

REGIONE PIEMONTE - PROVINCIA DI VERCELLI
COMUNE DI CERVATTO

Messa in sicurezza delle risorse idriche ed ambientali
del territorio comunale. Frazioni.
C.U.P. E67H22000210001

Riferimenti finanziamento intervento:

legge 30 dicembre 2018, n. 145, contributi assegnati per l'anno 2023
(comma 139 dell' articolo 1 della legge 30 dicembre 2018, n. 145, come
modificato dall' articolo 20 del decreto legge del 6 novembre 2021 n. 152,
convertito dalla legge 29 dicembre 2021, n. 233).

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE SPECIALISTICA DEL PROGETTO:
RELAZIONE GEOLOGICA
e GEOTECNICA

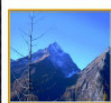
ELABORATI
TECNICI

EL.3

Data progetto:

Ottobre 2024

I tecnici incaricati:



STUDIO DI GEOLOGIA

Dr. Geol. Marco Zantonelli

Geologia Tecnica ed Ambientale

Sede Studio:

Via Vittorio Veneto, 5
13011 - Borgosesia

e-mail : titolare@marcozantonellistudio.eu

Contatti:

tel/fax: 0163-27283
mobile: 335-6168114

Dott.Geol. Marco Zantonelli

firmato digitalmente

(Ordine Geologi Reg. Piemonte n° 175 Sez.A)

Prot. n.

Prot. dell'Ente:

Estremi atto di approvazione progetto
di prefattibilit  tecnico economica:

Delibera Resp.Servizio n.19 del 10/10/'24



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO DEL SETTORE IN ESAME	3
3. CONDIZIONI MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEI SITI IN ESAME	9
4. ASSETTO GEOLITOLOGICO LOCALE	18
5. IDROGEOLOGIA	24
6. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, RISCHIO IDROGEOLOGICO, PERICOLOSITA' / RISCHIO IDRAULICO DEI SETTORI IN ESAME E DISSESTI RILEVATI	26
6.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E RISCHIO IDROGEOLOGICO	26
6.2 CONDIZIONI DI DISSESTO RILEVATE	27
7. VALUTAZIONE OPERE IN PROGETTO	30
8. ESITI INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	36
9. CARATTERI GEOTECNICI TERRENI	38
10. ASPETTI SISMICI.....	42
11. VERIFICHE GEOTECNICHE (STABILITA' GLOBALE OPERA / PENDIO	43
12. CONCLUSIONI MODELLO GEOTECNICO	49
ALLEGATI.....	51

ALLEGATI

- ESTRATTO DA BDTRE PIEMONTE IN SCALA 1 : 10.000
- RELAZIONE GEOFISICA (ELABORATO 2 IN FASCICOLO SEPARATO)



1. PREMESSA

La presente Indagine Geologica preliminare è stata resa a supporto del progetto “Messa in sicurezza delle risorse idriche ed ambientali del territorio comunale. Interventi di messa in sicurezza delle risorse idriche ed ambientali su territorio” - CUP E67H22000210001, in Comune di CERVATTO (VC), a supporto della progettazione delle opere di mitigazione del rischio.

L’indagine condotta ha preso in considerazione le condizioni di rischio idrogeologico che interessano quattro distinti settori ricadenti nel territorio Comunale di Cervatto, così individuati:

- **Intervento 1.1** – Settore ricadente presso località Giavina;
- **Intervento 1.2** – Settore ricadente presso Strada Comunale per Campocervo;
- **Intervento 2** – Settore ricadente presso Località Oro Negro.

Nel corso della presente fase di indagine, si è provveduto all’esecuzione dei fondamentali rilievi in sito, nonché alla raccolta ed omogenizzazione dei dati geologici, stratigrafici, idrogeologici e geomorfologici già disponibili al riguardo del contesto territoriale locale.

Si è altresì provveduto a realizzare specifica campagna di Indagini Geognostiche, consistita nella esecuzione di Indagine Geofisica condotta con metodologia MASW, in località S.C. Campocervo, al fine della definizione del tipo di suolo ai fini sismici e per la miglior ricostruzione dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra coltri superficiali e substrato.

L’insieme degli elementi raccolti ed elaborati, ha consentito in primo luogo la formulazione del “Modello Geologico”, in osservanza a quanto previsto dalla vigente normativa di settore (DM 17/01/2018), funzionale all’evasione delle problematiche di indagine.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

2. INQUADRAMENTO DEL SETTORE IN ESAME

Come già indicato in premessa, la denominazione e l'ubicazione dei siti presi in esame è così meglio identificabile:

- **Intervento 1.1** – Settore ricadente presso località Cadiano / Giavina;
- **Intervento 1.2** – Settore ricadente presso Strada Comunale per Campocervo;
- **Intervento 2** – Settore ricadente presso località Giavina;
- **Intervento 3** – Settore ricadente presso località Castlet - Campocervo;
- **Intervento 4** – Settore ricadente presso Località Oro Negro.

Si riportano a seguito estratti corografici da BDRE PIEMONTE relativi ai settori presi in esame.

