



REGIONE LOMBARDIA - PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI PISOGNE

OGGETTO:	PROGETTO ESECUTIVO MESSA IN SICUREZZA STRADA PER SONVICO A SEGUITO DEL CROLLO DELLA GALLERIA DI PROTEZIONE. LOTTO 2: STRADA ALTERNATIVA TEMPORANEA, SMARINO DEL MATERIALE, ULTERIORE DISGAGGI E SISTEMA DI MONITORAGGIO CUP: D57G26000120006.					
COMMITTENTE:	Comune di Pisogne Viale Vallecamonica 2 25055 - Pisogne - BS					
COMMESSA:	L.431.26	ELABORATO:	L.431.26.PE.A.001	DATA:	LUGLIO 2026	
TITOLO:	RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA			SCALA:	Doc.	
VERSIONE:	DATA	DESCRIZIONE		RED.	VER.	APP.
SPAZIO RISERVATO ALL'UFFICIO TECNICO:				PROGETTO:	TECNICO INCARICATO: Ing. Luca Vitali via Mazzini, 12/a 25043 - Breno (Brescia) tel. 0364.21166 - cell. 3939263222 info@ingvitali.it - www.studioingegneriavitali.it p.iva 02266370986 - c.f. VTLLGR73S11B149F	
IL R.U.P.:				 		
IL SINDACO:						
TOLLERANZE:	TUTTE LE MISURE SI INTENDONO +/- 0.01 MT, SE NON DIVERSAMENTE SPECIFICATO					

La proprietà di questi disegni è riservata, a termine di legge, allo studio d'ingegneria Luca Vitali. E' fatto divieto di riprodurlo o renderlo noto a terzi senza precisa autorizzazione



RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

Oggetto: MESSA IN SICUREZZA STRADA PER SONVICO A SEGUITO DEL CROLLO
DELLA GALLERIA DI PROTEZIONE.
LOTTO 2: STRADA ALTERNATIVA TEMPORANEA, SMARINO DEL
MATERIALE, ULTERIORE DISGAGGI E SISTEMA DI MONITORAGGIO
CUP: D57G26000120006.

Indirizzo: “Via di Mora” – Pisogne (BS)

Committente: Comune di Pisogne
Viale Vallecamonica, 2
25055 - Pisogne - BS

Tecnico incaricato: Dott. Ing. Vitali Luca Gerolamo
Via Mazzini nr. 12/a
25043 Breno (BS)

Data: Luglio 2026



Sommario

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO	4
2.1 Inquadramento territoriale	4
2.2 Inquadramento viabilistico e funzionale	7
2.3 Inquadramento paesaggistico, forestale e archeologico	8
3. STATO DEI LUOGHI	8
3.1 Da innesto su viabilità esistente / località Dossello al settore della Valle di S. Pietro	9
3.2 Dal ponte sulla Valle di San Martino al terzo tornante a monte di Cascina Mora	13
3.2.1 Ponte storico sulla Valle di San Martino: caratteri e conservazione	13
3.3 Dal terzo tornante a monte di Cascina Mora all'innesto su Sonvico Inferiore	20
4. MOTIVI DELL'INTERVENTO: IL FENOMENO FRANOSO	24
5. OPERE IN PROGETTO	27
5.1 Soluzioni costruttive adottate e specifiche tecniche	27
5.1.1 Terre rinforzate e geogriglie	27
5.1.2 Strutture mono-ancoraggio tipo "Farfalla"	29
5.1.3 Reti e pannelli di consolidamento	30
5.1.4 Barriere stradali di sicurezza	31
5.1.5 Pacchetto e finitura della pavimentazione	33
5.1.6 Condizioni di esercizio, pendenze eccezionali e percorribilità invernale	35
5.1.7 Prescrizioni per il transito durante l'esecuzione dei lavori	36
5.2 Da innesto su viabilità esistente / località Dossello al settore della Valle di S. Pietro	37
5.3 Dal ponte sulla Valle di San Martino al terzo tornante a monte di Cascina Mora	39
5.3.1 Criteri di conservazione e restauro del ponte storico sulla Valle di San Martino	39
5.3.2 Adeguamento della sede stradale dal ponte al terzo tornante	41
5.4 Dal terzo tornante a monte di Cascina Mora all'innesto su Sonvico Inferiore	43
6. VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO	45
6.1 Riferimenti normativi	45
6.2 Contesto: evento di crollo massi del 27 dicembre 2025	45
6.3 Localizzazione della pericolosità	45
6.4 Efficacia dell'intervento proposto	46
6.5 Analisi quantitativa della riduzione del rischio	47
6.6 Livello di efficacia	48
6.7 Riferimento alle procedure regionali	48
6.8 Adeguamento dello strumento urbanistico	48
6.9 Conclusioni	48



1. PREMESSA

La presente relazione tecnica illustrativa generale è redatta a supporto del progetto di messa in sicurezza della strada alternativa per Sonvico, in Comune di Pisogne, a seguito dell'evento franoso che ha interessato il versante lungo la viabilità principale di collegamento con la frazione. L'intervento si rende necessario in conseguenza del crollo verificatosi nella notte tra il 26 e il 27 dicembre 2025, che ha interessato il versante montano sovrastante la strada intervalliva Pisogne – Colle San Zeno, provocando il danneggiamento della galleria di protezione paramassi e della carreggiata stradale. Tale evento ha determinato l'interruzione della viabilità principale e ha reso necessario individuare una soluzione alternativa, anche di carattere temporaneo, per garantire il collegamento con l'abitato di Sonvico e con le località poste a monte.

La strada principale, allo stato attuale risulta interdetta al transito a causa del materiale che ne ostruisce il passaggio ed anche l'eventuale rimozione dei detriti non consentirebbe la percorribilità in sicurezza, con conseguenti criticità per i residenti, per le attività presenti sul territorio e per l'accessibilità dei mezzi di soccorso, manutenzione e servizio. L'impossibilità di procedere in tempi brevi al pieno ripristino della viabilità interrotta ha portato alla necessità di adeguare un tracciato alternativo esistente, costituito in larga parte dalla vecchia mulattiera di collegamento tra Pisogne e Sonvico, oggi riconoscibile nel sentiero CAI 202, comunemente nominata come "Via di Mora".

Il tracciato oggetto di intervento si sviluppa lungo il versante sottostante l'abitato di Sonvico, attraversando ambiti boscati, aree agricole residuali, tratti di viabilità storica, muri a secco, porzioni acciottolate e il ponte in pietra sulla Valle di San Martino. L'intervento assume pertanto una duplice valenza: da un lato risponde a una necessità urgente di accessibilità e sicurezza viabilistica; dall'altro interessa un contesto territoriale caratterizzato da elementi paesaggistici, forestali e storico-testimoniali che richiedono specifiche attenzioni progettuali ed esecutive.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere in modo organico il contesto territoriale e funzionale dell'intervento, lo stato dei luoghi, le criticità conseguenti all'evento franoso e le principali opere previste per rendere il tracciato idoneo al transito veicolare in condizioni di sicurezza. Nei successivi capitoli l'analisi verrà sviluppata distinguendo il percorso in tre tratti



omogenei, al fine di consentire una lettura più chiara delle condizioni esistenti e delle soluzioni progettuali previste.

2. INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO

2.1 Inquadramento territoriale

L'intervento ricade nel territorio comunale di Pisogne, in Provincia di Brescia, lungo il versante montano posto a sud e sud-ovest dell'abitato di Sonvico Inferiore. Il tracciato oggetto di adeguamento costituisce il collegamento alternativo tra la viabilità esistente di valle, in prossimità delle località Ronchi-Dossello, e la frazione di Sonvico.

Sonvico è situata a circa 560 m s.l.m., sulle pendici del Monte Regina, all'interno di un contesto territoriale tipicamente prealpino. L'ambito è caratterizzato da versanti boscati, impluvi naturali, terrazzamenti, prati permanenti e nuclei rurali sparsi, con morfologia localmente acclive e articolata.

L'inquadramento su Carta Tecnica Regionale, mostrato in Figura 1, consente di leggere il percorso in rapporto alla conformazione del versante: la strada si sviluppa da valle verso monte con andamento a mezza costa, attraversando vallecole e impluvi secondari, tra cui la Valle di San Pietro e la Valle di San Martino, fino a raggiungere il margine nord-occidentale dell'abitato di Sonvico Inferiore.



CTR - SCALA 1:10.000

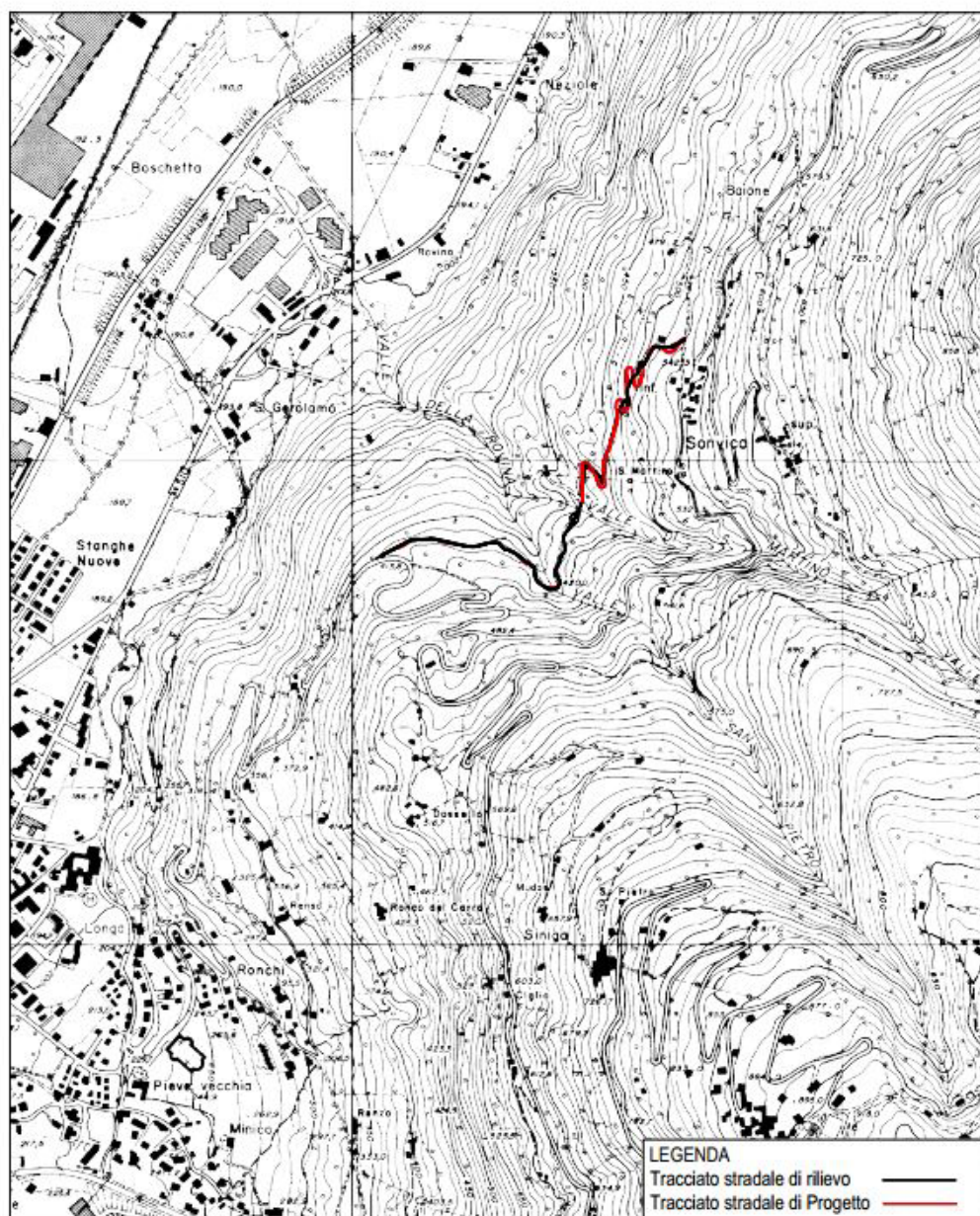


Figura 1: Inquadramento su Carta Tecnica Regionale

L'inquadramento su ortofoto, mostrato in Figura 2, evidenzia invece il rapporto tra il tracciato e l'assetto attuale del territorio. Il percorso attraversa prevalentemente superfici boscate, con aperture prative localizzate in corrispondenza di cascina Mora e dell'abitato. La strada si inserisce quindi in un ambito di medio versante già storicamente antropizzato, ma oggi fortemente

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F



caratterizzato dalla componente forestale e dalla progressiva riduzione delle superfici agricole tradizionali.

