



COMUNE DI ARIZZANO (Provincia del V.C.O.)

Corso Roma n. 1 - 28811 Arizzano (VB)
tel. 0323 551939
email protocollo@comune.arizzano.vb.it
pec arizzano@pec.it

Oggetto:

LAVORI DI PRONTO INTERVENTO PER RIPRISTINO
FUNZIONALITA' DELLA VIABILITA' COMUNALE
A SEGUITO DEI DISSESTI CAUSATI DALLE FORTI
PIOGGE DEL 07.06.2020:

- VIA MULINI (LOTTO A)
- VIALE DELLA VITTORIA (LOTTO B)

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

Elaborato n°:

A

Titolo elaborato:

Relazione geologica e tecnico-illustrativa

Scala:

Data:

luglio 2020

Aggiornamento:

dott. geol. D'ELIA FRANCESCO

via Roma n. 3/a - 28802 Mergozzo (VB)
tel. 0323 80206
email: geodeliaf@gmail.com
pec: deliafrancesco@lwcert.it

dott. ing. D'ELIA FRANCESCA

vicolo Quarto n. 1 - 28802 Mergozzo (VB)
tel. 348 1320768
email: francesca.delia@libero.it
pec: francesca.delia3@ingpec.eu

SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	2
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE	4
3. DATI DI INQUADRAMENTO	6
4. FRANA 1, VIA MULINI: SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	8
5. FRANA 2, VIALE DELLA VITTORIA: SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO	10
6. POSSIBILE EVOLUZIONE DEI DISSESTI	12
7. CLASSIFICAZIONE E PARAMETRAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	13
7. DESCRIZIONE DELLE PROPOSTE DI INTERVENTO	18
7.1 Frana n. 1, a valle di Via Mulini	19
7.2 Frana n. 2, a valle di Viale della Vittoria	20
8. QUADRO ECONOMICO DI SPESA	22

Allegati

Documentazione fotografica

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Durante le forti e persistenti precipitazioni avutesi nella serata di sabato 6 e nella giornata di domenica 7 giugno 2020, che hanno colpito il territorio del Verbano Cusio Ossola, nel territorio comunale di Arizzano si sono verificati due dissesti gravitativi, entrambi nel corso della giornata di domenica 7 giugno, che hanno coinvolto i depositi di copertura lungo i versanti immediatamente sottostanti le due strade comunali di Via Mulini e di Viale della Vittoria, con danneggiamenti delle banchine stradali e parziali scavernamenti dei materiali immediatamente sottostanti le piattaforme stradali.

Il Sindaco del Comune di Arizzano faceva intervenire prontamente il Responsabile dell'Ufficio Tecnico e l'operaio comunale, i quali provvedevano ad effettuare i primi interventi sulle Strade Comunali sovrastanti i due dissesti, con posa di transenne e riduzione della carreggiata fruibile al traffico veicolare, con particolare attenzione per il dissesto lungo Viale della Vittoria, innescatosi nella tratta che collega il centro abitato alla località Mulini, quotidianamente percorsa dagli automezzi pesanti per le attività di cantiere in corso di esecuzione nel vicino "Lama Gangchen Healing Meditation Centre".

Il sottoscritto, in qualità di consulente geologo del Comune di Arizzano, era stato contattato dal Sindaco e, nel corso della mattinata di lunedì 8 giugno, congiuntamente al Tecnico Comunale, ci si era attivati e si era provveduto ad eseguire un sopralluogo speditivo delle due aree di frana, nel corso del quale si era potuto osservare come la frana lungo Viale della Vittoria avesse messo allo scoperto anche una tratta dell'infrastruttura della rete acquedottistica, posata al di sotto del banchettone stradale.

Il Sindaco aveva quindi chiesto allo Studio scrivente, di eseguire un'indagine geologico-tecnica, finalizzata ad individuare le cause che avevano innescato i dissesti ed a formulare la proposta di intervento delle opere di consolidamento dei due versanti in frana e per la messa in sicurezza delle strade comunali.

Si era quindi proceduto ad effettuare un dettagliato rilievo geologico della zona in cui ricadono le due aree di frana, che avevano consentito di riconoscere e cartografare i principali litotipi affioranti, aggiornando le conoscenze dello scrivente dell'area in oggetto, maturate nel corso di una serie di indagini geologico-tecniche pregresse, provvedendo altresì, ad analizzare puntualmente le stesse aree di frana ed a rilevare la geometria e le dimensioni di ogni corpo di frana, nonché la successione stratigrafica dei materiali di copertura

Tali osservazioni in sito, unitamente alle informazioni pregresse relativamente alle condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche al contorno, avevano consentito di formulare una proposta operativa, supportata dal Calcolo Sommario di Spesa, mirata alla realizzazione delle opere di consolidamento necessarie per la messa in sicurezza di Via Mulini e Viale della Vittoria.

Dopo circa 10 giorni era stato effettuato un rilievo topografico di precisione nelle due aree in frana, in modo da ottenere la reale estensione dei due dissesti, le quote delle superfici di scivolamento nei materiali di copertura e le zone sottostanti di arresto del materiale franato.

La restituzione dei rilievi topografici, sottoforma di Piani Quotati e sezioni longitudinali alle aree di

scivolamento, unitamente alle risultanze dei rilievi degli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici ed idrologici, hanno consentito di predisporre la Progettazione Definitiva ed Esecutiva dei *“Lavori di Pronto Intervento per il ripristino della funzionalità della viabilità comunale, a seguito dei dissesti causati dalle forti piogge del 07-06-2020: Via Mulini (Lotto A) e Viale della Vittoria (Lotto B)”*

Considerate le peculiarità geolitologiche, clivometriche e geometriche di ciascuna delle due aree, si è deciso di intervenire con differenti tipologie di opere di sostegno delle piattaforme stradali:

- In Via Mulini, dove esiste già una tratta di muro in cls (con scarsa fondazione) sul lato Sud della nicchia di frana, a cui segue la tratta più lunga della nicchia priva di muro di sostegno (dove si era riversata l'acqua di ruscellamento della strada che aveva prodotto un vistoso scavamento sotto alla strada ed una larga e profonda erosione nel pendio sottostante, che aveva messo a “nudo” il substrato roccioso), si è scelto di intervenire con la costruzione poggiante su fondazione in c.a., di cui la prima tratta, in continuazione del muro esistente, sarà lunga 2,00 m ed alta 1,50 m, mentre nella seconda tratta, dopo aver effettuato gli scavi di sbancamento per regolarizzare il fondo, verrà predisposta una ciabatta in c.a., opportunamente ancorata al substrato roccioso, mediante barre d'acciaio collocate in fori praticati nella roccia ed opportunamente cementate con boiaccia, sulla quale verrà collocata una struttura in c.a., costituita da doppie lastre prefabbricate (dopo aver colmato ed intasato lo scavamento con materiale inerte drenante, con adeguata armatura centrale, dotata di doppia fila di fori passanti per garantire il drenaggio delle acque di infiltrazione; nella fascia inferiore della scarpata di scivolamento, verrà realizzata una “terra rinforzata” di altezza pari a 3,50 m; le suddette opere di sistemazione verranno completate con la posa di tubazione interrata trasversale al sedime stradale, canalette sulla scarpata e “guadi” a corda molle sul sedime della sottostante Via degli Alpini, atte a raccogliere le acque di precipitazione di una linea di impluvio e quelle di ruscellamento sulla strada ed a convogliarle nel sottostante versante incombente sul Rio Ballona.