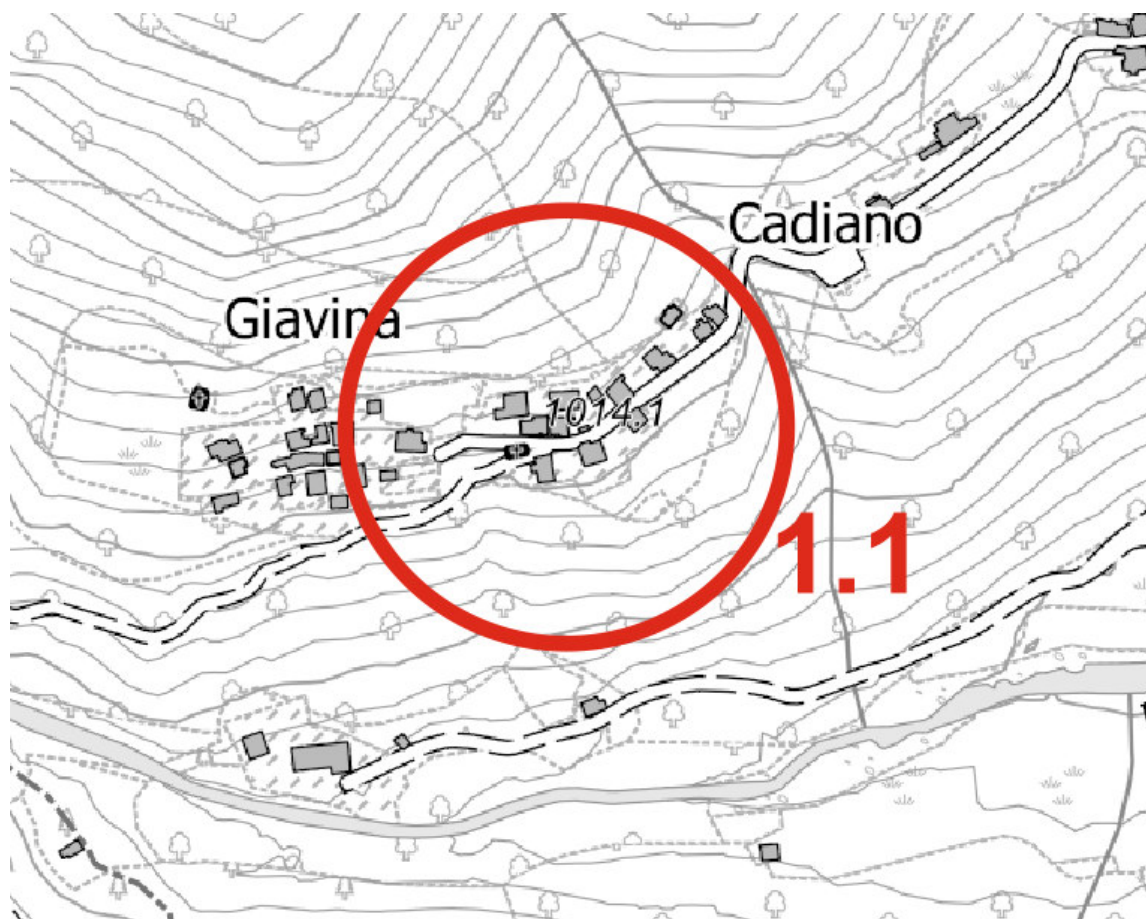


Fig. 1 – Corografia estratta da BDTRE PIEMONTE relativa ad Intervento 1.1

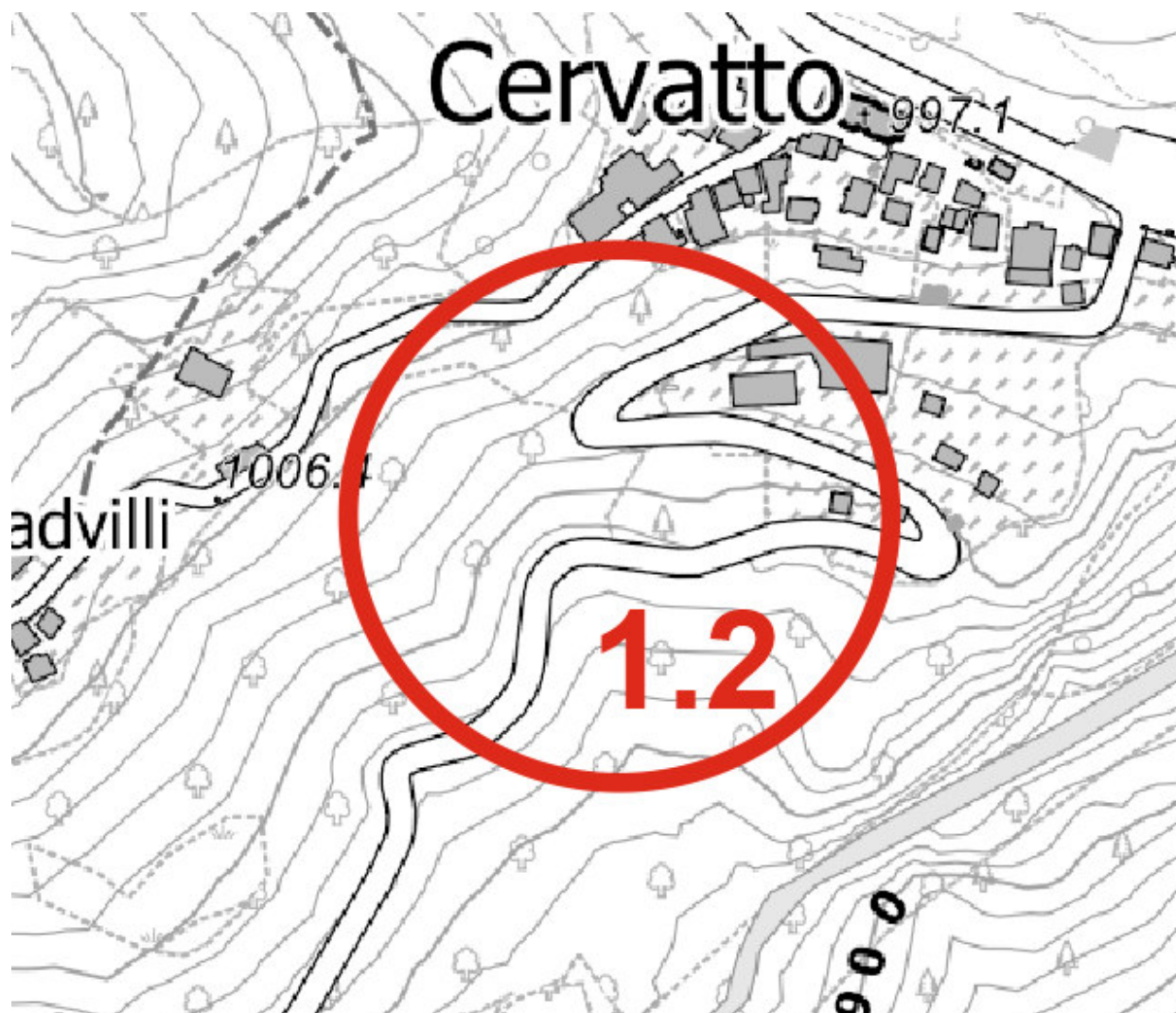


Fig. 2 – Corografia estratta da BDTRE PIEMONTE relativa ad Intervento 1.2

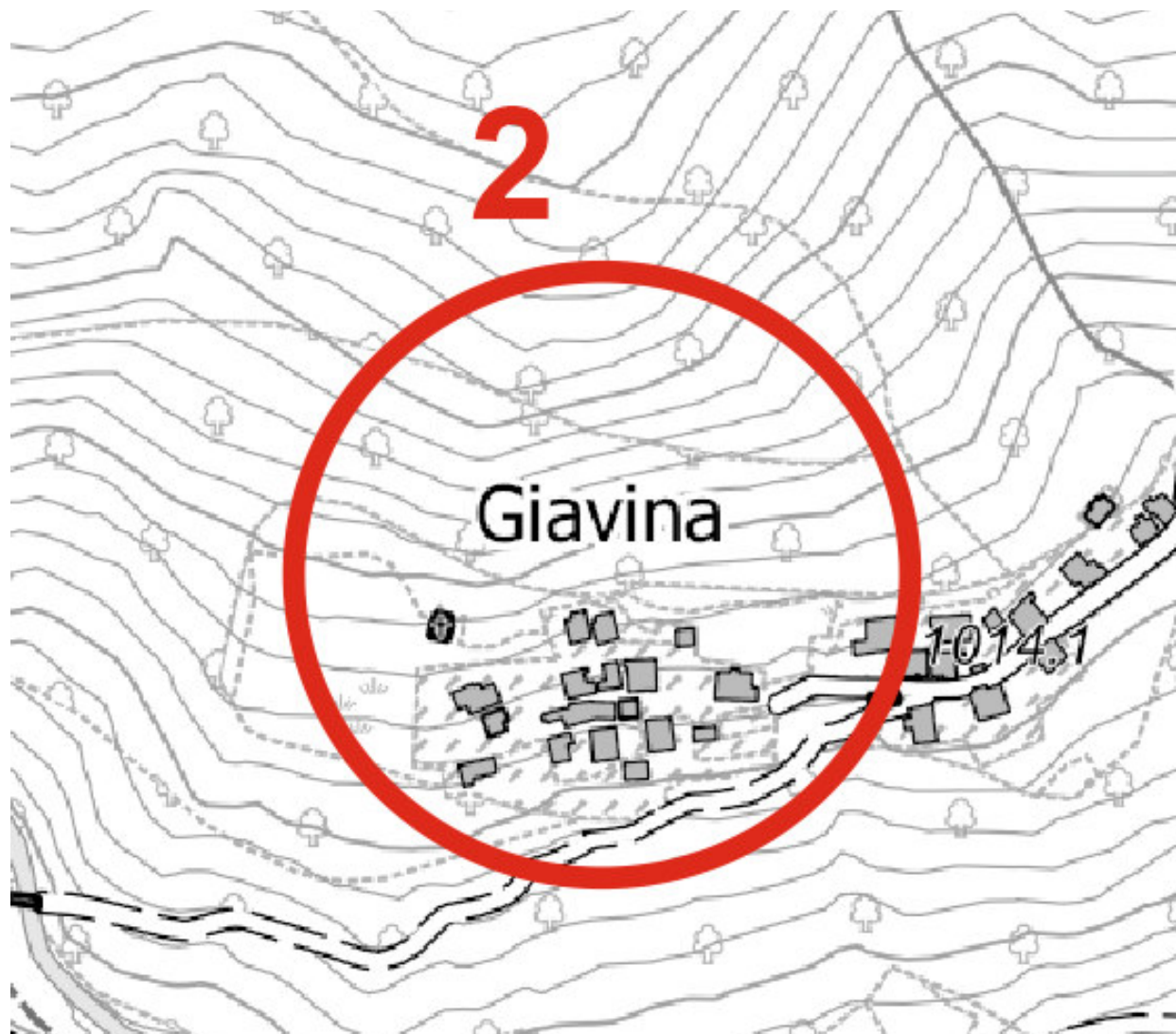


Fig. 3 – Corografia estratta da BDTRE PIEMONTE relativa ad Intervento 2

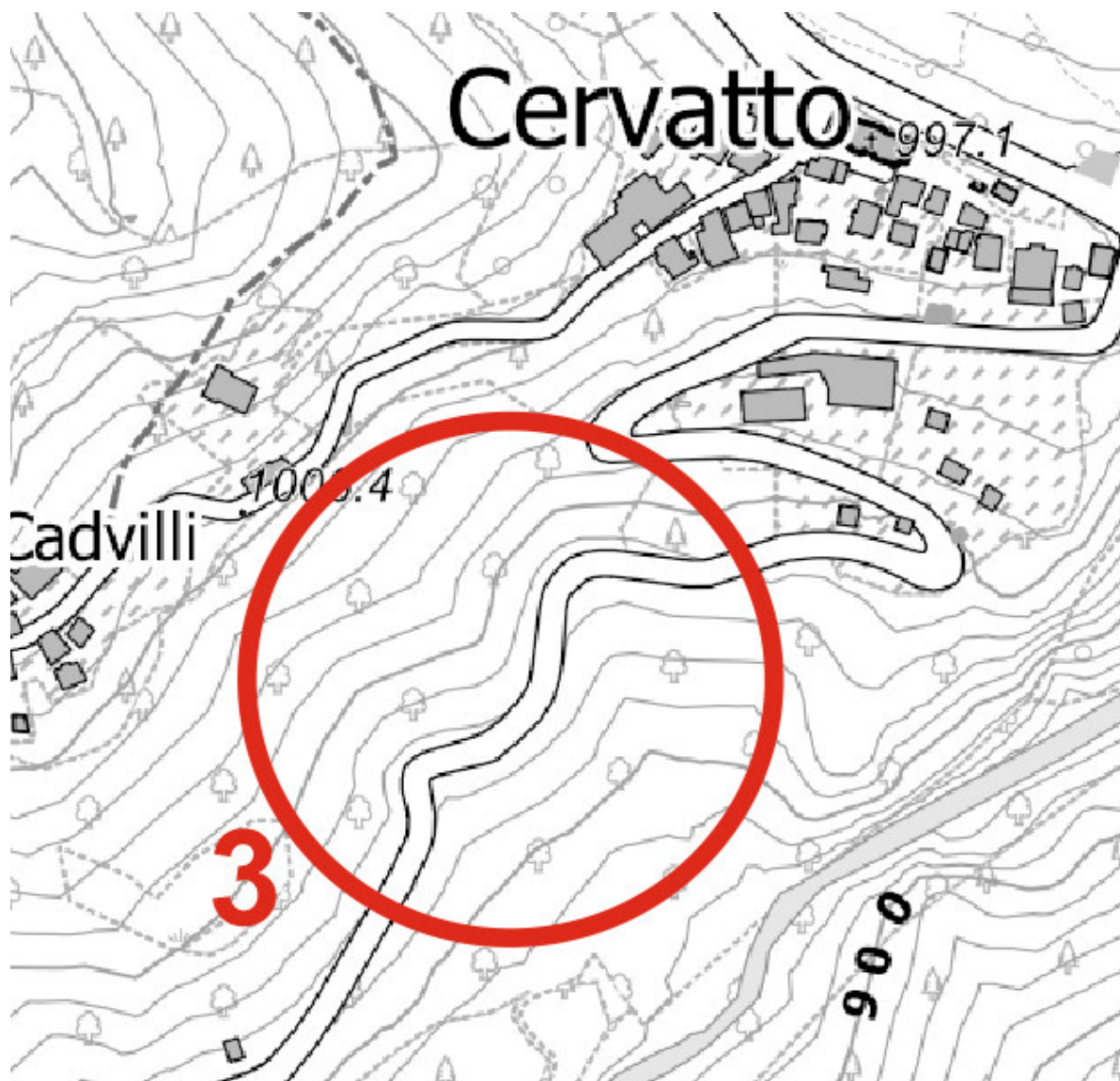


Fig. 4 – Corografia estratta da BDTRE PIEMONTE relativa ad Intervento 3

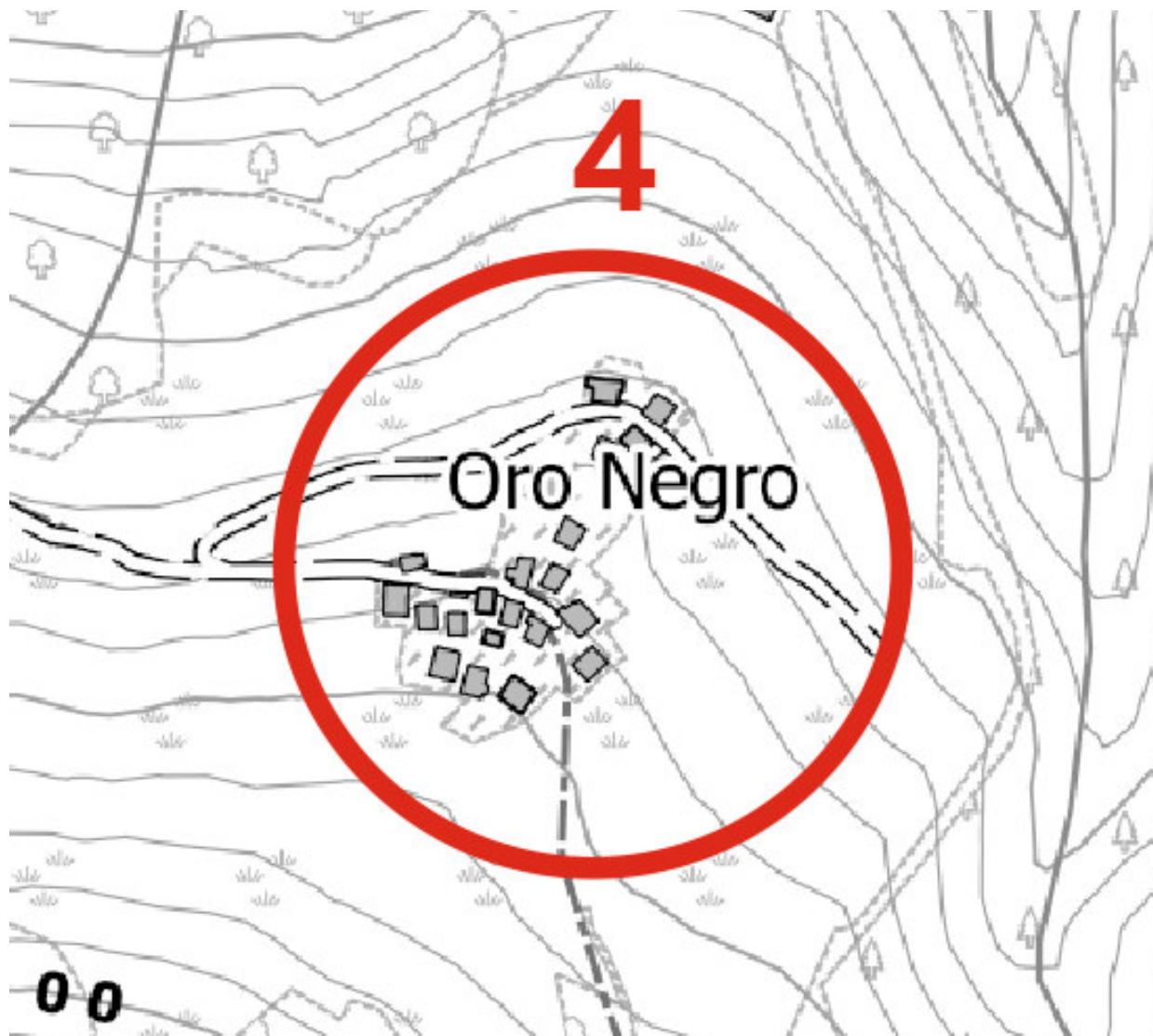


Fig. 5 – Corografia estratta da BDTRE PIEMONTE relativa ad Intervento 4



3. CONDIZIONI MORFOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DEI SITI IN ESAME

Il territorio comunale di Cervatto si pone pressochè interamente entro all'incisione valliva del T. Cervo, tributario di destra del T. Mastallone, eccettuato il margine nordorientale, posto in corrispondenza del tratto medio-superiore del versante destro della valle del T. Mastallone.

