

Regione Piemonte
Provincia di Cuneo
Comune di Marmora

*EVENTI ALLUVIONALI NOVEMBRE 2016 - ORDINANZA n. 430 del 10/01/2017 art 11 del Capo del
Dipartimento della Protezione Civile - Ordinanza commissariale n. 3/A18.000/430 del 22/03/2017
Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatesi
nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nel territorio della Regione Piemonte*

CN_A18_430_16_383

**Consolidamento Strada Comunale per il Col d'Esischie
presso Borgata Arata**



PROGETTO ESECUTIVO

ai sensi del D. Lgs. n. 50.2016 e s.m.i.

Allegato 02 - Relazione tecnico-illustrativa

24 luglio 2017

1 SOMMARIO

1	Sommario	1
2	Riferimenti normativi	3
2.1	Disciplina dei contratti pubblici	3
2.2	Disciplina delle opere in conglomerato cementizio	3
2.3	Disciplina delle opere di fondazione e di sostegno delle terre	3
3	Relazione illustrativa del Progetto Esecutivo	4
3.1	Premessa	4
3.2	Stato attuale del sito	4
3.3	Scelta delle alternative	7
3.3.1	Descrizione generale	9
3.4	progetto della soluzione selezionata	11
3.4.1	Descrizione dettagliata della soluzione selezionata	11
3.4.2	Esito delle indagini	11
3.4.3	Esito degli accertamenti in ordine agli eventuali vincoli	12
3.4.4	Accertamento della disponibilità dei pubblici servizi	12
3.4.5	Accertamento in ordine alle interferenze con pubblici servizi	13
3.4.6	Indicazioni su accessibilità, utilizzo e manutenzione delle opere	13
3.5	aspetti economici e finanziari	13
3.5.1	Calcoli estimativi	13
3.5.2	Articolazione dell'intervento in stralci funzionali	13
3.5.3	Quadro economico	14
4	Relazione tecnica	15
4.1	Inquadramento geologico-ambientale	15
4.1.1	Geologia	15
4.1.2	Sismica	16
4.1.3	Indagini geognostiche e assetto litostratigrafico	17
4.1.4	Caratteristiche geotecniche	18
4.1.5	Analisi della fenomenologia disestiva	18
4.2	Inquadramento Urbanistico	19
4.2.1	Archeologia	19
4.2.2	Censimento delle interferenze	19

4.2.3	Piano di gestione delle materie	19
4.3	Inquadramento architettonico-strutturale	19
4.3.1	Architettura e funzionalità dell'intervento.....	19
4.3.2	Impianti e sicurezza	19

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 DISCIPLINA DEI CONTRATTI PUBBLICI

- Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163 «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE» (abrogato dall'art. 217 del D.Lgs. n. 50 del 2016).
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture».
- Decreto Legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - «Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.»

2.2 DISCIPLINA DELLE OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971. Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 64 del 02/02/1974. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

2.3 DISCIPLINA DELLE OPERE DI FONDAZIONE E DI SOSTEGNO DELLE TERRE

- D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 gennaio 1996 Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche. - Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni
- Testo Unico delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvato con DM Infrastrutture 14 gennaio 2008
- Circolare Ministeriale n. 617 del 2 febbraio 2009

3 RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEL PROGETTO ESECUTIVO

La presente Relazione Illustrativa è stata redatta ai sensi dell'art. 23 del D.Lgs. 50/2016 del 18 aprile 2016 e del D.Lgs. 56/2017 (Correttivo Appalti) e, in via transitoria, come da art. 216 del citato Decreto, della Sezione IV del D.P.R. n° 207 del 5 ottobre 2010.

La relazione dà chiara e precisa nozione di quelle circostanze che non possono risultare dai disegni e che hanno influenza sulla scelta e sulla riuscita del progetto.

3.1 PREMESSA

Il Comune di Marmora presenta diverse situazioni di instabilità geologica e geomorfologica sia di natura locale che in scala regionale.

Negli anni precedenti è già stato oggetto di alcuni finanziamenti destinati al consolidamento dell'abitato a seguito degli eventi alluvionali della Regione Piemonte nel novembre 1994 e della Legge 183/89 e s.m.i.. Nell'ambito di queste situazioni, ben note all'Amministrazione ed ai competenti organi regionali, gli eventi alluvionali del 28-30 maggio 2008 hanno causato l'instabilità del piano viabile in località Arata a monte di un muro in c.a. esistente costruito negli anni precedenti.

A seguito dell'O.C. n° 31/2010 del 04.03.2010 della Regione Piemonte – cod. CN_DA14_3683_08_269, nell'ambito di altri finanziamenti avuti dal Comune, è stato concesso un contributo di 130 000,00 € rivolto ai lavori di Sistemazione viabilità strada comunale in località Arata.

A seguito degli eventi alluvionali del novembre 2016 è stata emessa l'ordinanza n. 430 del 10/01/2017 art. 11 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile - Ordinanza commissariale n. 3/A18.000/430 del 22/03/2017 *"Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nell'ultima decade del mese di novembre 2016 nel territorio della Regione Piemonte"*, in base alla quale è stato assegnato al Comune di Marmora un finanziamento di € 290 000,00 avente come oggetto *"Consolidamento s.c. per il Col d'Esischie presso Borgata Arata"* (Codice intervento CN_18_430_16_383).

3.2 STATO ATTUALE DEL SITO

Il dissesto derivato dell'evento alluvionale del 28-30 maggio 2008 ha compromesso la staticità del vecchio muro di sostegno del rilevato stradale, tipicamente costituito da una struttura a gravità in pietra e malta, provocando il cedimento della carreggiata, ed il dissesto ha causato lo sprofondamento del manufatto e della retrostante sede stradale.

Purtroppo gli antichi muri di sostegno della strada militare presenti lungo gran parte della strada comunale sono inadeguati a sopportare le sollecitazioni indotte dai sovraccarichi che, negli anni, sono andati via via incrementandosi, parallelamente al naturale deterioramento delle caratteristiche meccaniche della struttura.