- In Viale della Vittoria, invece, data l'assenza di opere di contenimento della piattaforma stradale, ove attualmente esiste solo un banchettone in cls con sovrastante barriera metallica, e tenuto conto della ripida scarpata che si è venuta a formare dopo lo scivolamento della coltre di terreno vegetale e della parte superficiale dei depositi morenici, si è scelto di intervenire prevedendo una doppia fila di micropali, con interasse pari a 0,50 m, di cui quello esterno verticale e quello interno obliquo (inclinato di circa 30° verso monte), le cui “teste” verranno inglobate in una trave in c.a. larga 1,50 m; a rinforzo di tale struttura verranno realizzati tre tiranti in barra d'acciaio tipo Dywidag, lunghi 8,00 m, cementati con boiaccia, da predisporre a circa 1,50 m a tergo della trave sul sedime stradale, effettuando la perforazione inclinata verso il basso; la testata di ciascun tirante, opportunamente “tesato”, verrà inglobata in un setto in c.a., collegato alla trave sommitale dei micropali.

Completeranno le opere la realizzazione di tre ordini di gabbionate alla base della fascia di scivolamento, a monte di un sentiero pedonale, una palificata semplice a valle dell'attuale banchettone, che andrà demolito prima della realizzazione dei micropali e sostituito con la trave in c.a., per ricostituire una sorta di ricoprimento in terra da rinverdire con idrosemina, oltre a 2-3 ordini di palizzate disposte trasversalmente alla linea di massima pendenza.

La realizzazione delle opere sopra indicate assicurerà la messa in sicurezza delle due strade comunali nelle tratte interrotte e/o a transito limitato.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

Dal punto di vista geografico, le zone oggetto di indagine, ricadenti nei limiti amministrativi del territorio del Comune di Arizzano, risultano inquadrare nella nuova base cartografica e geografica di riferimento del territorio piemontese, rappresentata dalla Carta BDTRE (Base Dati Territoriale degli Enti), all'interno della Sezione n. 73040, in scala 1:10.000 (mutuata dalla C.T.R. "Ghiffa").

Detto territorio, a livello di cartografia geologica ufficiale, ricade all'interno del Foglio n. 31 "Varese"; ulteriori informazioni circa l'assetto geologico e tettonico della zona di interesse sono desumibili dall'analisi della "*Carta geologica della zona di Verbania*", in scala 1:50.000, realizzata dal C.N.R., Centro di Studi per la Petrografia e la stratigrafia delle Alpi Centrali (prof. Boriani et Al.), nonché dalla "*Carta Geologica della Val Cannobina*", sempre a cura del prof. Boriani et al.

I litotipi affioranti nell'ampio areale in esame appartengono alle strutture metamorfiche che costituiscono il basamento cristallino delle *Alpi Meridionali o Sudalpino*, una struttura a falde di ricoprimento con vergenza verso Sud; quest'ultimo complesso tettonico-strutturale risulta svincolato dalle unità Nord-vergenti europee dalla "*Linea del Canavese*", che nella zona rappresenta il lineamento tettonico Periadriatico (*Linea Insubrica*) e risulta ulteriormente suddivisibile in due unità: la "*Serie dei Laghi*" e la "*Zona Ivrea-Verbania*".

La Serie dei Laghi, presente ad Ovest del Lago Maggiore, può essere suddivisa in due sub-unità:

- lo Strona-Ceneri, costituito da gneiss micacei, con tessitura variabile da massiccia a scistosa; caratterizza il territorio a Nord del lineamento A. Ompio-Scareno-M.te Spalavera-M.te Carza;
- gli Scisti dei Laghi, costituiti in prevalenza da micascisti e paragneiss a due miche, talora con granato; risale all'età permiana l'intrusione, in tale basamento, dei plutoni granitici e dei relativi corpi filoniani.

Nell'areale indagato, le associazioni litologiche risultano ascrivibili alla sub-unità degli "*Scisti dei Laghi*", affioranti con buona continuità nelle zone collinari e montuose a Nord e Nord-Est di Verbania e costituite da prevalenti ortogneiss a orneblenda, a cui si intercalano paragneiss biotitici e micascisti a due miche.

Per quanto riguarda l'assetto geologico strutturale del substrato, le superfici di scistosità, avente direzione prevalente NE-SW, evidenziano in queste zone immersioni estremamente variabili, testimoniando l'esistenza di pieghe a larga scala nell'assetto strutturale del substrato, mentre i principali lineamenti tettonici che caratterizzano la zona, presentano rispettivamente direzione N-S o NNE-SSW (concorde all'originaria incisione della sella di Pian di Nava) e direzione NW-SE.

Per quanto attiene alla morfologia della zona del Verbano, si sottolinea come le suddette strutture metamorfiche siano state interessate, durante il Quaternario, dall'azione di modellamento glaciale; durante le diverse fasi di espansione e ritiro (pulsazioni) delle masse glaciali; sono infatti rimaste ampie testimonianze sui rilievi, sia in termini di forme da esarazione, sia attraverso la messa in posto di coltri moreniche e/o fluvioglaciali, deposte in placche di potenza ed estensione variabili.

La deglaciazione delle valli secondarie del Verbano (Val Cannobina e bacino del sistema dei Torrenti S. Giovanni-S. Bernardino) si compì mentre i ghiacciai maggiori (valli del Ticino e del Toce), molto più imponenti,

mantenevano ancora intatta gran parte della loro massa: il ritiro di tali ghiacciai vallivi avvenne per pulsazioni successive, determinando oscillazioni del livello di base dei torrenti e la formazione, con i materiali erosi e trasportati, di terrazzi fluvio-glaciali ed alluvionali a quote progressivamente inferiori.

A seguito del ritiro delle masse glaciali più importanti, l'abbassamento del livello di erosione di base provocò la reincisione di tali depositi alluvionali lasciando terrazzi relitti, sospesi sui fondovalle principali; situazioni di questo genere sono osservabili in Valle Cannobina (Socraggio) e nell'entroterra verbanese (Unchio, Cossogno, Rovegro, Santino, Ramello, Comero e Cambiasca).

Il drenaggio del versante posto a Nord e Nord-Est di Verbania viene svolto da corsi d'acqua a regime torrentizio, caratterizzati da valori di portata che risentono fortemente del regime pluviometrico, i quali hanno sovraescavato tanto i depositi di copertura, quanto il substrato metamorfico, creando profonde gole e terrazzi sospesi, con un evidente controllo dell'idrografia superficiale da parte dell'assetto strutturale del substrato.

L'azione esercitata dagli agenti atmosferici, con conseguenti processi di disgregazione-disfacimento del substrato e rimaneggiamento dei livelli superficiali dei depositi superficiali, hanno poi favorito la formazione di coperture di versante di natura detritica o, più spesso, eluvio-colluviale, presenti soprattutto nei settori ad acclività media o medio-alta, con successiva formazione dei suoli, aventi normalmente uno spessore esiguo.

La natura dei materiali di copertura, costituiti generalmente da depositi caotici ed eterogenei ad abbondante supporto matriciale fine (sabbie limose), in cui sono inclusi ghiaie e ciottoli con subordinati blocchi, ha favorito lo sviluppo di un assetto morfologico locale estremamente dolce, in cui il piano campagna si presenta di norma interessato da blande ondulazioni ed avvallamenti.

Più in dettaglio, i versanti del M.te Cimolo ed i territori collinari di sono caratterizzati dalla presenza di placche moreniche, di notevole estensione areale e di consistenti spessori: la morfologia che ne consegue, caratterizzata da morbidi pendii ondulati, debolmente acclivi, ha consentito l'insediamento di numerosi nuclei abitati, quali Arizzano, Vignone, Bèe e Premeno.

3. DATI DI INQUADRAMENTO

Le due aree d'intervento ubicate in Comune di Arizzano sono inquadrabili nella Sezione BDTRE n. 73040, così come rappresentato nell'elaborato n. 1 "Localizzazione degli interventi", in scala 1:10.000.