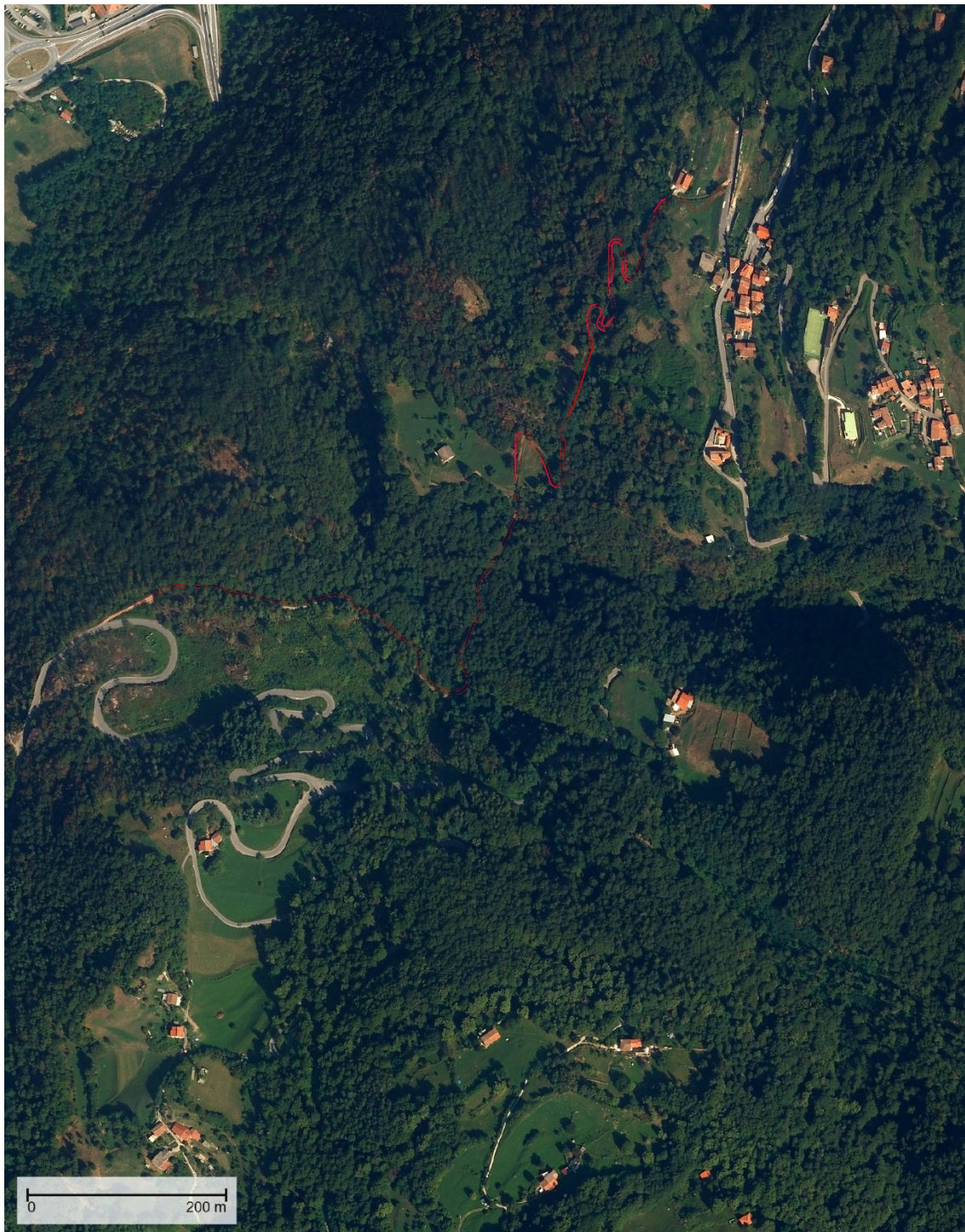


Figura 2: Inquadramento su ortofoto

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F



2.2 Inquadramento viabilistico e funzionale

L'intervento riguarda l'adeguamento della viabilità alternativa di collegamento con l'abitato di Sonvico, resasi necessaria a seguito dell'interruzione della strada principale conseguente all'evento franoso che ha interessato il versante e la galleria di protezione paramassi.

La strada principale costituiva il collegamento ordinario tra Pisogne, Sonvico e le località poste a monte. Il suo danneggiamento ha determinato una condizione di criticità per l'accessibilità della frazione, con effetti diretti sulla mobilità dei residenti, sulla possibilità di transito dei mezzi di servizio e soccorso, nonché sulla gestione e manutenzione del territorio montano.

Il tracciato alternativo individuato, corrispondente alla **Via di Mora**, si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa **1.215 m**, procedendo dalla viabilità esistente di valle fino all'innesto con l'abitato di Sonvico Inferiore. Esso riprende in larga parte un percorso già esistente, storicamente utilizzato come collegamento tra Pisogne e Sonvico, oggi in parte riconoscibile nella vecchia mulattiera e nel sentiero CAI 202.

Dal punto di vista funzionale, il percorso assume oggi un ruolo diverso rispetto all'originaria funzione pedonale, agricola o escursionistica. L'intervento è infatti finalizzato a rendere il collegamento idoneo, nei limiti imposti dal contesto montano, al transito veicolare controllato, garantendo continuità di accesso alla frazione e migliorando le condizioni di sicurezza lungo l'intero sviluppo stradale.

Il primo tratto del percorso riprende il tracciato originario esistente, senza modifiche plano-altimetriche significative. Procedendo verso monte, la strada presenta invece caratteristiche più articolate, con tratti a sezione ridotta, curve strette, pendenze sostenute e punti nei quali la morfologia del versante condiziona fortemente la percorribilità. Tali condizioni rendono necessario un adeguamento complessivo del collegamento, volto a migliorare la transitabilità, la sicurezza del sedime stradale, la stabilità delle scarpate e la gestione delle acque superficiali.

L'intervento non si configura quindi come realizzazione di una nuova infrastruttura viaria, ma come recupero e adeguamento funzionale di un collegamento esistente, reso strategico dall'attuale indisponibilità della viabilità principale. Tale impostazione consente di contenere il



consumo di nuovo suolo, valorizzare un tracciato già storicamente presente e rispondere in tempi compatibili all'esigenza di ristabilire un accesso sicuro all'abitato di Sonvico.

2.3 Inquadramento paesaggistico, forestale e archeologico

L'ambito interessato dalla Via di Mora ricade in un contesto paesaggistico e forestale sensibile, in parte occupato da superfici boscate o classificabili a bosco. Le formazioni presenti sono riconducibili prevalentemente a boschi di latifoglie, con dominanza di castagno e presenza di specie accessorie tipiche del versante prealpino. Sull'area insistono vincoli paesaggistici ai sensi del D.Lgs. 42/2004, art. 142, comma 1, lettere c) e g), oltre al vincolo idrogeologico e al vincolo relativo alla trasformazione del bosco.

Oltre agli aspetti paesaggistici e forestali, il tracciato presenta un rilevante interesse storico-testimoniale. La Via di Mora riprende infatti in parte la vecchia mulattiera di collegamento tra Pisogne e Sonvico, oggi riconoscibile nel sentiero CAI 202, utilizzata prima della realizzazione della moderna viabilità asfaltata, tale percorso si inserisca nel più ampio sistema storico dei collegamenti tra Pisogne, Sonvico, Fraine e il Colle di San Zeno, legato ai rapporti tra il Sebino, la Valcamonica e la Valtrompia.

Il territorio di Sonvico conserva inoltre testimonianze di antica frequentazione e di organizzazione insediativa di versante. Le fonti storiche richiamano la presenza di strutture fortificate, torri, muraure antiche e della chiesa di San Martino, elementi che confermano il ruolo storico del nucleo e della viabilità di collegamento a esso connessa.

Dal punto di vista archeologico, particolare attenzione è dovuta alla prossimità dell'area di Prevent, nella quale sono note rocce istoriate con numerosi segni incisi, prevalentemente coppelle.

3. STATO DEI LUOGHI

Il presente capitolo descrive lo stato attuale della Via di Mora, con riferimento alle condizioni del sedime stradale, alla morfologia del versante, alla presenza di manufatti esistenti, agli elementi storico-testimoniali riconoscibili e alle principali criticità fisiche rilevabili lungo il percorso.



La descrizione è riferita allo stato di fatto e viene mantenuta distinta dalle opere previste in progetto, che saranno illustrate nel capitolo dedicato. In questa fase vengono quindi considerati esclusivamente gli elementi esistenti: andamento del tracciato, fondo stradale, muri in pietrame, scarpate, tratti acciottolati, attraversamenti, tornanti, impluvi, aree prative e rapporti con il versante.

Per rendere più chiara la lettura del percorso, lo stato dei luoghi viene articolato in tre tratti funzionali. La suddivisione non risponde a una separazione amministrativa o progettuale del tracciato, ma a una distinzione descrittiva basata sulle caratteristiche fisiche e morfologiche che si incontrano procedendo da valle verso monte.

Il primo tratto comprende il settore inferiore della strada, a partire dall'innesto sulla viabilità esistente di valle, dove il percorso si sviluppa inizialmente lungo il versante boscato e mantiene una funzione di collegamento già riconoscibile nel tracciato originario. Il secondo tratto interessa il settore centrale, caratterizzato dall'avvicinamento e dall'attraversamento della Valle di San Martino, dalla presenza del ponte in pietra e dall'area di cascina Mora. Il terzo tratto comprende infine la porzione superiore del percorso, da cascina Mora fino all'innesto con Sonvico Inferiore, dove la strada assume un andamento più acclive e articolato, con curve, tornanti, muri di sostegno e tratti acciottolati.

3.1 Da innesto su viabilità esistente / località Dossello al settore della Valle di S. Pietro

Il primo tratto della Via di More si sviluppa a partire dall'innesto sulla viabilità esistente di valle, in prossimità della località Dossello, e procede lungo il versante boscato in direzione dell'attraversamento della Valle di S. Pietro. In questa porzione il tracciato conserva un andamento prevalentemente a mezza costa, con sede stradale già riconoscibile e percorribile, inserita in un contesto caratterizzato da vegetazione arborea e arbustiva fitta su entrambi i lati.

Il fondo stradale si presenta prevalentemente in materiale ghiaioso e stabilizzato, con tratti in terra battuta e presenza discontinua di elementi lapidei affioranti. La sezione viabile risulta variabile lungo lo sviluppo del tratto: in alcuni punti appare sufficientemente leggibile e regolare,

mentre in altri è condizionata dalla presenza della scarpata di monte, dalla vegetazione laterale e da manufatti in pietrame posti a margine della strada.

All'inizio del tratto, sul lato sinistro rispetto al senso di salita, è presente un muro in pietrame esistente, mostrato in Figura 3, parzialmente inglobato dalla vegetazione. Il manufatto appare costituito da pietrame locale di pezzatura irregolare, con porzioni visibili a margine della carreggiata e parti occultate da rovi, arbusti e deposito vegetale. La presenza del muro testimonia la storica strutturazione del sedime stradale e il rapporto tra la strada e il versante laterale.



Figura 3: Muro esistente in sinistra risalendo il tratto stradale

Procedendo lungo il tracciato si rilevano ulteriori elementi murari in pietrame, sempre localizzati in prossimità del margine stradale. In particolare vi è un punto dove è riscontrabile una venuta d'acqua che viene intercettata e convogliata in modo non completamente ordinato, determinando condizioni localizzate di umidità, deposito e possibile degrado del margine stradale. Tale situazione rappresenta uno degli elementi di attenzione del tratto, in quanto la gestione delle acque superficiali e sub-superficiali risulta determinante per la conservazione del fondo e per la stabilità delle strutture laterali.



Il tracciato raggiunge quindi l'attraversamento della Valle di S. Pietro, dove è presente un piccolo manufatto di attraversamento esistente, illustrato in Figura 4. In corrispondenza del ponte la strada mantiene continuità plano-altimetrica, ma il contesto assume maggiore delicatezza per la presenza dell'impluvio, della vegetazione ripariale e dei manufatti di contenimento laterali. L'area si presenta incassata e ombreggiata, con vegetazione fitta e presenza di materiale lapideo lungo i margini.



Figura 4: Ponticello Valle di S. Pietro

Prima dello slargo esistente posto più a monte, è presente un ulteriore muro in pietrame sul lato sinistro, anch'esso parzialmente coperto dalla vegetazione, illustrato in Figura 5. Il manufatto accompagna il margine della strada e contribuisce alla definizione della sezione viabile in un punto in cui il tracciato tende ad allargarsi. La sua presenza, insieme agli altri muri rilevati nel tratto, conferma la natura storicamente strutturata della viabilità, nonostante l'attuale uso secondario del percorso.



Figura 5: Muretto esistente in sinistra risalendo la strada

Tra il muretto e lo slargo esistente si riconosce un tratto di fondo stradale in selciato, mostrato in Figura 6, costituito da ciottoli e pietrame posati a formare una pavimentazione storica. Il selciato risulta ancora leggibile, sebbene localmente coperto da materiale fine, ghiaia e deposito vegetale.



Figura 6: Selciato esistente da Muretto in sx a slargo esistente

Nel complesso, il primo tratto presenta quindi una sede viaria esistente già impostata e riconoscibile, ma caratterizzata da alcuni elementi di attenzione: sezione stradale non omogenea, presenza di muri in pietrame a margine, venute d'acqua localizzate, attraversamento



dell'impluvio della Valle di S. Pietro, tratti di fondo storico in selciato e forte interferenza della vegetazione laterale.

3.2 Dal ponte sulla Valle di San Martino al terzo tornante a monte di Cascina Mora

Il secondo tratto si sviluppa dal ponte sulla Valle di San Martino fino al terzo tornante a monte di Cascina Mora. In questo settore si concentrano l'attraversamento storico della valle, l'accesso alla cascina e il successivo sviluppo del tracciato lungo una sequenza di curve e tornanti. Le caratteristiche storico-costruttive e lo stato di conservazione del ponte sono trattati unitariamente nel sottoparagrafo seguente; la descrizione della sede stradale prosegue quindi a monte del manufatto.

3.2.1 Ponte storico sulla Valle di San Martino: caratteri e conservazione

Il ponte sulla Valle di San Martino costituisce uno degli elementi di maggiore interesse storico, architettonico e testimoniale presenti lungo la Via di Mora. Il manufatto, di proprietà del Comune di Pisogne e sottoposto alla tutela della Soprintendenza Archeologica, Belle Arti e Paesaggio per le Province di Bergamo e Brescia, appartiene al sistema storico di collegamento tra Pisogne, Sonvico, Fraine e il Colle di San Zeno. Le informazioni di seguito riportate derivano dalla specifica relazione di restauro conservativo redatta a supporto del progetto.

L'analisi della cartografia storica consente di collocare la costruzione dell'opera nella prima metà del XIX secolo. Nella mappa del Catasto Napoleonico del 1809 il punto di attraversamento della Valle di San Martino risulta posto circa 16 m più a valle rispetto alla posizione attuale, mentre il ponte è già rappresentato nella sede odierna nel Catasto Austriaco del 1853. La sua realizzazione può pertanto essere circoscritta al periodo compreso tra il 1809 e il 1853; la successiva cartografia del Regno d'Italia del 1898 conferma il consolidamento del tracciato nella configurazione attuale.

Dal punto di vista tipologico, il manufatto è costituito da un ponte in muratura ad arco a tutto sesto, a singola campata, con luce netta di circa 8,10 m. Le spalle sono impostate direttamente sugli affioramenti rocciosi laterali mediante basamenti sagomati di forma pressoché quadrangolare. In corrispondenza della base dell'arco sono tuttora riconoscibili alcune buche

pontaie, verosimilmente utilizzate per l'alloggiamento delle travi della centina lignea o dei ponteggi impiegati durante la costruzione.

Le murature sono realizzate prevalentemente con pietrame locale di natura arenacea a cemento siliceo, riconducibile al Verrucano Lombardo, allettato con malta di calce e inerti locali di granulometria medio-grossa. Tale scelta determina una forte continuità materica e cromatica tra il manufatto e gli affioramenti della valle. I paramenti esterni e la volta presentano porzioni nelle quali la malta originaria ricopre parzialmente o interamente gli elementi lapidei; sull'intradosso sono inoltre riconoscibili tracce residue di un antico strato di intonaco grezzo. Il nucleo interno è presumibilmente costituito da muratura a sacco composta da pietrame e ciottoli immersi nella matrice legante.

