio S3.

Per quel che riguarda il **Sondaggio S2** la perforazione è stata interrotta a -3 m di profondità dal piano campagna in quanto alla quota di - 2,60 m è stato incontrato un blocco di rocce metamorfiche di origine antropica il cui attraversamento avrebbe portato via molto tempo senza aggiungere informazioni certe ulteriori. La prova SPT qui riportata risulta solo indicativa

SONDAGGIO S2					
profondità	fattori $C_{ER} C_B C_S$	fattore fune C_R	$C_{ER} C_B C_S C_R$	N_{SPT}	N_{60}
1,5	0,75	0,75	0,5625	21	12

SONDAGGIO S2											
z punto stratigr afico	ξ	γ (kN/m ³)	σ (kN/m ²)	ν (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	σ' (kN/cm ²)	σ' (kPa)	radice σ'	C_N	N_{60}	$(N_1)_{60}$
1	0	18,5	18,5	0	18,5	0,00185	0,185	0,43	2,32		
1,5	0,5	18,5	27,75	0	27,75	0,002775	0,2775	0,53	1,90	12	23

SONDAGGIO S2			
profondità	N_{SPT}	$(N_1)_{60}$	Densità relativa
1,5	21	23	media

SONDAGGIO S2	
$(N_1)_{60}$	ϕ_P
23	34

Per quel che riguarda il **Sondaggio S3** la perforazione ha mostrato la presenza di un livello di materiale fine, potente 70 cm, poco prima della massima profondità raggiunta (-10 m da p.c.). L'esiguità della potenza di detto livello non ha consentito il recupero di un campione indisturbato, in quanto la manovra ha attraversato completamente il campione. E' stato possibile invece eseguire una prova SPT in corrispondenza di detto livello.

SONDAGGIO S3					
profondità	fattori $C_{ER} C_B C_S$	fattore fune C_R	$C_{ER} C_B C_S C_R$	N_{SPT}	N_{60}
1,5	0,75	0,75	0,5625	48	27
3,0	0,75	0,85	0,6375	8	5
4,5	0,75	0,95	0,7125	R	R
6,0	0,75	0,95	0,7125	R	R
9,0	0,75	1	0,75	32	24

SONDAGGIO S3											
z punto stratigra- fico	ξ	γ (kN/m ³)	σ (kN/m ²)	ν (kN/m ²)	σ' (kN/m ²)	σ' (kN/cm ²)	σ' (kPa)	radice σ'	C_N	N_{60}	$(N_1)_{60}$
1	0	19	19	0	19	0,0019	0,19	0,44	2,29		
1,5	0,5	19	28,5	0	28,5	0,00285	0,285	0,53	1,87	27	51
3	2	19	57	0	57	0,0057	0,57	0,75	1,32	5	7
4,5	3,5	20	90	10,5	79,5	0,00795	0,795	0,89	1,12	>36	>40
6	5	20	120	15	105	0,0105	1,05	1,02	0,98	>36	>35
9	8	17	153	52	101	0,0101	1,01	1,00	1,00	24	24

SONDAGGIO S3			
profondità	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀	Densità relativa
1,5	48	51	molto densa
3	8	7	sciolta
4,5	R	>40	da densa a molto densa
6	R	>35	da densa a molto densa
9	32	24	media

SONDAGGIO S3	
(N ₁) ₆₀	ϕ_p
51	43
7	25
>40	39
>35	38
24	34

Per i materiali più fini è stata anche usata la correlazione di Schmertmann (1975) che consente di stimare la coesione non drenata C_u in funzione dell' N_{SPT} . La correlazione è stata usata applicando $l'(N_1)_{60}$ cioè $l'N_{SPT}$ che tiene conto sia della strumentazione che del carico litostatico.

Per quel che riguarda il tratto di sponda destinato ad ospitare i pennelli, sulla scorta di quanto precedentemente elaborato, si sono individuate le seguenti distinzioni che hanno consentito di ricavare il modello geotecnico completo dei parametri necessari alla progettazione definitiva e alle verifiche di stabilità dell'opera. Di seguito la tabella riassuntiva.

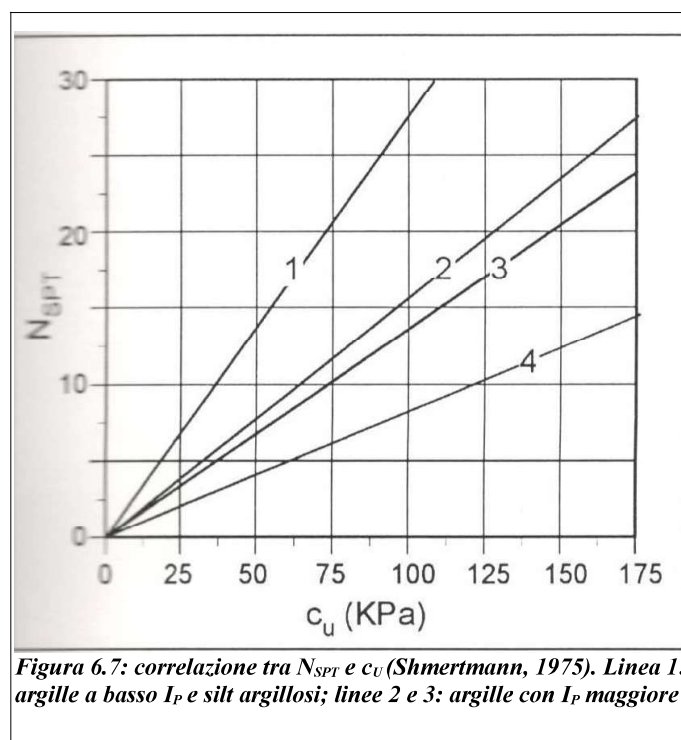
TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE I PENNELLI					
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione	parametri	valori medi	unità di misura
0,00 m ÷ -2,50 m	A	SABBIA GHIAIOSO CIOTTOLOSA DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI (ϕ MAX 10 cm) AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ	densità relativa [D _R]	media 35 ÷ 65	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	19	kN/m ³

			angolo d'attrito di picco	34	(°)
-2,50 m ÷ -10,00 m	B	GHIAIA DA GROSSOLANA A MEDIA SABBIOSA CIOTTOLOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI A ALTO-MEDIO ARROTONDAMENTO E MEDIA-BASSA SFERICITÀ	densità relativa	densa/ molto densa 65 ÷ 100	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	20	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)