Nello specifico, le aree in esame sono ravvicinate tra loro ed ubicate a Nord-Est del centro storico di Arizzano rispettivamente in località Streccioni (**Frana n. 1** – Via Mulini) e lungo Viale della Vittoria (**Frana n. 2**):

- la **Frana n. 1** riguarda una colata nei depositi superficiali, originatasi a lato ed a valle del parcheggio asfaltato posto lungo Via Mulini, innescato dalle piogge intense e dal ruscellamento concentrato delle acque di una linea di ruscellamento, defluenti sul sedime stradale e riversatesi sul pendio sottostante in maniera incontrollata, laddove la pendenza della strada si annulla, assumendo la forma di una larga “corda molle” nel profilo longitudinale.
- la **Frana n. 2** riguarda anch'essa una colata nei depositi superficiali, originatasi a valle della sede stradale di Viale della Vittoria, innescata dalle piogge intense e dalle copiose acque che, infiltrandosi a monte della strada, nella parte superficiale dei depositi glaciali, più permeabili, sono fuoriuscite nella scarpata a valle della strada, laddove hanno incontrato depositi glaciali più fini con maggiore grado di addensamento ed aventi una minore permeabilità.

3.1. Vincoli

Le aree di intervento sono interessate dai seguenti vincoli:

- a) Vincolo paesaggistico-ambientale ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004, art. 142, comma 1 ("aree tutelate per legge"):

lettera c) *"i fiumi, i torrenti, i corsi d'acqua iscritti negli elenchi previsti dal testo unico delle disposizioni di legge sulle acque ed impianti elettrici, approvato con regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775, e le relative sponde o piedi degli argini per una fascia di 150 metri ciascuna"*;

lettera g): *"territori coperti da foreste e da boschi"*.

Di seguito viene proposto un estratto della Tavola P2 "Beni paesaggistici" del Piano Paesaggistico Regionale (tratto dal WebGis), sovrapposto alla base catastale di Arizzano, per un migliore confronto.

Da tale estratto si evince come la **Frana 1** ricada in buona parte nell'ambito dei “territori coperti da foreste e boschi”, mentre la **Frana 2** ricada entro il vincolo della fascia di 150 m del vicino T. Ballona.

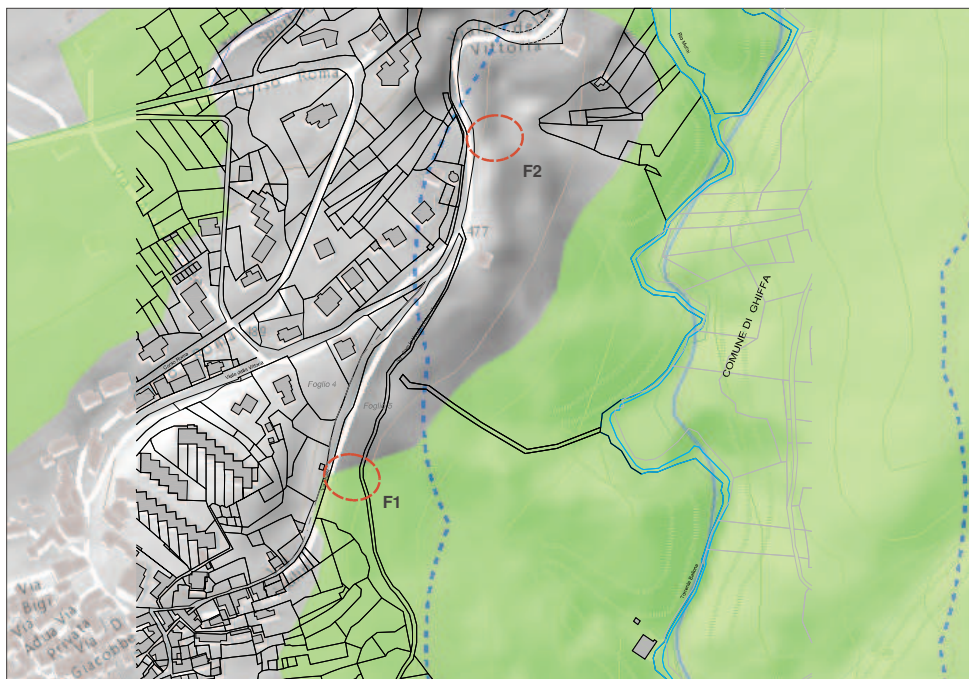
- b) Vincolo per scopi idrogeologici, ai sensi del R.D. n. 3267/1923 e della L.R. n. 45/1989.

Dall'analisi della cartografia relativa all'estensione del Vincolo Idrogeologico in scala 1:25.000, reperita sul Geoportale DatiOpen della Regione Piemonte, di cui viene di seguito proposto un estratto (sempre con sovrapposizione alla base catastale di Arizzano), si evince come entrambi gli interventi rientrino, in tutto o in parte, in una porzione di territorio soggetta al suddetto vincolo.

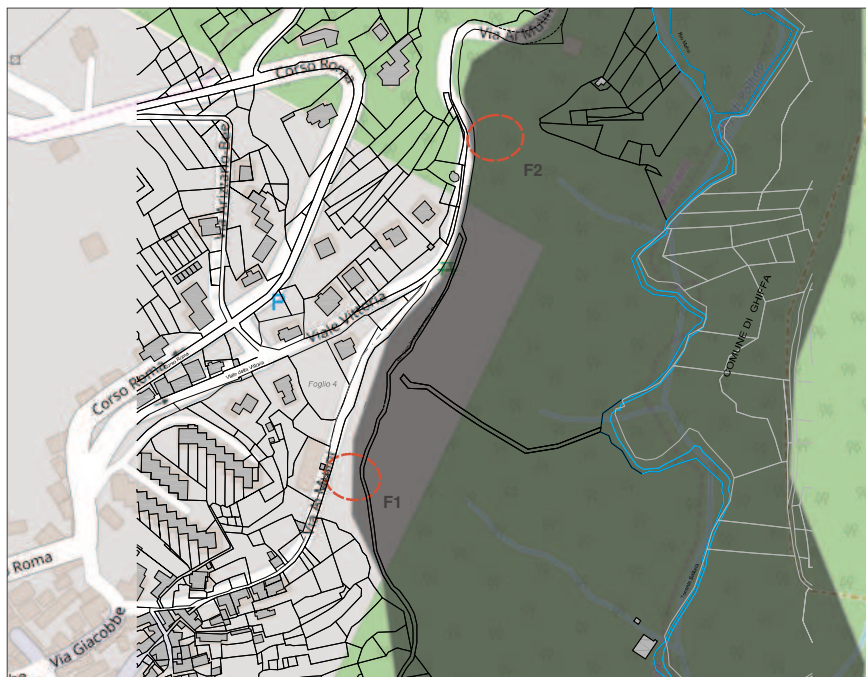
Le tipologie di intervento rientrano nell'ambito di applicazione dell'art. 11, comma 1, lettera b) della L.R. n. 45/1989 s.m.i., come modificato dall'art. 37 della l.r. 4/2009 (*"i lavori di rimboschimento, la piantagione di*

alberi, i miglioramenti forestali, i lavori e le opere pubbliche di sistemazione di frane e versanti instabili, di sistemazione idraulica e idraulico-forestale"), pertanto, non sarà dovuta l'autorizzazione per il vincolo idrogeologico.

a) Vincolo paesaggistico-ambientale ai sensi del D. Lgs. n. 42/2004:



b) Vincolo per scopi idrogeologici, ai sensi del R.D. n. 3267/1923 e della L.R. n. 45/1989.