(a)



(b)



Figura 7: Ponte storico sulla Valle di San Martino: (a) vista generale dal fondo valle; (b) intradosso con vegetazione infestante e quadri fessurativi.

In epoca successiva il ponte è stato interessato da interventi localizzati di riparazione mediante rinzaffi e stuccature in malta cementizia. L'analisi autoptica condotta su un campione rinvenuto alla base del manufatto ha evidenziato la sovrapposizione di uno strato cementizio grigio, più duro e rigido, alla malta di calce originaria, più chiara e relativamente friabile. Tali materiali



moderni risultano potenzialmente incompatibili con la muratura storica sotto il profilo meccanico, fisico e chimico, potendo limitare la traspirabilità e favorire la concentrazione di umidità e sali all'interno della compagine muraria.

Lo stato di conservazione risulta condizionato dalla collocazione del ponte in un ambiente di forra caratterizzato da elevata umidità, scarsa insolazione, percolamento delle acque e presenza diffusa di vegetazione. Le superfici murarie risultano estesamente ricoperte da edera, felci, muschi, alghe e altre piante infestanti. Gli apparati radicali penetrati nei giunti possono esercitare un'azione disgregante, favorendo lo svuotamento delle fughe, il distacco degli elementi lapidei e lo scalzamento localizzato dei paramenti.

Sull'intradosso sono visibili fessurazioni e fenditure che interessano la continuità della struttura muraria. La presenza, sul fondo della valle, di calcinacci e porzioni di muratura costituite da pietrame e malta testimonia inoltre l'avvenuto distacco di materiale dalla volta o dai paramenti. Nelle zone direttamente osservabili si rilevano fenomeni di decoesione e dilavamento della malta storica, erosione superficiale e svuotamento dei giunti, riconducibili principalmente all'azione delle acque meteoriche e alle infiltrazioni provenienti dall'estradosso.

Sono inoltre presenti depositi superficiali coerenti e incoerenti, patine biologiche e croste calcaree generate dal percolamento dell'acqua. I rinzaffi cementizi realizzati durante precedenti interventi appaiono localmente degradati e possono contribuire alla concentrazione dell'umidità e all'alterazione delle malte di allettamento originarie.

Anche gli elementi di protezione laterale del piano viabile si trovano in condizioni di degrado. Sul lato destro, procedendo da Pisogne verso Sonvico, è presente una staccionata lignea fortemente deteriorata; sul lato opposto permane un muretto in pietrame realizzato con tecnica analoga a quella del ponte, conservato soltanto per una parte della lunghezza originaria e parzialmente crollato nella restante porzione. Entrambi gli elementi risultano in larga parte avvolti dalla vegetazione.

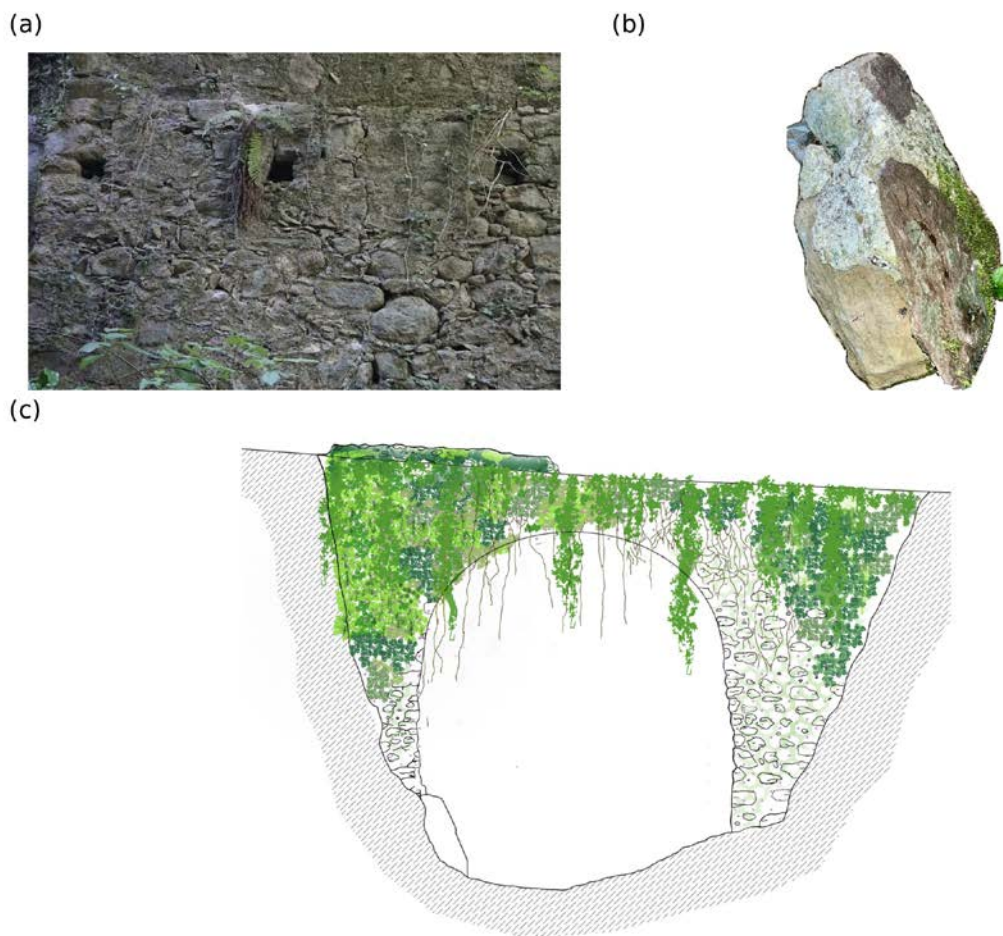


Figura 8: Elementi diagnostici e conservativi: (a) buche pontai e tessitura muraria; (b) porzione di muratura distaccata rinvenuta sul fondo valle; (c) mappatura preliminare dei principali fenomeni di degrado.

Il quadro conservativo descritto deve essere considerato preliminare. La fitta copertura vegetale e la difficile accessibilità dell'intradosso non consentono, allo stato attuale, una completa osservazione delle murature e una precisa valutazione dell'estensione dei fenomeni di degrado. La definizione del quadro fessurativo e la mappatura ravvicinata delle superfici potranno essere completate soltanto dopo la rimozione controllata della vegetazione infestante e l'installazione di un idoneo ponteggio di servizio. Per il dettaglio delle indagini, delle mappature e delle successive operazioni conservative si rinvia alla relazione specialistica dedicata al restauro del manufatto.

Superato il ponte, il tracciato intercetta l'accesso a Cascina Mora, in Figura 9. In questo punto la sede stradale presenta un fondo misto, con porzioni in terra battuta, pietrame affiorante e tratti



di selciato ancora riconoscibili. L'area mantiene una configurazione di passaggio e raccordo, con margini stradali definiti dalla vegetazione e dalla presenza di manufatti minori legati all'accesso alla cascina.

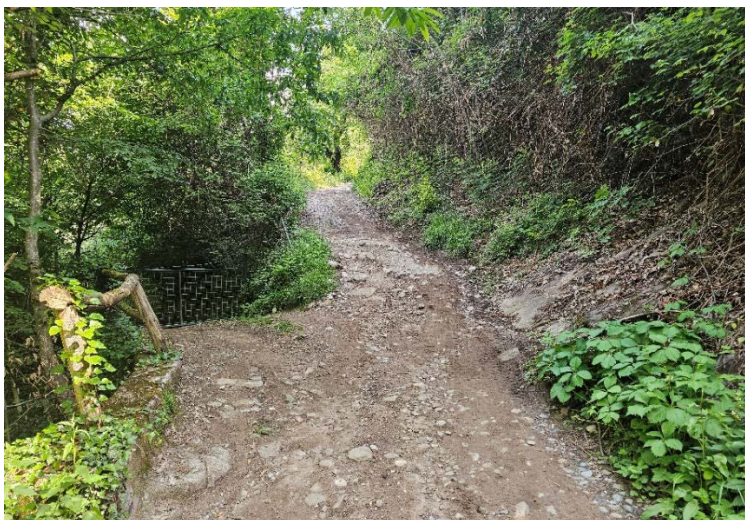


Figura 9: Accesso a Cascina Mora

Procedendo verso monte, la strada assume un andamento più acclive e si sviluppa tra il versante di monte, localmente inciso o sostenuto da muri e affioramenti, e il lato di valle caratterizzato da vegetazione fitta e pendenza marcata. Il fondo stradale conserva ampie porzioni in selciato, con ciottoli e pietrame posati secondo una tessitura ancora leggibile, sebbene localmente interrotta o coperta da materiale fine, terra e detrito.

Nel tratto compreso fra i primi tornanti, mostrato in Figura 10, il percorso mantiene una sezione contenuta e un andamento sinuoso. Il sedime è delimitato dalla scarpata di monte e da un ciglio di valle in parte mascherato dalla vegetazione. La presenza del selciato, dei margini in pietrame e dei tratti di contenimento laterale conferisce a questa porzione un evidente carattere storico-testimoniale.



Figura 10: Tratto stradale compreso fra il tornante 1 e il tornante 2

In corrispondenza del secondo tornante, la strada presenta una curva stretta, illustrata in Figura 11 e 12, con fondo ancora in parte acciottolato e con il lato di valle affacciato su un versante boscato in forte pendenza. L'andamento planimetrico risulta condizionato dalla morfologia del pendio: la curva consente il superamento del dislivello ma rappresenta, allo stato attuale, un punto di particolare attenzione per la ridotta ampiezza della sede e per la limitata visibilità.



Figura 11: Tornante numero 2



Figura 12: Pendio in corrispondenza del tornante numero 2

A monte del secondo tornante, il tracciato prosegue in salita con fondo in selciato e tratti in terra e pietrame. Il versante di monte risulta ravvicinato alla sede stradale, mentre verso valle permane una scarpata vegetata. In questa porzione la strada conserva ancora una buona leggibilità come percorso storico, ma le condizioni del fondo e la presenza di materiale sciolto rendono evidente la necessità di un'attenta valutazione della percorribilità.



Figura 13: Tratto di strada fra il tornante 2 e il tornante 3

Il tratto si conclude in corrispondenza dell'avvicinamento al terzo tornante a monte di Cascina Mora, mostrato in Figura 13, assunto come limite descrittivo del presente paragrafo. Nel



complesso, la porzione a monte del manufatto è caratterizzata dall'accesso a Cascina Mora e dal successivo sviluppo in salita su tracciato acciottolato e tornanti. Tali elementi conferiscono al settore un valore storico e paesaggistico rilevante, ma evidenziano anche criticità legate alla pendenza, alla larghezza ridotta, alla stabilità dei margini e alla conservazione del fondo stradale.

3.3 Dal terzo tornante a monte di Cascina Mora all'innesto su Sonvico Inferiore

Il terzo tratto della Via di More prende avvio in corrispondenza del terzo tornante a monte di Cascina Mora e prosegue fino all'innesto con la viabilità di Sonvico Inferiore. In questa porzione il tracciato assume un andamento più articolato e acclive, caratterizzato da una successione ravvicinata di tornanti, tratti in salita e porzioni di strada sostenute da muri esistenti.

In corrispondenza dell'imbocco del terzo tornante, in Figura 14, la strada si presenta con fondo prevalentemente in terra e pietrame, con elementi lapidei affioranti e vegetazione molto prossima ai margini della carreggiata. Il lato di monte è generalmente addossato al versante, mentre il lato di valle si apre su un pendio boscato, localmente sostenuto o delimitato da manufatti in pietrame.



Figura 14: Imbocco del tornante numero 3

Procedendo verso monte si raggiunge il quarto tornante, mostrato in Figura 15, dove è presente un muro di consolidamento esistente a sostegno del margine stradale. Il manufatto contribuisce



alla stabilità del corpo viario in un punto in cui la strada cambia direzione e risulta maggiormente condizionata dalla pendenza del versante. Anche in questo settore il fondo stradale mantiene caratteristiche miste, con prevalenza di terra battuta, ciottoli e pietrame affiorante.



Figura 15: tornante 4 e muro di consolidamento

A monte del quarto tornante il tracciato prosegue con andamento in salita lungo il versante. La strada è delimitata da vegetazione arbustiva e arborea su entrambi i lati, con sezione viabile contenuta e margini non sempre nettamente leggibili.



Figura 16: tratto di strada a salire dal tornante 4



Nel tratto compreso tra il quarto e il quinto tornante si rileva la presenza di muri di consolidamento esistenti, impostati fino a quota strada, che svolgono funzione di contenimento e stabilizzazione del versante di valle. Tali manufatti rappresentano elementi significativi dello stato di fatto, in quanto testimoniano la necessità storica di sostenere il sedime stradale nei punti più esposti e acclivi.



Figura 17: tratto di strada compreso fra i tornanti 4 e 5

Il quinto e il sesto tornante costituiscono una sequenza ravvicinata di curve strette, funzionale al superamento del dislivello nel tratto superiore della strada. Come mostrato in Figura 18, in questa zona il tracciato risulta particolarmente condizionato dalla morfologia del pendio: la carreggiata presenta larghezza ridotta, visibilità limitata e fondo non omogeneo, con tratti in terra, pietrame e porzioni localmente più compatte.



Figura 18: tratto di strada composto dai tornanti 5 e 6

In corrispondenza del sesto tornante si rileva inoltre un muretto di consolidamento esistente, posto a presidio del margine stradale.

Superati i tornanti superiori, la strada prosegue verso Sonvico con andamento meno tortuoso. Nell'ultimo tratto il fondo cambia carattere e diventa una pavimentazione in calcestruzzo/gettata, che accompagna l'avvicinamento all'abitato, mostrato in Figura 19 e 20.