Per quel che riguarda il tratto di sponda destinato ad ospitare la scogliera sulla scorta di quanto precedentemente elaborato si sono individuate le seguenti distinzioni che hanno consentito di ricavare il modello geotecnico completo dei parametri necessari alla progettazione definitiva e alle verifiche di stabilità dell'opera. Di seguito la tabella riassuntiva.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE LA SCOGLIERA					
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione	parametri	valori medi	unità di misura
0,00 m ÷ -3,50 m	A	SABBIA GHIAIOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CIOTTOLOSA CON CIOTTOLI POLIGENICI (φ MAX 10 cm) AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI. FASCIA DI ESCURSIONE DELLA FALDA CON POTENZIALI LIVELLI COSTITUITI DA MATERIALE SCIOLTO (IN OCCASIONE DEL SONDAGGIO REGISTRATO A - 3 m)	densità relativa [D _R]	media 35 ÷ 65	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	19	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	34	(°)
-3,50 m ÷ -6,50 m	B	GHIAIA GROSSOLANA SABBIOSO-CIOTTOLOSA MARRONCINO GRIGIASTRA CON CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ALTO ARROTONDAMENTO E MEDIA SFERICITÀ	densità relativa	densa/ molto densa 65 ÷ 100	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	20	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)
- 6,50 m ÷ -9,00 m	C	SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA MARRONCINO GIALLASTRA CON	densità relativa	densa/ molto densa	%

		CIOTTOLI POLIGENICI CENTIMETRICI AD ARROTONDAMENTO E SFERICITÀ MEDI		65 ÷ 85	
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	20	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)
- 9,00 m ÷ -10,00 m	D	LIMO SABBIOSO DEBOLMENTE ARGILLOSO GIALLO OCRA	densità relativa	Media 35 ÷ 65	%
			coesione C _U	80 ÷ 150	kPa
			peso di volume	17	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	34	(°)



La prova MASW eseguita ha consentito di individuare la **categoria di sottosuolo B** (prevista dalle N.T.C. 2018) con $V_{Sequiv} = V_{S30} = 382$ m/s con V_{S30} espressione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità.

Nell'Allegato 4.1 sono riportate le verifiche di stabilità della scogliera.

6.5 Pericolosità sismica locale

La pericolosità sismica del territorio nazionale, intesa come la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo, è definita in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006.

Nell'ordinanza sono riportati i criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse	$a_g < 0,05g$

Secondo quanto riportato nell'Allegato 1 della D.G.R. 11-13058 del 19.01.2010, il Comune di Chivasso rientra in **Zona sismica 4**. In data 15.02.2019, la Regione Piemonte con D.G.R. n. 17-8404 aggiorna la classificazione sismica del territorio regionale confermando per Chivasso la Zona sismica 4.

Consultando, inoltre, il Database Macrosismico Italiano del 2015 all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, si ottengono le informazioni relative alla storia sismica di Chivasso, con i valori di magnitudo ed intensità che hanno caratterizzato i terremoti verificatisi o percepiti sul territorio comunale dal 1887 ad oggi.

Tali informazioni sono riportate nella tabella che segue.

Effetti	in occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Intensità nella località	anno	mese	giorno	ora	min	sec	Area epicentrale	Numero di Macroseismic Data Points	Intensità epicentrale	Magnitudo momento
NF	1887	febbraio	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6,27

3	1905	aprile	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5,10
NF	1909	gennaio	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6 -7	5,36
NF	1938	dicembre	23	17	37	4	Canavese	28	5	4,22
3-4	1963	luglio	19	05	46	0	Mar Ligure	412		5,95
NF	1968	aprile	18	19	38	1	Liguria occidentale	51	7-8	4,93
2	1990	febbraio	11	07	00	3	Torinese	201	6	4,69
NF	1993	luglio	17	10	34	5	Liguria occidentale	336	5	4,34
3-4	2000	agosto	21	17	14		Monferrato	595	6	4,94
4	2011	luglio	25	12	31	2	Torinese	105	5	4,67

Storia sismica di Chivasso, tratta dal Database Macrosismico Italiano del 2015.

Le strutture sono considerate opere ordinarie, per cui, secondo la Tab. 2.4.I delle NTC 2018, si assume come vita nominale il valore $V_N \geq 50$ anni.

Trattandosi di difese spondali si considera come classe d'uso la **Classe IV** (Par. 2.4.2 delle NTC 2018), cui corrisponde un coefficiente $C_u = 2$. Il periodo di riferimento per l'azione sismica, dato da $V_R = V_N \cdot C_u$, corrisponde a $V_R = 100$ anni.

La categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC2018), secondo quanto ricavato dalla MASW è la **Categoria B**. Poiché l'opera non si trova su rilievi o versanti e la pendenza del terreno è $<15^\circ$, si assume una **categoria topografica T1**, con coefficiente di amplificazione $S_T = 1,0$ (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

La tabella che segue riporta i dati sopra individuati.

Zona sismica	4
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso	2
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	100 anni
Categoria di sottosuolo	B
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1,0

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alla prestazioni della costruzione nel suo complesso; ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{vr} , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_r , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo) prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_r$ (periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{vr} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{vr} = 63\%$
Stato limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{vr} = 10\%$
Stato limite ultimo: prevenzione del collasso	SLC	$P_{vr} = 5\%$

Considerato il $Tr = -V_R / \ln(1 - P_{vr}) = 100 / \ln(1 - P_{vr})$

La pericolosità sismica di base del sito è definita dai seguenti parametri (desunti da Allegato B – Tabella 1):

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	Tr (anni)	a_g (g/10)	F ₀	T _c (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,024	2,624	0,191
Danno (SLD)	63	101	0,029	2,662	0,212
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,051	2,734	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,059	2,816	0,307
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

Dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima

F₀ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso di stabilità dei pendii e delle fondazioni i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a_{max}	Beta
SLO	0,005	0,002	0,238	0,200
SLD	0,006	0,003	0,284	0,200
SLV	0,010	0,005	0,501	0,200
SLC	0,012	0,006	0,577	0,200