Il tratto di strada messo in sicurezza dopo gli eventi 2008 aveva gioco forza un'estensione limitata, a fronte di una situazione morfologica del terreno e strutturale della muratura in pietrame che si ripresenta costante almeno fino al tornante di valle.

A riprova di ciò, a seguito degli eventi alluvionali del novembre 2016 situazioni del tutto simili si sono ripresentate in altri due punti della strada, con spanciamenti diffusi e parziali collassi dell'antica muratura.

Le due immagini seguenti illustra le condizioni del versante a valle della strada, nel tratto franato collocato più a monte, a poche decini di metri dal precedente intervento.

È ben chiaro come il terreno di valle sia franato scoprendo l'antica muratura, che nel tratto di valle si è completamente aperta lesionandosi a tal punto che frammenti di grandi dimensioni di pietrame con malta si sono distaccati e sono rotolati a valle.





Le foto seguenti presentano il secondo corpo di frana, situato immediatamente più a valle.





A seguito di tale dissesto il movimento franoso ha subito un'ulteriore evoluzione verso monte coinvolgendo anche parte della sede stradale, ove il manto bituminoso, recentemente rifatto ex-novo, ha subito lesioni ed avvallamenti.

3.3 SCELTA DELLE ALTERNATIVE

Come testimoniato dall'evolversi nel tempo il fenomeno, bruscamente riattivatosi a seguito degli elevati apporti idrici infiltratisi nei terreni superficiali e non smaltiti attraverso gli orizzonti più profondi impermeabili (substrato roccioso), si è sviluppato secondo un cinematismo di scivolamento di tipo rotazionale regressivo.

Inoltre gli afflussi meteorici a carattere molto intenso, anche a seguito dello sversamento nella scarpata sottostante delle acque defluenti dalla carreggiata stradale, in cui la canaletta alla francese a monte della carreggiata tende come ovvio ad occludersi facilmente per gli smottamenti del ripidissimo terreno a monte, hanno determinato la saturazione e conseguente plasticizzazione dei terreni di fondazione del muro di sostegno.

Le cause del dissesto sono pertanto riconducibili:

- all'eccezionalità dell'evento alluvionale;
- alle pregresse condizioni di equilibrio del versante che anche nei settori adiacenti e superiori, presenta chiari ed evidenti sintomi di instabilità, manifestati da pronunciate gibbosità, caratteristiche rotture di pendenza e alberi inclinati.

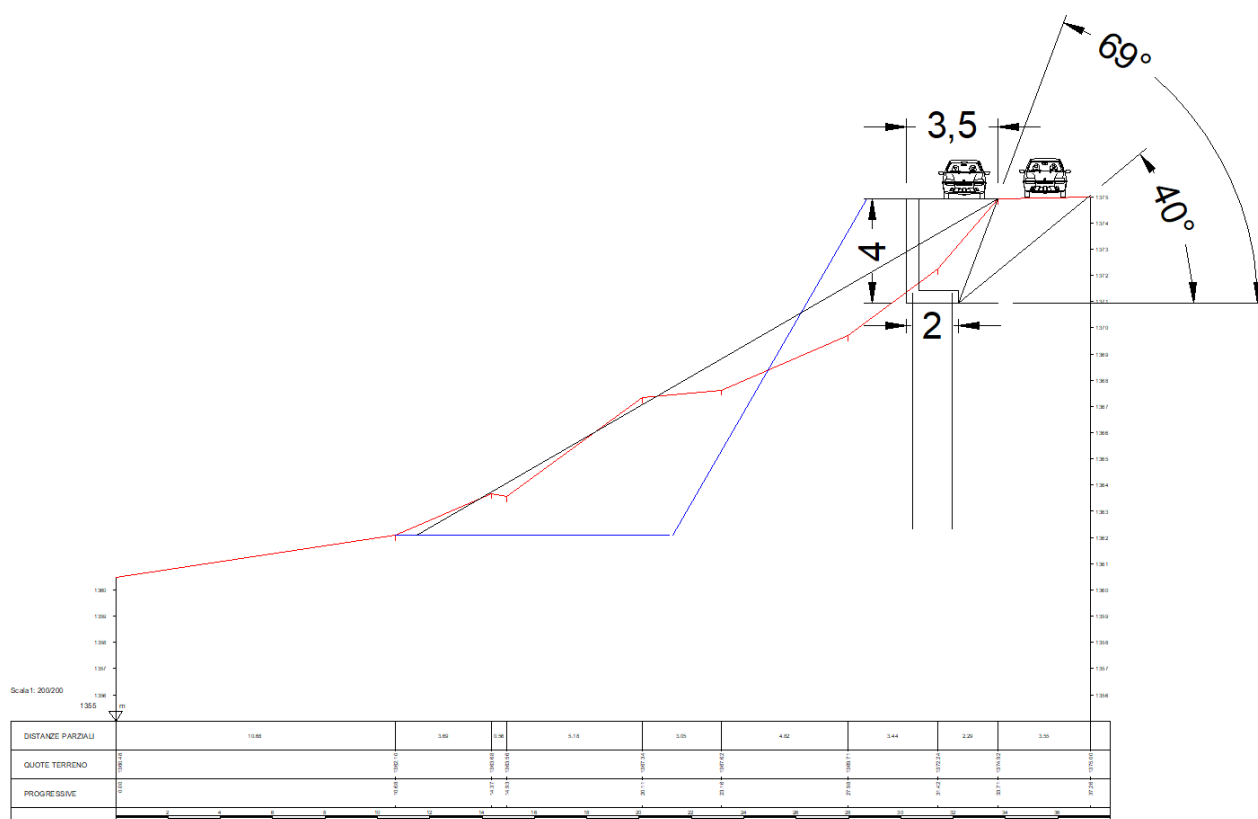
C'è da osservare che c'è una distinzione non così netta tra i tratti stradali franati ed i tratti invece ancora integri, almeno apparentemente.

In tali tratti, infatti, la banchina è ancora fruibile, dettaglio importante per una strada che in determinati periodi dell'anno è piuttosto frequentata.