Il territorio Comunale limitato verso Ovest dal vallone del T. Cavaglione (Comune di Boccioleto), verso Sud dalla testata del Vallone della Meula (Comune di Cravagliana), verso Est dal versante destro della traccia valliva principale del T. Mastallone (Comune di Cravagliana), verso Nord dal bacino del Rio Gareì (Comune di Fobello) ed in ultimo verso NW dal Vallone di Roi (Comune di Fobello).

Come già osservato, il T. Cervo individua un importante elemento tributario di destra del T. Mastallone, a livello dell'alto corso di questo. Il corso d'acqua in questione prende origine dalla Croce Gareì (1848 m), drenando in prevalente direzione NNW-SSE, pur descrivendo alcune anse acute, sino alla confluenza nel T. Mastallone, intorno a quota 820 m circa.

Nel settore di testata i fianchi vallivi si presentano acclivi, ma evidenziano il modellamento glaciale, mostrando altresì i relitti di antichi circhi glaciali. Il tratto maggiormente aspro è quello intermedio, compreso tra l'Alpe Terragno e località Gravina, ove la valle è profondamente incassata tra versanti strapiombanti. In tale settore si è innescata l'estesa frana di località Prati Rossi che ha pure influito pesantemente sull'equilibrio del torrente nel tratto terminale. Nel tratto inferiore la valle si presenta maggiormente aperta, a testimonianza del modellamento glaciale, eccettuato l'ultimo tratto prima della confluenza nel T. Mastallone, ove si è definita una strettissima forra modellata in roccia (Loc. *Gulotto*). Il fondovalle raggiunge presso il settore di Campo Cervo la sua massima estensione laterale, anche pari a 150 m.



Nell'architettura dei versanti si coglie in particolare una maggior asprezza del settore posto in corrispondenza della porzione settentrionale e occidentale del bacino del T. Cervo, ove sono rilevabili ripide scarpate rocciose, solcate da canali strapiombanti. Per contro il versante meridionale è in massima parte meno acclive e presenta il prevalere di coperture prative alle quote superiori o arboree a quelle inferiori.

Il T. Cervo riceve in destra il più ampio bacino del Rio di Offlino, e riceve inoltre numerosi tributari sia in destra che in sinistra. Tra questi emergono per importanza il Rio delle Loccie in sinistra ed il Rio dei Coni presso il tratto vallivo medio ed il Rio Cervasola nel tratto inferiore, quest'ultimi entrambi in destra. Tale elemento edifica una conoide di deiezione piuttosto estesa, di fatto l'unica di particolare rilievo nell'intero tratto vallivo. La maggior parte dei tributari presentano grado di gerarchizzazione piuttosto modesto, di norma riconducibile al II° – III° ordine di Horton, ma non sono infrequenti le aste di I° ordine, quali per esempio il Rio Cadiano ed il Rio Cadvilli. Il T. Cervo presenta gerarchizzazione pari al IV° ordine.

Lungo l'intero settore vallivo si rilevano numerosi, a quote diverse, lembi terrazzati di modellamento glaciale. Tra monte e valle i più rilevanti sono quelli di A. Cottura, di Alpe Orello, di Oro Balme, di Tapponaccio, di Oro Negro e lo stesso sul quale si pone il capoluogo.

Si riferisce a seguito in merito alle condizioni morfologiche e geomorfologiche relative a ciascuno dei settori in esame.

INTERVENTO 1.1 - Località Cadiano / Giavina

Gli abitati di Cadiano / Giavina si pone in corrispondenza di un ridotto lembo terrazzato di origine glaciale posto intorno a 1015 m, sormontato a monte da un esteso versante montuoso, il quale prende origine da un displuvio allineato in direzione Ovest-Est, posto intorno a quota 1300 m, in corrispondenza del quale culmina il versante sinistro della bassa valle del T. Cervo. Il fondovalle del medesimo si pone invece intorno a quota 930 m e si presenta a tale livello piuttosto incassato. Il



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

pendio di raccordo tra l'abitato di Giavina ed il corso del T. Cervo si mostra generalmente acclive, risultando a in parte prativo ed in parte boscato. L'esteso pendio posto a tergo dell'abitato è anch'esso generalmente acclive e si presenta in massima parte boscato.

Presso il margine nordoccidentale dell'abitato è presente una scarpata rocciosa, estesa per circa 50-60 m, con altezze che da 4-6 m circa arrivano sino a 10-15 m (vedasi Intervento 2).

Al riguardo dell'articolazione del reticolo idrografico tributario, il versante è solcato nel settore da due elementi tributari aventi decorso in prevalente direzione Nord-Sud, il Rio della Scaletta a Ovest della frazione e il Rio Cadiano a Est.

Con specifico riguardo al settore preso in esame, lo stesso si colloca in corrispondenza del bivio posto tra l'asse viario per Taponaccio e quello per Oro Negro (vedasi FOTO 1). Il versante si presenta generalmente acclive ed il suo sostegno è garantito dalla presenza delle diffuse murature a gravità. In superficie sono presenti assi di drenaggio scolpiti dalle acque di dilavamento del pendio.



FOTO 1 – Panoramica parziale del settore preso in esame

INTERVENTO 1.2 – Strada Comunale per Campocervo

La Strada Comunale per Campocervo intaglia profondamente il versante sinistro della bassa valle del T. Cervo, discendendo dal capoluogo (997 m) al fondovalle (895 m). Il versante si presenta nel suo insieme assai acclive ed è solcato da una serie di incisioni, di fatto attive solo in concomitanza di momenti piovosi o al disciogliersi delle nevi. Tali incisioni sono profondamente incassate rispetto all'involuppo del versante e presentano pendenza longitudinale elevata, in modo tale che le stesse sono soggette a marcati processi erosivi accelerati.

Il settore sede di interesse si colloca in corrispondenza del settore superiore del tracciato stradale, in corrispondenza del fianco sinistro dell'incisione, soggiacente al primo tornante in discesa (vedasi



FOTO 2). L'assetto morfologico si presenta assai aspro, con diffusa decorticazione della superficie del suolo.



FOTO 2 – Aspetto del pendio instabile

INTERVENTO 2 – Settore ricadente presso località Giavina

Il settore di interesse si colloca al margine nordoccidentale dell'abitato di Giavina, ove si rileva la presenza di una scarpata rocciosa, estesa per circa 50-60 m in prevalente direzione Est-Ovest, con altezze variabili da 4-6 m sino a 10-15 m. A monte della stessa il versante, generalmente acclive, è in massima parte ammantato da bosco ad alto fusto. A valle, si rileva zona prativa antistante agli abitati.



Per la messa in sicurezza nei confronti dei crolli pregressi, sono state realizzate nel corso degli ultimi 20 anni opere di difesa passiva, rappresentate da barriere paramassi (vedasi FOTO 3), estese per complessivi 210 m tra le frazioni Giavina e Cadvilli.

Tali opere di protezione, richiedono ora l'attuazione dei necessari interventi di manutenzione, ai fini del mantenimento della necessaria garanzia di efficienza.



FOTO 3 – Panoramica base scarpata con opere di difesa esistenti

INTERVENTO 3 - Località Castlet / Campo Cervo

Il settore in esame si pone poco a valle del precedente Intervento 1.2, collocandosi intorno a quota 930 m, in corrispondenza della fascia altimetrica inferiore del versante sinistro, al margine del tracciato della Strada Comunale per Campocervo. Qui il versante è solcato da incisioni profondamente



imprese rispetto all'involuppo generale, caratterizzate da profilo assai acclive, per le quali sono state già attuate opere di messa in salvaguardia, le quali necessitano ora dei necessari interventi manutentivi (vedasi FOTO 4).



FOTO 4 – Panoramica base scarpata con opere di difesa esistenti

INTERVENTO 4 - Località Oro Negro

Come anticipato, l'abitato di Oro Negro ricade in corrispondenza di un esteso lembo terrazzato di genesi glaciale, posto in corrispondenza del tratto mediano del versante destro della bassa Valle



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Cervo, intorno a quota 1.040 m. Lo stesso si rileva quindi di circa 140 m rispetto al fondovalle recente ed attuale del T. Cervo, al quale si raccorda a mezzo di un tratto di pendio acclive.

A sua volta il lembo terrazzato soggiace di circa 450 m rispetto alla sommità del versante, la quale coincide con il dislivello interposto con la Valsermenza, cui attinge la testata del T. Cavaglione, tributario di sinistra del T. Sermenza. Tale versante si presenta in generale assai acclive.

Il lembo terrazzato di genesi glaciale sul quale ricade l'abitato di Oro Negro si estende lateralmente per 200 m circa, allungandosi in direzione WNW-ESE, mentre lo stesso si estende per almeno un centinaio di metri in direzione opposta, pur manifestando una discreta articolazione morfologica, connessa agli interventi di rimodellamento che hanno interessato l'originaria superficie.

Al riguardo dell'articolazione del reticolo idrografico tributario, il lembo terrazzato si trova interposto tra due aste idrografiche tributarie aventi decorso in direzione SSW-NNE, rispettivamente il Rio Crasola ad Est ed un elemento anonimo ad Ovest.

Con specifico riguardo al settore in esame, lo stesso si colloca in buona sostanza a monte dell'abitato frazionale, intorno a quota 1.060 m, ad interessare area prativa debolmente acclive, posta presso la testata di un asse drenante, afferente al corso del Rio Crasola, in corrispondenza della sommità del fianco sinistro del medesimo.



FOTO 5 – Panoramica settore sede della vasca attuale



4. ASSETTO GEOLITOLOGICO LOCALE

Per quanto attiene agli aspetti geolitologici, i versanti vallivi che soprastanno al fondovalle della basse valle Cervo sono modellati in prevalenza entro rocce metamorfiche riferibili all'unità degli "Scisti di Rimella e Fobello", le quali affiorano localmente in più punti, ovvero in presenza di scarpate, nonché lungo le aste idrografiche presenti. Ove affioranti gli scisti presentano una foliazione piuttosto marcata, essendo le partizioni dei piani di scistosità relativamente ravvicinate, contrassegnate da interdistanze centimetriche o al massimo pluricentriche. La roccia si presenta in massima parte fresca o a luoghi moderatamente alterata, mentre lo stato di fratturazione è assai variabile. Presso il versante destro in località A. Terragno, la roccia è diffusamente tettonizzata e si rileva un diffuso dissesto profondo con implicazioni tettoniche.

Presso il tratto mediano della valle Cervo si rilevano litotipi ascrivibili alla "ZONA SESIA-LANZO", rappresentate essenzialmente da gneiss massicci e tabulari, localmente occhiadini. In non pochi punti si rileva inoltre la presenza di facies micascistose a costituire lenti comunque subordinate incluse entro ai prevalenti litotipi gneissici.

In corrispondenza del tratto superiore della valle Cervo si rilevano infine litotipi ascrivibili alla "II° ZONA DIORITICO-KINZIGITICA", la quale identifica la copertura dell'unità austroalpina "SEZIA-LANZO". Tali litotipi sono rappresentati essenzialmente da gneiss kinzigitici con tessitura grossolana, a luoghi massicci. Associati agli gneiss si rinvencono altresì masse di granuliti massicce, pur se in subordine.

Il motivo strutturale fondamentale del settore è dato dalla presenza della "LINEA DEL CANAVESE" orientata con prevalente andamento NNE-SSW, la quale separa in tale settore dell'orogene alpino l'unità *SEZIA LANZO* a NW dagli *SCISTI di RIMELLA E FOBELLO*. Questi



identificano un complesso metamorfico neogenetico riconducibile all'attività della *Linea del Canavese*. L'elemento tettonico in questione è in qualche misura in relazione anche con la genesi del complesso dissesto profondo occorso in località A. Terragno- Prati Rossi. L'ulteriore importante elemento strutturale è dato dalla presenza del ricoprimento rappresentato dalla II° ZONA DIORITICO-KINZIGITICA, orientato in prevalente direzione ENE-WSW.