Nel caso di muri di sostegno NTC 2018 i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a_{max}	Beta
SLO	0,005	0,003	0,287	0,180
SLD	0,006	0,003	0,343	0,180
SLV	0,011	0,006	0,603	0,180
SLC	0,013	0,006	0,694	0,180

Nel caso di stabilità di fronti di scavo e di rilevati i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a _{max}	Beta
SLO	---	---	0,238	-
SLD	0,014	0,007	0,284	0,470
SLV	0,019	0,010	0,501	0,380
SLC	-	-	0,577	-

Per tutti i casi:

	Ss	Cc	St
	[-]	[-]	[-]
SLO	1,200	1,530	1,000
SLD	1,200	1,500	1,000
SLV	1,200	1,400	1,000
SLC	1,200	1,390	1,000

Infine, in merito alla stabilità nei confronti del fenomeno della **liquefazione** le N.T.C. 2018 prevedono che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle quattro circostanze descritte nel paragrafo 7.11.3.4.2 (*Esclusione della verifica a liquefazione*)

Non è stata quindi considerata la possibilità di liquefazione dei sedimenti a seguito di un sisma in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero sono inferiori a 0,1 g.

7. GLI INTERVENTI NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE

7.1 Assetto morfologico locale

Dal punto di vista morfologico, il tratto di corso del T. Orco coinvolto negli interventi in progetto è attualmente caratterizzato (da nord verso sud) da un'ampia ansa con concavità aperta a nordest seguita da un'ansa a gomito con concavità aperta a sudovest, collegate da un breve tratto rettilineo praticamente perpendicolare alla direzione generale del corso d'acqua. L'attuale morfologia dell'alveo attivo evidenzia un'accentuazione nel tempo dell'assetto meandriforme che nel 2003 risultava dello stesso tipo, ma meno evoluto, cioè con anse meno profonde.

Dal confronto con le immagini ancora precedenti (anni '90) si evidenzia una recente tendenza generale verso la monocursalità mostrando, queste immagini, una antecedente molto più marcata pluricursalità che coinvolgeva una larghissima fascia di territorio delimitata, in destra idrografica, dall'alto terrazzo inciso nei depositi fluvioglaciali e si estendeva in sponda sinistra per più di 700 m (un'ampiezza quasi doppia cioè dell'attuale inviluppo dei rami attivi).

Tale tipo evoluzione denuncia l'approfondirsi generale della base del talweg fenomeno per altro registrato anche da altre evidenze segnalate in più occasioni nel lavoro del Politecnico del 2008.

La passata elevata pluricursalità del T. Orco lungo questo tratto in sponda sinistra è testimoniata dai numerosi orli di terrazzo ivi presenti e dall'esistenza di depressioni derivanti da canali abbandonati di antica formazione. In particolare sono stati riconosciuti, da nordest a sudovest:

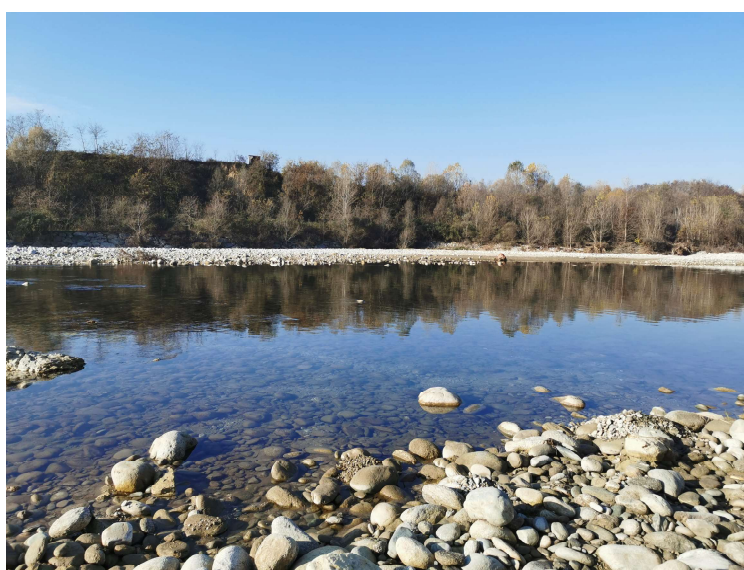


Figura 7.1: panoramica dalla sponda sinistra; in primo piano il ramo attivo minore. Sulla sfondo l'alta sponda destra



Figura 7.2: sponda sinistra erosa in corrispondenza dell'ansa aperta verso sudovest

- un primo orlo di terrazzo, praticamente continuo, con scarpata di varia altezza (< 1,5 m) che costituisce la sponda dell'attuale ramo secondari attivo;
- un secondo orlo di terrazzo, molto discontinuo, anche per rimaneggiamenti di natura antropica, sempre con scarpata di modesta altezza (<1,5 m), rilevabile 110 m circa a tergo del primo che costituirà la sponda naturale del nuovo ramo che si intende aprire;
- un terzo orlo di terrazzo, continuo, con scarpata di altezza superiore ai 2,5 m fino laddove lo stesso corre in posizione distale rispetto all'attuale alveo attivo e con scarpata di altezza inferiore laddove costituisce la sponda dell'attuale alveo attivo, cioè al termine del tratto rettilineo di connessione fra le due anse e quindi in corrispondenza dell'ansa a gomito con concavità aperta a sudovest;
- una lunga depressione morfologica, larga mediamente attorno ai 40 m, a tergo del tratto rettilineo dell'orlo di terrazzo descritto nel punto precedente;

Tale sistema di terrazzi ribassa il piano campagna della pianura circostante dalla quota massima di

circa 295 m s.l.m. (in corrispondenza della sponda destra) e dalla quota massima di 276 m s.l.m. (in corrispondenza della sponda sinistra) alla quota minima di circa 272 m s.l.m. (in corrispondenza dell'attuale alveo attivo del T. Orco all'altezza del tratto rettilineo).