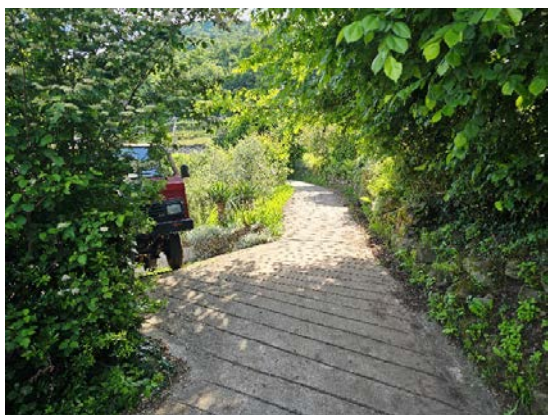


Figura 19 - 20: Tratto stradale di accesso alla frazione di Sonvico

Questo settore rappresenta la transizione tra il tracciato storico di versante e la viabilità urbana o periurbana di Sonvico Inferiore. Il tratto si conclude in corrispondenza dell'innesto con la strada esistente di Sonvico. In questo punto il percorso esce progressivamente dal contesto boscato e si collega al margine dell'abitato, con visuale aperta verso il lago e il fondovalle. Nel complesso, il terzo tratto è caratterizzato da pendenza sostenuta, tornanti ravvicinati, fondo stradale



disomogeneo, presenza di muri di consolidamento e transizione finale verso una pavimentazione più stabile in prossimità del centro abitato.

4. MOTIVI DELL'INTERVENTO: IL FENOMENO FRANOSO

L'intervento di adeguamento della Via di More trova la propria motivazione nell'evento franoso verificatosi nella notte tra il 26 e il 27 dicembre 2025, lungo la strada principale di collegamento tra Pisogne e le frazioni montane di Sonvico, Fraine e Val Palot. Il dissesto ha interessato il versante roccioso sovrastante la sede stradale, in località Sonvico Inferiore, provocando il crollo di materiale lapideo sulla viabilità sottostante e il danneggiamento delle opere di protezione esistenti. Le immagini allegate documentano con evidenza la dimensione del fenomeno: il fronte roccioso si presenta ampiamente esposto, con un consistente accumulo di blocchi e detriti alla base, direttamente a ridosso della galleria paramassi e della carreggiata. Il materiale franato ha interessato sia l'area immediatamente prospiciente la parete sia il manufatto di protezione, compromettendo la continuità e la sicurezza della strada principale.

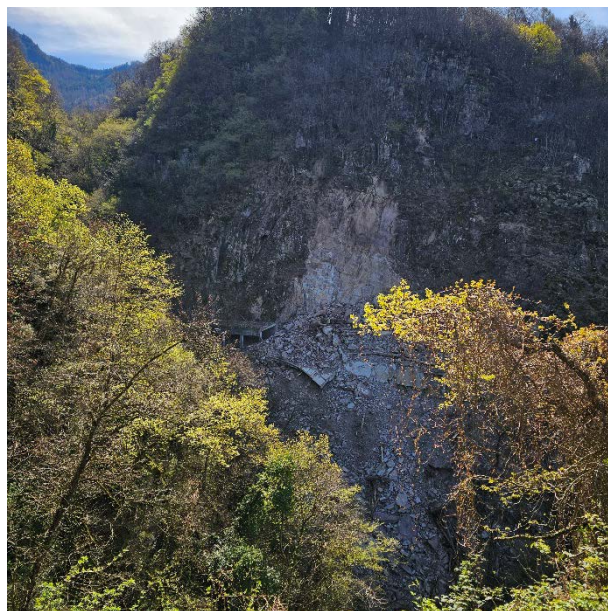


Figura 21 - 22: corpo di frana che ha interessato la strada per Sonvico



Le fonti giornalistiche pubblicate nei giorni immediatamente successivi all'evento confermano che lo smottamento si è verificato attorno alla mezzanotte, lungo la strada verso la Val Palot, senza coinvolgere persone, ma con interessamento della barriera/galleria paramassi e conseguente chiusura della strada in entrambe le direzioni.

Il fenomeno non si è limitato alla sola caduta di materiale sulla sede stradale, ma ha evidenziato una condizione di instabilità più ampia del versante. Secondo quanto riportato dalla stampa locale, i primi sopralluoghi tecnici avrebbero individuato la presenza di una crepa nella parete rocciosa sovrastante la strada, rendendo necessario procedere prima alla messa in sicurezza del versante e solo successivamente alla rimozione del materiale e alla ricostruzione delle opere danneggiate.

Il crollo ha determinato l'immediata interruzione della strada principale, rendendo impraticabile il collegamento ordinario con Sonvico e con le località poste a monte. La frana ha danneggiato gravemente la galleria paramassi e la carreggiata, rendendo il tratto stradale non percorribile allo stato attuale.

L'interruzione della viabilità ha prodotto effetti rilevanti sulla mobilità locale. Il collegamento principale costituiva infatti l'accesso ordinario alle frazioni montane di Sonvico, Fraine e Val Palot; la sua chiusura ha obbligato residenti e utenti a ricorrere a percorsi alternativi più lunghi, tortuosi e non sempre idonei a garantire un transito agevole. Anche le notizie successive all'evento confermano la gravità dei disagi: nei mesi seguenti sono stati avviati sopralluoghi e interventi di messa in sicurezza del versante, senza poter indicare tempi certi per la riapertura della viabilità principale; nel frattempo i residenti hanno dovuto utilizzare percorsi alternativi più lunghi, tra cui quelli passanti da Croce Marino e Grignaghe.

Alla luce dell'impossibilità di ripristinare in tempi brevi la strada principale, si è resa necessaria l'individuazione di una viabilità alternativa capace di garantire il collegamento con l'abitato di Sonvico e con le località montane retrostanti. In tale quadro si inserisce l'adeguamento della Via di More, tracciato già esistente e storicamente utilizzato come collegamento locale.

La relazione archeologica evidenzia che, proprio a seguito dell'evento franoso e dell'impossibilità di rimuovere la frana in tempi brevi, il Comune di Pisogne ha valutato la riattivazione della



vecchia mulattiera che collegava Pisogne a Sonvico prima della realizzazione della strada asfaltata.

Le notizie di stampa successive all'evento confermano inoltre che il tema della viabilità alternativa è stato considerato centrale per ridurre i disagi dei residenti. In particolare, è stata richiamata l'intenzione di intervenire sulla strada esistente di Mora, rendendola più facilmente percorribile quale soluzione provvisoria e funzionale al collegamento con le frazioni.

L'intervento sulla Via di Mora assume quindi carattere di urgenza e pubblica utilità: non nasce come nuova infrastruttura ordinaria, ma come risposta funzionale a una condizione di emergenza viabilistica prodotta dall'interruzione della strada principale. La finalità è garantire continuità di accesso, migliorare la sicurezza del transito e consentire il passaggio dei mezzi necessari alle attività ordinarie, di soccorso e di presidio del territorio.

L'evento franoso ha evidenziato una serie di criticità tra loro connesse:

- In primo luogo, il versante roccioso interessato dal crollo presenta una condizione di instabilità non risolvibile con la semplice rimozione del materiale caduto. La necessità di verifiche, disaggi e interventi di messa in sicurezza della parete ha comportato il prolungamento dei tempi di chiusura della viabilità principale.
- In secondo luogo, la galleria paramassi e la carreggiata stradale risultano gravemente danneggiate, con perdita della funzionalità dell'opera di protezione e impossibilità di garantire il transito in sicurezza. Il materiale franato ha invaso la sede viaria e compromesso gli elementi di protezione laterale e strutturale.
- In terzo luogo, l'interruzione del collegamento ha prodotto un problema di accessibilità territoriale, con particolare riferimento alle frazioni di Sonvico, Fraine e Val Palot. La necessità di percorrere itinerari alternativi più lunghi e meno agevoli ha inciso sulla mobilità quotidiana dei residenti e sulla possibilità di garantire servizi, soccorsi e manutenzioni.

Infine, l'adeguamento della Via di Mora deve confrontarsi con le caratteristiche proprie di un tracciato storico di versante: pendenze sostenute, larghezze ridotte, tornanti, muri in pietrame, tratti acciottolati, attraversamenti e contesto boscato. Tali condizioni rendono necessario un



intervento mirato, capace di rispondere all'emergenza viabilistica senza cancellare la natura storica e paesaggistica del percorso.

5. OPERE IN PROGETTO

Gli interventi in progetto sono finalizzati all'adeguamento funzionale della Via di Mora quale viabilità alternativa temporanea di collegamento con Sonvico, resa necessaria dall'interruzione della strada principale a seguito dell'evento franoso che ha interessato la galleria di protezione paramassi e la carreggiata esistente.

L'obiettivo è ottenere un collegamento carrabile controllato e compatibile con il contesto montano, mantenendo quanto più possibile il sedime storico e concentrando le modifiche nei punti in cui pendenze, raggi di curvatura, larghezza della piattaforma e condizioni dei margini non consentono un transito sufficientemente sicuro. Le opere comprendono la regolarizzazione e il consolidamento del piano viabile, gli allargamenti localizzati, la sistemazione dei tornanti, la realizzazione di piazzole di scambio, le opere di sostegno e consolidamento delle scarpate, la regimazione delle acque e l'installazione dei dispositivi di ritenuta.

Le tecnologie e i materiali comuni ai diversi settori sono descritti nel paragrafo seguente; nei successivi paragrafi territoriali vengono invece individuati gli interventi effettivamente previsti lungo ciascun tratto della strada.

5.1 Soluzioni costruttive adottate e specifiche tecniche

5.1.1 Terre rinforzate e geogriglie

Nei tratti in riporto e nelle zone in cui l'ampliamento della piattaforma interessa terreni con portanza differente, il progetto prevede l'impiego coordinato di geogriglie strutturali, geocompositi di rinforzo del sottofondo e geogriglie antierosive. La scelta è finalizzata a limitare i cedimenti e le deformazioni differenziali, a distribuire i carichi del rilevato e della sovrastante sede stradale e a stabilizzare il paramento esterno.

Per le terre rinforzate sono previste geogriglie in polivinilalcol a bassa deformabilità e basso creep, tipo **Fortrac 55 MDT o equivalente**, con deformazione massima contenuta e



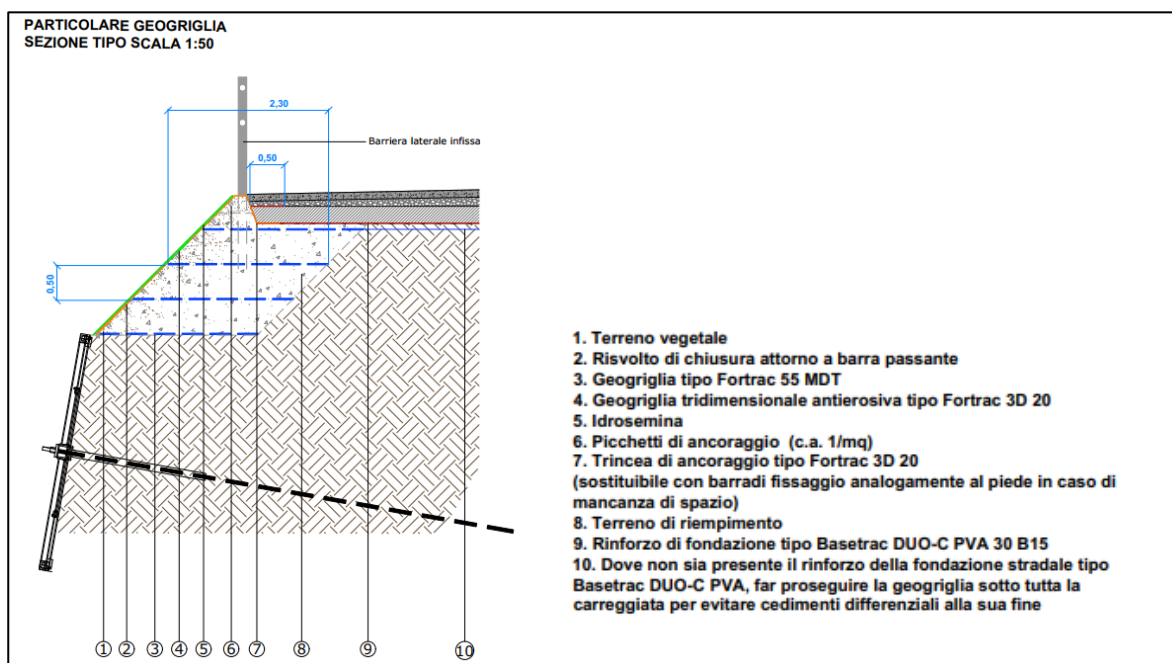
comportamento stabile sotto carichi prolungati. Le opere sono distinte nelle configurazioni con altezza massima fino a 2,00 m e fino a 3,50 m; la lunghezza degli strati, la loro spaziatura e le verifiche di stabilità sono definite nella specifica relazione di calcolo e negli elaborati costruttivi.

Nelle zone di nuova realizzazione, nei rilevati e nelle transizioni fra substrati differenti è previsto un geocomposito di base tipo **Basetrac DUO-C PVA 30 B15 o equivalente**, costituito da geogriglia in PVA accoppiata a un geotessile non tessuto con funzione di rinforzo, separazione e filtrazione.

Sul fronte dei riporti è prevista una geogriglia tridimensionale antierosiva tipo **Fortrac 3D 20 o equivalente**, idoneamente ancorata e completata con terreno vegetale e idrosemina, così da favorire il rinverdimento e proteggere il paramento dall'erosione superficiale.

La posa dovrà avvenire su piano regolarizzato, con materiale di riempimento idoneo e compattazione per strati, fino al raggiungimento dei requisiti indicati nella relazione specialistica.

La soluzione è stata scelta perché consente di realizzare rilevati a ridotto impatto, adattabili alla geometria del versante e compatibili con le opere monoancoraggio e con i tratti di strada impostati sul precedente selciato.