Sono state perciò prese in considerazione diverse tipologie di intervento, ovvero:

- realizzazione di un cordolo su micropali a cavalletto, eventualmente tirantato, a difesa del ciglio stradale;
- costruzione di un muro di sostegno su micropali e tirantato;
- realizzazione di una terra armata e consolidamento del ciglio con micropali;
- scogliere al piede e riprofilatura.

L'immagine sottostante riporta in rosso il profilo attuale del terreno, rilevato tramite stazione totale reflectorless, in nero la sezione tipo del muro e in blu l'andamento medio della terra armata.



La prima soluzione, basata sul cordolo su micropali, potenzialmente valida per i tratti di versante ancora ragionevolmente integri, risulterebbe più economica ma non garantirebbe la necessaria capacità di contenimento del terreno che, nei tratti franati, troverebbe facile via di colamento nello spazio tra palo e palo, provocando lo svuotamento della massicciata.

La terra armata facilmente richiederebbe imponenti opere di sottofondazione, tipicamente un'ampia soletta su micropali, ed un movimento terra estremamente consistente che porterebbe, tra l'altro, ad incidere l'eventuale porzione sana del substrato affiorante costringendo a realizzare una scarpata di circa 12 m di altezza assai acclive, con reale pericolo per gli stessi addetti alla realizzazione dell'opera. In ogni caso sarebbe opportuno realizzare una palizzata atta ad assorbire le spinte provenienti da monte.

La scogliera, anch'essa in ogni caso da sottofondare, dovrebbe avere dimensioni ciclopiche per garantire un ragionevole angolo di natural declivio del terreno soprastante, senza peraltro offrire un efficace effetto contenitivo delle spinte da monte e delle deformazioni della pavimentazione.

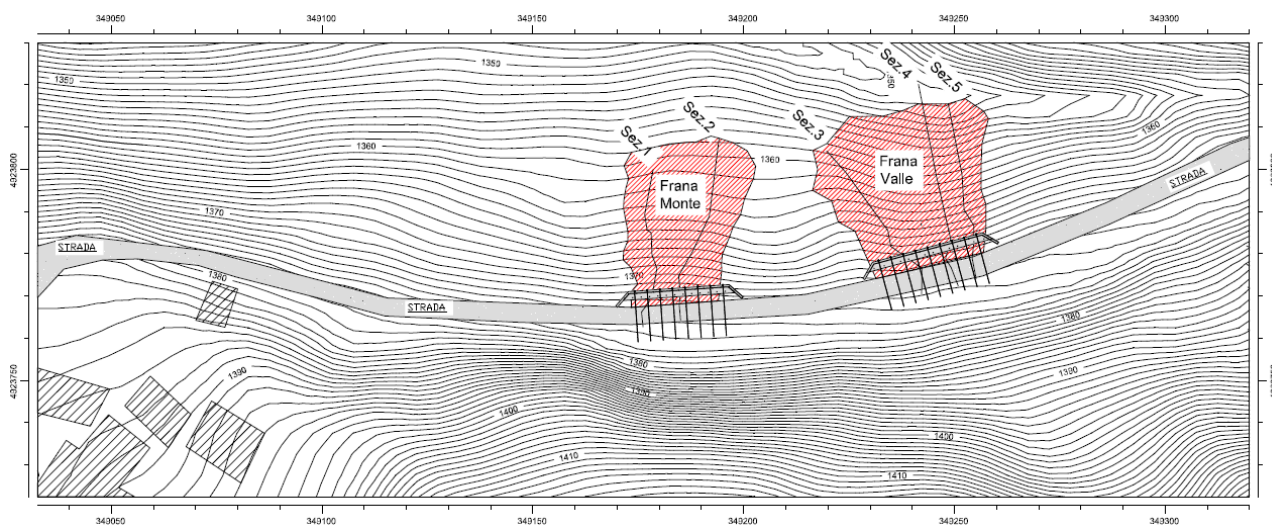
Il muro schematizzato nell'immagine, invece, permette di minimizzare le opere di movimentazione del terreno e di ridurre al minimo anche le opere di fondazione, essendo i carichi trasmessi dal terreno coinvolto nettamente contenuti rispetto quelli che si avrebbero con le altre soluzioni.

La soluzione del muro, inoltre, permette di riorganizzare il terreno a valle addolcendone la pendenza, come illustrato dalla riga nera trasversale nell'immagine precedentemente riportata.

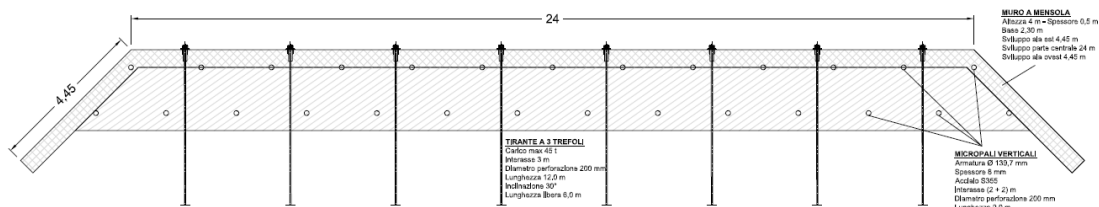
3.3.1 Descrizione generale

Definito l'intervento possiamo ora darne una descrizione sommaria, lasciando alle tavole tecniche il compito di approfondire i dettagli delle strutture.