Procedendo al confronto tra quanto rilevato sul terreno e l'assetto dinamico del corso d'acqua nel tempo si è potuto osservare che:

- l'intervento di ripascimento contribuirà ad allontanare l'ampia ansa con concavità rivolta a nordest con notevole beneficio per la stabilità dell'alta scarpata di terrazzo presente in sponda destra;
- l'intervento di apertura del nuovo ramo rallenterà l'approfondirsi dell'alveo attivo in quel tratto contribuendo all'alleggerimento della dinamica erosiva in sponda destra pur rimanendo ampiamente all'interno della fascia storica di inviluppo dei rami noti del corso d'acqua (rami attivi del T. Orco ubicati in posizione esterna al nuovo ramo in progetto sono cartografati dalla fine del 1800 fino agli anni '70 del secolo scorso);
- l'intervento di apertura d'invito di un nuovo ramo in alveo a valle degli interventi di cui ai punti precedenti non fa che favorire la ripresa di un tratto di ramo del corso del T. Orco cartografato nel 2003.

Il rilevamento in campo ha messo in evidenza l'assenza di strutture difensive in opera.

Tutte le informazioni riportate in questo paragrafo sono esplicitate nella Tavola 8 e illustrate nelle Figure 7.1 e 7.2.

7.2 Assetto geologico locale

Gli interventi previsti nel territorio comunale di Rivarolo Canavese coinvolgono sempre i depositi alluvionali attuali, afferenti alla dinamica attuale del T. orco. Questi depositi sono costituiti da ciottoli, ghiaie e massi immersi in matrice sabbiosa. I massi a media sfericità e medio arrotondamento (forma ellissoidale) presentano diametri massimi pari a 30 cm e grado di alterazione nullo. I depositi presentano grado di pedogenizzazione nullo in quanto presenti attualmente nell'alveo del T. Orco e/o ricoprenti tale alveo in tempi recentissimi (Olocene superiore).

Le stratigrafie dei due pozzetti esplorativi eseguiti mostrano che i primi metri di terreno sono costituiti rispettivamente da:

POZZETTI ESPLORATIVI	
0,00 m P1	0,00 m P2
GHIAIA SABBIOSA CIOTTOLOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (ϕ MAX 10 cm)	SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA
	- 1,00 m GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (ϕ MAX 10 cm)
- 2,10 m	- 2,20 m

in profondità, la prova MASW eseguita evidenzia la presenza di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

In Allegato 1 sono riportate le immagini e la documentazione relativa alle indagini geognostiche

In Allegato 2 è riportata la documentazione relativa alle prove di laboratorio

7.3 Modello geologico

Sulla scorta dei dati sopra riportati si è proceduto ad una ricostruzione schematica delle caratteristiche litotecniche del terreno destinato ad ospitare gli interventi in progetto.

Per quel che riguarda il tratto di sponda destinato ad ospitare gli scavi, sulla base delle stratigrafie ricavate dai pozzetti P1 e P2 è stata individuata la successione stratigrafica rappresentativa riportata nella tabella che segue utile per il modello geotecnico; in occasione dell'esecuzione pozzetti lungo questo tratto di sponda il livello della falda si attestava a circa - 2,1 m dal p.c.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE GLI SCAVI		
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione
0,00 m ÷ -1,00 m	A	SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA
-1,00 m ÷ -2,20 m -2,10 m	B	GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (ϕ MAX 10 cm)

7.4 Modello geotecnico

Il modello geotecnico del sottosuolo è stato ricavato dalle stratigrafie validate dalle analisi granulometriche di laboratorio dei pozzetti esplorativi.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE GLI SCAVI					
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione	parametri	valori medi	unità di misura
0,00 m ÷ -1,00 m	A	SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA	densità relativa $[D_R]$	media 35 ÷ 65	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	19	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	34	(°)
-1,00 m ÷ -2,20 m	B	GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (ϕ MAX 10 cm)	densità relativa	densa/ molto densa 65 ÷ 100	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	20	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)

La prova MASW eseguita ha consentito di individuare la **categoria di sottosuolo B** (prevista dalle N.T.C. 2018) con $V_{s_{equiv}} = V_{s_{30}} = 367$ m/s con $V_{s_{30}}$ espressione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità.

7.5 Pericolosità sismica locale

La pericolosità sismica del territorio nazionale, intesa come la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo, è definita in base all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006.

Nell'ordinanza sono riportati i criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse	$a_g < 0,05g$

Secondo quanto riportato nell'Allegato 1 della D.G.R. 11-13058 del 19.01.2010, il Comune di Chivasso rientra in Zona sismica 4. In data 15.02.2019, la Regione Piemonte con D.G.R. n. 17-8404 aggiorna la classificazione sismica del territorio classificando Rivarolo Canavese nella **Zona sismica 3**.

Consultando, inoltre, il Database Macrosismico Italiano del 2015 all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, si ottengono le informazioni relative alla storia sismica di Rivarolo Canavese, con i valori di magnitudo ed intensità che hanno caratterizzato i terremoti verificatisi o percepiti sul territorio comunale dal 1887 ad oggi.

Tali informazioni sono riportate nella tabella che segue.

Effetti	in occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Intensità nella località	anno	mese	giorno	ora	min	sec	Area epicentrale	Numero di Macroseismic Data Points	Intensità epicentrale	Magnitudo momento

6	1887	febbraio	23	05	21	50	Liguria occidentale	1511	9	6,27
3	1983	novembre	09	16	29	52	Parmense	850	6 -7	5,04
5	1987	luglio	03	10	46	5	Canavese	25	6	4,08
5	1990	febbraio	11	07	00	38	Torinese	201	6	4,69
NF	2005	luglio	05	12	33	0	Canavese	92	5	3,48
2	2005	settembre	08	11	27	0	Massif du Mont-Blanc	281		4,44

Storia sismica di Rivarolo Canavese, tratta dal Database Macrosismico Italiano del 2015.