Particolare delle geogriglie strutturali, di base e antierosive

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F

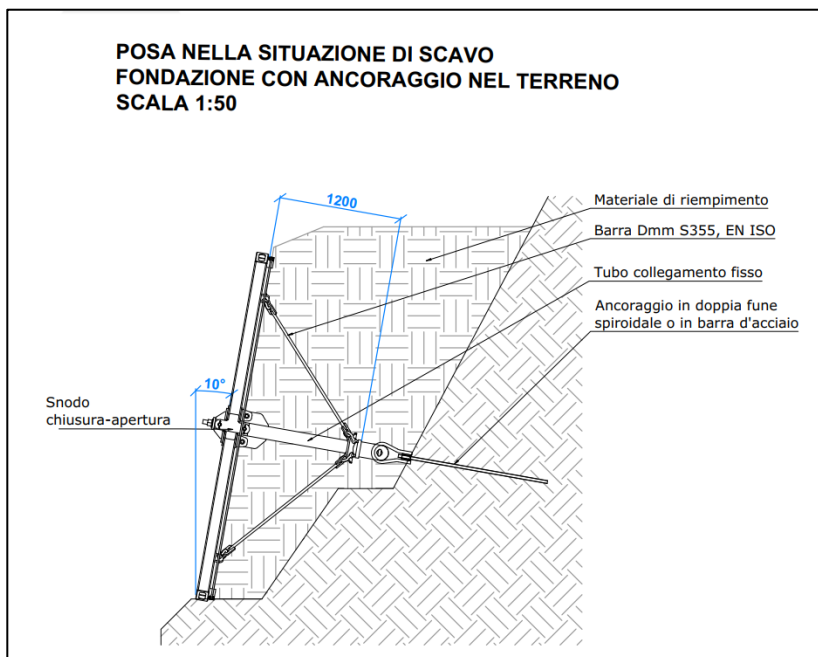
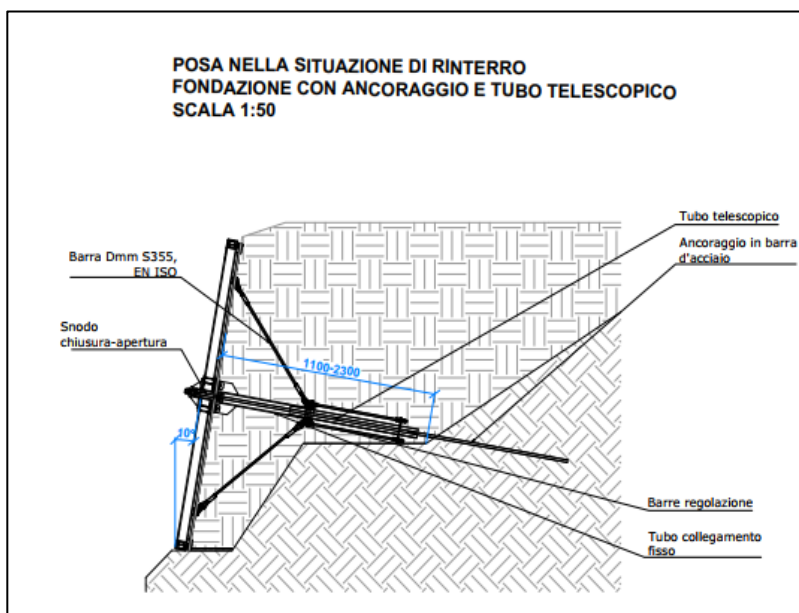


5.1.2 Strutture mono-ancoraggio tipo “Farfalla”

Nei tratti in cui l’ampliamento verso valle richiede il sostegno del rilevato senza ricorrere a muri continui, sono previste strutture monoancoraggio tipo “Farfalla”. Il sistema è costituito da profili in acciaio disposti a X, collegati a elementi flessibili di contenimento e trasferenti le azioni al terreno mediante ancoraggi di trazione e pali di compressione. La configurazione consente l’adattamento al profilo irregolare del versante e mantiene un ingombro limitato sul fronte dell’opera.

Le tipologie adottate sono esclusivamente la **Farfalla B25**, con dimensioni dell’elemento pari a $2,50 \times 2,00$ m e possibilità di posa nei due orientamenti $2,50 \times 2,00$ m e $2,00 \times 2,50$ m, e la **Farfalla B38**, con dimensioni pari a $3,820 \times 3,446$ m e posa nei due orientamenti corrispondenti. La scelta fra le due tipologie dipende dall’altezza del rilevato, dalla geometria locale e dalle azioni da trasferire al sottosuolo.

Le verifiche statiche e geotecniche riportate nella relazione specialistica risultano soddisfatte per le configurazioni esaminate, fermo restando l’obbligo di confermare in fase esecutiva i parametri geotecnici, le resistenze di sfilamento e la corrispondenza delle condizioni reali con quelle di calcolo. Le prove di estrazione in sito e il controllo della Direzione lavori costituiscono pertanto parte integrante delle prescrizioni esecutive.



Schemi di posa delle strutture monoancoraggio nelle configurazioni di scavo e di rinterro

5.1.3 Reti e pannelli di consolidamento

Gli interventi di consolidamento previsti lungo la Via di Mora riguardano esclusivamente pareti e scarpate in roccia affiorante o subaffiorante, caratterizzate dalla presenza di fratture, blocchi disarticolati o



porzioni lapidee potenzialmente instabili. Non è previsto l'impiego del sistema su terreni sciolti, depositi di versante o materiali di riporto, per i quali sono adottate differenti opere di sostegno e stabilizzazione.

Il progetto prevede l'impiego di pannelli in fune di acciaio tipo HEA Panel o equivalenti, destinati al rafforzamento corticale delle superfici rocciose nei punti in cui sia richiesta un'elevata capacità di contenimento con deformazioni limitate. I pannelli sono costituiti da funi di acciaio ad alta resistenza, con grado minimo pari a 1770 MPa, intrecciate a formare maglie romboidali e collegate in corrispondenza degli incroci mediante specifici doppi nodi, in grado di garantire continuità e collaborazione tra gli elementi del sistema.

La scelta dei pannelli in fune consente di adattare il rivestimento alla morfologia irregolare della parete, contenendo i blocchi rocciosi instabili e trasferendo le relative sollecitazioni agli ancoraggi strutturali. Il sistema offre elevate prestazioni nei confronti delle azioni di trazione e punzonamento ed è particolarmente indicato nei settori nei quali non siano ammissibili deformazioni significative del rivestimento.

I pannelli saranno posati quanto più possibile in aderenza alla superficie rocciosa e fissati al substrato stabile mediante ancoraggi, piastre e, ove necessario, funi perimetrali e di collegamento. La corretta tensionatura del sistema dovrà assicurare la presa dei blocchi e limitare la possibilità di movimenti locali, evitando nel contempo concentrazioni anomale delle sollecitazioni.

5.1.4 Barriere stradali di sicurezza

Le barriere sono previste nei tratti in cui l'uscita dalla carreggiata determinerebbe conseguenze rilevanti, in particolare lungo i cigli di valle maggiormente esposti, in corrispondenza dei rilevati, delle opere di sostegno e dei manufatti individuati negli elaborati. La funzione del dispositivo è coerente con la definizione contenuta nell'art. 1 del D.M. 18 febbraio 1992, n. 223:

«Si definiscono barriere stradali di sicurezza i dispositivi aventi lo scopo di realizzare il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale, nelle migliori condizioni di sicurezza possibili.»

La Via di Mora è una strada montana alternativa a transito controllato, per la quale viene stabilito un limite massimo di velocità di 20 km/h. In relazione alla ridotta velocità di esercizio, si



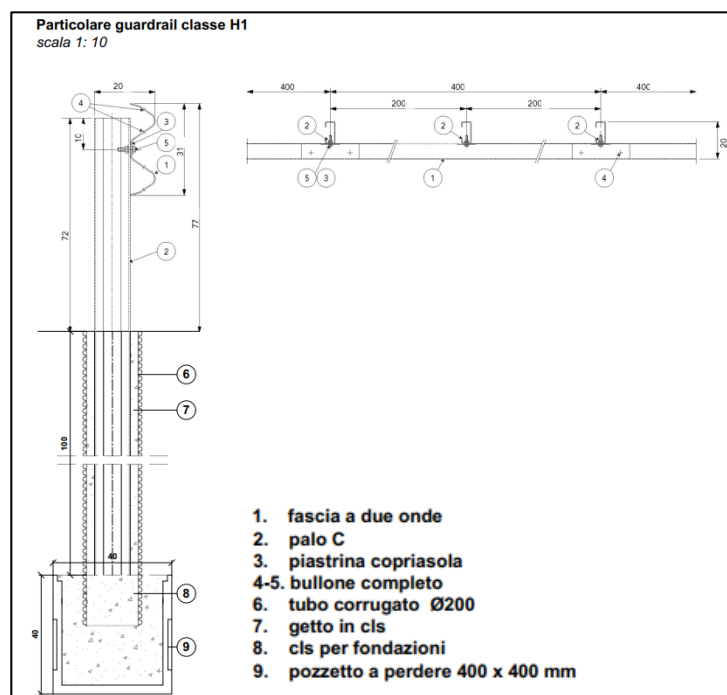
richiama quanto precisato dalla Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prot. n. 62032 del 21 luglio 2010:

«Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h.»

L'esclusione dal campo di applicazione diretto non elimina la necessità di valutare il pericolo effettivo dei margini. La medesima Circolare stabilisce infatti che:

«Il progettista dovrà comunque valutare le situazioni ove si rendono necessarie protezioni in relazione alla presenza od all'insorgenza di condizioni di potenziale pericolo.»

Sulla base della morfologia dei luoghi, della limitazione del traffico e della velocità massima fissata, il progetto adotta barriere laterali di sicurezza di **classe H1**. La continuità delle protezioni, le fondazioni, i terminali e i raccordi con le opere esistenti dovranno essere eseguiti secondo i particolari costruttivi e le istruzioni del dispositivo prescelto, senza introdurre ostacoli frontali o discontinuità pericolose.



Particolare della barriera stradale di sicurezza classe H1 installata a bordo strada

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F

5.1.5 Pacchetto e finitura della pavimentazione

La pavimentazione viene differenziata in funzione del rapporto con il sedime esistente e con il selciato storico. I pacchetti PS1, PS2 e PS3 riguardano rispettivamente la sistemazione sul tracciato esistente, l'ampliamento in presenza del selciato e gli ampliamenti strutturali della piattaforma. È bene specificare che dalla sezione 100 (subito dopo il ponte di San Martino) allo sbocco nell'abitato di Sonvico, lo strato bituminoso non è più costituito da 10 cm di solo binder, il pacchetto viene aggiornato prevedendo **5 cm di binder e 5 cm di strato superficiale ad alta aderenza e rugosità**; la scelta è giustificata dalle marcate pendenze (maggiori del 10%). Nei tratti precedenti la configurazione del pacchetto stradale sarà composto da uno strato doppio di binder 5cm + 5cm. Particolare attenzione dovrà essere riservata ai raccordi verticali in ingresso e in uscita dai tratti più acclivi, evitando brusche variazioni di pendenza che possano interferire con il passo e gli sbalzi dei veicoli. La regimazione delle acque meteoriche dovrà impedire che il piano stradale si trasformi in via preferenziale di deflusso: nei punti di maggiore concentrazione sono pertanto previste cunette, canalette e raccolte trasversali, da collegare a recapiti idonei.

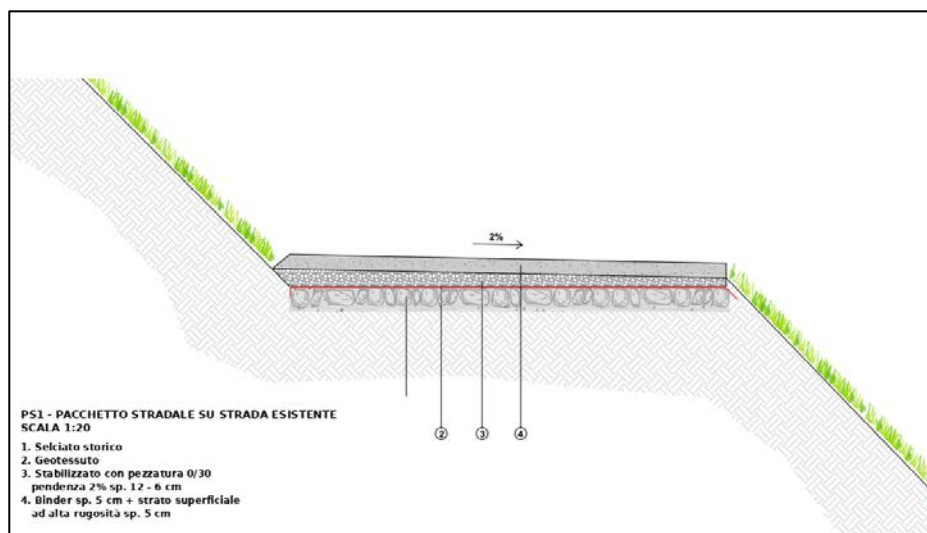


*Figura 23: Pacchetto stradale PS1 su strada esistente, aggiornato con 5 cm di binder e 5 cm di strato superficiale ad alta rugosità
dalla sezione 100 alla sezione 188*

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F

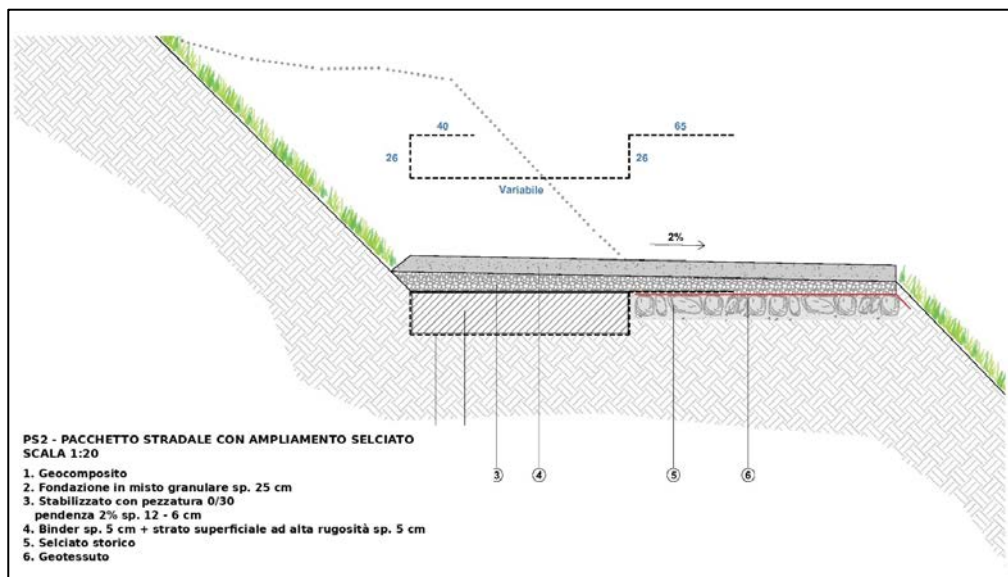


Figura 24: Pacchetto stradale PS2 con ampliamento e conservazione del selciato, aggiornato con 5 cm di binder e 5 cm di strato superficiale ad alta rugosità dalla sezione 100 alla sezione 188