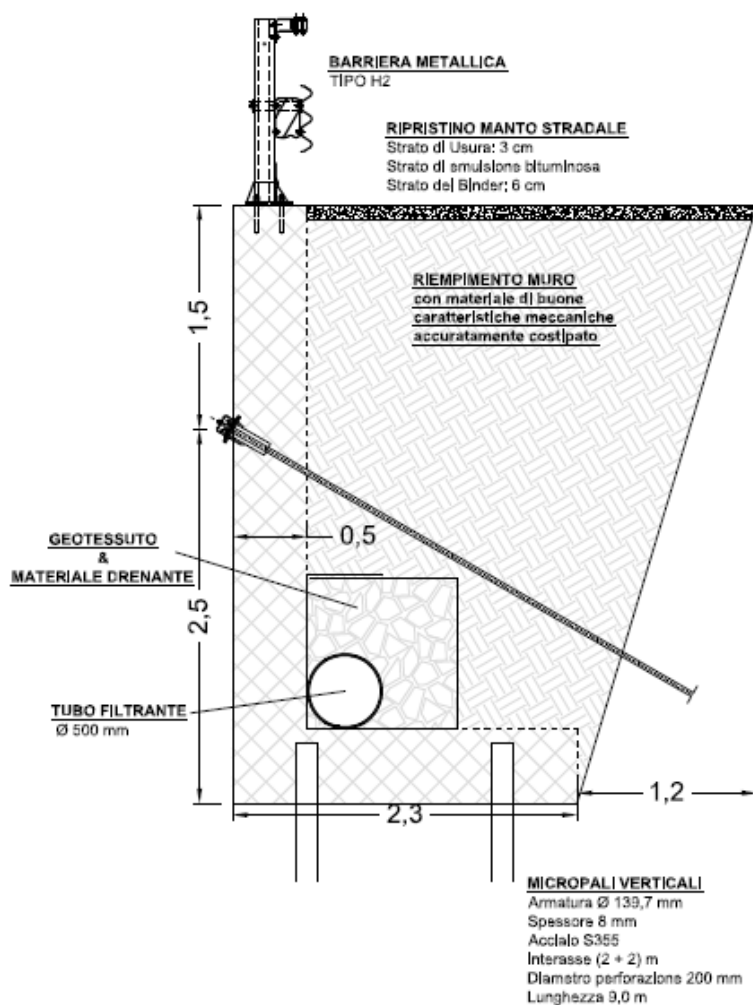
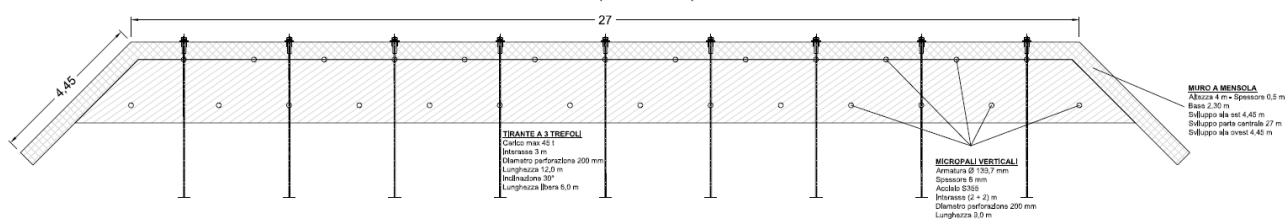
L'immagine sottostante riporta una planimetria di progetto generale, mentre quella ancora successiva illustra i dettagli dei muri in progetto.



MURO IN PLANIMETRIA (Frana Monte) - Scala 1:50



MURO IN PLANIMETRIA (Frana Valle) - Scala 1:50



I fondi stanziati per questo intervento non permettono di coprire l'intera messa in sicurezza del versante, per cui ci si è concentrati sul trattamento dei soli corpi di frana, demandando ad un successivo completamento i lavori di sistemazione definitiva del versante instabile.

3.4 PROGETTO DELLA SOLUZIONE SELEZIONATA

3.4.1 Descrizione dettagliata della soluzione selezionata

I muri di sostegno, di lunghezza rispettivamente 24 m e 27 m, avranno una soletta larga 2,0 m e chiuderanno a formare una pianta trapezoidale, rastremandosi nella parte terminale per ben raccordarsi al piano carrabile attuale.

In tal modo si avrà l'effetto collaterale estremamente positivo di creare due tratti in cui la larghezza della carreggiata risulta raddoppiata, proprio prima dell'ingresso in uno dei nuclei abitati di maggiori dimensioni della zona.

Il dimensionamento delle fondazioni e dei tiranti è stato stimato, nella precedente fase di Progettazione Definitiva, grazie alla disponibilità della caratterizzazione geologia e geotecnica effettuate ai fini di definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, tramite l'esecuzione da parte della Ditta Ge.la.mo. s.n.c., in data 22 - 27 ottobre 2010, di n. 2 sondaggi geognostici (S1 e S2) a carotaggio continuo sul piano viario nel tratto interessato dai cedimenti, spinti, rispettivamente, fino a 20 m e a 12 m di profondità nel corso delle fasi progettuali dell'intervento precedente.

Nel frattempo è stata completata una nuova campagna di indagini geognostiche, descritte nel seguito, che sostanzialmente ha confermato, come prevedibile, la caratterizzazione geotecnica dei litotipi presenti in sito; grazie a tale campagna si è potuto verificare che la lunghezza dei pali di fondazione e dei tiranti di ancoraggio fossero tali da garantire il trasferimento delle sollecitazioni al substrato roccioso sano.

Le solette dei muri saranno realizzate su una doppia fila di micropali, di lunghezza paria a 9,0 m, in grado quindi di trasferire i carichi ad una profondità di circa 12-13 m, comprendendo l'altezza del muro, armati con armatura metallica tubolare di diametro 139,7 mm e spessore 8 mm.

Le strutture saranno inoltre ulteriormente stabilizzate tramite la messa in opera di tiranti costituiti da tre trefoli di diametro 0,6" e lunghezza complessiva 12 m, disposti con interasse pari a 3,0 m.