A Rivarolo Canavese, oltretutto scavi che originano fronti di scavo, (che possono definirsi interventi ordinari, secondo la Tab. 2.4.I delle NTC 2018, per i quali si assume come vita nominale il valore $V_N \geq 50$ anni) **si è aggiunta la previsione di una opera strutturale (Lotto 2 stralcio 1).**

Trattandosi di scavi e fronti di scavo si sarebbe potuto considerare come classe d'uso la Classe I (Par. 2.4.2 delle NTC 2018), cui corrisponde un coefficiente $C_u = 0,7$ ma, **essendosi aggiunta anche la scogliera si è deciso di scegliere come classe d'uso la Classe IV (Par. 2.4.2 delle NTC 2018), cui corrisponde un coefficiente $C_u = 2$.** Il periodo di riferimento per l'azione sismica, dato da $V_R = V_N \cdot C_u$, corrisponde a **$V_R = 100$ anni**

La categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC2018), secondo quanto ricavato dalla MASW è la **Categoria B**. Poiché l'opera non si trova su rilievi o versanti e la pendenza del terreno è $<15^\circ$, si assume una **categoria topografica T1**, con coefficiente di amplificazione **$S_T = 1,0$** (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

La tabella che segue riporta i dati sopra individuati per il Lotto 2 stralci 1 e 2.

Zona sismica	3
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	IV
Coefficiente d'uso	2
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	100 anni
Categoria di sottosuolo	B
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1,0

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alla prestazioni della costruzione nel suo complesso; ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{vr} , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_r , si

verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo) prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_r$ (periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{vr} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{vr} = 63\%$
Stato limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{vr} = 10\%$
Stato limite ultimo: prevenzione del collasso	SLC	$P_{vr} = 5\%$

Considerato il $T_r = -V_R / \ln(1 - P_{vr}) = 100 / \ln(1 - P_{vr})$

La pericolosità sismica di base del sito per il **Lotto 2 Stralcio 1** è definita dai seguenti parametri :

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	T_r (anni)	a_g (g/10)	F_0	T_c (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,026	2,618	0,195
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,657	0,217
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,054	2,749	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,063	2,828	0,304
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

Dove:

a_g = accelerazione orizzontale massima

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso di stabilità delle opere di sostegno i coefficienti di sito per il **Lotto 2 Stralcio 1** sono:

	K_h	K_v	a_{max}	Beta
SLO	-	-	0,304	-
SLD	0,017	0,009	0,361	0,470
SLV	0,025	0,012	0,637	0,380
SLC	-	-	0,738	-

nonché:

	S_s	C_c	S_t
	[-]	[-]	[-]
SLO	1,200	1,520	1,000
SLD	1,200	1,490	1,000
SLV	1,200	1,400	1,000
SLC	1,200	1,400	1,000

8. LA SCOGLIERA DEL 2° LOTTO NEL COMUNE DI RIVAROLO C.SE

8.1 Assetto morfologico locale

Dal punto di vista morfologico, il tratto di corso del T. Orco coinvolto nell'intervento in progetto è attualmente caratterizzato da un'ampia ansa molto poco pronunciata con concavità aperta a sudovest. L'attuale morfologia dell'alveo attivo evidenzia un'accentuazione nel tempo dell'assetto monocursale che nel 2003 risultava dello stesso tipo con una scarsa variazione planimetrica mentre, in anni ancora precedenti (anni '90) appare spostato a sud ovest, a significare una lenta migrazione verso nordest probabilmente arrestatasi con la messa in opera della scogliera. La dinamica torrentizia di questo tratto del corso del T. Orco risulta senz'altro regolata a monte, dal ponte di Rivarolo e dalla scogliera antierosiva esistente lungo la sponda sinistra; a valle, dai pennelli presenti che guidano l'ampia ansa poco pronunciata che caratterizza la morfologia attuale. Ancora più indietro nel tempo, prima degli anni 70 la cartografia evidenzia una molto più marcata pluricursalità che coinvolgeva una larghissima (rispetto all'oggi) fascia di territorio.

In questo tratto il sistema di terrazzi appare più semplice di quello rilevato nei casi precedenti con:

- lungo la sponda destra, un orlo di terrazzo, praticamente continuo, con scarpata superiore ai 10 m che costituisce il limite storico alla divagazione del T. Orco in direzione ovest-sudovest;
- lungo la sponda sinistra, due orli di terrazzo continui, il primo, difeso dalla scogliera in opera, con scarpata di altezza inferiore ai 10 m, il secondo più arretrato rispetto all'alveo attivo del corso d'acqua, con scarpata di altezza inferiore a 1,5 m.

Tale sistema di terrazzi ribassa il piano campagna della pianura circostante dalla quota massima di circa 291 m s.l.m. (in corrispondenza della sponda destra) e dalla quota massima di 285 m s.l.m. (in corrispondenza della sponda sinistra) alla quota minima di circa 279 m s.l.m. circa (in corrispondenza dell'attuale alveo attivo del T. Orco all'altezza della scogliera in progetto).

Procedendo al confronto tra quanto rilevato sul terreno e l'assetto dinamico del corso d'acqua nel tempo si è potuto osservare che l'intervento in progetto andrà a rafforzare e a rendere continua la difesa antierosiva in sponda sinistra laddove allo stato attuale si esplica la battuta di sponda più significativa a protezione dei terreni sovrastanti sede di attività umane.

Il rilevamento in campo ha messo in evidenza la presenza di una scogliera in massi di cava non

cementati che dal ponte si sviluppa verso valle per circa 100 m.

Tutte le informazioni riportate in questo paragrafo sono esplicitate nella Tavola 9 e illustrate nella Figura 8.1.



Figura 8.1: Scogliera in opera lungo la sponda sinistra a valle del ponte di Rivarolo C.se. L'intervento previsto consiste nella realizzazione del suo proseguimento fino a raggiungere i pennelli già in opera

8.2 Assetto geologico locale

L'intervento previsto coinvolge i depositi alluvionali attuali, afferenti ai terrazzi inferiori (Olocene superiore – Olocene medio) del T. Orco. Questi depositi sono costituiti da massi, ciottoli e ghiaie sabbiose con grado di addensamento mediamente più elevato dei litotipi fino ad ora esaminati in questa relazione sebbene presentino le stesse caratteristiche composizionali dei depositi recenti e attuali. Tali depositi costituiscono i terrazzi alluvionali inferiori, in parte ancora sommergibili da piene con tempi di ritorno pluricentennali (200 ÷ 500 anni) e presentano una coltre superficiale pedogenizzata di modesto spessore.