Nell'ambito del tratto vallivo in esame i litotipi cristallini sono diffusamente affioranti in corrispondenza del versante sinistro, presso il tratto superiore, posto al margine nordoccidentale del bacino.

Per il resto la roccia risulta diffusamente mascherata da sottili coltri di copertura di natura detritico-colluviale, rappresentate, aventi taglia granulometrica limoso-sabbioso, inglobanti elementi lapidei. Tali coltri presentano spessori mediamente nell'ordine di 1.00-1.50 m.

In più punti si rileva inoltre la presenza di corpi terrazzati di natura glaciale, costituiti prevalentemente da ghiaie grossolane eterometriche con matrice sabbioso-limosa, a tratti prevalenti, rilevabili in corrispondenza dei principali lembi terrazzati citati nel precedente paragrafo. In molti settori del bacino in esame si rileva inoltre la presenza di coltri detritiche a grossi blocchi, nude o vegetate, formatesi a seguito di crolli da parete.

Depositi alluvionali di fondovalle sono rilevabili in misura significativa solo preso località Prati Rossi e Campocervo. Essi presentano taglia granulometrica ghiaioso-sabbiosa assai grossolana ed eterometrica, risultando a luoghi pseudocementati e compatti. La potenza dei depositi di fondovalle è considerevole solo in località Campocervo (8-10 m), in considerazione del particolare regime idraulico di tale settore, individuabile come un settore di deposito.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Ai depositi di fondovalle del T. Cervo si sovrappongono i depositi apportati dai tributari, organizzati in conoidi di deiezione di estensione differenziata, tra le quali emerge per importanza quella del Rio Cervasola. Tali depositi presentano taglia granulometrica essenzialmente ghiaioso-sabbiosa, assai eterometrica, presentando a luoghi il prevalere della matrice sabbioso-limosa.

Approfondendo la natura delle coltri di copertura quaternaria rinvenibili nell'ambito del settore in esame, le stesse sono riconducibili alle seguenti diverse tipologie:

- terreni di genesi glaciale essenzialmente ghiaioso-sabbiosi notevolmente eterometrici, inglobanti trovanti metrici, debolmente alterati, affioranti in corrispondenza di ridotti e limitati lembi terrazzati nettamente sospesi rispetto ai fondovalle attuali (Pleistocene);
- terreni di genesi alluvionale imputabili al corso d'acqua principale, aventi taglia granulometrica ghiaioso-sabbiosa notevolmente eterometrica, localmente inglobanti trovanti metrici, inalterati, affioranti in corrispondenza ai rispettivi settori di fondovalle (Olocene recente ed attuale);
- terreni di genesi alluvionale imputabili ai corsi d'acqua tributari, aventi taglia granulometrica ghiaioso-sabbiosa notevolmente eterometrica, localmente inglobanti trovanti metrici, inalterati, affioranti in corrispondenza a conoidi di deiezioni anche profondamente terrazzate (Olocene recente ed attuale); tali corpi sedimentari possono in parte godere anche dell'apporto detritico offerto da processi valanghivi;
- terreni la cui genesi è imputabile essenzialmente a processi gravitativi e più subordinatamente a fenomeni nivali e valanghivi, costituiti da elementi detritici a grossi blocchi spesso a spigoli vivi, affioranti in corrispondenza a falde detritiche poste al piede dei versanti o di scarpate rocciose, in massima parte vegetate e più subordinatamente nude (Olocene recente ed attuale);
- terreni detritico-colluviali imputabili ai processi di dilavamento dei versanti, costituenti sottili coltri aventi principalmente taglia granulometrica limoso-sabbioso-ghiaiosa, ricoprenti in massima parte il substrato lapideo e più subordinatamente gli altri terreni della copertura quaternaria (Olocene attuale).



Si relaziona a seguito in merito all'assetto litostratigrafico di ciascuno dei settori preso in esame.

INTERVENTO 1.1 - Località Giavina / Cadiano

Il pendio è nel suo insieme modellato entro a rocce metamorfiche aventi tessitura scistosa che si manifesta per lo più in banchi caratterizzati da spessori decimetrici, caratterizzati da una generale giacitura a reggipoggio. Ove affiorante, come presso la scarpata retrostante ad abitato, la roccia si presenta per lo più inalterata, mentre al riguardo dello stato di fratturazione questo è variabile, rilevandosi prevalentemente due famiglie, l'una rappresentata da giunti subverticali orientati in direzione Nord-Sud, l'altra da discontinuità orientate in direzione NNW-SSE.

Si osserva invece lungo gran parte del pendio retrostante l'abitato la roccia è invece mascherata da coltri detritiche e detritico-colluviali, aventi pezzatura prevalentemente grossolana, costituite così da ghiaie con blocchi angolosi e matrice sabbioso-limosa.

A livello del nucleo abitato di Giavina e della stessa area sede di intervento, si rileva quindi la presenza di terreni di glaciale a taglia granulometrica essenzialmente ghiaioso-sabbioso-ciottolosa, notevolmente eterometrici, inglobanti trovanti metrici, alterati. Gli stessi sono soprastati da sottili coltri colluviali limoso-sabbiose, aventi spessori massimi nell'ordine di 1,50 m circa.

INTERVENTO 1.2 – Strada Comunale per Campocervo

In corrispondenza di tale settore, il substrato roccioso risulta piuttosto prossimo alla quota del piano di campagna, come messo in evidenza anche dalle risultanze dell'indagine geofisica condotta.



Il substrato è a sua volta soprastato dai relitti dei depositi glaciali ghiaioso-sabbioso-ciottolosi alterati, i quali assumono maggiore rilevanza a quote superiori rispetto a quelle del primo tornante stradale in discesa.

In corrispondenza dei livelli più superficiali dal suolo, si rileva la presenza di coltri colluviali apportate dai processi di dilavamento dei pendii, aventi taglia granulometrica limoso-sabbiosa, generalmente sciolte o molto sciolte. Tali coltri sono state diffusamente preda degli effetti indotti dai processi erosivi accelerati.

INTERVENTO 2 – Settore ricadente presso località Giavina

Il settore in esame, ricadente al piede della scarpata rocciosa, si caratterizza, sotto il profilo litostratigrafico, per la presenza di coltri detritiche essenzialmente ghiaiose, ricoprenti il substrato roccioso. Tali depositi presentano taglia granulometrica grossolana e si caratterizzano per la presenza di clasti a spigoli vivi, immersi in matrice sabbioso-ghiaiose. Lo spessore di tali coltri è variabile, generalmente compreso tra 3-5 m circa.

Superficialmente le coltri detritiche sono ricoperte da sottili livelli colluviali limoso-sabbiose, sciolte o molto sciolte, aventi spessori massimi nell'ordine di 1,00 m.

INTERVENTO 3 - Località Castlet / Campo Cervo

Le condizioni geolitologiche sono certamente molto affini a quelle del settore 1.2, ove si consideri che, data la quota inferiore, l'interazione con i depositi glaciali è minima. Per contro il substrato roccioso risulta generalmente prossimo alla quota del piano di campagna, seppur sovrastato da depositi alluvionali di pertinenza locale a granulometria sabbioso-ghiaiosa e, più in superficie da coltri colluviali apportate dai processi di dilavamento dei pendii, aventi taglia granulometrica limoso-



sabbiosa, generalmente sciolte o molto sciolte. Tali coltri sono state diffusamente preda degli effetti indotti dai processi erosivi accelerati.

INTERVENTO 4 - Località Oro Negro

In corrispondenza del lembo terrazzato glaciale di Oro Negro, affiorano terreni essenzialmente ghiaioso-sabbiosi notevolmente eterometrici, inglobanti trovanti metrici, alterati, assai addensati. Tali depositi affiorano con discreta rilevanza, presentando il complesso potenze nell'ordine di 10-12 m. Essi vengono a poggiare in contatto erosionale sul substrato roccioso, rappresentato da rocce metamorfiche riferibili all'unità degli "Scisti di Rimella e Fobello".

In superficie, i terreni glaciali sono ricoperti da coltri colluviali sciolte o molto sciolte, apportate dai processi di dilavamento dei pendii, le quali presentano prevalente taglia granulometrica limoso-sabbiosa, ma possono inglobare ciottoli fluitati. Lo spessore di tali coltri è stimabile nell'ordine di 1,50-2,00 m circa.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

5. IDROGEOLOGIA

Le attitudini idrogeologiche dei diversi litotipi affioranti risultano assai disperate. In particolare il basamento litoide è sicuramente impermeabile a piccola scala, mentre alla scala dell'ammasso roccioso esso presenta invece una certa permeabilità secondaria per fratturazione, a luoghi considerevole. Le acque di infiltrazione meteorica, nivali o pluviali, possono infiltrarsi entro alle principali discontinuità del mezzo rappresentate dai meati di frattura o dalle discontinuità per faglia, penetrando sino dove le tensioni litostatiche non determinano la chiusura dei giunti. Esse si infiltrano tendenzialmente verso il piede dei pendii, dando luogo a localizzate emergenze sorgive, evidenti in corrispondenza delle principali incisioni idrografiche.

Diverso comportamento hanno invece l'insieme delle coltri sciolte riferibili alla serie quaternaria, le quali a causa della prevalente taglia granulometrica grossolana risultano notevolmente permeabili per porosità primaria, garantendo una rapida veicolazione delle acque sotterranee. Particolarmente in corrispondenza al fondovalle alluvionale o presso i corpi di conoide i terreni alluvionali ghiaioso-sabbiosi rappresentano orizzonti acquiferi di natura freatica che, nonostante la modesta potenza risultano discretamente produttivi. La soggiacenza della falda è variabile in relazione agli alterni cicli meteorici, anche se si può osservare che l'alimentazione è sempre piuttosto continua. In periodi di relativa siccità i corsi d'acqua alimentano i relativi corpi acquiferi, mentre in periodi ricchi di precipitazione possono essere essi stessi alimentati. Presso l'area di fondovalle del T. Cervo la soggiacenza della falda è comunque modesta, risultando ordinariamente nell'ordine di 2-4 m circa. In concomitanza a periodi ricchi di apporti meteorici la falda può risultare diffusamente subaffiorante presso i settori più depressi, mentre in corrispondenza ai settori terrazzati superiori si mantiene comunque relativamente soggiacente.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Presso i settori di versante assumono significativo rilievo idrogeologico le poderose falde detritiche che rivestono la fascia medio-inferiore dei principali pendii, Tali depositi sono costituiti da elementi lapidei a grossi blocchi fra i quali sono interposti interstizi rilevanti, tali da convogliare acque sotterranee in copiosa quantità verso il materasso di fondovalle. Minori potenzialità idrogeologiche sono invece attribuibili ai terreni colluviali, a causa della taglia granulometrica nettamente più fine, accompagnata da disomogeneità tessiturale. Tali terreni possono risultare parzialmente saturi solo in concomitanza ad importanti eventi meteorici.

Per quanto alle condizioni di alimentazione, si valuta che la situazione geomorfologica sia particolarmente favorevole al definirsi di venute di falda connotate da caratteri di costanza, particolarmente in corrispondenza del lembo terrazzato di località Oro Negro, mentre in corrispondenza degli altri due settori, solo in concomitanza di elevati apporti meteorici, le acque di infiltrazione meteorica possono dar luogo ad afflussi subcorticali, tali da impegnare le coltri di copertura.



6. CONDIZIONI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA, RISCHIO IDROGEOLOGICO, PERICOLOSITA' / RISCHIO IDRAULICO DEI SETTORI IN ESAME E DISSESTI RILEVATI

6.1 Pericolosità geomorfologica e rischio idrogeologico

Si evidenzia in primo luogo che il Comune di Cervatto non è dotato di uno strumento urbanistico adeguato al PAI, seppur sia stata condotta verifica del quadro del dissesto, condivisa dal GRUPPO INTERDISCIPLINARE DELLA REGIONE PIEMONTE e successivamente sia stata attivata procedura per Variante Strutturale al PRGC, con adozione della Proposta Tecnica del Progetto Preliminare in data 09/12/2014 con DCC n. 25, avviando a seguito la Prima Conferenza di Pianificazione, chiusasi in data 26/01/2017.