3.4.2 Esito delle indagini

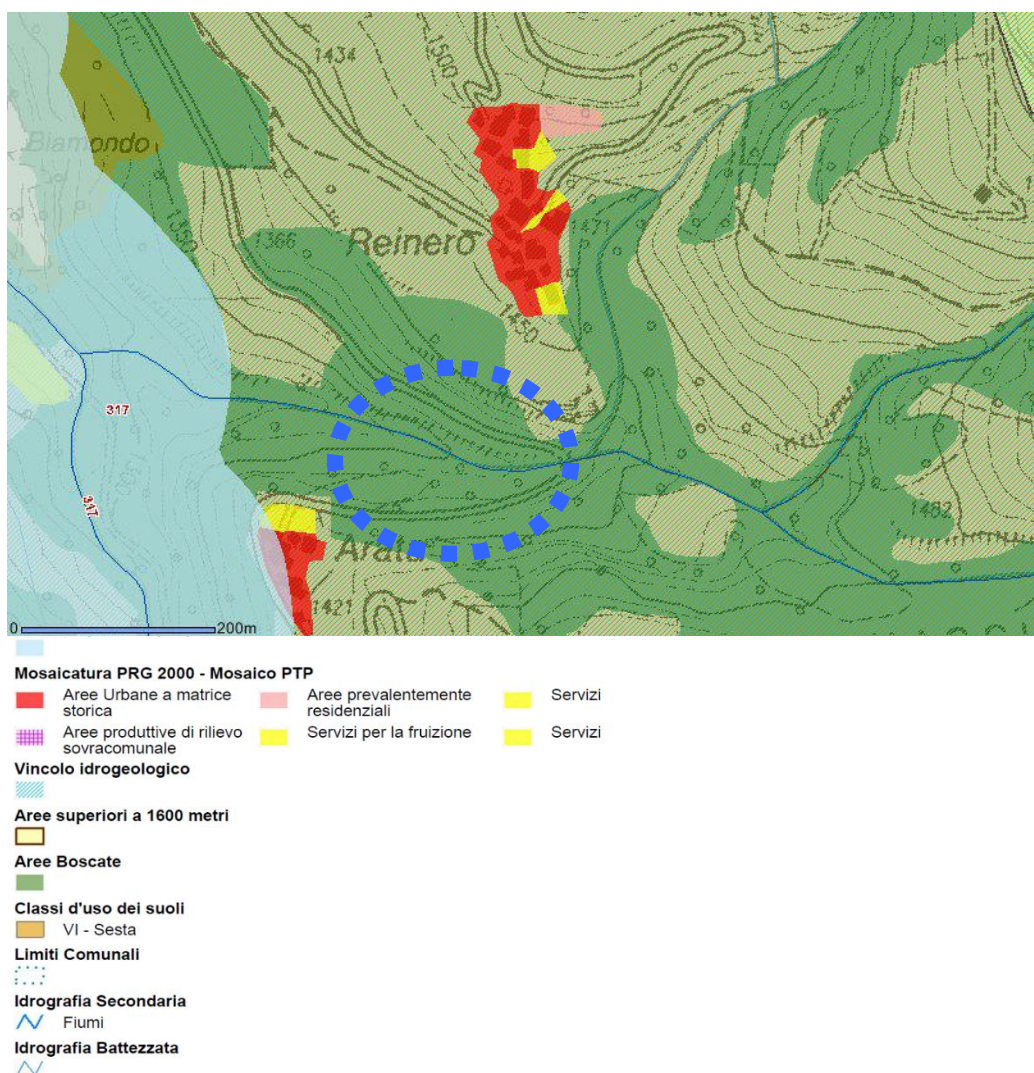
Per definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti dalla Ditta CITIEMME, in data 7-13 luglio 2017, n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo.

Nello specifico, n. 2 sondaggi della profondità di 20 m sul ciglio della carreggiata e n. 2 sondaggi della profondità di 10 m eseguiti al piede del pendio (si veda l'All. I alla Relazione Geologica).

I fori dei quattro sondaggi sono stati equipaggiati con piezometri a tubo aperto, con relativo posizionamento dei pozzetti di protezione, per consentire la misura dell'escursione del livello piezometrico della falda.

3.4.3 Esito degli accertamenti in ordine agli eventuali vincoli

Il sito non risulta soggetto a vincoli di natura storica, artistica o archeologica. Come riportato nella Relazione Paesaggistica allegata al presente Progetto (da cui è estratta l'immagine sottostante), la Cartografia Provinciale dei Vincoli Territoriali evidenzia come non sussista vincolo idrogeologico ma vi sia presenza di aree tutelate per legge (art. 142 del D. Lgs. 42/04) in termini di "Territori coperti da foreste e boschi".



3.4.4 Accertamento della disponibilità dei pubblici servizi

Il cantiere si colloca nelle immediate prossimità di un nucleo abitato, per cui non sussistono problematiche relative alla fornitura di energia elettrica ed acqua.

Nell'eventualità in cui la richiesta d'acqua risulti superiore a quanto disponibile in sito, si potrà facilmente provvedere ad assicurare la disponibilità di quanto necessario tramite l'uso di serbatoi carrabili.

3.4.5 Accertamento in ordine alle interferenze con pubblici servizi

Non risultano pubblici servizi presenti lungo il tracciato, ad eccezione di una linea aerea piuttosto a monte dell'area di cantiere; se ne terrà conto nel pianificare le fasi di manovra, in particolare dei mezzi di perforazione che possono presentare sagome elongate in direzione verticale.

3.4.6 Indicazioni su accessibilità, utilizzo e manutenzione delle opere

Le opere saranno per lo più interrato e non richiederanno particolari interventi di manutenzione. Unici elementi meritevoli di controlli regolari sono le testate dei tiranti, che dovranno essere protette da appositi cappellotti e nelle quali si dovrà verificare la persistenza dello strato di grasso protettivo delle bocche di fissaggio dei trefoli.

Per migliorare l'efficacia dell'intervento si consiglia di provvedere alla regolare pulizia della canaletta alla francese a monte della strada, in particolare in concomitanza con eventi meteorologici particolarmente intensi che potrebbero portare all'accumulo di detriti ed al conseguente ristagno d'acqua.