Come detto nel paragrafo 5.4, la progettazione della scogliera antiersiva quale proseguimento di una scogliera esistente (**intervento 2° Lotto – 2° Stralcio**), a valle del ponte di Rivarolo Canavese, ha costituito una integrazione progettuale successiva all’impianto generale di progettazione e, per tale motivo, arrivata fuori tempo massimo rispetto al programma di indagini geognostiche già predisposto ed eseguito. In considerazione di ciò l’approfondimento geologico-geotecnico per detto sito si è basato sulla bibliografia raccolta e sul rilievo di campagna e su due stratigrafie rintracciate nella banca dati geotecnica di Arpa Piemonte (Allegato 3).

Le stratigrafia di riferimento così ricostruita stima:

0,00 m	
- 0,60 m	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA CON RARA GHIAIA MARRONCINO GIALLASTRA . FRUSTOLI VEGETALI AL TOP
- 4,00 m	GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (Φ MAX 30 CM) INTERCALATA DA ORIZZONTI DECIMETRICI - METRICI DI SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA
- 6,50 m	
- 10,00 m	SABBIA LIMOSA CON GHIAIA O DEBOLMENTE GHIAIOSA MARRONCINO GIALLASTRA

In considerazione della contiguità della prova MASW eseguita più a valle e dell’ambiente deposizionale confrontabile, si ritengono validi i risultati con essa conseguiti che evidenziano la presenza di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

8.3 Modello geologico

Sulla scorta dei dati sopra riportati si è proceduto ad una ricostruzione schematica delle caratteristiche litotecniche del terreno destinato ad ospitare gli interventi in progetto.

Per quel che riguarda il tratto di sponda destinato ad ospitare la scogliera, è stata individuata la successione stratigrafica rappresentativa riportata nella tabella che segue utile per il modello

geotecnico; in occasione del rilievo in campo lungo questo tratto di sponda il livello della falda si attestava a circa - 4,0 m dal p.c.

profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione
0,00 m ÷ -0,60 m	A	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA CON RARA GHIAIA MARRONCINO GIALLAstra . FRUSTOLI VEGETALI AL TOP
-0,60 m ÷ -6,50 m -4,00 m	B	GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (Φ MAX 30 CM) INTERCALATA DA ORIZZONTI DECIMETRICI - METRICI DI SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA
-6,50 m ÷ -10,00 m	C	SABBIA LIMOSA CON GHIAIA O DEBOLMENTE GHIAIOSA MARRONCINO GIALLAstra

8.4 Modello geotecnico

Il modello geotecnico del sottosuolo è stato ricavato dalla stratigrafia stimata sulla base di ti di bibliografia e da rilievi in campo.

TRATTO DI SPONDA DESTINATO AD OSPITARE LA SCOGLIERA					
profondità da p.c.	orizzonte stratigrafico	descrizione	parametri	valori medi	unità di misura
0,00 m ÷ -0,60 m	A	SABBIA LIMOSA DEBOLMENTE ARGILLOSA CON RARA GHIAIA MARRONCINO GIALLAstra . FRUSTOLI VEGETALI AL TOP	densità relativa [D _R]	media 35 ÷ 65	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	18	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	30	(°)
-0,60 m ÷ -6,50 m	B	GHIAIA SABBIOSA GRIGIO MARRONCINA CON CIOTTOLI POLIGENICI A MEDIO ARROTONDAMENTO E BASSA SFERICITÀ (Φ MAX 30 CM) INTERCALATA DA ORIZZONTI DECIMETRICI - METRICI DI SABBIA GROSSOLANA DA GHIAIOSA A DEBOLMENTE GHIAIOSA MAL STRATIFICATA GRIGIO MARRONCINA	densità relativa	densa/ molto densa 65 ÷ 100	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	19	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)

-6,50 m ÷ -10,00 m	C	SABBIA LIMOSA CON GHIAIA O DEBOLMENTE GHIAIOSA MARRONCINO GIALLASTRA	densità relativa	densa/ molto densa 65 ÷ 100	%
			coesione efficace	0	kPa
			peso di volume	19	kN/m ³
			angolo d'attrito di picco	38	(°)

La prova MASW eseguita ha consentito di individuare la **categoria di sottosuolo B** (prevista dalle N.T.C. 2018) con $V_{Sequiv} = V_{S30} = 367$ m/s con V_{S30} espressione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità.

Nell'Allegato 4.1 sono riportate le verifiche di stabilità della scogliera.

8.5 Pericolosità sismica locale

Per quel che riguarda la pericolosità sismica locale quanto riportato nel paragrafo 7.5 relativamente al territorio di Rivarolo Canavese resta valido e quindi non si replica ricordando solo che in data 15.02.2019, la Regione Piemonte con D.G.R. n. 17-8404 aggiorna la classificazione sismica del territorio classificando Rivarolo Canavese nella **Zona sismica 3**.

In questo caso è prevista la realizzazione di un' opera strutturale di tipo ordinario per cui, secondo la Tab. 2.4.I delle NTC 2018, si assume come vita nominale il valore $V_N \geq 50$ anni.

Trattandosi di difesa spondale che presidia un terrazzo antropizzato si considera come classe d'uso la **Classe IV** (Par. 2.4.2 delle NTC 2018), cui corrisponde un coefficiente $C_u = 2$. Il periodo di riferimento per l'azione sismica, dato da $V_R = V_N \cdot C_u$, corrisponde a $V_R = 100$ anni.

La categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC2018), secondo quanto ricavato dalla MASW è la **Categoria B**. Poiché l'opera non si trova su rilievi o versanti e la pendenza del terreno è $<15^\circ$, si assume una categoria topografica T1, con coefficiente di amplificazione $S_T = 1,0$ (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

La tabella che segue riporta i dati sopra individuati.