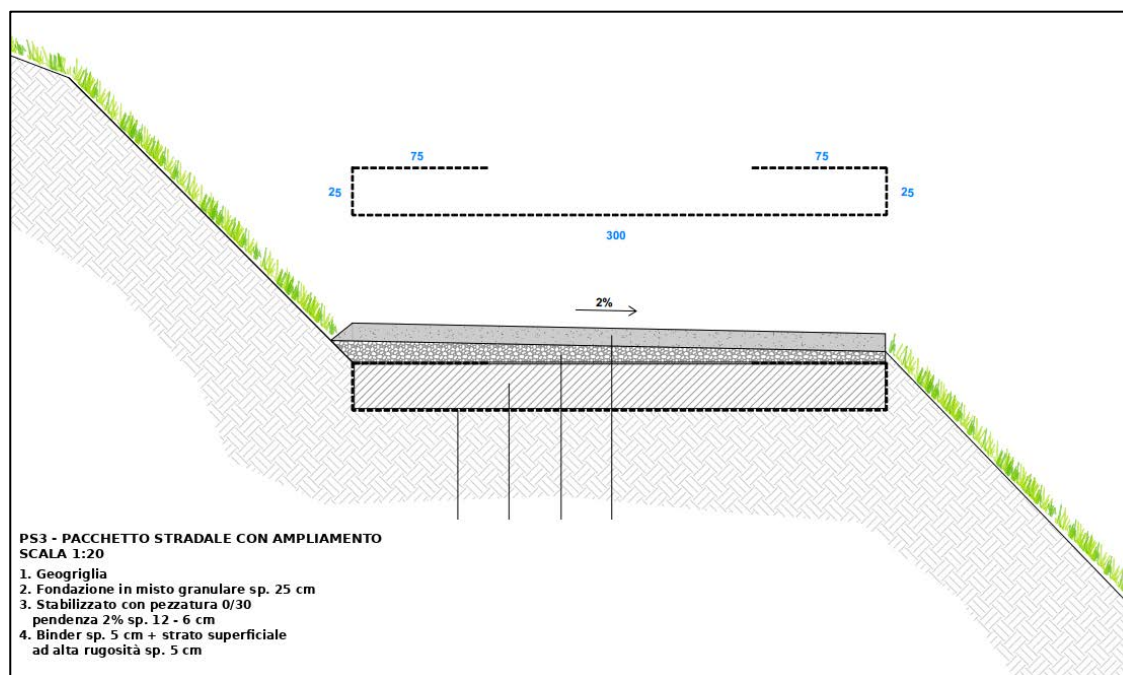


Figura 25: Pacchetto stradale PS3 per ampliamento strutturale, aggiornato con 5 cm di binder e 5 cm di strato superficiale ad alta rugosità dalla sezione 100 alla sezione 188

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F



5.1.6 Condizioni di esercizio, pendenze eccezionali e percorribilità invernale

Il tracciato presenta pendenze longitudinali particolarmente elevate, localmente prossime al 20%, in corrispondenza di curve e tornanti prossime al 15%. Tali valori non risultano compatibili con quelli ordinariamente previsti dal D.M. 5 novembre 2001 per le nuove strade locali; il medesimo decreto precisa tuttavia che le proprie disposizioni non si applicano integralmente alle strade di montagna collocate su terreni morfologicamente difficili e alle strade locali a destinazione particolare. Per gli interventi su strade esistenti dispone inoltre che le caratteristiche geometriche siano adeguate alle norme *«per quanto possibile»*, evitando che la transizione tra tratti adeguati e non adeguabili introduca ulteriori situazioni di pericolo.

Nel caso della Via di Mora il mantenimento di pendenze eccezionali deriva dalla combinazione di condizioni non modificabili: **il recupero di un tracciato montano storico già esistente, il carattere temporaneo e di emergenza della viabilità e le prescrizioni impartite dalla Soprintendenza, che hanno escluso la rimozione del selciato storico e, conseguentemente, gli scavi e gli abbassamenti del piano viabile necessari per una significativa riduzione delle pendenze.** L'intervento non costituisce pertanto la costruzione di una nuova strada ordinaria, ma l'adeguamento funzionale e provvisorio di un collegamento esistente, conservandone per quanto possibile il sedime e gli elementi storico-testimoniali. La relazione già qualifica infatti l'opera come viabilità alternativa temporanea e prevede la conservazione e la protezione del fondo storico.

Le condizioni geometriche sono compensate mediante pavimentazione ad alta aderenza, regimazione delle acque, barriere laterali H1, limitazione del traffico e limite massimo di velocità pari a 20 km/h. Trattandosi di strada locale a destinazione particolare, dovranno inoltre essere adottati, come richiesto dal D.M. 5 novembre 2001, *«opportuni accorgimenti, sia costruttivi che di segnaletica, per il contenimento delle velocità praticate»*. La segnaletica dovrà indicare il limite di velocità, le pendenze elevate, la presenza di curve e tornanti, il pericolo di strada sdruciolevole e le eventuali limitazioni o interdizioni temporanee. In particolare dovranno essere installati:

- il segnale di **limite massimo di velocità pari a 20 km/h;**



- i segnali di **discesa pericolosa** e **salita ripida**, con indicazione dell'effettiva pendenza percentuale del tratto; l'art. 89 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n. 495, prescrive infatti tali segnali quando la pendenza costituisce pericolo in conseguenza di condizioni locali sfavorevoli e stabilisce che la pendenza sia espressa in percentuale;
- il segnale di **strada sdruciolevole**, integrato con il pannello indicante il pericolo di gelo e con i pannelli relativi alla distanza o all'estensione del tratto interessato; l'art. 93 del medesimo regolamento prescrive tale segnale quando la carreggiata può risultare più sdruciolevole del normale, indicando espressamente il gelo tra le condizioni da riportare mediante pannello integrativo;

L'apposizione e la manutenzione della segnaletica dovranno essere assicurate dall'ente proprietario, in applicazione degli articoli 14 e 37 del Codice della strada. I segnali dovranno essere collocati in posizione visibile, mantenuti efficienti e, nei casi di interdizione temporanea, integrati da dispositivi che impediscano materialmente l'accesso non autorizzato.

Inoltre, è opportuno analizzare una specifica condizione di esercizio dell'infrastruttura., in presenza accertata di neve, ghiaccio o gelicidio sulla piattaforma stradale, la strada non potrà essere percorsa e dovrà essere temporaneamente chiusa al transito. La chiusura dovrà essere formalizzata mediante ordinanza dell'autorità competente ai sensi dell'art. 6, comma 4, lettere a) e b), del D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, che consente all'ente proprietario di sospendere temporaneamente la circolazione per motivi di incolumità pubblica e di stabilire divieti e limitazioni connessi alle caratteristiche strutturali della strada. Per le strade comunali e vicinali, il relativo provvedimento è emanato dal sindaco. La chiusura dovrà essere attuata in corrispondenza di entrambi gli accessi alla Via di Mora mediante dispositivi fisici di controllo, quali barriere o cancelli, accompagnati dalla segnaletica verticale prevista dal Codice della strada.

5.1.7 Prescrizioni per il transito durante l'esecuzione dei lavori

Durante la fase di esecuzione dei lavori l'area di cantiere sarà chiusa al traffico veicolare e pedonale lungo tutto il tratto di strada, ovvero dall'innesto di valle sulla viabilità esistente in loc. Dossello fino all'abitato di Sonvico. Essendo l'unica via di collegamento per i residenti che

avranno necessità di spostarsi durante la giornata, saranno imposti i turni di lavoro 8:00-12:00 e 13:00-18:00 che dovranno essere rispettati dalle imprese esecutrici, durante i quali non sarà consentito il transito dei non addetti ai lavori. All'infuori di questi orari i pedoni potranno transitare attraverso l'area di cantiere, la quale dovrà essere opportunamente messa in sicurezza. Le fasce orarie in cui sarà consentito il transito pedonale saranno quindi prima delle ore 8:00 – dalle 12:00 alle 13:00 e dopo le ore 18:00, e dovranno essere adeguatamente comunicate ed esposte mediante apposita segnaletica.

5.2 Da innesto su viabilità esistente / località Dossello al settore della Valle di S. Pietro

Il primo tratto della Via di Mora si sviluppa per circa 500 m dall'innesto sulla viabilità di valle fino al settore della Valle di S. Pietro. Il progetto mantiene sostanzialmente l'andamento originario, con interventi prevalentemente conservativi e puntuali: regolarizzazione del piano viabile, sistemazione dei margini, protezione del selciato e messa in sicurezza delle criticità locali.

La piattaforma viene impostata sul sedime esistente, con larghezza utile generalmente pari a circa 3,00 m e adattamenti laterali in funzione della morfologia. I muri in pietrame non interferenti sono conservati; nei punti condizionati da roccia affiorante sono previste demolizioni localizzate, scavi di regolarizzazione e posa di massi a protezione del ciglio.

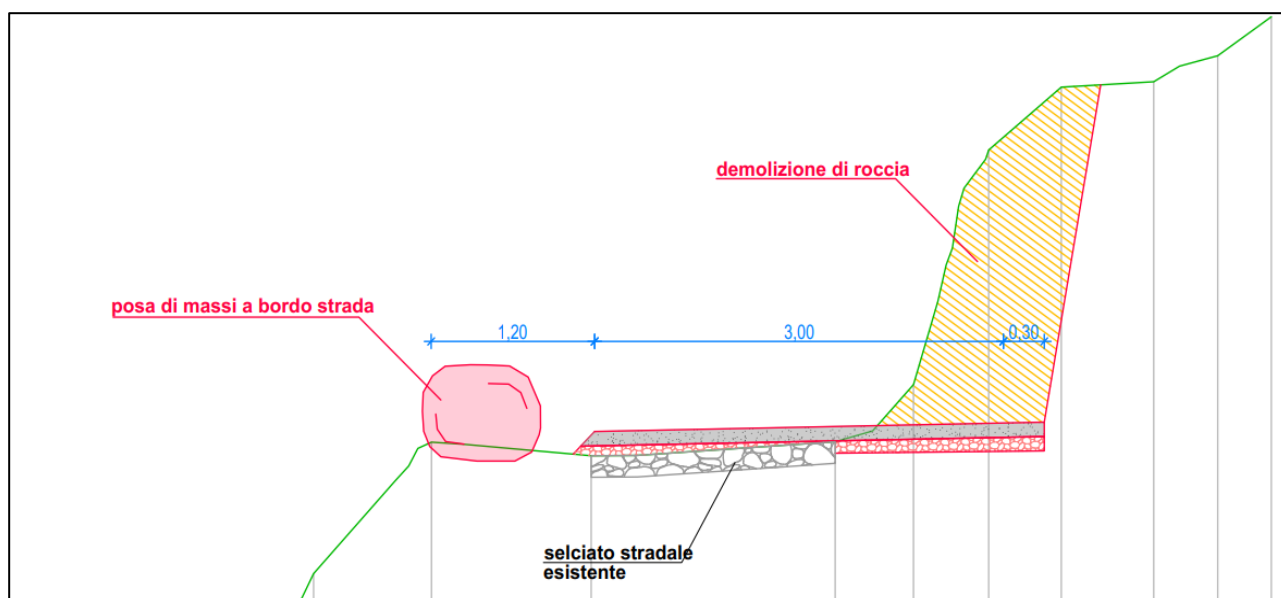


Figura 26: Sezione 4 – demolizione localizzata di roccia, posa di massi a bordo strada e mantenimento del selciato esistente

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F

In corrispondenza del manufatto murario interessato da venute d'acqua è prevista la demolizione dell'elemento interferente e la realizzazione di gabbioni modulari per il contenimento della scarpata di monte. L'intervento ordina il margine stradale e consente una migliore gestione delle acque provenienti dal versante.

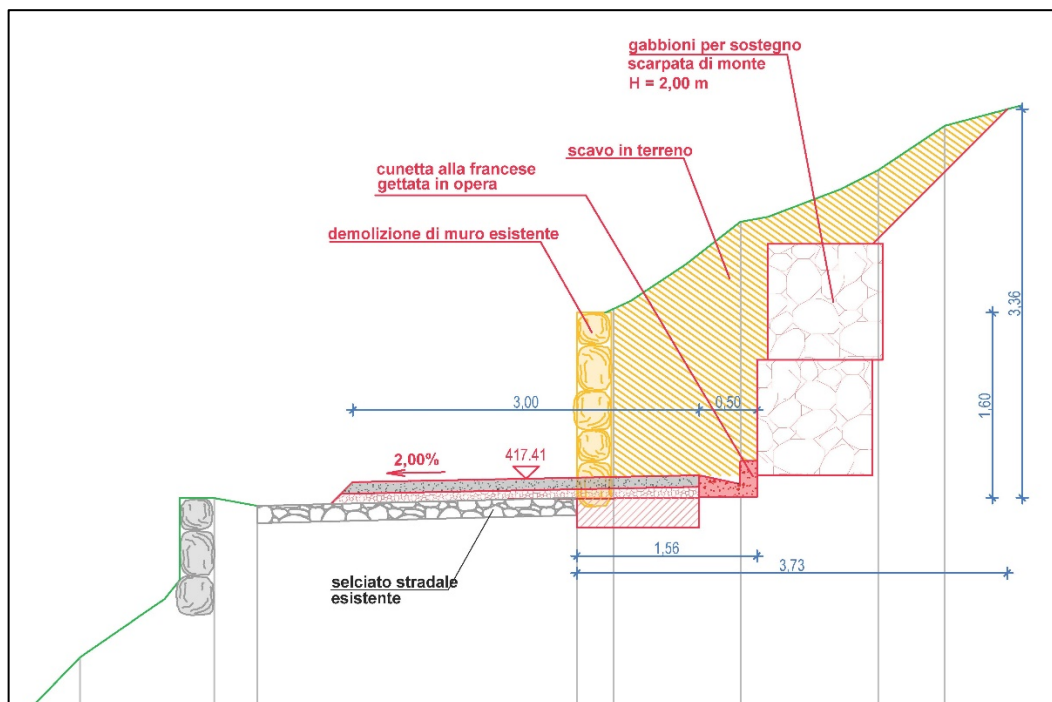


Figura 27: Sezioni 22-23 – demolizione del muro esistente e realizzazione di gabbioni H = 3,00 m

All'attraversamento della Valle di S. Pietro il manufatto esistente viene mantenuto, intervenendo sul piano viabile, sui raccordi laterali e sulla funzionalità idraulica dell'impluvio. A monte proseguono la regolarizzazione del fondo, gli scavi puntuali e la sistemazione dei margini, con salvaguardia del muretto e del tratto di selciato storico compreso fra il manufatto e lo slargo. Nel complesso il tratto utilizza principalmente i pacchetti PS1 e PS2 descritti al paragrafo 5.1.5, integrati da contenimenti localizzati, opere di drenaggio e protezioni laterali nei punti individuati dagli elaborati.