3.5 ASPETTI ECONOMICI E FINANZIARI

3.5.1 Calcoli estimativi

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI
		TOTALE
	R I P O R T O	
	<u>Riepilogo Strutturale CATEGORIE</u>	
C	LAVORI A CORPO euro	191'374,61
C:001	Consolidamento Frana monte euro	92'815,62
C:001.001	Movimento terra euro	5'186,85
C:001.002	Cementi armati euro	33'177,55
C:001.003	Opere speciali euro	47'024,17
C:001.004	Opere idrauliche euro	959,38
C:001.005	Opere stradali euro	6'467,67
C:002	Consolidamento Frana valle euro	98'558,99
C:002.001	Movimento terra euro	5'688,34
C:002.002	Cementi armati euro	36'614,75
C:002.003	Opere speciali euro	48'144,13
C:002.004	Opere idrauliche euro	1'035,43
C:002.005	Opere stradali euro	7'076,34
	TOTALE euro	191'374,61

3.5.2 Articolazione dell'intervento in stralci funzionali

Il presente Progetto costituisce la continuazione di una serie di interventi già realizzati in passato. Si ritiene che la sistemazione dei due corpi di frana possa non essere sufficiente al consolidamento definitivo dell'intero versante, in quanto le sezioni intermedie presentano segni di dissesti incipienti, cosa che è naturale data l'omogeneità morfologica del versante e la generale precarietà dell'intera area montana al di sopra del concentrico di Marmora.

Si demanda tuttavia la progettazione di ulteriori interventi ad uno specifico progetto separato che potrà essere redatto qualora se ne presenti la necessità e l'opportunità.

3.5.3 Quadro economico

QUADRO ECONOMICO DEI LAVORI PREVISTO		
N	VOCI DI RIFERIMENTO	IMPORTO
A1.a	IMPORTO LAVORI (ESCLUSA MANODOPERA)	€ 89'842.53
A1.b	IMPORTO ONERI MANODOPERA	€ 101'532.08
A1	IMPORTO LAVORI A BASE D'ASTA (COMPENSIVI DEL COSTO DELLA MANODOPERA)	€ 191'374.61
A2	ONERI AGGIUNTIVI PER LA SICUREZZA NON SOGGETTI A RIBASSO D'ASTA	€ 7'019.40
A	TOTALE LAVORI	€ 198'394.01
B1	SPESE TECNICHE RELATIVE ALLA PROGETTAZIONE, ALLA DIREZIONE LAVORI, ALLE NECESSARIE ATTIVITA' PRELIMINARI, NONCHE' AL COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE E DI ESECUZIONE, ALLA CONTABILITA' DEI LAVORI E CERTIFICATO DI REGOLARE ESECUZIONE, ACCERTAMENTI DI LABORATORIO PREVISTI DAL CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO, ESCLUSI CONTRIBUTI PREVIDENZIALI ED IVA	€ 9'000.00
B2	CONTRIBUTI PREVIDENZIALI C.N.P.A.I.A. 4%	€ 360.00
B3	SPESE TECNICHE RELATIVE ALLA REDAZIONE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA, ESCLUSI CONTRIBUTI PREVIDENZIALI ED IVA	€ 2'500.00
B4	CONTRIBUTI PREVIDENZIALI CASSA GEOLOGI 2%	€ 50.00
B5	SPESE PER INDAGINI GEOGNOSTICHE	€ 21'953.22
B6	CONTRIBUTO AUTORITA' DI VIGILANZA	€ 225.00
B7	LAVORI SU FATTURA PER IL RIPRISTINO STRADA PER PERMETTERE IL BY-PASS DI ACCESSO PER I RESIDENTI NECESSARIO A CAUSA DELLA CHIUSURA DELLA S.C. IN LOC. ARATA DURANTE L'ESECUZIONE DEI LAVORI	€ 5'000.00
B8	IVA 22% SUI LAVORI - VOCE A	€ 43'646.68
B9	IVA 22% SU SPESE TECNICHE - VOCI B1+ B2+ B3+ B4	€ 2'620.20
B10	IVA 22% SU INDAGINI GEOGNOSTICHE - VOCE B5	€ 4'829.71
B11	IVA 22% SU LAVORI DI CUI ALLA VOCE B7	€ 1'100.00
B12	ARROTONDAMENTO ED IMPREVISTI	€ 321.18
B	SOMME A DISPOSIZIONE DELLA STAZIONE APPALTANTE PER:	€ 91'605.99
C	TOTALE PERIZIA DEI LAVORI	€ 290'000.00

4 RELAZIONE TECNICA

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-AMBIENTALE

Per definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti, nel luglio 2017, n. 4 sondaggi a carotaggio continuo, 2 sondaggi della profondità di 20 m sul ciglio della carreggiata e 2 sondaggi della profondità di 10 m al piede del pendio.

4.1.1 Geologia

I lineamenti morfologici, strettamente correlati con le variazioni climatiche del Quaternario, presentano forme di modellamento in funzione del diverso grado di resistenza all'erosione delle litologie affioranti e delle rispettive coltri di copertura.

La presenza, sul versante destro orografico del Vallone di Marmora, di ampie dorsali e profonde incisioni vallive a profilo asimmetrico (con il fianco meridionale più allungato) è riconducibile a un controllo morfostrutturale esplicato dalla giacitura delle superfici di pseudostratificazione.

Le forme del paesaggio risentono, soprattutto nella parte alta dei versanti, del pregresso modellamento glaciale, mentre nei fondovalle prevale attualmente l'erosione lineare ad opera dei corsi d'acqua.

Nello specifico, il settore in esame insiste su un pendio in forte pendenza, corrispondente alla scarpata di raccordo con il fondovalle dell'ampia dorsale su cui sorge Borgata Arata, ove si sviluppa il tracciato della strada comunale interessata dai dissesti.

Non si riscontrano fenomeni franosi in atto o quiescenti a livello del substrato roccioso. Dissesti in atto o recentemente avvenuti, analoghi a quelli in esame, si riscontrano esclusivamente nell'ambito della coltre di copertura, dove l'acclività è molto elevata.

Le buone condizioni di stabilità in grande sono confermate dagli elaborati geologici della Variante di adeguamento al PAI, dalla Banca Dati Geologica della Regione Piemonte e dal Progetto IFFI - SIFraP.

Per ovvi motivi morfologici, dovuti alla totale assenza di linee di deflusso nella parte superiore della dorsale, non sussistono problematiche in merito alla dinamica dei corsi d'acqua. Il drenaggio delle acque meteoriche avviene principalmente per ruscellamento superficiale e in parte per infiltrazione all'interno delle coltri di copertura.