4. FRANA 1, VIA MULINI: SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

Il dissesto gravitativo in esame si è innescato al margine della località Streccioni (settore a Nord-Est del centro storico di Arizzano), nella porzione sommitale del versante boscato digradante verso ESE, in direzione del T. Val Ballona, immediatamente a valle di Via Mulini, coinvolgendo, nella distribuzione del materiale detritico-vegetale franato anche il sedime della sottostante Via degli Alpini ed in parte la fascia di versante sottostante incombente l'incisione del T. Ballona.

A monte del tracciato stradale di Via Mulini, il versante è costituito dall'ampia zona a bassa acclività ove sorge l'abitato di Arizzano; il substrato roccioso, che affiora estesamente in corrispondenza del nucleo storico di Arizzano ed in parte nell'ambito della stessa area in esame, immediatamente a monte di Via Mulini, è costituito da micascisti e paragneiss a due miche, talora a granato, a grana medio-fine, immergenti verso Sud-Est; mediamente fratturati e superficialmente alterati; gli affioramenti sono spesso caratterizzati da foliazione evidente, con numerosi piegamenti della scistosità a piccola e media scala, con locali lenti e vene di quarzo.

A valle di Via Mulini, il versante presenta inclinazione media attorno ai 25°-30°, che aumenta spostandosi verso l'incisione del T. Val Ballona; il pendio ha un assetto morfologico piuttosto uniforme, il cui andamento è talvolta interrotto da modeste vallecole e linee di impluvio brevi e rettilinee, impostate lungo la linea di massima pendenza.

A valle della sede stradale di Via Mulini, in tutto il settore compreso tra l'area a parcheggio pubblico posta a Sud, e spostandosi a Nord, fino all'area attrezzata a pic-nic e fino al sottostante tracciato della S.C. pedonale "Via degli Alpini", in passato erano stati scaricati abusivamente materiali di varia natura (detriti vegetali, materiali inerti e di demolizione), che avevano rimodellato la fascia di versante, coperta da folta vegetazione infestante, localmente in condizioni di equilibrio precario.

Data l'elevata acclività del versante, il pendio immediatamente sottostante Via Mulini è caratterizzato da una diffusa situazione di "equilibrio limite", con presenza di modesti scollamenti e smottamenti della parte più superficiale dei depositi di versante; in particolare, alla fine del 2014 - inizi 2015, immediatamente a valle dell'area a parcheggio di Via Mulini, si era verificato un dissesto gravitativo, costituito da una colata nei depositi superficiali, originatasi a valle del piazzale asfaltato della sede stradale della stessa Via Mulini, per saturazione dei depositi, a seguito delle piogge intense e del ruscellamento delle acque meteoriche non regimate, intercettate dal piano asfaltato dell'area a parcheggio meridionale, le quali si erano riversate in maniera concentrata a valle della strada stessa, laddove il sedime non era delimitato dal cordolo in cls.

I materiali di copertura coinvolti in tale scivolamento gravitativo erano costituiti da una esile coltre di materiali inerti di origine antropica, depositi disordinatamente lungo il pendio nei tempi passati e successivamente colonizzati da una fitta vegetazione infestante (prevalentemente rovi e robinie), e dalla parte superficiale dei depositi eluvio-colluviali, dello spessore complessivo di 0,50÷1,50 m, al di sotto dei quali è presente un'esile coltre di depositi di origine glaciale, a ricoprire il substrato roccioso metamorfico; il substrato è messo localmente a nudo lungo una linea di ruscellamento concentrato, posta immediatamente a Nord della frana del 2015, lungo cui defluiscono le acque di uno scarico stradale, rilasciate lungo il pendio a Nord dell'area a parcheggio.

Sempre in merito alla regimazione delle acque, si segnala che lungo Via Mulini defluisce una linea di ruscellamento, che ha inizio a monte di Corso Roma e che viene intubata al di sotto di Via Mulini; le acque defluenti nella tubazione in PVC interrata vengono incrementate dall'aliquota delle acque meteoriche intercettate dalla porzione centrale di Via Mulini, e scaricate a valle della strada stessa, dove hanno formato un'incisione che si è attestata sul substrato roccioso affiorante; l'attraversamento di Via degli Alpini, da parte di tali acque di scarico, avviene mediante una sorta di guado lastricato in croste lapidee, indi le acque si riversano lungo il versante a valle del percorso pedonale, per confluire nel sottostante alveo del T. Ballona.

La tendenza al dissesto di questo settore di versante è evidenziata dalla presenza, sempre lungo Via degli Alpini, circa 50 m più a Nord, di un modesto colamento nei depositi di origine glaciale, di natura limosa, formatosi con le precipitazioni intense e persistenti di fine ottobre-novembre 2019.

Il dissesto gravitativo in oggetto (**Frana n. 1**) si è innescato immediatamente a Nord rispetto all'area di frana descritta in precedenza ed all'altezza di una cabina ENEL; gli elementi di seguito descritti, sono rappresentati in dettaglio negli elaborati grafici allegati alla presente Relazione (planimetria e sezione – Stato di Fatto).

La nicchia di frana è larga alla sommità circa 6 m e, nell'ambito di tale nicchia, vi è una porzione di estensione più limitata, larga 3 m, dove il fenomeno dissestivo si è accentuato, originando una nicchia di scavernamento che si estende per circa $0,40 \div 0,45$ m al di sotto della sede stradale, lasciando il banchettone stradale in cls a "sbalzo" e formando un intaglio verticale alto circa 2 m.

Il canalone di scivolamento è lungo circa 15-20 m, con dislivello di circa 12 m; da monte verso valle, l'area in dissesto si allarga gradualmente, sino a circa 10 m; l'accumulo al piede della frana, ha invaso il sedime sterrato di Via degli Alpini, riversandosi quindi a valle dello stesso e, in parte, distribuendosi lungo la tratta in discesa della strada sterrata; nell'ambito di tale canalone, vi è un'incisione più marcata, sottostante la nicchia di dissesto principale, lungo la quale è stato messo a nudo il substrato roccioso.

Il fianco destro della frana è delimitato dalla linea di ruscellamento concentrato, incisa in roccia, lungo cui defluiscono le acque dello scarico stradale posto all'inizio del parcheggio; i due corpi di frana (frana del 2015 a Sud e frana del 7 giugno 2020 a Nord), pertanto, risultano in parte "coalescenti" nella porzione terminale, lungo Via degli Alpini.

Le cause principali del dissesto, come da rilievi in sito e da comunicazioni verbali di testimoni oculari nel corso dell'evento, sono legate alle acque provenienti dalla linea di deflusso superficiale, prima descritta, proveniente da Corso Roma, le quali, in condizioni normali, confluiscono in un pozzetto a lato di Via Mulini, delimitato da muretti in cls, venendo quindi indirizzate lungo una tubazione in PVC interrata e scaricate a valle di Via Mulini. Tale pozzetto presenta una griglia metallica, che tende ad ostruirsi con il detrito vegetale, come verificatosi anche in concomitanza dell'evento meteorico del 6-7 giugno 2020; con l'imbocco del pozzetto parzialmente intasato, le acque sono tracimate dalla sommità del manufatto in cls e si sono riversate lungo il piano stradale di Via Mulini, defluendo verso Sud; presso la cabina ENEL, a causa della ridotta altezza del cordolo stradale in cls (centimetrica), le acque si sono riversate in maniera concentrata ed incontrollata lungo il sottostante pendio, laddove, unitamente alle copiose acque di pioggia diretta, hanno saturato i depositi incoerenti superficiali, dando luogo alla colata di fango e detrito.