Nell'ambito del PAI Vigente il settore in esame non evidenzia la presenza di dissesti censiti, come risulta dall'interrogazione del Geoportale Piemonte al riguardo (vedasi FIG. 4).

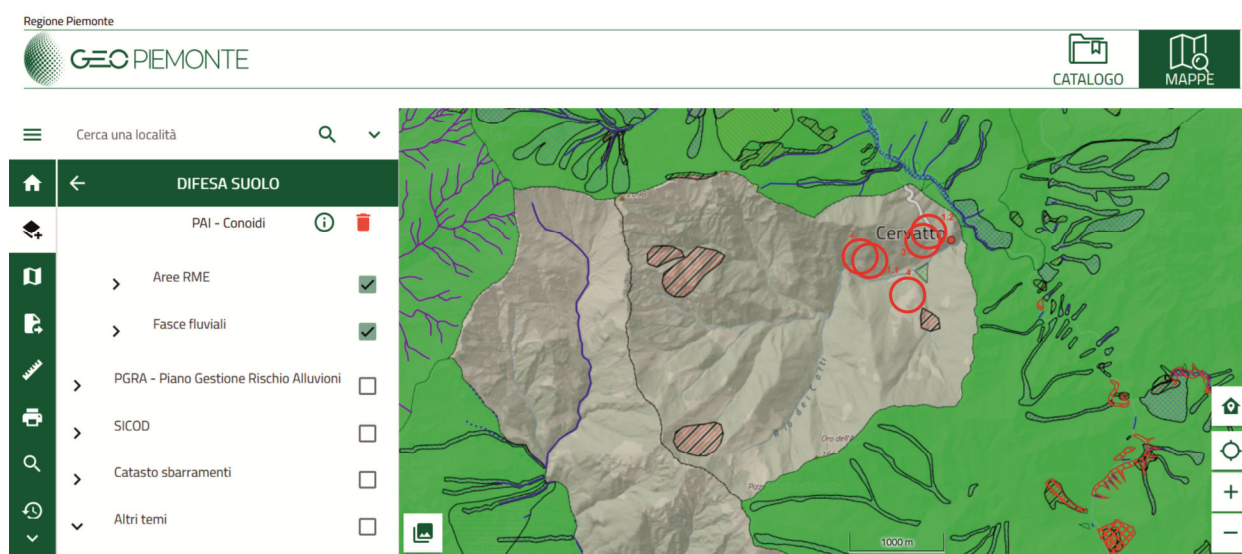


Fig. 4 – Situazione dissesti PAI da Geoportale Piemonte

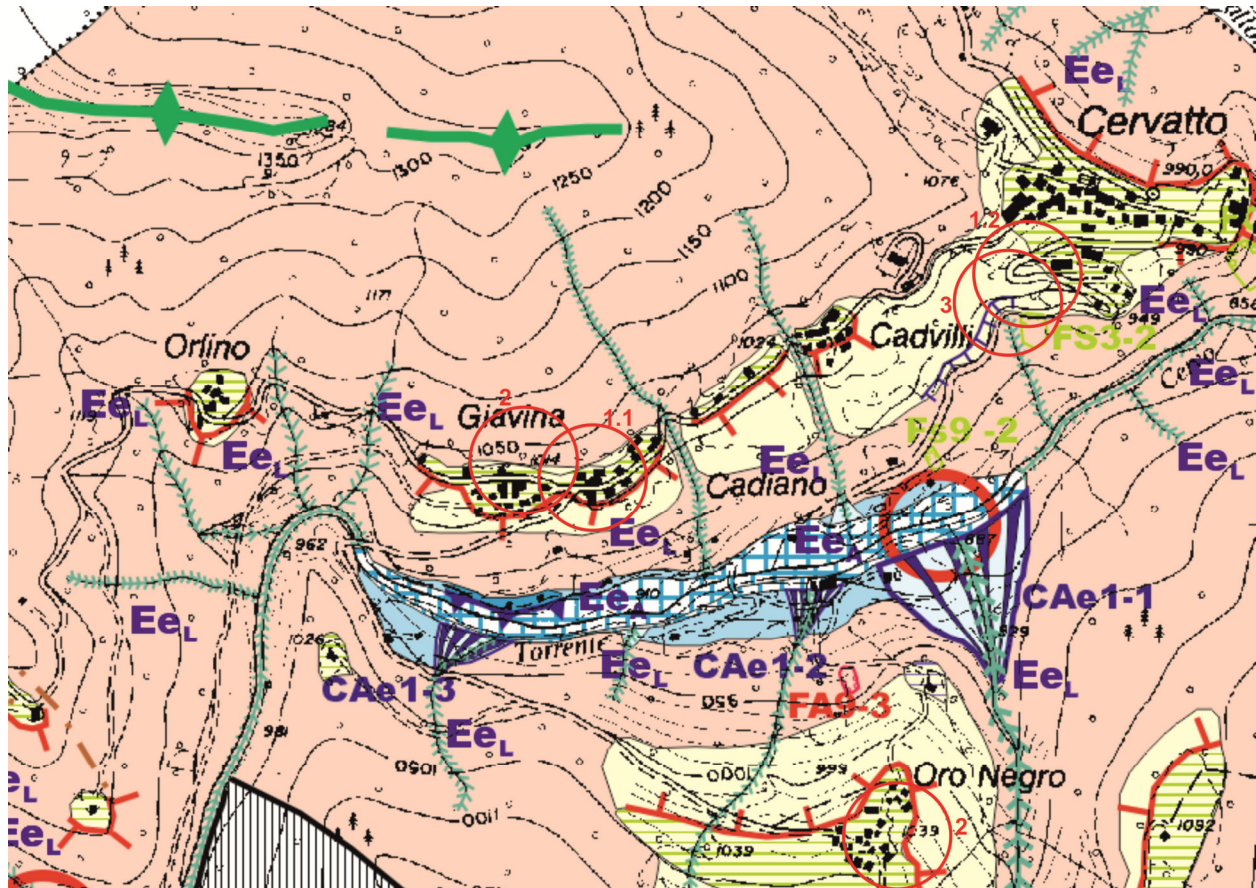


Fig. 5 – Carta Geomorfologica e dei Dissesti da Verifiche Quadro dei Dissesti

Si evidenzia che non risultano dissesti censiti a carico dei settori di interesse.

6.2 Condizioni di dissesto rilevate

Si riferisce a seguito al riguardo delle condizioni di dissesto rilevate in corrispondenza di ciascuno dei settori di interesse.

INTERVENTO 1.1 - Località Giavina / Cadiano

Nell'ambito di tale settore, si rilevano problematiche legate agli effetti del ruscellamento dei apporti meteorici, tali da creare processi erosivi accelerati lungo i pendii e di compromettere la stabilità delle opere di presidio presenti a difesa delle infrastrutture stradali.



Sono in particolare già osservabili i seguenti effetti:

- 1) Processi di rifluimento, evidenziati dal localizzato ribassamento del piano viabile della strada comunale, presente in sommità del pendio;
- 2) Degrado e parziale disarticolazione delle murature presenti;
- 3) Processi erosivi accelerati a carico dei pendii, con particolare riguardo al settore sotto strada, imputabili a difetti della regimazione idrica.

Al fine di evitare l'evoluzione dei dissesti, è consigliabile il consolidamento delle murature degradate e l'esecuzione di nuova muratura in sommità, ove mancante, abbinata alla miglior regimazione idrica.

INTERVENTO 1.2 – Strada Comunale per Campocervo

Il settore è interessato dagli effetti di intensi processi erosivi accelerati che si manifestano principalmente entro alle incisioni che tagliano la strada comunale, amplificati dalla considerevole pendenza longitudinale degli assi drenanti e dalla presenza in superficie di coltri erodibili. In tal quadro, lo sgrondo degli apporti idrici dilavanti l'esteso versante soprastante e degli afflussi mal regimati che derivano dal piano viabile della Strada Comunale per Cadiano, rende la situazione difficilmente gestibile.

I processi erosivi hanno in particolare attaccato il pendio sottostante al primo tornante in discesa, ove, in assenza di interventi, si rischia di prefigurare un'instabilità diffusa a carico del tracciato stradale.

Da qui la necessità di provvedere alla messa in atto di interventi tali da mettere in promo luogo in sicurezza l'asse viario e secondariamente atti a mitigare gli effetti erosivi generalizzati a carico delle aste idrografiche presenti.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

INTERVENTO 2 – Settore ricadente presso località Giavina

In considerazione che le opere di difesa passive sono state realizzate nel corso di un lasso di tempo superiore a 20 anni, è fisiologico che le stesse siano meritevoli di interventi di interventi manutentivi che consentano di riportarle alla piena efficienza.

Da qui la necessità di provvedere all'esecuzione di interventi di sfoltimento della vegetazione e di ripristino delle porzioni costruttive degradate.

INTERVENTO 3 - Località Castlet / Campo Cervo

Il settore presenta problematiche analoghe a quelle di cui al contiguo settore di cui all'intervento 1.2. Si rilevano così manifestazioni di processi erosivi accelerati, con decorticazione del suolo, accumulo di detrito e parziale sradicamento delle opere di ritenuta esistenti.

Conseguentemente gli interventi necessari devono avere carattere manutentivo e di potenziamento delle opere di difesa esistenti.

INTERVENTO 4 - Località Oro Negro

I pendii circostanti l'abitato frazionale di Oro Negro, si caratterizzano per la presenza di diffuse venute idriche superficiali, capaci di suscitare in più punti, effetti erosivi sia a carico della viabilità che più in generale, a carico dei pendii.

Nel quadro della realizzazione di opere per il potenziamento dell'acquedotto al servizio della frazione, si coglie pertanto l'occasione per attuare opere di difesa dall'erosione e per la regimazione idrica.



7. VALUTAZIONE OPERE IN PROGETTO

7.1 – Cenni descrittivi opere in progetto

Si riporta a seguito la descrizione degli interventi previsti in progetto.

INTERVENTO 1.1 - Località Giavina / Cadiano

- 1) Realizzazione di canalizzazione di raccolta interrata con relativo pozzetto di raccolta e ispezione e convogliamento delle acque di versante, realizzata in idonea tubazione interrata per il passaggio oltre al sentiero Comunale che conduce alla frazione Cadiano. Per complessivi 6 m di condotta (in tubazioni in PEAD strutturato, di tipo corrugato, rispondenti alla norma EN 13476-3, SN = 8 kN/m², con parte interna liscia e corrugati esternamente) avente diametro interno 800 mm, da posare per l'attraversamento della sede stradale fino a collegarsi alla vasca di raccolta e di convogliamento già esistente a valle della s.c.; e n. 1 pozzetto prefabbricato da posare per la raccolta delle acque dall'impluvio avente sezione utile interna di 120 cm x 120 cm x altezza 100 cm, completo di grigliato superficiale.
- 2) Successivamente verrà ripristinata tutta la pavimentazione in selciato realizzando idonea captazione delle acque meteoriche per l'intero tratto. Per complessivi 115 m di tubazioni da posare (in PEAD strutturato, di tipo corrugato, SN = 8 kN/m², eseguiti con parte interna liscia e corrugati esternamente) avente diametro esterno 250 mm, per la canalizzazione delle acque sotto la sede stradale con relativi pozzetti in numero di 20 completi di griglie in ghisa sferoidale; e 240 mq di pavimentazione stradale da ripristinare di cui 190 mq a selciato e 50 mq in lastricato di pietra di luserna.