In riferimento alla circolazione idrica ipogea, occorre distinguere tra le coltri di copertura e le rocce del substrato, contraddistinte da differenti tipi di permeabilità in funzione delle loro caratteristiche litologiche e strutturali. I terreni di copertura presentano una permeabilità di tipo primario per porosità di norma abbastanza elevata, mentre le rocce del substrato hanno una permeabilità di tipo secondario, per fessurazione e/o fratturazione, da bassa a molto bassa.

In corrispondenza e al contorno dei siti di frana, la coltre di copertura è sede di una modesta circolazione idrica sotterranea alimentata da acque di infiltrazione provenienti dalla dorsale sovrastante. Ad essa sono riconducibili sporadiche venute d'acqua con regime molto irregolare in funzione dell'andamento climatico.

Ribadito che nell'area in esame non si rilevano indizi d'instabilità a livello del substrato roccioso, si riscontrano, nell'ambito della coltre di copertura su cui insiste il corpo stradale, evidenze morfologiche di processi franosi in atto o recentemente avvenuti.

Nello specifico, i movimenti franosi, innescatisi durante l'evento alluvionale del novembre 2016, hanno causato lo sprofondamento della banchina stradale e della scarpata (cf. All. I e II della Relazione geologica).

I fenomeni, bruscamente attivatisi a causa degli elevati quantitativi idrici infiltratisi e non smaltibili attraverso gli orizzonti più profondi impermeabili (substrato roccioso), si sono sviluppati secondo un cinematismo di scivolamento di tipo rotazionale. In particolare, gli afflussi meteorici a carattere molto intenso, anche a seguito dello sversamento nella scarpata delle acque defluenti lungo la carreggiata, hanno determinato la completa saturazione dei terreni di copertura.

Le cause del dissesto sono pertanto riconducibili, oltre che all'eccezionalità dell'evento, alle pregresse precarie condizioni di equilibrio del pendio, che anche nei settori latitanti presenta chiari indizi d'instabilità, quali pronunciate gibbosità, caratteristiche rotture di pendenza e alberi inclinati.

4.1.2 Sismica

Categoria del suolo di fondazione

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, in riferimento all'individuazione della categoria del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, come definito dal D.M. 14/01/08 "Nuove norme tecniche per le costruzioni", tenuto conto dell'assetto litostratigrafico locale e delle caratteristiche geotecniche dei terreni ivi esistenti, si evince che le rocce del substrato, in cui verranno intestate le paratie tirantate, possono essere attribuite alla categoria A dei sottosuoli di fondazione, così di seguito definita:

"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".

Per quanto riguarda, invece, i terreni di copertura, si ritiene che questi possano essere attribuiti alla categoria E, così di seguito definita: "Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)".

Fattori di amplificazione dell'azione sismica

In riferimento alla vulnerabilità sismica locale, non si riscontra in questo settore la presenza di contesti geologici con caratteristiche tali da rendere i suddetti materiali suscettibili a fenomeni di liquefazione.

Dal punto di vista topografico il sito ricade nella Categoria T2, in quanto il pendio sovrastante presenta un'inclinazione media $i > 15^\circ$ (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.IV).

Il fattore sismico topografico è stato calcolato considerando che la posizione delle fondazioni delle opere in progetto si trovano ad una quota rilevata di circa 30 m rispetto al fondovalle.

Tenuto conto che sulla sovrastante dorsale il fattore di amplificazione risulta pari ad 1,2 (N.T.C. § 3.2.3 - Tab. 3.2.VI), l'incremento del fattore di amplificazione topografica (x) può essere ricavato mediante la seguente relazione: $30 : 100 = x : 0,2$

Per cui $x = 0,06$. Il fattore di amplificazione topografica (ST) - pari a 1,06 - risulta quindi trascurabile.

Pericolosità sismica

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In assenza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di detta forza devono essere definite, come indicato nel § 7.11.3 dell'N.T.C., tenendo conto che il sito in esame possiede i seguenti parametri di pericolosità sismica, riferiti alle relative coordinate topografiche (latitudine 44.45159094 - longitudine 7.10502957), con una "vita nominale" della struttura $\geq$ a 50 anni e una Classe d'uso II (NTC § 2.4.1).

4.1.3 Indagini geognostiche e assetto litostratigrafico

Per definire l'assetto litostratigrafico locale e verificare a livello puntuale le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, sono stati eseguiti dalla Ditta CITIEMME, in data 7-13 luglio 2017, n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Nello specifico, n. 2 sondaggi della profondità di 20 m sul ciglio della carreggiata e n. 2 sondaggi della profondità di 10 m al piede del pendio (All. I).

I fori dei quattro sondaggi sono stati equipaggiati con piezometri a tubo aperto, con relativo posizionamento dei pozzetti di protezione, per consentire la misura dell'escursione del livello piezometrico della falda.

Al piede del versante, in base ai dati del sondaggio S1 (nel sondaggio S2 non è stato rinvenuto il substrato roccioso), è possibile ricostruire il seguente assetto litostratigrafico:

- al di sotto di un sottile strato di terreno humico, frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, da moderatamente addensati ad addensati con la profondità, fino a 8 m circa di profondità;
- previa intercalazione di uno strato di spessore inferiore al metro di roccia sfatta "cappellaccio di alterazione", passaggio a calcemicascisti lapidei molto fratturati.

Lungo il ciglio della carreggiata, corrispondente al coronamento superiore delle due nicchie di distacco, in base ai dati dei sondaggi S3 e S4, è possibile ricostruire il seguente assetto litostratigrafico:

- al di sotto dello strato di asfalto e/o di terreni di riporto (di potenza variabile da 1.0 m circa in S4 a oltre 3.0 m in S3), frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, con intercalazioni limoso-sabbiose e livelli con ciottoli e blocchi, fino a 10 m circa di profondità;
- substrato roccioso, previa intercalazione in S3 (da 10.50 a 15.40 m di profondità) di uno strato di roccia sfatta "cappellaccio di alterazione", costituito da calcemicascisti lapidei molto fratturati.

Nel sondaggio S2, al di sotto di uno strato superficiale di terreno humico, si sono rinvenuti clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa, da moderatamente addensati ad addensati, con ripetute intercalazioni di sabbie e limi localmente debolmente argillosi, senza raggiungere il substrato roccioso.