Zona sismica	3
Vita nominale V_N	50 anni
Classe d'uso	IV

Coefficiente d'uso	2
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R)	100 anni
Categoria di sottosuolo	B
Categoria Topografica	T1
Coefficiente di amplificazione topografica S_T	1,0

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili stati limite (SL) individuati facendo riferimento alla prestazioni della costruzione nel suo complesso; ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{vr} , ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_r , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo) prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_r$ (periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{vr} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{vr} = 63\%$
Stato limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{vr} = 10\%$
Stato limite ultimo: prevenzione del collasso	SLC	$P_{vr} = 5\%$

Considerato il $T_r = -V_R / \ln(1 - P_{vr}) = 100 / \ln(1 - P_{vr})$

La pericolosità sismica di base del sito è definita dai seguenti parametri (desunti da Allegato B – Tabella 1):

Dove:

La pericolosità sismica di base del sito per il **Lotto 2 Stralcio 2** è definita dai seguenti parametri :

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	T_r (anni)	a_g (g/10)	F_0	T_c (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,026	2,617	0,196
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,656	0,217
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,054	2,749	0,297
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,063	2,828	0,304
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

a_g = accelerazione orizzontale massima

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Nel caso di stabilità dei pendii e delle fondazioni i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a _{max}	Beta
SLO	0,006	0,003	0,304	0,200
SLD	0,007	0,004	0,362	0,200
SLV	0,013	0,007	0,639	0,200
SLC	0,015	0,008	0,740	0,200

Nel caso di muri di sostegno NTC 2018 i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a _{max}	Beta
SLO	0,006	0,003	0,304	0,180
SLD	0,007	0,003	0,362	0,180
SLV	0,012	0,006	0,639	0,180
SLC	0,014	0,007	0,740	0,180

Nel caso di stabilità di fronti di scavo e di rilevati i coefficienti di sito sono:

	Kh	Kv	a _{max}	Beta
SLO	---	-	0,304	-
SLD	0,017	0,009	0,362	0,470
SLV	0,025	0,012	0,639	0,380
SLC	-	-	0,740	-

nonché:

	Ss	Cc	St
	[-]	[-]	[-]
SLO	1,200	1,520	1,000
SLD	1,200	1,490	1,000
SLV	1,200	1,400	1,000
SLC	1,200	1,400	1,000

Infine, in merito alla stabilità nei confronti del fenomeno della **liquefazione** le N.T.C. 2018 prevedono che la verifica a liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle quattro circostanze descritte nel paragrafo 7.11.3.4.2 (*Esclusione della verifica a liquefazione*)

Non è stata quindi considerata la possibilità di liquefazione dei sedimenti a seguito di un sisma in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero sono inferiori a 0,1 g.

9. CONCLUSIONI

Questa relazione è allegata al **progetto definitivo** degli interventi da effettuarsi lungo il corso del T. Orco individuati, in prima istanza, nel Primo Programma Operativo del Piano di Gestione dei sedimenti del Torrente Orco. Tali interventi sono stati parzialmente modificati in fase di fattibilità tecnica economica ed infine selezionati ed approvati dalla Regione Piemonte in sede di Verifica della procedura di Via con esclusione degli stessi dalla fase di Valutazione.

Gli interventi previsti attengono specificatamente alla manutenzione degli alvei e alla progettazione di nuove opere idrauliche, attività che concorrono alla gestione dell'assetto idraulico dei corsi d'acqua nei confronti del rischio derivante dalle piene, svolgendo un ruolo decisivo per il mantenimento del corso d'acqua nelle migliori condizioni e, di conseguenza, indirettamente e direttamente, incrementano la mitigazione del rischio. Gli interventi sono di tre tipi: apertura di nuovi rami in alveo per la ripartizione delle portate di piena, ripascimenti e interventi strutturali (scogliera in massi ciclopici e pennelli in cassero in massi ciclopici).

La relazione dopo un inquadramento generale, sia territoriale che vincolistico, sul settore di pianura del bacino idrografico del T. Orco si concentra in particolar modo lungo i tratti di corso d'acqua nei comuni di Rivarolo Canavese e Chivasso dove approfondisce in particolare gli aspetti geomorfologici litologico e litotecnico per:

- ✓ in **Rivarolo C.se**: - intervento di ripascimento di un tratto di alveo attivo (**intervento 7_A1_1**);
 - intervento di ripristino tratto di scogliera di circa 36 m (**intervento 7_A1_1_D**)
 - intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 7_A1_2**);
 - intervento di apertura d'invito di un nuovo ramo in alveo a valle degli interventi di cui ai punti precedenti (**intervento 7_A1_3**);
 - realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici in prosecuzione di una scogliera esistente (**intervento 2° Lotto – 2° Stralcio**), a protezione della sponda sinistra ;
- ✓ in **Chivasso**: - intervento di apertura di un nuovo ramo in alveo (**intervento 2_A4_1**);
 - realizzazione di una nuova scogliera antiersiva in massi ciclopici (**intervento 2_A4_2**);
 - realizzazione di 6 nuovi pennelli (**intervento 2_A4_3**) in cassero in massi

ciclopici non cementati intestati su scogliera di cui al punto precedente.

Gli approfondimenti si sono giovati dei risultati delle seguenti indagini geognostiche:

- ✓ 7 pozzetti esplorativi, di cui 5 nel territorio di Chivasso e 2 nel territorio di Rivarolo Canavese;
- ✓ 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo nel territorio di Chivasso;
- ✓ 2 indagini geofisiche MASW, una nel territorio di Chivasso e una nel territorio di Rivarolo Canavese;
- ✓ prove SPT nei fori di sondaggio
- ✓ 10 analisi granulometriche su altrettanti campioni raccolti sia nei sondaggi che nei pozzetti esplorativi;

e hanno comportato il rilievo geomorfologico di dettaglio dei siti coinvolti dagli interventi.

L'assetto geologico e morfologico locale è risultato caratterizzato:

per **Rivarolo Canavese 2° Lotto 1° Stralcio**

- ✓ da un incremento nel tempo dell'assetto meandriforme con l'accentuazione della profondità delle anse e la tendenza alla monocursalità dopo decenni di accentuata pluricursalità che portava il corso d'acqua ad occupare una fascia di territorio di ampiezza quasi doppia dell'attuale. La passata elevata dinamicità e pluricursalità del T. Orco in sponda sinistra è testimoniata dai numerosi orli di terrazzo ivi presenti e dall'esistenza di depressioni derivanti da canali abbandonati di antica formazione. Gli interventi previsti coinvolgono qui sempre i depositi alluvionali attuali costituiti da ciottoli (ϕ max 10 cm) con ghiaie e/o sabbie in proporzioni variabili con grado di pedogenizzazione nullo, appartenenti alla categoria di sottosuolo B (N.T.C. 2018) le cui caratteristiche geotecniche migliorano con la profondità.