INTERVENTO 1.2 – Strada Comunale per Campocervo

E' prevista la bonifica del dissesto di versante a valle del secondo tornante della Strada Comunale per Campo Cervo, attuata con opere miste ispirate ad Ingegneria Naturalistica, consolidamento del solco



di scorrimento e sostegno del versante, al fine di scongiurare il cedimento nel breve termine della sede stradale. Nel dettaglio si prevede di attuare quanto segue:

- 1) realizzazione di 25 m di scogliera in massi di pietrame, rinverdita, alla base del versante, avente altezza fuori terra di 3,5 m e fondata su 21 micropali lunghi 3 m del diametro di mm 200;
- 2) risagomatura, il rivestimento anti erosivo con geocomposito (costituito da una rete metallica a doppia torsione maglia 8x10 accoppiata meccanicamente in produzione ad un biotessile (rete) in fibra naturale di cocco), il sovrastante rivestimento consolidante, in rete in fune di acciaio ad aderenza fissata con chiodatura maglia 3 m x 3 m, della superficie di frana soprastante per complessi 680 mq;
- 3) raccolta e canalizzazione delle acque stradali dal tornante fino alla vasca di valle mediante la realizzazione di 30 m di cunettone stradale in conglomerato cementizio, la posa di un pozzetto di raccolta avente sezione utile interna di 120 cm x 120 cm con altezza 100 m completo di griglia in ghisa sferoidale, e la posa di 60 m di condotta (in PEAD strutturato, di tipo corrugato, rispondenti alla norma EN 13476-3, SN = 8 kN/m², eseguiti con parte interna liscia e corrugati esternamente, diametro interno 800 mm) per il convogliamento delle acque, ancorata al versante tramite tiranti in trefolo d'acciaio eseguiti mediante perforazione;
- 4) lungo il margine sommitale del versante, per il consolidamento del rilevato stradale lungo il ciglio, la realizzazione di 80 m di cordolatura in c.a. (sezione 50 cm per 60 cm di altezza) pari a tutto lo sviluppo del tornante, fondata su 50 micropali lunghi 8 m del diametro di mm 200;
- 5) lungo il margine sommitale del versante, a tutela delle persone e del traffico veicolare dal rischio di caduta, la posa di 60 m di barriera di sicurezza in acciaio Corten a tre correnti, ancorata alla cordolatura in c.a. di cui al punto precedente;
- 6) verra' inoltre ripristinato il manto bituminoso dell'intero tornante per complessivi 385 mq e ripristinate le relative cunette di convogliamento acque.

INTERVENTO 2 – Settore ricadente presso località Giavina

Gli interventi previsti possono essere così sintetizzati:



1) Ispezione delle reti paramassi esistenti, controllo degli ancoraggi e tesatura, verifica della tenuta delle funi e degli ancoraggi, in particolare

- controllo del corretto serraggio delle giunzioni di funi eseguite con morsetti;
- controllo degli elementi dissipatori completi (funi, dissipatori, accessori) ed eventuale sostituzione integrale dei sistemi coinvolti nell'azione, anche parziale, di arresto e trattenuta (da compensare a misura come imprevisti);
- controllo della struttura di intercettazione (pannelli di rete ad anelli e teli di rete metallica doppia torsione) con sostituzione delle campate che presentano lacerazioni e/o deformazioni, anche parziali (da compensare a misura come imprevisti);
- controllo dello stato delle funi d'acciaio e della eventuale formazione di abrasioni, deformazioni anomale o rotture, anche di singoli trefoli;
- controllo degli elementi di giunzione (manicotti, morsetti, asole, redance) e della eventuale formazione di abrasioni, deformazioni o scorrimenti. Verificare in particolare le condizioni degli ancoraggi in fune (parte esterna al terreno);
- controllo della carpenteria metallica (ritti e piastre di appoggio) con sostituzione degli elementi deformati. Eventuale ripristino della geometria originaria mediante riposizionamento dei ritri e ritensionamento delle funi di controvento;
- controllo degli elementi di vincolo al terreno (fondazioni) e delle condizioni degli eventuali plinti di allineamento con sostituzione integrale (perforazioni, tirafondi, iniezioni, bulloneria e accessori) dei componenti deformati;
- verifica dello stato del rivestimento anticorrosivo dei singoli componenti (funi, reti, morsetti, ecc.). Pur essendo realizzato in conformità alle Normative vigenti, il rivestimento anticorrosivo può risultare danneggiato da condizioni ambientali particolari o agenti aggressivi imprevedibili presenti nell'atmosfera;

2) Gestione della vegetazione a ridosso delle barriere, in particolare

- decespugliamento accurato delle aree di scorrimento dei sistemi frenanti a terra per garantire efficienza di funzionamento;
- taglio e rimozione della vegetazione caduta a ridosso delle reti paramassi esistenti, e taglio della vegetazione pericolante a monte delle reti per una fascia di estensione pari a 5 m;



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

- verifica ed eventuale sgombero manuale dei detriti e della sterpaglia accumulati sulla struttura di intercettazione per evitare modifiche della geometria originaria e conseguenti ripercussioni sul funzionamento della barriera.

INTERVENTO 3 - Località Castlet / Campo Cervo

Gli interventi manutentivi previsti, sono quelli a seguito schematizzati:

- 1) in località Castlet, in sinistra orografica al torrente Cervo, svuotamento delle sezioni di deflusso di 75 m di canale in legname e pietrame esistente e ricostruzione di circa 22 m dello stesso (altezza media 60 cm, larghezza alla base 100 cm, larghezza sommitale 170 cm), costruzione di ulteriori 5 m di canale in legname e pietrame di prolungamento alla confluenza e apertura sezioni di deflusso di 20 m + 20 m lungo due impluvi laterali;
- 2) in località Campo Cervo in destra orografica al torrente Cervo, svuotamento delle sezioni di deflusso di 200 m di canalette in legname e pietrame esistenti, ricostruzione di circa 60 m delle stesse e integrazione con la costruzione di ulteriori 20 m di canaletta all'estremo ovest.

INTERVENTO 4 - Località Oro Negro

Gli interventi principali riguardano le opere acquedottistiche, con il rifacimento del serbatoio esistente e fornitura di rete antincendio.

E' inoltre prevista la realizzazione di interventi di regimazione delle acque dilavanti il versante e degli apporti defluenti dal troppo pieno, con la realizzazione di complessivi 11 m di canalette in legname e pietrame, a secco, con sezione utile di deflusso altezza 80 cm, base minore 70 cm, base maggiore 170 cm, e 10 m + 10 m di canale in legname e pietrame avente sezione utile di deflusso di altezza 100 cm, base minore 100 cm, base maggiore 300 cm, con intelaiatura realizzata con pali di legname idoneo e durabile di larice, castagno o quercia, scortecciati, di



diametro non inferiore a 20 cm e con il fondo e le pareti rivestiti di pietrame (spessore \geq 20 cm).

7.2 – Valutazione degli interventi in progetto

Si riportano a seguito alcune note di valutazione relative agli interventi previsti nell'ambito dei vari settori.

INTERVENTO 1.1 - Località Giavina / Cadiano

Gli interventi in progetto consentiranno di razionalizzare la regimazione idrica, contribuendo al risanamento delle murature e del fondo stradale, apportando concreti benefici alla stabilità del settore.

INTERVENTO 1.2 – Strada Comunale per Campocervo

Considerate le complesse condizioni dissesto che gravano sul settore in esame, gli interventi di prevista realizzazione apporteranno una serie di benefici, così riassumibili:

- 1) consolidamento del pendio posto al margine stradale, con il raggiungimento di convincenti condizioni di stabilità;
- 2) regimazione degli apporti idrici afferenti alle incisioni incidenti con la strada comunale, con regolarizzazione del fondo e miglioramento della ritenuta del detrito;
- 3) rinaturalizzazione dei pendii in erosione, con efficace contrasto ai processi erosivi accelerati in atto.

INTERVENTO 2 – Settore ricadente presso località Giavina

Gli interventi previsti rivestono carattere manutentivo e potranno garantire il ripristino delle migliori condizioni di efficienza delle opere di protezione passiva presenti in loco.

INTERVENTO 3 - Località Castlet / Campo Cervo



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Gli interventi manutentivi previsti si integrano a quelli dell'Intervento 1.2, completando così con gli stessi la realizzazione di opere finalizzate al raggiungimento della miglior mitigazione del rischio gravante sul tratto stradale Capoluogo / Campocervo, nonché sul fondovalle del T. Cervo e sullo stesso corso d'acqua recettore.

INTERVENTO 4 - Località Oro Negro

In tal caso le opere previste sono essenzialmente funzionali al potenziamento delle infrastrutture a servizio dell'Acquedotto Comunale. Con l'occasione si determinerà un positivo effetto sull'equilibrio geomorfologico del settore, con la regimazione dei rilasci idrici e l'attenuazione del conseguente rischio erosivo.



8. ESITI INDAGINI GEOGNOSTICHE

8.1 - Metodologia d'indagine

In relazione alla natura prevalentemente granulare dei terreni presenti in sito, non si è ritenuto utile dar corso all'esecuzione di prove penetrometriche. Altresì risulterebbe complesso sotto il profilo logistico realizzare sondaggi a carotaggio continuo.

Conseguentemente si è optato per l'esecuzione di indagine geofisica in corrispondenza di Intervento 1.2, al fine di meglio accertare i rapporti coltri sciolte / substrato e per determinare il tipo di suolo ai fini sismici. Si è in particolare dato corso all'esecuzione di n° 1 stendimento attuato con metodologia MASW, condotta al fine della determinazione di Vs30.

8.2 – Esecuzione indagine geofisica

Gli esiti dell'indagine sono riportati nella Relazione Sismica allegata.

Qui il valore di Vs₃₀ ottenuto con la prova MASW è risultato pari a **1.093,89 m/s**. Conseguentemente tale valore colloca tale terreno nella classe di suolo **"A"** (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m) .

L'indagine geofisica ha evidenziato un primo netto incremento della velocità delle Onde S a profondità di 12 m circa (1.100 m/s circa), cui fa seguito un successivo definitivo incremento alla



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

profondità di 21 m circa (> 2.000 m/s). Tale condizione è rapportabile ad un più deciso incremento dello stato di addensamento del substrato lapideo in profondità.



9. CARATTERI GEOTECNICI TERRENI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni ha fatto leva sugli esiti delle indagini geognostiche effettuate in loco in corrispondenza di precedenti studi.

E' possibile proporre la presenza dei livelli geotecnici indicati:

LIVELLO GEOTECNICO 1 - terreni colluviali sciolti (limi sabbiosi con isolati clasti) – da 0,00 m a 2,00 m Max

LIVELLO GEOTECNICO 2A - terreni detritici addensati (ghiaie sabbiose) – da 2,00 m a 4,00 m Max

LIVELLO GEOTECNICO 2B - terreni glaciali addensati (ghiaie sabbiose alterate) – da 2,00 m a 14,00 m Max

LIVELLO GEOTECNICO 3 – substrato roccioso (metamorfiti scistose variamente fratturate, debolmente alterate) > 4,00-14,00 m

In generale la definizione dei valori dei parametri di resistenza dei terreni di fondazione sciolti è stato effettuato utilizzando approccio semi-probabilistico (Eurocodice 7 - UNI ENV 1997-1/2/3), richiamandosi anche agli esiti di precedenti indagini svolte in analogo contesto.

Alla luce di tali considerazioni, si reputa pertanto coerente l'assunzione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici fondamentali a seguito riportati.

PESO DI VOLUME

Si assume come valore di progetto medio rappresentativo quello acquisito attraverso i dati bibliografici e consolidato dall'esperienza. Pertanto, per i due livelli si sono assunti i seguenti rispettivi valori:

$$\text{Livello 1} \\ \gamma' = 17,0 \text{ kN m}^{-3}$$



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Livello 2A

$$\gamma' = 19,0 \text{ kN m}^{-3}$$

Livello 2A

$$\gamma' = 19,5 \text{ kN m}^{-3}$$

Livello 3

$$\gamma' = 22,0 \text{ kN m}^{-3}$$

COESIONE

La granulometria dei materiali costituenti i livelli 1, 2A e 2B esclude contributi di natura coesiva, quindi, per essi $c' = 0,00$. Per la roccia debolmente alterata (Livello 3) si è assunto un valore pari a 100,00 kPa.