5.3 Dal ponte sulla Valle di San Martino al terzo tornante a monte di Cascina Mora

Il secondo tratto comprende il ponte sulla Valle di San Martino, l'accesso a Cascina Mora e la successiva salita fino al terzo tornante. Qui gli interventi assumono carattere più strutturale per la presenza di curve strette, pendenze elevate, cigli di valle esposti e geometrie non compatibili con il transito previsto.

5.3.1 Criteri di conservazione e restauro del ponte storico sulla Valle di San Martino

Le opere sul ponte storico saranno improntate ai principi del minimo intervento, della compatibilità chimico-fisica e meccanica con i materiali originari, della riconoscibilità delle integrazioni e della conservazione della materia storica, coordinando le esigenze di tutela con quelle di consolidamento strutturale e di sicurezza del transito; le informazioni contenute nel seguente sottoparagrafo riprendono le informazioni contenute nella relazione tecnica di restauro conservativo. Le modalità esecutive definitive dovranno essere condivise con la Soprintendenza e sviluppate con il restauratore e il progettista strutturale, sulla base delle effettive condizioni riscontrate in cantiere.

Poiché la lettura del manufatto è oggi limitata dalla fitta vegetazione e dalla difficile accessibilità dell'intradosso, la prima fase dovrà comprendere la devitalizzazione e la rimozione controllata delle piante infestanti, escludendo lo strappo meccanico degli apparati ancora attivi, seguita dall'allestimento dei ponteggi, dall'ispezione ravvicinata e dalla mappatura aggiornata dei quadri fessurativi e dei fenomeni di degrado. Prima delle lavorazioni estese saranno eseguiti saggi di pulitura e prove localizzate, così da individuare le tecniche meno invasive.

Le superfici saranno sottoposte a trattamento biocida mirato e a pulitura controllata, mediante acqua a bassa pressione e spazzolatura manuale, con eventuali trattamenti localizzati solo dove necessari. Qualora, durante l'ispezione, emergano conci, malte o porzioni di paramento in condizioni di instabilità, si procederà preliminarmente con interventi di pre-consolidamento e con presidi provvisori reversibili, finalizzati alla tutela del bene e alla sicurezza delle maestranze.

I rinzaffi e le stuccature cementizie riconducibili a precedenti riparazioni potranno essere rimossi soltanto nelle zone in cui l'operazione risulti tecnicamente sicura e non comprometta la stabilità



dei conci sottostanti. La rimozione dovrà avvenire con strumenti manuali o a ridotta vibrazione, preservando le malte di calce ancora efficienti e le superfici lapidee storiche.

Le fessurazioni e le cavità saranno pulite e, ove necessario, consolidate mediante iniezioni a bassa pressione o per gravità di miscele compatibili a base di calce idraulica naturale, ad alta fluidità e basso contenuto di sali. I giunti e gli interstizi degradati saranno ristilati localmente con malte di calce e inerti selezionati per granulometria e cromia; eventuali lacune profonde potranno essere risarcite con interventi puntuali di scuci-cuci, utilizzando pietrame della stessa natura geologica di quello esistente.

Il consolidamento strutturale dell'arco, da definire e verificare nello specifico elaborato di calcolo, potrà prevedere il preventivo montaggio di una centina provvisoria, lo svuotamento controllato del rinfiango all'estradosso e la realizzazione di una cappa collaborante di ridotto spessore, indicativamente compreso tra 3 e 5 cm, costituita da malta strutturale a base di calce idraulica naturale e rinforzo in rete di fibra di vetro o di carbonio. Il ripristino delle quote sarà eseguito con materiali alleggeriti, in modo da non incrementare sensibilmente i carichi permanenti; l'eventuale inserimento di tiranti trasversali sarà valutato esclusivamente qualora richiesto dalle verifiche statiche.

Particolare attenzione dovrà essere riservata alla regimazione delle acque e alla protezione dell'estradosso, intervenendo sulle cause delle infiltrazioni che alimentano il dilavamento delle malte, le patine biologiche e i cicli di degrado. L'adeguamento del piano viabile e l'inserimento delle protezioni laterali dovranno essere sviluppati con dettagli compatibili con il manufatto, limitando le demolizioni, le perforazioni e le trasformazioni irreversibili delle murature storiche.

Le eventuali integrazioni cromatiche saranno limitate alle sole zone in cui risultino necessarie per attenuare discontinuità eccessive, mantenendo comunque la leggibilità dell'intervento. Al termine dei lavori dovranno essere predisposti la documentazione fotografica e grafica delle operazioni eseguite e un programma di controllo e manutenzione periodica. Le soluzioni sopra descritte costituiscono criteri operativi attuabili, da affinare dopo la pulitura e la conoscenza ravvicinata del bene e da sottoporre alle autorizzazioni degli enti competenti.

5.3.2 Adeguamento della sede stradale dal ponte al terzo tornante

A monte del ponte la sede viene regolarizzata e raccordata al tratto in salita, mantenendo la leggibilità dell'accesso a Cascina Mora. Le successive opere di adeguamento interessano la piattaforma, le curve e i margini di valle secondo le configurazioni riportate negli elaborati progettuali. In corrispondenza del primo tornante, rappresentato dall'unione delle sezioni 109-113, la piattaforma viene ampliata e raccordata al terreno. La scarpata rocciosa sovrastante è oggetto di disgaggio e di consolidamento mediante rete ad alta resistenza e ancoraggi, secondo le specifiche del paragrafo 5.1.3.

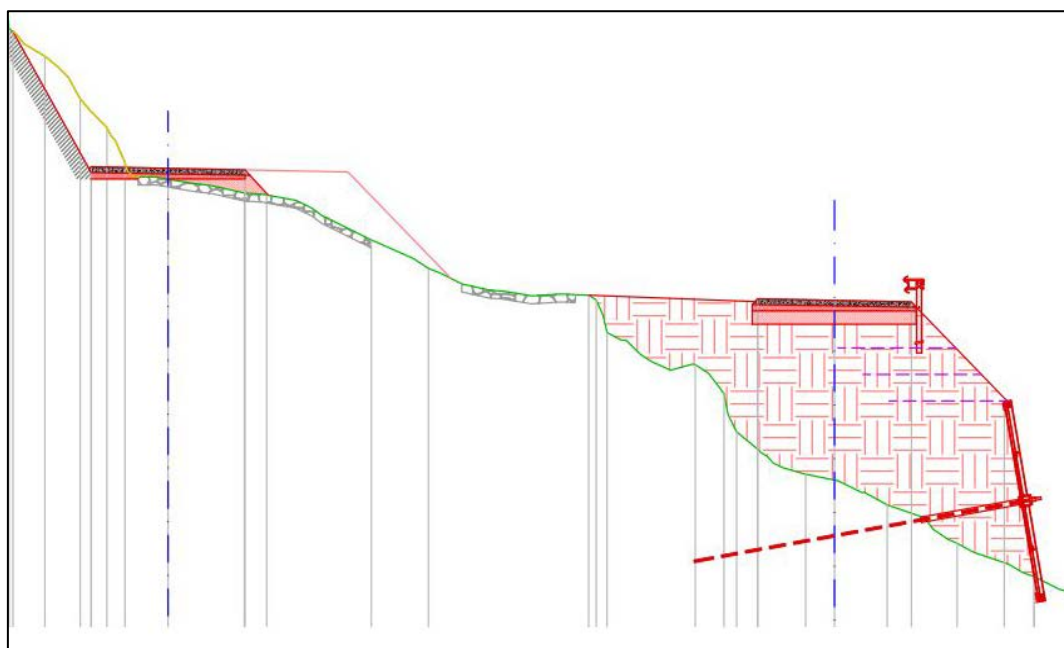


Figura 28: Unione sezioni 109-113 – primo adeguamento geometrico della sede con ampliamento e raccordo al terreno

Nel settore delle sezioni 121-125 viene regolarizzata la piattaforma in curva, intervenendo sulla larghezza utile e sul raccordo plano-altimetrico per migliorare la continuità del transito.

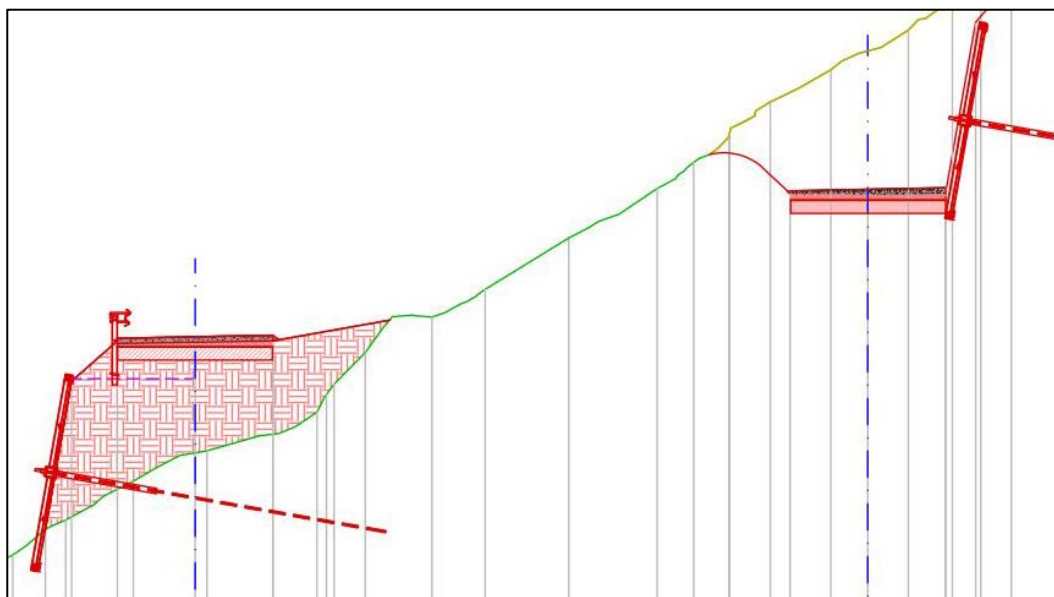


Figura 29: Unione sezioni 121-125 – adeguamento della piattaforma in curva

Nel secondo tornante e nei tratti di valle maggiormente esposti sono previsti ampliamenti, riporti e sostegni del rilevato mediante terre rinforzate e strutture monoancoraggio B25 o B38, selezionate in funzione dell'altezza e della geometria locale secondo i paragrafi 5.1.1 e 5.1.2. I margini pericolosi sono completati con barriere H1.

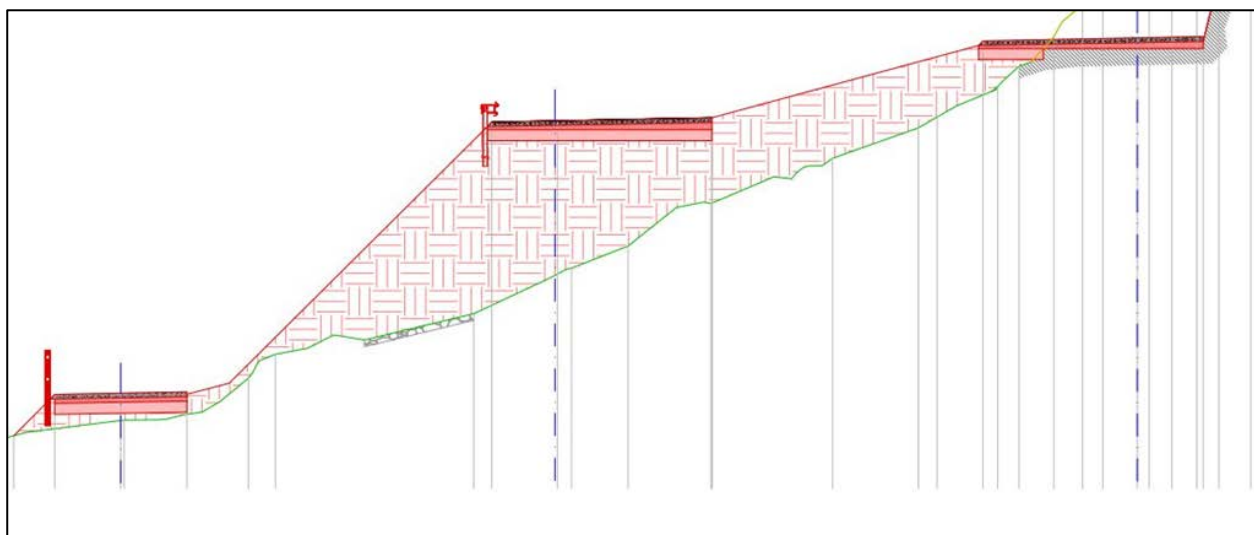


Figura 30: Sezioni rappresentative del tratto compreso tra le progressive 140-148 e 151 – ampliamento della sede, formazione del rilevato e sostegno del margine di valle

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F

Il tratto si conclude con il nuovo tornante a monte, nel quale la piattaforma viene riorganizzata mediante riporti e raccordi al terreno naturale, ottenendo una larghezza più regolare e un raggio di svolta compatibile con il transito controllato.