Per valutare la consistenza dei terreni attraversati, sono state effettuate delle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro ogni 2 m di profondità. I valori di approfondimento sono risultati superiori a 30 - 40 colpi per piede al di sotto di 4 m di profondità, molto elevati nel "cappellaccio di alterazione" e a rifiuto nel substrato roccioso.

Durante le perforazioni è stata riscontrata la presenza di acqua soltanto nei sondaggi S1 e S4, rispettivamente a 8.60 m e 9.90 m di profondità. I fori dei quattro sondaggi sono stati, comunque, equipaggiati con piezometri a tubo aperto.

Le stratigrafie dei sondaggi, con la relativa ubicazione, sono riportate nei moduli allegati in calce alla Relazione Geologica.

4.1.4 Caratteristiche geotecniche

Le rocce del substrato, rappresentate principalmente da calcemicascisti, possiedono requisiti meccanici variabili in funzione dell'abbondanza dei minerali micacei lungo i piani di discontinuità, che determina nelle facies più fissili una notevole riduzione della resistenza al taglio.

A causa della tessitura scistosa, il loro comportamento risulta anisotropo; a parità di stato degli sforzi la resistenza al taglio varia in funzione dell'angolo tra la direzione dei piani di discontinuità e quella dei carichi applicati, con valori di resistenza minima lungo piani di rottura corrispondenti a quelli di discontinuità della roccia. I requisiti geomeccanici dell'ammasso roccioso variano, inoltre, in funzione della spaziatura dei giunti di scistosità e del grado di fratturazione e di alterazione.

A titolo indicativo, si ritiene plausibile considerare l'ammasso roccioso come appartenente alla Classe III di Bieniawski (1989), con un angolo di attrito di parete compreso tra 35° e 40°. I valori della coesione sono ovviamente molto più dispersi, anche se nel complesso sempre elevati, compresi tra 1.5 e 2 kg/cm².

Ai materiali sciolti degli accumuli di frana, assimilabili a frammenti e clasti litoidi di varia pezzatura in abbondante matrice limoso-sabbiosa da moderatamente addensati ad addensati, si può invece attribuire un angolo di attrito interno compreso tra 30° e 35° in funzione dell'abbondanza della frazione più grossolana, con coesione uguale a 0 nel caso di totale saturazione. Il valore della densità naturale (γ_n) dovrebbe essere dell'ordine di 19 kN/ m³.

Trattasi di terreni non caratterizzabili nel loro insieme dal punto di vista fisico - meccanico a causa della grande eterogeneità e della struttura fortemente eterometrica, che non consentono la realizzazione delle convenzionali prove di laboratorio volte alla caratterizzazione geotecnica "di massa".

In riferimento alla capacità portante del sistema terreno - fondazioni, questi materiali presentano caratteristiche da mediocri a soddisfacenti in funzione dell'abbondanza dello scheletro. I livelli limoso-sabbiosi, ove debolmente argillosi, presentano una certa sensibilità all'acqua e sono quindi leggermente plastici e compressibili.

Di conseguenza, potranno essere utilizzati quali materiali di riempimento, a tergo delle paratie tirantate di micropali impostate nel substrato roccioso, a condizione di scartare la frazione più fine limoso-argillosa.

4.1.5 Analisi della fenomenologia dissestiva

Ribadito che nell'area in esame non si rilevano indizi d'instabilità a livello del substrato roccioso, si riscontrano, invece, nell'ambito della coltre di copertura su cui insiste il rilevato stradale, evidenze morfologiche di processi franosi in atto o recentemente avvenuti, a cui sono imputabili i movimenti che hanno compromesso la staticità del muro di sostegno e provocato i cedimenti della carreggiata.

Nello specifico, il dissesto, sviluppatosi in tempi brevi durante l'evento alluvionale del 28-30 maggio 2008, ha causato lo sprofondamento del muro e della retrostante sede stradale, senza interessare, però, la banchina di monte e il muro di sostegno in pietra della sovrastante strada di accesso alla parte alta della borgata (si vedano gli allegati alla Relazione Geologica).

Trattasi di una tipica frana di scivolamento, con profondità e forma della superficie di movimento controllata dal substrato roccioso (si vedano gli allegati alla Relazione Geologica), innescatasi per il brusco decadimento dei parametri di resistenza al taglio del terreno a seguito delle elevate quantità di acqua rapidamente infiltratesi nei terreni superficiali e non smaltibili attraverso gli orizzonti più profondi impermeabili.

In particolare, gli afflussi meteorici a carattere molto intenso, anche a seguito dello sversamento lungo la scarpata delle acque defluenti lungo la carreggiata stradale, hanno determinato la saturazione (e conseguente plasticizzazione) della frazione fine limoso-argillosa dei terreni di fondazione del muro di sostegno.

L'innescò del fenomeno è imputabile, oltre che all'eccezionalità dell'evento, alle pregresse precarie condizioni di equilibrio del versante, che anche nei settori latitanti presenta chiari indizi d'instabilità, quali pronunciate gibbosità, caratteristiche rotture di pendenza e alberi inclinati.

4.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

4.2.1 Archeologia

Non sussistono problematiche legate alla presenza di siti con possibile valenza archeologica.

4.2.2 Censimento delle interferenze

Non risultano interferenze con servizi aerei o interrati.

4.2.3 Piano di gestione delle materie

Gli eventuali materiali terrosi di risulta degli scavi con ipotesi di soluzione delle esigenze di cave e discariche;

4.3 INQUADRAMENTO ARCHITETTONICO-STRUTTURALE

4.3.1 Architettura e funzionalità dell'intervento

Come desumibile dalle Tavole allegate al Progetto, le opere consisteranno esclusivamente in muri tirantati sottofondati su micropali, che verranno parzialmente coperti col rimodellamento del versante e non saranno visibili da altri tratti stradali o da abitazioni.

4.3.2 Impianti e sicurezza

Il progetto non prevede la realizzazione di impiantistica di alcun genere.