RESISTENZA AL TAGLIO

In relazione agli esiti di prove geognostiche effettuate nell'ambito di precedenti indagini nel medesimo contesto, si sono assunti i valori a seguito indicati:

Livello 1

$$\varphi' = 25^\circ$$

Livello 2A

$$\varphi' = 36^\circ$$

Livello 2B

$$\varphi' = 34^\circ$$

Livello 3

$$\varphi' = 34^\circ$$

In sintesi, per i terreni in questione si sono assunti i seguenti valori:

Livello 1 – Limi sabbiosi di natura colluviale

Estensione verticale	m da p.c.	0,00 - 2.00 m Max
γ'	kN m^{-3}	17,0
φ'_{cv}	°	25°
C'	kPa	0

**Livello 2A – Terreni detritici ghiaiosi**

Estensione verticale	m da p.c.	2,00 - 4.00 m Max
γ'	kN m^{-3}	19,5
φ'_{cv}	°	36
C'	kPa	0,00

Livello 2B – Terreni glaciali ghiaiosi

Estensione verticale	m da p.c.	2,00 - 14.00 m Max
γ'	kN m^{-3}	19,5
φ'_{cv}	°	34
C'	kPa	0,00

Livello 3 – Substrato roccioso debolmente alterato

Estensione verticale	m da p.c.	> 4,00-14.00 m Max
γ'	kN m^{-3}	22,0
φ'_{cv}	°	34
C'	kPa	100,00

Per quanto attiene alla caratterizzazione dei parametri fisici e geomeccanici del materiale roccioso inalterato o debolmente alterato, si è ritenuto di proporre i seguenti valori (IPPOLITO et al., 1975):

roccia metamorfica in prevalenza scistosa

<u>peso su volume</u>	$\gamma = 2.55-2.90 \text{ t/mc}$
<u>resistenza alla compressione</u>	$E_d = 572 - 1.000 \text{ kg/cmq}$ (scadenti e di scarto)
<u>resistenza al taglio</u>	$T = 100 - 150 \text{ kg/cmq}$ (scadenti 32 kg/cmq)



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

Le attitudini alla stabilità mostrate presso pendii naturali o fronti di scavo da parte dei litotipi affioranti nel settore in esame sono stati riassunti nella tabella riprodotta al seguito:

<u>natura dei litotipi</u>	<u>Pendenza fronti di scavo</u>
Terreni eluvio-colluviali limosi sciolti	25 – 35°
Terreni glaciali ghiaioso-sabbioso-limosi	35 – 45°
Roccia metamorfica fratturata/debolmente alterata	45-75°
Roccia metamorfica poco fratturata/inalterata	75-90°



10. ASPETTI SISMICI

Il Comune di CERVATTO rientrava tra i Comuni classificati *“pericolosità sismica minima”* secondo Ord. 3274 del 20/03/03, in quanto ricadente nella ZONA 4. Tale classificazione è stata confermata anche con l’adozione della *“nuova classificazione sismica del territorio piemontese”*, approvata con D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010, confermato anche con la D.G.R. 21 maggio 2014, n. 65-7656.

Con l’entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio Piemontese dal Giugno 2020, secondo quanto previsto dalla DGR n. 6 - 887 del 30.12.2019, il Comune di CERVATTO è confermato in ZONA 4.

Non è disponibile CARTA DELLE PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE associata al vigente P.R.G.C. o STUDIO PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.

Come già osservato, le verifiche geofisiche cui si è fatto riferimento nel precedente §. 7.3, hanno consentito di definire il tipo di suolo per località Strada Comunale per Campocervo (Intervento 1.2) [suolo **“A”** (Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m)]. Limitatamente al caso di località Oro Negro (Intervento 2) si è assunto ragionevolmente [suolo **“E”** (Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m)].

Per la località Giavina (Intervento 1.1) si può estensivamente considerare la presenza di suolo **“E”**.



11. VERIFICHE GEOTECNICHE (STABILITA' GLOBALE OPERA / PENDIO)

Le verifiche sono state riferite alla sezione rappresentata da PROFILO ALTIMETRICO INTERVENTI SUL VERSANTE (TAV. 1.2) dell'Intervento 1.2, nella configurazione di progetto.

I calcoli sono stati condotti con il metodo di JAMBU (1967) ipotizzando l'occorrere per ciascuna sezione delle superfici di scivolamento rotazionali maggiormente critiche, le quali possono evidentemente manifestarsi unicamente entro alle coltri sciolte. Nella modellizzazione litostratigrafica si è considerata la presenza in profondità del substrato roccioso, seppur assimilabile a terreno coerente.

Si è utilizzato software prodotto dalla Ditta GEOSTRU (PENDII vers. 2024).

Relazione di calcolo

Definizione

Per pendio s'intende una porzione di versante naturale il cui profilo originario è stato modificato da interventi artificiali rilevanti rispetto alla stabilità. Per frana s'intende una situazione di instabilità che interessa versanti naturali e coinvolgono volumi considerevoli di terreno.

Introduzione all'analisi di stabilità

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

- 1) Si usano leggi costitutive semplificate: modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.
- 2) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

Metodo di Janbu (1956)

Janbu estese il metodo di Bishop a superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

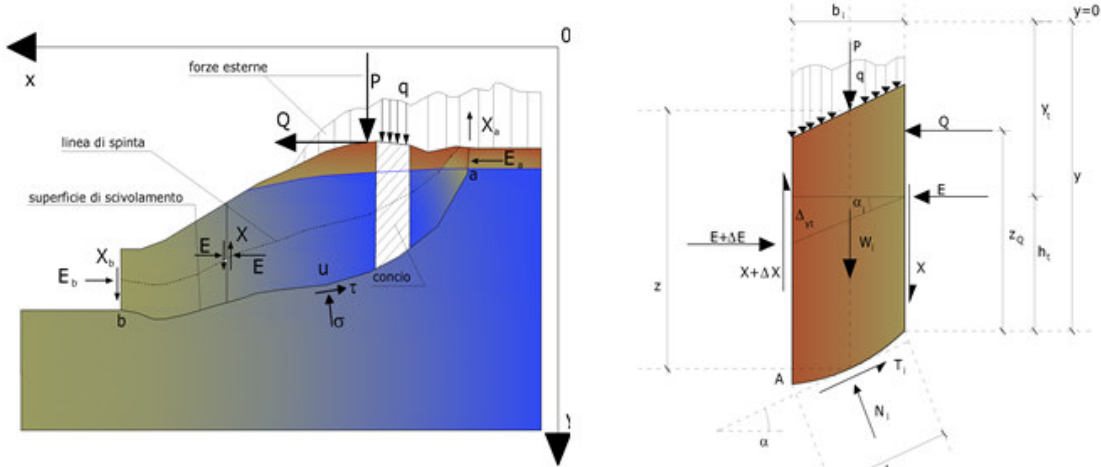
Quando vengono trattate superfici di scorrimento di forma qualsiasi il braccio delle forze cambia (nel caso delle



superfici circolari resta costante e pari al raggio). A tal motivo risulta più conveniente valutare l’equazione del momento rispetto allo spigolo

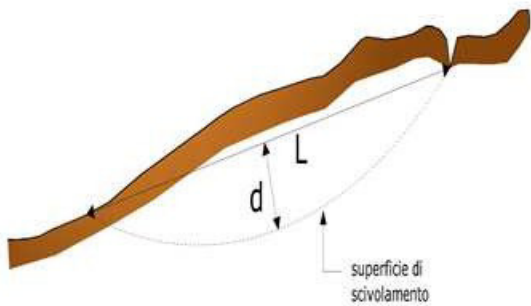
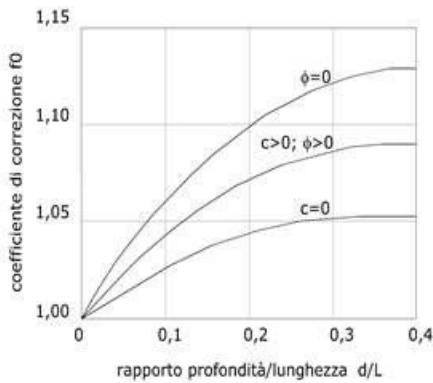
$$F = \frac{\sum \{ c_i \times b + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \varphi_i \} \times \frac{\sec^2 \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \varphi_i / F}}{\sum W_i \times \tan \alpha_i}$$

dove f_0 è riportato in grafici funzione di geometria e parametri geotecnici. Tale correzione è molto attendibile pendii poco inclinati.



Azioni sul concio i-esimo secondo le ipotesi di Janbu e rappresentazione d'insieme dell'ammasso
 Assumendo $\Delta X_i = 0$ si ottiene il metodo ordinario. Janbu propose inoltre un metodo per la correzione del fattore di sicurezza ottenuto con il metodo ordinario secondo la seguente:

$$F_{\text{corretto}} = f_0 \cdot F$$



PROFILO ALTIMETRICO INTERVENTI SUL VERSANTE (INTERVENTO 1.2)

Analisi di stabilità dei pendii con: JANBU (1967)

Lat./Long.
 Calcolo eseguito secondo

45.8858337402344/8.15584564208984
 [A2+M2+R2]



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
 Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

A cura di Dott. Geol.
 Marco Zantonelli

Progetto Esecutivo

Numero di strati	3.0
Numero dei conci	30.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.0
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Parametri geotecnici da usare. Angolo di attrito:	Picco
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	8.82 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	27.84 m
Ascissa vertice destro superiore xs	11.06 m
Ordinata vertice destro superiore ys	30.2 m
Passo di ricerca	10.0
Numero di celle lungo x	10.0
Numero di celle lungo y	10.0

Sisma

Coefficiente azione sismica orizzontale	0.022
Coefficiente azione sismica verticale	0.011

Vertici profilo

Nr	X (m)	y (m)
1	0.0	-0.39
2	6.08	-0.39
3	6.08	3.61
4	8.43	3.96
5	18.3	14.0
6	23.3	18.08
7	32.84	28.83
8	35.95	28.83
9	35.95	29.83
10	40.28	31.28
11	48.0	31.5
12	55.0	32.5

Falda

Nr.	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.0
2	4.0	0.0
3	35.0	26.0
4	55.0	30.0

Vertici strato1

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-1.0



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
 Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

A cura di Dott. Geol.
 Marco Zantonelli

Progetto Esecutivo

2	4.0	-0.5
3	35.4	28.4
4	55.0	31.0

Vertici strato2

N	X (m)	y (m)
1	0.0	-3.0
2	4.0	-2.5
3	35.0	25.0
4	55.0	29.0

Coefficienti parziali azioni

Sfavorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.3
Favorevoli: Permanenti, variabili	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1.25
Coesione efficace	1.25
Coesione non drenata	1.4
Riduzione parametri geotecnici terreno	Si

Stratigrafia

Strato	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata (kg/cm²)	Angolo resistenza al taglio (°)	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso saturo (Kg/m³)	Litologia	
1	0	0	25	1700	1800		
2	0	0	34	1950	2050		
3	1		34	2200	2200		

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x (m)	y (m)	Base mensola a valle (m)	Base mensola a monte (m)	Altezza muro (m)	Spessore testa (m)	Spessore base (m)	Peso specifico (Kg/m³)
1	6.08	-0.39	0	0	4	0.75	1.3	2100
2	35.95	28.83	0.2	0.2	1	0.3	0.3	2200

Pali...