5. FRANA 2, VIALE DELLA VITTORIA: SITUAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE E DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'area in oggetto, situata alla quota di circa 465 m s.l.m., è ubicata a circa 210 m di distanza, a Nord rispetto all'area di cui al dissesto di Via Mulini; per quanto attiene alla situazione geologica e geomorfologica locale, la situazione è pressoché simile a quella di via mulini, ossia pendenze elevate nelle scarpate a valle della strada, litologie costituite da depositi glaciali, superiormente ricoperti da eluvio-colluviali e materiali di riporto, il tutto ricoperto da fitta vegetazione infestante; nell'area in esame, lungo Viale della Vittoria, aumentano gli spessori dei depositi di origine glaciale, a copertura del substrato roccioso, il quale non affiora né a monte né a valle della strada.

La zona di Viale della Vittoria già nel passato è stata interessata da fenomeni dissestivi; si richiamano quelli che si verificarono il 4-5 settembre 1998, che causarono molteplici franamenti nei depositi morenici, soprattutto nel versante a monte della strada, interessando aree pubbliche e private, in cui furono realizzate opere di raccolta e regimazione delle acque ed opere di contenimento del versante, a difesa della strada (scogliere di controripa).

Un altro evento meteorologico eccezionale del 5 novembre 2011 fece innescare ed in parte riattivare un grosso dissesto a monte della strada, che comportò lo scivolamento sul sedime di Viale della Vittoria di una imponente massa di detrito frammisto a materiale vegetale, che portò all'interruzione della transitabilità della stessa; le carreggiate furono liberate e fu realizzata dapprima una scogliera di controripa e successivamente le opere di contenimento con "terra rinforzata" e furono migliorate le opere di raccolta e regimazione delle acque superficiale, realizzando anche opere di drenaggio delle acque di infiltrazione emergenti dai depositi glaciali più addensati.

Per quanto riguarda il dissesto in esame (**Frana n. 2**), questo si è innescato immediatamente a valle della Strada Comunale, circa 25 m oltre il manufatto storico della ghiacciaia di Arizzano.

La nicchia di frana è larga circa 6,5 m e, nell'ambito di tale nicchia, vi è una porzione di estensione più limitata, larga 2,5 m, dove la nicchia coincide con il margine esterno di Viale della Vittoria ed è stata interamente asportata la banchina in terra, a valle del banchettone in cls, posto a delimitazione del sedime stradale, tanto che la parte esterna dello stesso (spessa 40 cm), si presenta parzialmente scavernata, per il cedimento del materiale sottostante.

Il parziale scavernamento ha anche messo allo scoperto una tratta della rete acquedottistica (tubazione in ferro), sottostante il banchettone in cls; a lato di tale nicchia, lungo i terreni costituenti il banchettone stradale, si nota la presenza di crepe di detensionamento, chiara evidenza del fatto che, in assenza di interventi di sistemazione, il dissesto gravitativo è destinato ad evolversi, espandendosi sia con arretramenti della nicchia (coinvolgendo direttamente la sede stradale), che con espansioni laterali.

Il dissesto gravitativo è dato essenzialmente da una colata di fango, debolmente incisa nel pendio vegetato, che ha coinvolto i depositi superficiali, dati principalmente da materiali di riporto di origine glaciale, derivanti dai depositi naturali sbancati all'epoca dell'apertura della Strada Comunale e riportati lungo il pendio sottostante, successivamente colonizzati da vegetazione arbustiva ed arborea.

Le cause principali del dissesto, come da rilievi in sito, sono legate alle acque di precipitazione meteorica

diretta, unitamente alla presenza di copiose acque di infiltrazione sotterranea, provenienti dal versante posto a monte della strada e defluenti all'interno degli orizzonti maggiormente permeabili dei materiali di copertura; anche al momento del rilievo, infatti, si poteva notare come i depositi fangosi lungo il canale di scivolamento, fossero in parte saturi, inoltre, al piede della nicchia di frana, erano visibili evidenze di venuta a giorno di acque di infiltrazione, che sottopassano i depositi glaciali superficiali, posti al di sotto della piattaforma stradale.

Rispetto a quanto osservato nel sito della Frana n. 1, in questo caso le acque meteoriche, intercettate dal piano stradale e scaricate disordinatamente lungo il pendio sottostante, hanno avuto un ruolo minore, in quanto non vi sono evidenze di particolare concentrazione di tali acque di scarico sul pendio in corrispondenza del dissesto, il quale è imputabile, soprattutto, alle acque di infiltrazione a monte della strada e la loro emergenza a valle della stessa, oltre che alle acque di pioggia cadute direttamente sulla fascia di versante a valle della strada.

La colata di fango si è propagata lungo il pendio sottostante, afferente la profonda incisione del T. Val Ballona, in parte arrestandosi in corrispondenza di un cambio di pendenza, dato da un vecchio percorso pedonale, coincidente con la tratta interrata di una condotta idroelettrica, proveniente dalla zona dei Mulini.

La sede stradale di Viale della Vittoria è larga 4,5 m e, sul lato monte, vi è un marciapiede largo 1,5 m; come misura di somma urgenza, immediatamente dopo che si è verificata la frana, la zona della nicchia lungo Viale della Vittoria è stata delimitata da transenne, per far transitare il traffico veicolare (con particolare riferimento agli automezzi pesanti) sul margine di monte della carreggiata, il più possibile lontano dalla nicchia di frana.

6. POSSIBILE EVOLUZIONE DEI DISSESTI

Come precedentemente detto, gli elementi scatenanti i recenti dissesti gravitativi, sono da ricondurre alle abbondanti precipitazioni atmosferiche, verificatesi nei giorni 6-7 giugno 2020, le quali hanno abbassato dapprima i parametri geotecnici propri dei materiali (angolo di attrito interno e coesione), quindi, agendo anche da agente lubrificante lungo eventuali crepe di tensione, che hanno funzionato da piani di scivolamento, particolarmente acclivi.

Una volta superate le condizioni di equilibrio limite, si sono innescati gli scivolamenti gravitativi, che hanno coinvolto e trascinato a valle i materiali di copertura (detriti antropici, parte superficiale dei depositi naturali e folta vegetazione) presenti lungo le scarpate sottostanti le due strade comunali; il materiale franato e mobilizzato, in parte si è arrestato alla base dei canaloni di scivolamento, in parte si è distribuito sulle vie pedonali sottostanti, in parte riversandosi nel ripido pendio incombente l'incisione del T. Ballone.

La causa principale dei dissesti, legata alle precipitazioni atmosferiche molto intense e persistenti, è la stessa responsabile dei precedenti eventi franosi, innescatosi durante l'evento calamitoso del 4 e 5 settembre 1998, in quello del 5 novembre 2011 ed in quello avutosi tra la fine del 2014 e l'inizio del 2015; nelle condizioni attuali, si può pertanto affermare che le possibili, future evoluzioni del dissesto, seguiranno le stesse modalità, con arretramenti dei cigli superiori delle scarpate ed allargamento laterale delle aree in dissesto, in condizioni di elevata piovosità, tipica della stagione autunnale in questa zona.