Parametri medi:

PARAMETRI	VALORI MEDI	UNITA' DI MISURA
densità relativa [D_R]	35 ÷ 65 / 65/100	%
coesione efficace	0	kPa
peso di volume	19 / 20	kN/m ³
angolo d'attrito di picco	34 - 38	(°)

Dal punto di vista sismico Rivarolo C.se è attualmente classificato in zona sismica 3 e la pericolosità sismica di base del sito è definita dai seguenti parametri :

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	T_r (anni)	a_g (g/10)	F_o	T_c (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,026	2,618	0,195
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,657	0,217
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,054	2,749	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,063	2,828	0,304
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

per **Rivarolo Canavese 2° Lotto 2° Stralcio**

- ✓ da un'ampia ansa molto poco pronunciata con concavità aperta a sudovest. Tale morfologia evidenzia una accentuazione nel tempo dell'assetto monocursale attivo almeno dal 2003 caratterizzato da una scarsa variazione planimetrica; in anni precedenti (anni '90) il corso d'acqua appare spostato a sud-ovest a significare una lenta migrazione verso nord-est probabilmente arrestatasi con le messa in opera della scogliera. Anche in questo caso, le informazioni più antiche evidenziano una molto più marcata pluricursalità del corso d'acqua che coinvolgeva una larghissima (rispetto all'attuale) fascia di territorio. Il sistema di terrazzi appare qui più semplice. Gli interventi previsti coinvolgono sempre i depositi alluvionali recenti e attuali anche in questo caso quelli afferenti ai terrazzi inferiori. Questi depositi sono costituiti da massi, ciottoli e ghiaie sabbiose con grado di addensamento mediamente più elevato sebbene presentino le stesse caratteristiche composizionali dei depositi recenti e attuali. Tali depositi costituiscono i terrazzi alluvionali inferiori, in parte ancora sommergibili da piene con tempi di ritorno pluricentennali (200 ÷ 500 anni) e presentano una coltre superficiale pedogenizzata di modesto spessore. Sebbene non si abbia una prova MASW qui ubicata le analogie riscontrate consentono di ritenere che tali depositi appartengano alla categoria di sottosuolo B (N.T.C. 2018) le cui caratteristiche geotecniche migliorano con la profondità.

Parametri medi:

PARAMETRI	VALORI MEDI	UNITA' DI MISURA
densità relativa $[D_R]$	35 ÷ 65 / 65/100	%
coesione efficace	0	kPa
peso di volume	18 ÷ 20	kN/m ³
angolo d'attrito di picco	30 ÷ 38	(°)

Dal punto di vista sismico Rivarolo C.se è attualmente classificato in zona sismica 3 e la pericolosità sismica di base del sito è definita dai seguenti parametri :

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	Tr (anni)	a_g (g/10)	Fo	Tc (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,026	2,617	0,196
Danno (SLD)	63	101	0,031	2,656	0,217
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,054	2,749	0,297
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,063	2,828	0,304
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

per Chivasso

- ✓ da una elevata dinamicità del T. Orco lungo il tratto d'interesse testimoniata dai numerosi orli di terrazzo presenti in sponda destra, dall'esistenza di depressioni derivanti da canali abbandonati e dall'attualissimo taglio di meandro generatosi nell'ottobre 2020;
- ✓ dalla morfologia a S del torrente cartografata nel 2018 che costituisce lo stadio evolutivo più avanzato di un assetto che si imposta a partire dagli anni '50 dello scorso secolo e che si sviluppa nel tempo con l'accentuazione delle due anse contrapposte fino all'interruzione di questo trend ad opera del taglio di meandro;
- ✓ in corrispondenza del tratto di sponda destinato ad ospitare i pennelli, dalla presenza di due orizzonti stratigrafici con un differente tenore in ghiaia e sabbia; il più superficiale dei quali maggiormente sabbioso (fino -2,5 m da p.c.);
- ✓ in corrispondenza del tratto di sponda destinato ad ospitare la scogliera, dalla presenza di quattro orizzonti stratigrafici con un differente tenore in ghiaia e sabbia;
- ✓ dal fatto che gli interventi previsti coinvolgono qui sempre i depositi alluvionali attuali costituiti da ciottoli (ϕ max 10 cm) con ghiaie e/o sabbie in proporzioni variabili con grado di pedogenizzazione nullo, appartenenti alla categoria di sottosuolo B (N.T.C. 2018) le cui caratteristiche geotecniche migliorano con la profondità.

Parametri medi:

PARAMETRI	VALORI MEDI	UNITA' DI MISURA
densità relativa $[D_R]$	35 ÷ 65 / 65/100	%
coesione efficace	0	kPa
peso di volume	19 / 20	kN/m ³
angolo d'attrito di picco	34 - 38	(°)

Dal punto di vista sismico Chivasso è attualmente classificato in zona sismica 4 e la pericolosità sismica di base del sito è definita dai seguenti parametri :

Stati limite (SLE) e (SLU)	Probabilità superamento P_{vr} %	Tr (anni)	a_g (g/10)	Fo	Tc (s)
Operatività (SLO)	81	60	0,024	2,624	0,191
Danno (SLD)	63	101	0,029	2,662	0,212
Salvaguardia vita (SLV)	10	949	0,051	2,734	0,296
Prevenzione collasso (SLC)	5	1950	0,059	2,816	0,307
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 100 anni					

Per ogni sito nella relazione sono riportati i coefficienti della pericolosità sismica di sito:

- ✓ per i fronti di scavo e rilevati (Rivarolo C.se, Rivarolo C.se 2° Lotto -2° Stralcio, Chivasso);
- ✓ la stabilità di pendii e fondazioni (Rivarolo C.se 2° Lotto -2° Stralcio, Chivasso);
- ✓ muri di sostegno NTC 2018 (Rivarolo C.se 2° Lotto -1° e 2° Stralci, Chivasso);

Infine, in merito alla stabilità nei confronti del fenomeno della liquefazione, in tutti i siti (Chivasso, Rivarolo, Rivarolo 2°Lotto 2° Stralcio) non è stata considerata la possibilità di liquefazione dei sedimenti a seguito di un sisma in quanto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero sono inferiori a 0,1 g.