N°	x (m)	y (m)	Diametro (m)	Lunghezza (m)	Inclinazion e (°)	Interasse (m)	Resistenza al taglio (kg/cm²)	Momento plasticizza zione (kN*m)	Metodo stabilizzazi one
1	5.47581	-0.3947704	0.2	3	90	0.8	100	--	Tensione tangenziale
2	35.79546	28.43376	0.2	8	90	0.8	100	--	Tensione tangenziale

Carichi distribuiti

N°	xi	yi	xf	yf	Carico esterno
----	----	----	----	----	----------------



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
 Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

A cura di Dott. Geol.
 Marco Zantonelli

Progetto Esecutivo

	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/cm²)
1	40.54	31.29	47.54	31.48948	0.5

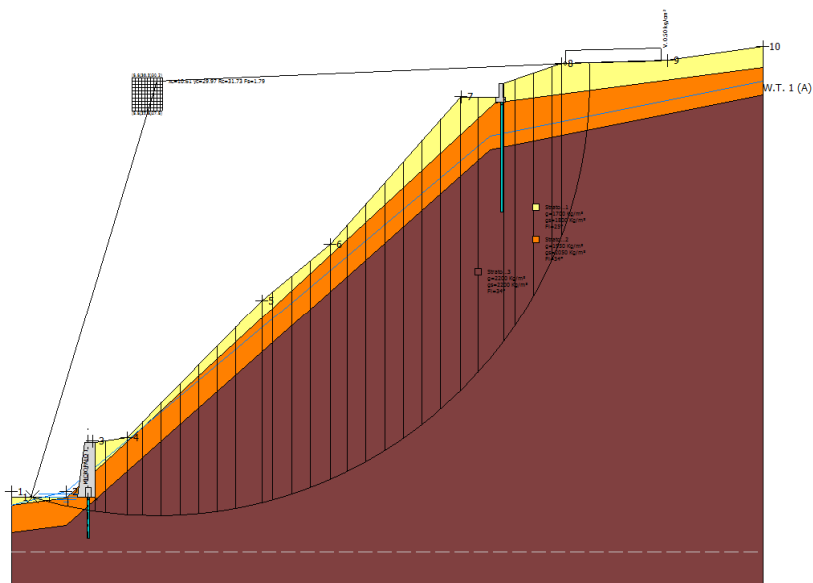
Risultati analisi pendio [[A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1.79
Ascissa centro superficie	10.61 m
Ordinata centro superficie	29.97 m
Raggio superficie	31.73 m

B: Larghezza del concio; Alfa: Angolo di inclinazione della base del concio; Li: Lunghezza della base del concio; Wi: Peso del concio; Ui: Forze derivanti dalle pressioni neutre; Ni: forze agenti normalmente alla direzione di scivolamento; Ti: forze agenti parallelamente alla superficie di scivolamento; Fi: Angolo di attrito; c: coesione.

xc = 10.61 yc = 29.966 Rc = 31.732 Fs=1.795

Nr.	B m	Alfa (°)	Li m	Wi (Kg)	Kh•Wi (Kg)	Kv•Wi (Kg)	c (kg/cm²)	Fi (°)	Ui (Kg)	N'i (Kg)	Ti (Kg)
1	1.36	-15.6	1.42	476.32	10.48	5.24	0.0	20.5	145.3	367.1	86.4
2	1.36	-13.1	1.4	725.16	15.95	7.98	0.0	28.4	1093.4	805.9	271.3
3	1.97	-10.0	2.01	889.18	239.56	119.78	0.0	28.4	4331.8	11737.8	3908.8
4	0.76	-7.5	0.77	7687.68	169.13	84.56	0.8	28.4	0.0	8620.4	6616.3
5	1.59	-5.4	1.61	7878.78	393.33	196.67	0.8	28.4	0.0	19286.8	14163.4
6	1.14	-2.9	1.14	15054.24	331.19	165.6	0.8	28.4	0.0	15615.6	10667.1
7	1.36	-0.7	1.36	21903.72	481.88	240.94	0.8	28.4	0.0	22063.1	13870.1
8	1.36	1.8	1.37	25913.89	570.11	285.05	0.8	28.4	0.0	25452.9	14991.2
9	1.36	4.3	1.37	29747.6	654.45	327.22	0.8	28.4	0.0	28630.4	16085.8
10	1.36	6.8	1.37	3403.64	734.88	367.44	0.8	28.4	0.0	31617.7	17167.6
11	1.36	9.2	1.38	36879.77	811.35	405.68	0.8	28.4	0.0	34433.4	18249.7
12	1.91	12.3	1.96	57168.37	1257.7	628.85	0.8	28.4	0.0	52682.4	27410.7
13	0.82	14.8	0.85	26174.45	575.84	287.92	0.8	28.4	0.0	23915.6	12362.9
14	1.36	16.8	1.43	45489.29	1000.76	500.38	0.8	28.4	0.0	41327.7	21401.0
15	1.36	19.4	1.45	47562.98	1046.39	523.19	0.8	28.4	0.0	42981.9	22405.7
16	1.45	22.2	1.57	52718.71	1159.81	579.91	0.8	28.4	0.0	47475.2	25048.7
17	1.28	24.8	1.41	48206.22	1060.54	530.27	0.8	28.4	0.0	43373.8	23202.4
18	1.36	27.5	1.54	53887.77	1185.53	592.77	0.8	28.4	0.0	48567.9	26386.5
19	1.36	30.3	1.58	56026.41	1232.58	616.29	0.8	28.4	0.0	50688.5	28156.5
20	1.36	33.2	1.63	57890.93	1273.6	636.8	0.8	28.4	0.0	52690.9	30130.3
21	1.36	36.2	1.69	59454.21	1307.99	654.0	0.8	28.4	0.0	54566.1	32368.7
22	1.36	39.3	1.76	60681.51	1334.99	667.5	0.8	28.4	0.0	56296.8	34956.3
23	1.44	42.7	1.96	65126.45	1432.78	716.39	0.8	28.4	0.0	61264.5	40334.1
24	1.29	46.1	1.85	6746.22	1248.42	624.21	0.8	28.4	0.0	54066.9	38609.1
25	1.87	50.5	2.95	78064.02	1717.41	858.7	0.8	28.4	0.0	75357.4	61350.1
26	0.85	54.5	1.47	33467.27	736.28	368.14	0.8	28.4	0.0	32608.6	30699.7
27	1.36	58.1	2.58	49474.26	1088.43	544.22	0.8	28.4	0.0	48115.9	53686.1
28	1.36	63.2	3.03	43439.2	955.66	477.83	0.8	28.4	0.0	40757.9	62274.5
29	0.7	67.6	1.83	19202.15	422.45	211.22	0.8	28.4	0.0	16069.4	37082.3
30	2.03	80.9	12.79	49576.88	1090.69	545.35	0.8	28.4	0.0	24461.2	340680.3



Gli esiti delle verifiche testimoniano pertanto che, in relazione alle opere di consolidamento adottate, i pendii presenteranno, nei diversi settori esaminati, le opportune condizioni di stabilità previste per Legge (D.M. 17/01/2018).



12. CONCLUSIONI MODELLO GEOTECNICO

L'analisi condotta ha evidenziato che gli aspetti litologici e geotecnici nel complesso compatibili con la realizzazione delle opere di mitigazione in progetto, considerata la possibilità di attestare le opere di fondazione, anche consolidate con opere speciali, a livello del substrato roccioso o comunque di terreni caratterizzati da valido stato di addensamento. Le verifiche di stabilità del pendio hanno confermato il valido contributo degli interventi in progetto al ripristino delle migliori condizioni di stabilità dei pendii e adeguata regimazione degli apporti idrici.

Operando con le modalità e le precauzioni predette, non sono attese influenze negative sugli equilibri dei settori interessati dagli interventi.

Si raccomanda unicamente di seguire le prescrizioni a seguito illustrate:

- nell'esecuzione degli scavi andrà eventualmente previsto il sostegno dei fronti, ove ci si approfondisca oltre 1.50 m e non si rispettino le sagome indicate al § 9;
- si consiglia di realizzare gli interventi di scavo con la massima rapidità in periodi contrassegnati da scarsi apporti idrici, al fine di evitare il fastidioso rammollimento dei terreni limosi di copertura;
- il terreno limoso superficiale andrà protetto dall'azione delle acque di pioggia, al fine di garantire il mantenimento dei migliori requisiti meccanici;
- qualora si riscontrassero condizioni stratigrafiche difformi in senso peggiorativo rispetto a quanto determinato, andrà valutata l'adozione di eventuali strategie alternative;
- si precisa in ogni caso che, affinché i dati geotecnici relazionati siano validi e pertinenti, le opere di prossima esecuzione dovranno essere eseguite in conformità ai dettami progettuali ed alle precauzioni predette;



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

-
- eventuali modifiche alle soluzioni oggetto di verifica, imputabili a situazioni di cui al punto precedente, dovranno essere analizzate anche sotto il profilo geotecnico.



REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

**A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli**

ALLEGATI

- ESTRATTO DA BDTRE PIEMONTE IN SCALA 1 : 10.000
- RELAZIONE GEOFISICA (ELABORATO 2 IN FASCICOLO SEPARATO)

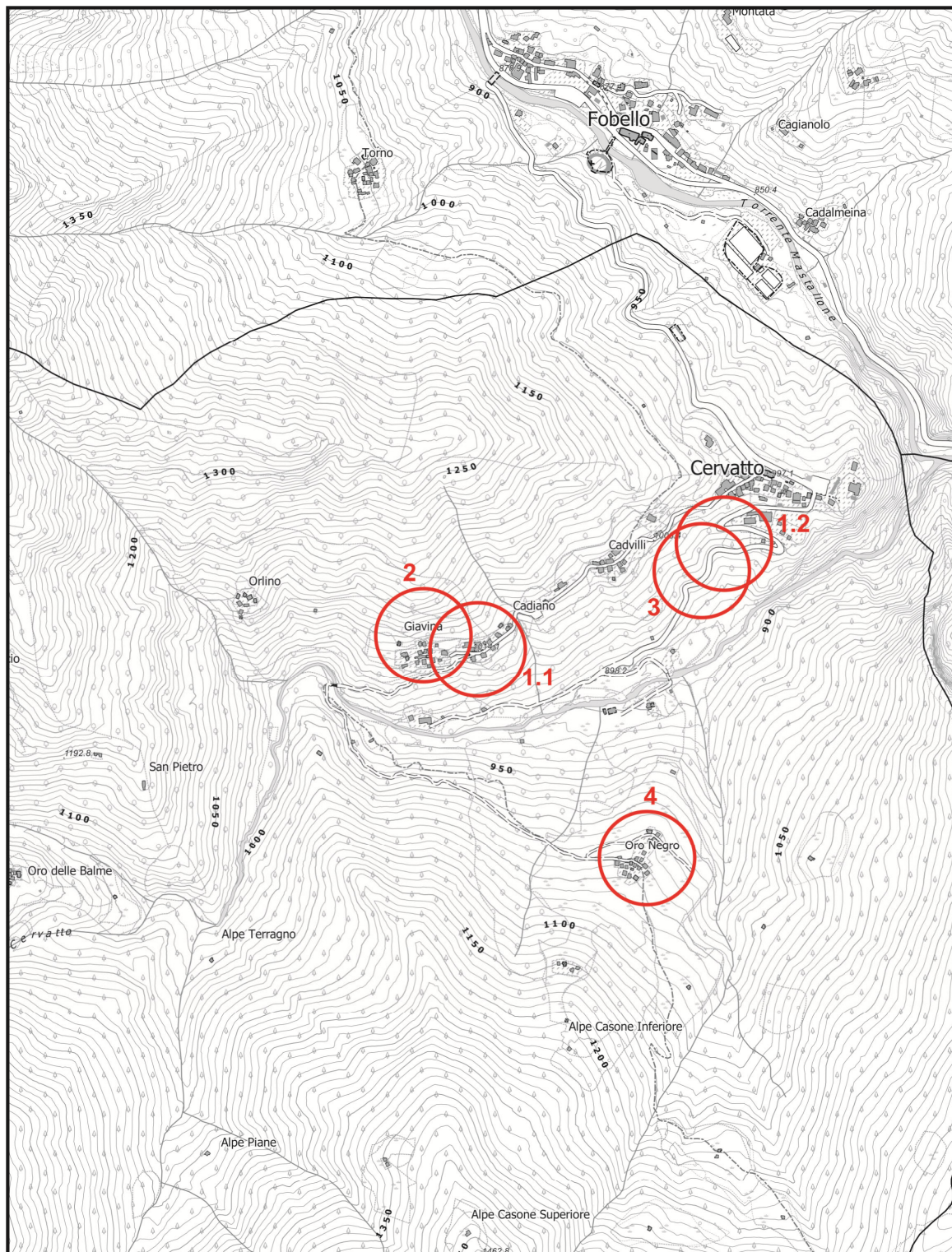


REGIONE PIEMONTE – Provincia di Vercelli
Comune di Cervatto

Messa in sicurezza territorio comunale

Progetto Esecutivo

A cura di Dott. Geol.
Marco Zantonelli



ALLEGATO 1 - ESTRATTO COROGRAFICO DA BDRE PIEMONTE
SEZ. 072100 IN SCALA 1 : 10.000