A tale proposito, nelle aree in esame, sono stati individuati taluni indizi premonitori in tal senso, presso il ciglio di scarpata adiacente i due lati della nicchia di frana di Viale della Vittoria, ove si può rilevare la presenza di fessure di trazione (zone di "creep"), arretrate di circa $1.0 \div 1.5$ m rispetto ai vertici della nicchia; l'attuale stato di non adeguata regimazione superficiale delle acque di precipitazione meteorica, è un ulteriore elemento sfavorevole in tal senso, soprattutto per il dissesto di Via Mulini

Questi settori di versante, esaminati in dettaglio e descritti in precedenza, necessitano di interventi di messa in sicurezza, finalizzati alla neutralizzazione di ulteriori evoluzioni dei dissesti attivi ed a contenere le possibili ricadute negative per le sedi stradali di Via Mulini e di Viale della Vittoria.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

7.1. Parametrizzazione Geotecnica dei materiali di copertura

La caratterizzazione geotecnica dei materiali presenti nelle aree d'intervento è ricostruibile fin da ora con un certo grado di confidenza, grazie alle informazioni che, come già riferito in premessa, sono state ricavate da indagini geologiche e geotecniche svolte dallo scrivente in aree vicine, con particolare riferimento a:

- indagini effettuate nel 2010 presso il fabbricato ex inceneritore e l'area attrezzata ad uso picnic, nel corso delle quali vennero effettuati una serie di scavi esplorativi, con successiva esecuzione di prove geognostiche pocket, con penetrometro e scissometro, sulle pareti degli stessi pozzetti esplorativi,
- indagini effettuate nel 2018 per l'ampliamento dell'area a parcheggio posta al termine di Via Mulini, nel corso delle quali furono eseguite n. 2 prove penetrometriche.

I depositi di origine antropica ed i depositi di origine naturale, sono costituiti, come specificato in precedenza, da due tipi di materiali nettamente distinti per granulometria e consistenza:

- 1b. materiali eterogenei di riporto, costituiti principalmente materiali di origine naturale poco addensati sabbioso-limosi, a cui sono frammisti detriti inerti di demolizione; tali materiali caratterizzano l'orizzonte superficiale del pendio compreso tra Via Mulini e Via degli Alpini (Frana 1);
- 1a. materiali eterogenei di riporto, costituiti da materiale sabbioso naturale e subordinati elementi lapidei eterometrici, derivanti da operazioni di scavo per l'apertura della strada comunale, riportati a valle; tali materiali caratterizzano l'orizzonte superficiale della scarpata a valle di Viale della Vittoria (Frana 2);
2. al di sotto degli orizzonti di materiali di riporto, presenti in entrambe le aree, vi sono i depositi glaciali in posto, costituiti da abbondante matrice data da sabbie medio-fini e sabbie limose, inglobanti subordinati clasti lapidei eterometrici; si tratta di materiali dotati di una discreta coesione, che permette l'instaurarsi di scarpate verticali di altezza anche superiore al metro. Tali materiali assumono spessori significativi nella zona di Viale della Vittoria (Frana 2).

Per tali differenti materiali si possono stimare i seguenti valori dei parametri geotecnici:

Litotipo 1: Detriti misti, materiali inerti di origine antropica:

γ (peso di volume naturale)	0,90 t/m ³
γ_w (peso di volume saturo)	1,20 t/m ³
D_r (densità relativa)	20÷30%
ϕ_{TC} (angolo di attrito interno a volume costante)	27° - 31°
c (coesione)	0 t/m ²

Litotipo 2: Depositi glaciali a matrice sabbioso – limosa:

γ (peso di volume naturale)	1,80 t/m ³
γ_w (peso di volume saturo)	2,20 t/m ³
D_r (densità relativa)	20÷60%

ϕ_{TC} (angolo di attrito interno di picco)	30° - 34°
c (coesione)	0,5÷1,0 t/m ²

7.2. Caratterizzazione Geomeccanica del substrato roccioso

Il substrato roccioso presente nell'area in esame è costituito da micascisti e paragneiss, marcatamente scistosi, a grana medio-minuta, ascrivibili agli *Scisti dei Laghi*, una subunità della Serie dei Laghi, che caratterizza il versante montuoso entro cui si sviluppa il territorio comunale di Arizzano.

Il substrato roccioso, è caratterizzato dai seguenti parametri geomeccanici:

γ (peso di volume)	2,70 t/m ³
ϕ (angolo di attrito dell'ammasso roccioso)	34°
c (coesione dell'ammasso roccioso)	30 t/m ²

7.3. Caratterizzazione Sismica delle aree in dissesto

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003 (*"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*), suddivide il territorio Nazionale in quattro diverse Zone di rischio sismico, definite in base al diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g), riferito a suoli caratterizzati da V_{S30} (velocità media di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità) > 800 m/s, con grado di sismicità decrescente dalla "Zona 1" alla "Zona 4".

La D.G.R. 17-11-2003 n. 61-11017, inerente le *"Prime disposizioni in applicazione all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20-03-2003"*, assegna il territorio del Comune di Arizzano alla "Zona 4", per cui non viene introdotto *"l'obbligo della progettazione antisismica, ad esclusione di alcune tipologie di edifici e costruzioni che verranno individuati con successivo atto deliberativo"*. L'attribuzione alla Zona Sismica 4 del territorio di Arizzano è stata confermata anche con i successivi provvedimenti della Giunta Regionale del Piemonte, tra i quali si cita l'ultima D.G.R. del 30-12-2019 n. 6-887 (OPCM 3519/2006. Presa d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte, di cui alla D.G.R. del 21 maggio 2014, n. 65-7656).

Negli areali in esame, sono state condotte appropriate valutazioni sismiche, per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione; per quanto riguarda spessore e caratterizzazione delle coltri di copertura, i terreni di fondazione, vanno classificati in una delle seguenti categorie elencate dalle N.T.C. del D.M. 17-01-2018 (capitolo 3.2, *Azione Sismica*, paragrafo 3.2.2. *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche* - Tabella 3.2.II):

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

In base a quanto detto finora e sulla scorta dei risultati di precedenti indagini geognostiche, condotte nell'intorno di Arizzano, è stato possibile assegnare i terreni di copertura ad un Suolo di **tipo E**, per l'area di Viale della Vittoria (Frana 2) e ad un Suolo di **tipo A**, per l'area di Via Mulini (Frana 1).

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture ed alla verifica di quelle esistenti: la pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici, che in termini temporali; questo porta ad un approfondimento dell'aspetto relativo ai valori di accelerazione sismica orizzontale a_g (effetti di sito), superando il concetto di attribuzione di un unico valore di a_g , all'intero territorio comunale, in base alla sua Zona Sismica.

Per gli spettri di risposta delle componenti verticale ed orizzontale delle azioni sismiche, è stato utilizzato il software "Parametri Sismici" di GeoStru, opportunamente messo a confronto con i dati forniti dal documento Excel "SPETTRI – NTC", sviluppato ai sensi del D.M. 14-01-2008 e messo gratuitamente a disposizione, dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; in base a tali fogli di calcolo, la definizione dei vari spettri di risposta, è articolata in 3 fasi:

- *Fase 1: individuazione della pericolosità del sito.* Per valutare le azioni sismiche all'interno del territorio comunale, si effettua una ricerca in base alle coordinate (WGS84) del sito specifico.
- *Fase 2: scelta della strategia di progettazione.* Trattandosi di opere di stabilizzazione del pendio, a protezione di una Strada Comunale, in base alle tabelle di riferimento delle N.T.C., sono stati inseriti i dati relativi alla vita nominale della costruzione ($V_N \geq 50$ anni "opere ordinarie") e del suo Coefficiente d'uso ($CU = 1.5$ - Classe III "rete viaria extraurbana non ricadente in Classe d'uso IV"), ricavando il periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica.

- *Fase 3: determinazione dell'azione di progetto.* sono stati considerati i vari Stati Limite (SLO “Operatività” – SLD “Stato Limite Danno” - SLV “Salvaguardia Vita” e SLC “Prevenzione Collasso”); sono state cautelativamente selezionate la categoria di Sottosuolo (tipo A per la Frana 1; tipo E per la Frana 2,) e, per le condizioni topografiche, la categoria T2 “pendii con inclinazione media >15°”, corrispondente ad un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1.20$.

In base ai dati inseriti, si ottengono, per ciascuno Stato Limite, i valori di F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), a_g (accelerazione sismica orizzontale massima) e T^*C (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale):

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T^*C [s]
Operatività (SLO)	45	0,019	2,557	0,168
Danno (SLD)	75	0,024	2,546	0,196
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,049	2,692	0,294
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,059	2,779	0,311

A questo punto si può ottenere, per ciascuno Stato Limite, il valore di a_{max} (accelerazione massima attesa), dove $a_{max} = S_s \cdot a_g \cdot S_T$ e dove S_s = fattore di amplificazione dipendente dalla categoria del suolo di fondazione, è così definito:

CATEGORIA SUOLO	S_s
A	1.0
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Nei casi in esame (categoria A e Categoria E), il valore di S_s è rispettivamente pari a 1.00 e 1.60; mentre il fattore di amplificazione topografica (S_T), trattandosi di terreni con inclinazione >15°, viene assunto pari a 1.20.

Per il calcolo dei coefficienti sismici orizzontali e verticali K_h e K_v , si procede con le formule:

$$K_h = \beta_s \cdot a_{max} / g$$

$$K_v = 0.5 K_h$$

dove β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima del sito, definita in base alla tabella:

Tabella 7.11.I - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (N.T.C.)

	CATEGORIA SUOLO	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < \cdot ag/g \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < \cdot ag/g \leq 0.2$	0.27	0.24
$ag/g \leq 0.1$	0.20	0.20

Quindi, i coefficienti sismici relativi a ciascuno Stato Limite, in base alle caratteristiche dell'area, della categoria del suolo e della morfologia, sono le seguenti:

Frana 1 – Via Mulini

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,005	0,006	0,012	0,014
k_v	0,002	0,003	0,006	0,007
$a_{max} [m/s^2]$	0,226	0,286	0,579	0,691
β_s	0,2			

Frana 2 – Viale della Vittoria

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k_h	0,007	0,009	0,019	0,023
k_v	0,004	0,005	0,009	0,011
$a_{max} [m/s^2]$	0,361	0,457	0,927	1,106
β_s	0,2			

8. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' PORTANTE DEI SUOLI DI FONDAZIONE

8.1. Area di Via Mulini

L'opera di fondazione del nuovo muro di sostegno del rilevato stradale di via Mulini, verrà impostata direttamente sul substrato roccioso in posto, ancorandola allo stesso mediante barre d'acciaio infisse in fori praticati nella roccia e cementate.

Per una stima della capacità portante degli ammassi rocciosi, possiamo fare riferimento al *Canadian Foundation Engineering Manual* (1985), riportata di seguito, che propone valori di capacità portante ammissibile in base alla relazione con la resistenza a compressione uniassiale ed alla tipologia e condizioni della roccia; nella tabella allegata si osserva che la pressione ammissibile per rocce metamorfiche scistose in buone condizioni è nell'ordine di 3 MPa ($\cong 300 \text{ t/m}^2$).

Types and conditions of rocks	Uniaxial compressive strength of rock material	Presumed allowable bearing pressure (MPa)
Massive igneous and metamorphic rocks (granite, diorite, basalt, gneiss) in sound condition	High to very high (50 to 200 MPa)	10
Foliated metamorphic rocks (slate, schist) in sound condition	Medium to high (15 to 50 MPa)	3
Sedimentary rocks: cemented shale, siltstone, sandstone, limestone without cavities, thoroughly cemented conglomerates, all in sound condition	Medium to high (15 to 50 MPa)	1 to 4
Compaction shale and other argillaceous rocks in sound condition	Low to medium (4 to 15 MPa)	0.5
Broken rocks of any kind with moderately close spacings of discontinuities (0.3 m or greater), except argillaceous rocks (shale)		1
Limestone, sandstone, shale with closely spaced bedding		Assess in situ
Heavily shattered or weathered rocks		Assess in situ

Tabella tratta da:

*Canadian
Foundation
Engineering Manual*

Considerando la presenza di un orizzonte superficiale maggiormente fratturato, si ritiene ragionevole fare riferimento, con criteri cautelativi, a valori di pressione ammissibile nell'ordine di circa 45 t/m^2 .

8.2. Area di Viale Vittoria.

Per quanto riguarda i valori di capacità portante dei depositi di copertura, in relazione alle sollecitazioni indotte dai micropali di fondazione, che costituiranno anche opera di sostegno della piattaforma stradale, si rimanda alla relazione di calcolo ed alle verifiche redatte dallo strutturista, sulla scorta dei parametri geotecnici dei depositi glaciali, forniti precedentemente al cap. 7.1.

9. DESCRIZIONE DELLE PROPOSTE DI INTERVENTO

Gli interventi da effettuare lungo i settori di versante interessate dai dissesti in esame, sono finalizzati prioritariamente alla messa in sicurezza delle sedi stradali, alla stabilizzazione dei fenomeni franosi attivi ed alla minimizzazione dei fenomeni di erosione concentrata e diffusa, ad opera delle acque meteoriche di ruscellamento, mediante predisposizione delle opere di regimazione delle acque superficiali, e possono essere così sinteticamente riassunti:

- potenziamento delle opere di raccolta delle acque meteoriche di ruscellamento;
- opere di consolidamento della viabilità e stabilizzazione dei dissesti gravitativi.

In particolare, gli interventi di sistemazione idrogeologica proposti risultano così articolati.

9.1 FRANA N. 1, A VALLE DI VIA MULINI

a) Opere di stabilizzazione del rilevato stradale

L'intera porzione esterna di via Mulini, nella tratta immediatamente precedente l'area a parcheggio, è caratterizzata direttamente da materiali di riporto, i quali sono stati in parte erosi ed asportati con l'evento dissestivo del 7 giugno; è necessario mettere in sicurezza la sede viaria mediante realizzazione di un muro di contenimento in c.a.

Tale muro avrà una lunghezza di complessiva di 8 m, a partire da pochi metri a Nord dell'esistente scarico della tombinatura stradale e estendendosi verso Nord, fino ad oltre la Cabina ENEL; tale muro sarà suddiviso in due tratti: il primo lungo 2,0 m di altezza fuori terra 1,50 m ed il secondo lungo 6,0 m di altezza fuori terra 3,00 m.

Il muro verrà realizzato a "settori finiti", provvedendo a sbancare i depositi di copertura, fino a raggiungere il sottostante substrato roccioso, messo a nudo lungo l'incisione di scivolamento principale; il substrato roccioso verrà riprofilato in superficie per costituire la base di appoggio della ciabatta di fondazione del muro stesso; l'opera di fondazione verrà saldamente ancorata al substrato roccioso mediante barre d'acciaio infisse in fori praticati nella roccia ed intasati con boiaccia cementizia, quindi si potrà procedere alla costruzione della struttura in elevazione, costituita da doppia lastra in cemento prefabbricata, adeguatamente "armata", dotata di un congruo numero di fori passanti, provvedendo a riempire lo scavernamento e l'intercapedine retrostanti con materiale inerte drenante.

Sulla sommità del muro si prevede di riposizionare la medesima barriera stradale attualmente esistente, che verrà rimossa temporaneamente durante i lavori.

b) Opere di stabilizzazione del corpo di frana

Il pendio sottostante Via Mulini verrà stabilizzato al piede, in adiacenza del lato di monte di Via degli Alpini, mediante costruzione di un'opera di contenimento, data da una struttura in "terra rinforzata", lunga circa 10 m ed alta 3,5 m, consistente in strati di terreno sovrapposti, contenuti da materiali geosintetici e rinforzati con

un'armatura metallica, ottenendo così una struttura stratificata, avente inclinazione del paramento di circa 70°; a tergo dell'opera andrà predisposto un sistema drenante, stendendo uno strato di geocomposito drenante sul fronte interno dello scavo.

Tale struttura sarà perfettamente identica, come tipologia ed “impatto visivo” all'analogia opera prevista a consolidamento della frana del 2015, laddove verrà realizzata una struttura in terra rinforzata lunga 20 m; le due strutture non saranno in continuità, rimanendo separate dalla linea di deflusso delle acque di scarico della tombinatura stradale di Via Mulini.

Il pendio a tergo dell'opera di contenimento verrà riprofilato e stabilizzato, prevedendo la messa in opera di n. 2 ordini di palizzate in legname, anch'esse ancorate con barre d'acciaio al substrato roccioso, provvedendo quindi al rivestimento del pendio con geostuoia antierosiva in materiale polimerico e successivamente all'idrosemina del pendio con essenze erbacee ed arbustive a rapido attecchimento.

c) Regimazione delle acque stradali

Per la regimazione delle acque stradali provenienti dalla canalizzazione esistente e che confluiscono nel pozzetto a lato di Via Mulini, si prevede di realizzare una apertura nella parete del pozzetto, al di sopra della griglia, in cui posizionare una breve tratta di tubazione (in PVC diametro 250 mm), fissata all'esterno del pozzetto.

Verrà realizzato un nuovo pozzetto grigliato che riceverà le acque della suddetta tubazione, da cui partirà una seconda tubazione in PEAD corrugato che attraverserà perpendicolarmente la strada; le acque di scarico della tubazione verranno accompagnate lungo il pendio sottostante Via Mulini, mediante la messa in opera di una canaletta superficiale con elementi metallici semicircolari (DN 600 mm), che le convoglierà a valle del tracciato di Via degli Alpini, attraversando la stessa con un “guado a corda molle”, rivestito con croste lapidee cementate.

9.2 FRANA N. 2, A VALLE DI VIALE DELLA VITTORIA

a) Opere di stabilizzazione del rilevato stradale

Si propone l'esecuzione di una struttura di consolidamento del corpo stradale costituita dai seguenti elementi:

- n. 19 micropali aventi interasse 0,5 m e disposti su due file, ciascuno di lunghezza 8,0 m (diametro 200 mm; armatura acciaio diametro 139,7 spessore 10 mm); il micropalo di monte verrà inclinato rispetto alla verticale, verso monte, di circa 20-30°; i micropali saranno impostati principalmente nei depositi di copertura, sebbene non si possa escludere il raggiungimento del substrato roccioso;
- n. 3 tiranti attivi, permanenti, in barre di acciaio tipo Dywidag (diametro 32 mm), della lunghezza di 8 mm, realizzati a circa 1,50 m dalla testa dei micropali ed inclinati verso monte, impostati nei depositi di copertura;
- trave di testa in conglomerato cementizio armato, gettato in opera, lunga 10 m (sezione m 1,0 x m 0,60 m), che ingloberà le teste dei micropali;
- banchettone in c.a., collegato alla suddetta trave (sezione 0,50x0,40 m), su cui verrà riposizionata la barriera stradale esistente, che verrà temporaneamente rimossa durante i lavori;

- n. 3 setti in conglomerato cementizio armato, gettato in opera, delle dimensioni di 1,5 m x m 0,50 m x 0,30/0,60 m), che ingloberà la piastra di testa dei tiranti e che saranno adeguatamente collegati alla trave suddetta.

Il piano viario di Viale della Vittoria sarà scarificato e ripavimentato con conglomerato bituminoso, assegnando pendenze verso monte, evitando che le acque meteoriche intercettate dal piano viario, possano scaricarsi disordinatamente lungo il pendio a valle (lunghezza del tratto 20 m).

b) Opere di stabilizzazione del corpo di frana;

Il corpo di frana, sviluppatosi lungo il pendio sottostante Viale della Vittoria verrà stabilizzato al piede, in corrispondenza del tracciato pedonale, ove corre la condotta interrata, mediante costruzione di un'opera di contenimento, data da un triplo ordine di gabbionate metalliche, riempite con ciottoli e/o pietrisco, lunga circa 10 m.

A monte delle gabbionate, lungo il canalone di frana, verranno realizzati n. 2 ordini di palizzate in tondoni di legno, sostenuti da barre d'acciaio, a tergo delle quali verranno messe a dimora talee di piante autoctone (ogni palizzata di lunghezza 10 m).

Immediatamente a valle del rilevato stradale, il pendio verrà ricostruito e sostenuto da una palificata di sostegno a parete singola in tondoni di legname (lunghezza 10 m).

Al termine dei lavori verrà realizzato un intervento di idrosemina del pendio per facilitarne l'inerbimento.

10. QUADRO ECONOMICO DI SPESA

A) LAVORI

IMPORTO TOTALE OPERE LOTTO A - VIA MULINI	€	37.558,19
IMPORTO COSTI DELLA SICUREZZA LOTTO A - VIA MULINI	€	<u>2.200,00</u>
IMPORTO TOTALE LAVORI	€	39.758,19 (a1)

IMPORTO TOTALE OPERE LOTTO B - VIALE DELLA VITTORIA	€	49.620,51
IMPORTO COSTI DELLA SICUREZZA LOTTO B - VIALE DELLA VITTORIA	€	<u>2.200,00</u>
IMPORTO TOTALE LAVORI	€	51.820,51 (a2)

IMPORTO TOTALE LAVORI LOTTO A + B (a1+a2)	€	91.578,70
--	----------	------------------

B) SOMME A DISPOSIZIONE

I.V.A. 22% sui lavori (a1+a2)	€	20.147,31
Spese tecniche ingegneristiche di progettazione, coordinamento sicurezza e D.L.	€	7.700,00
C.P. 4%	€	308,00
Spese tecniche geologiche per rilievi e indagini, collaborazione alla progettazione e alla D.L.	€	5.200,00
C.P. 2%	€	104,00
Spese tecniche di collaudo statico	€	1.700,00
C.P. 4%	€	68,00
I.V.A. 22% su Spese Tecniche e C.P.	€	3.317,60
Incentivo tecnico RUP 2%	€	1.831,57
Imprevisti (assistenze per riposizionamento tubo rete idrica, ecc...)	€	3.000,00
Arrotondamenti	€	<u>44,82</u>
IMPORTO TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE (B)	€	43.421,30

IMPORTO COMPLESSIVO DELL'INTERVENTO (A+B)	€	135.000,00
--	----------	-------------------

Mergozzo, luglio 2020

dott. geol. Francesco D'Elia

dott. ing. Francesca D'Elia

Frana 1 - Via Mulini



Veduta da Via Mulini della nicchia di frana all'altezza della cabina ENEL, delimitata da transenne; in primo piano, si nota la griglia stradale che raccoglie le acque al margine del parcheggio.



Veduta da Via Mulini della frana; risulta evidente l'incisione centrale, particolarmente marcata ed affermata nei materiali di copertura.



Veduta da Via degli Alpini dell'area di frana; lungo il canalone centrale, si apprezza l'affioramento roccioso, messo a nudo dallo scivolamento gravitativo.



Particolari, da valle e laterale, dello scavernamento sottostante la sede stradale di Via Mulini.



Frana 2 - Viale della Vittoria



Veduta da Viale della Vittoria della nicchia di frana, delimitata da transenne.



Veduta da Viale della Vittoria del corpo di frana; si apprezza come si tratti essenzialmente di una colata di fango, debolmente incisa nel pendio vegetato, senza presenza di detrito antropico.



Veduta laterale dello scavernamento sottostante la sede stradale, che ha messo allo scoperto una tratta della tubazione della rete idrica comunale, sottostante il banchettone in cls.