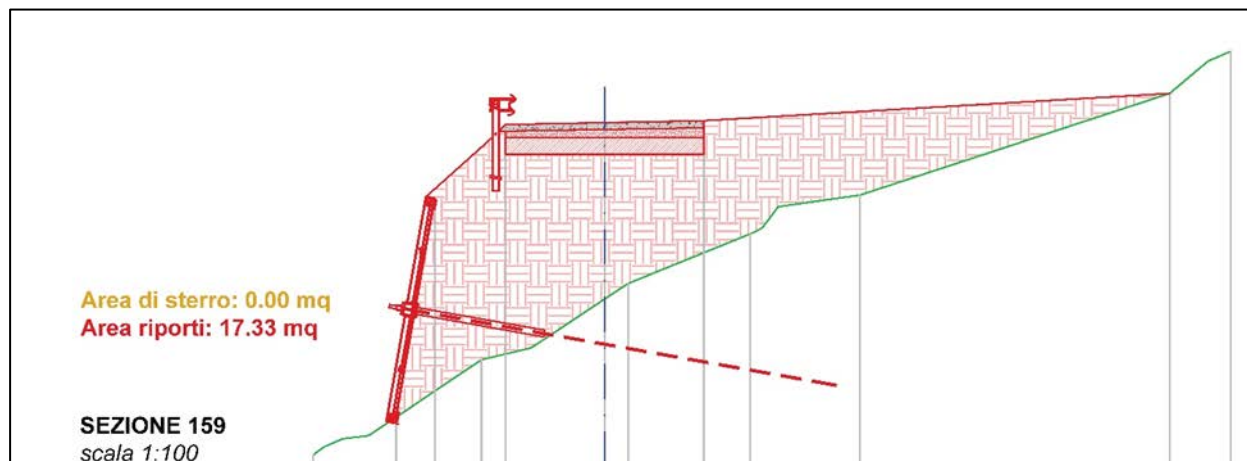


Figura 31: Sezioni 158-159 – nuovo tornante di progetto con rilevato e raccordo al terreno

5.4 Dal terzo tornante a monte di Cascina Mora all’innesto su Sonvico Inferiore

Il terzo tratto comprende la porzione superiore della Via di Mora fino all’innesto con Sonvico Inferiore. È il settore maggiormente condizionato da pendenze sostenute, tornanti ravvicinati, ridotta larghezza e margini di valle da consolidare. Le modifiche geometriche rimangono localizzate nei punti necessari alla transitabilità.

In continuità con il nuovo tornante, le sezioni 157-170 prevedono l’adeguamento della piattaforma mediante riporti, raccordi laterali, terre rinforzate e sistemazioni del margine stradale. Le unioni sezionali rappresentano il raccordo trasversale fra il tratto precedente e la configurazione superiore.

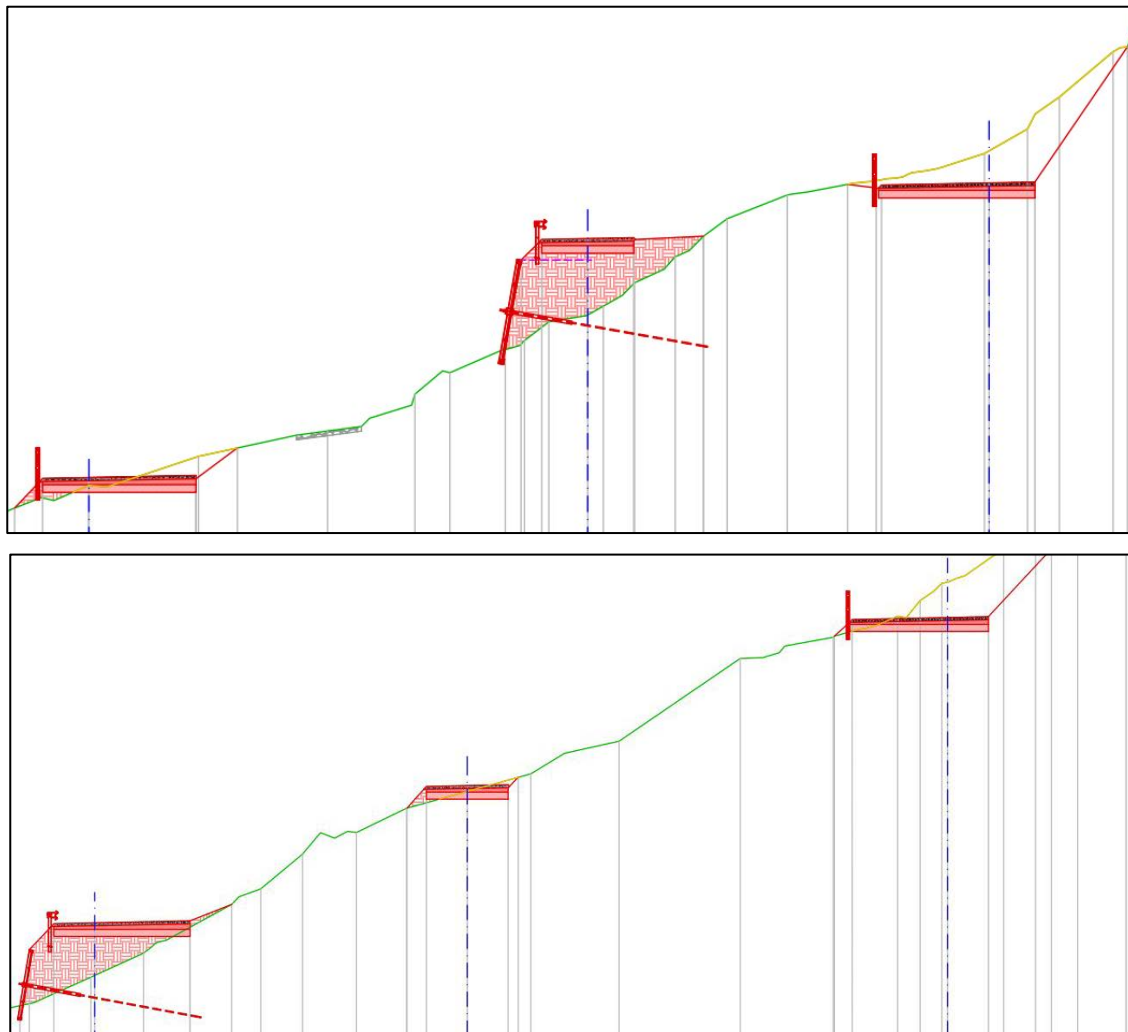


Figura 32: Unione sezioni 157-165-169 / 158-164-170 – raccordo in uscita dal tornante e adeguamento della piattaforma stradale

Nei punti in cui il ciglio di valle risulta maggiormente esposto, il corpo stradale viene sostenuto con rilevati rinforzati e strutture monoancoraggio B25 o B38; le protezioni H1 sono installate secondo le localizzazioni progettuali. Tra le sezioni 173 e 178 la direttrice generale viene mantenuta, con regolarizzazioni e ampliamenti puntuali a valle.

La sequenza dei tornanti quinto e sesto viene adeguata migliorando i raggi di curvatura, la regolarità del fondo e il consolidamento dei margini. Nei tratti fra le sezioni 180 e 186 prevalgono le opere di raccordo al versante, mentre nell'ultimo settore, corrispondente alle sezioni 187-188, la piattaforma raggiunge una larghezza complessiva di circa 5,00 m e si connette alla viabilità di Sonvico Inferiore.



L'intero tratto superiore è soggetto alle condizioni di esercizio definite al paragrafo 5.1.6: limite massimo di 20 km/h e interdizione al transito in presenza di neve, ghiaccio o gelicidio, con particolare attenzione ai tornanti e ai segmenti con pendenza superiore al 20%.

6. VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA DELL'INTERVENTO

Riduzione della pericolosità e del rischio

6.1 Riferimenti normativi

La presente valutazione segue le disposizioni di cui alla Lettera b) dello schema di accordo con il Comune di Pisogne, che richiede la valutazione dell'efficacia dell'intervento nei termini della riduzione della pericolosità e conseguentemente del rischio sugli elementi direttamente esposti, con riferimento alle mappe del

Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

e del

Piano di Gestione delle Alluvioni

di cui alla

Direttiva 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni)

nonché agli

eventi alluvionali e di dissesto recenti, opportunamente documentati tramite atti e documenti ufficiali.

6.2 Contesto: evento di crollo massi del 27 dicembre 2025

L'evento di crollo massi verificatosi il 27 dicembre 2025 ha interessato direttamente la strada principale del Comune di Pisogne, causando danni significativi all'infrastruttura viarie e creando condizioni di esposizione al rischio per la viabilità comunale.

Tale evento è stato documentato tramite atti ufficiali del Comune e della Regione Lombardia, in riferimento ai quali è stato disposto il finanziamento dell'intervento in oggetto.

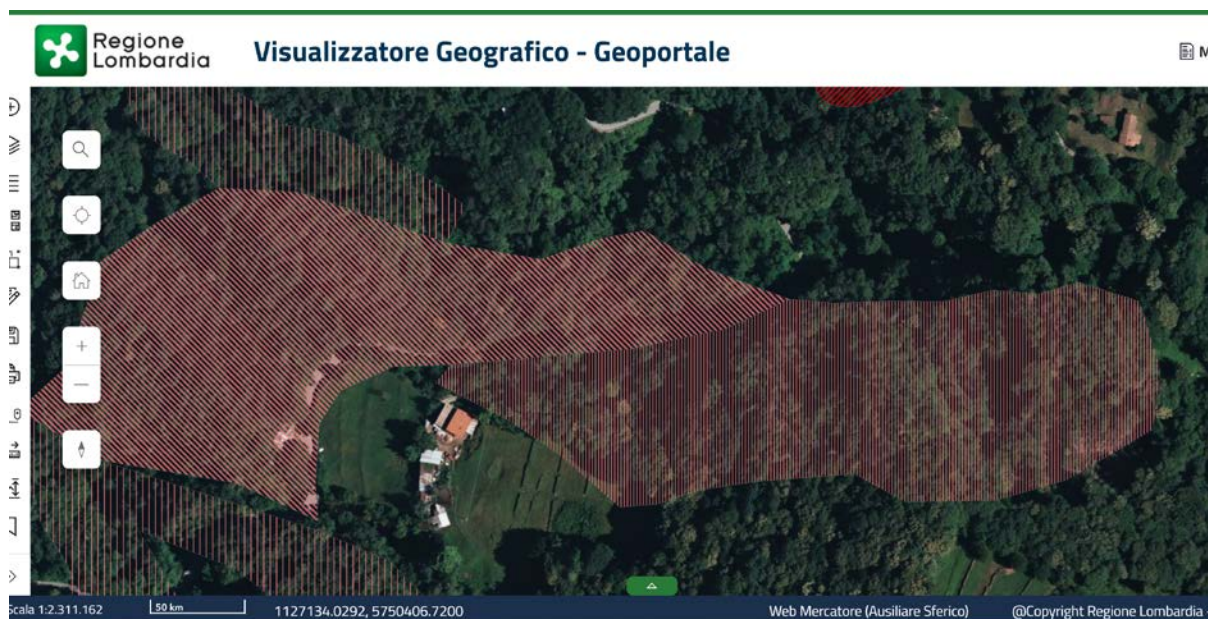
6.3 Localizzazione della pericolosità

L'analisi delle mappe PAI vigenti e della cartografia di pericolosità geomorfologica del vigente Studio Geologico Comunale del Comune di Pisogne identificano nella zona dell'evento un'area di frana attiva (Fa), caratterizzata da:



- Nicchia di distacco in roccia
- Zona di accumulo dei materiali crollati
- Settore di scarpata in condizioni di instabilità

La pericolosità è classificata come elevata (pericolosità Fa) e interessa il tracciato della strada principale in modo diretto. La zona a monte è anche classificata come area di frana stabilizzata (Fs). Si allega stralcio del Geoportale di Regione Lombardia.



6.4 Efficacia dell'intervento proposto

Principio della soluzione

L'intervento prevede la realizzazione di un nuovo tracciato stradale che bypassa completamente la zona di frana attiva, locandosi sul versante opposto rispetto a quello in cui si sviluppa la strada attualmente interessata dal fenomeno.

Questa configurazione determina:

- Allontanamento dalla nicchia di distacco del fenomeno franoso
- Esclusione dalla zona di accumulo dei materiali crollati
- Posizionamento su versante non interessato da instabilità (versante opposto)



6.5 Analisi quantitativa della riduzione del rischio

Condizione ANTE-INTERVENTO:

- Strada principale esposta direttamente al fenomeno di crollo massi attivo (Fa)
- Popolazione e infrastrutture critiche interessate dall'esposizione
- Ricorrenza dell'evento: documentata dall'evento del 27 dicembre 2025 e da eventi del 2009 nonché in passato probabilmente a giustificazione della costruzione della galleria.
- Vulnerabilità: infrastruttura stradale di rilevanza comunale

Condizione POST-INTERVENTO:

- Nuovo tracciato su versante esente da fenomeni di instabilità (si veda stralcio PAI di seguito riportato)
- Eliminazione della condizione di esposizione diretta al fenomeno Fa
- Riduzione della probabilità di danno a valore teorico prossimo allo zero per il fenomeno di crollo massi originario
- Mantenimento della funzionalità viaria in condizioni di sicurezza



Regione
Lombardia

Visualizzatore Geografico - Geoportale



TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel. 036421166 - cell. 3939263222
P.I.: 0226637086 CF: VTLLGR73S11B149F



6.6 Livello di efficacia

L'intervento realizza una riduzione della pericolosità e del rischio di tipo MASSIMALE, in quanto:

1. Non mitiga il fenomeno (la frana rimane attiva)
2. Elimina l'esposizione rilocando l'infrastruttura in area non interessata da dissesto
3. Rimuove completamente il fattore di vulnerabilità dell'infrastruttura critica (strada principale)

Questa soluzione rappresenta il massimo livello di efficacia in termini di riduzione del rischio riferito all'elemento esposto (viabilità comunale).

6.7 Riferimento alle procedure regionali

Valutazione della pericolosità secondo art. 57 l.r. 12/2005

La valutazione della pericolosità è stata condotta secondo le procedure previste nei criteri regionali vigenti attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005, con specifico riferimento a:

- Analisi della morfologia e dei dissesti geomorfologici
- Documentazione degli eventi storici e recenti
- Classificazione secondo le categorie PAI (Fa, Fq, Ee, Ve)
- Valutazione dei criteri di frequenza e magnitudo

6.8 Adeguamento dello strumento urbanistico

Il Comune di Pisogne ha in programma una variante al proprio Studio Geologico Comunale, in sede della quale provvederà all':

- Adeguamento dello strumento urbanistico alla configurazione post-intervento
- Inserimento con maggior dettaglio dell'ambito di frana (già identificato nella pianificazione comunale vigente)
- Eventuale ripermimetrazione PAI seguendo le procedure definite nelle norme di attuazione del PAI e nelle norme regionali vigenti attuative dell'art. 57 della l.r. 12/2005

6.9 Conclusioni

L'intervento in oggetto realizza una riduzione della pericolosità e del rischio di massima entità in relazione ai fenomeni di crollo massi che hanno determinato il finanziamento dell'opera (evento del 27 dicembre 2025).



PROGETTO ESECUTIVO

MESSA IN SICUREZZA STRADA PER SONVICO A SEGUITO DEL CROLLO DELLA GALLERIA DI PROTEZIONE. STRADA
ALTERNATIVA TEMPORANEA, SMARINO DEL MATERIALE, ULTERIORE DISGAGGIO E SISTEMA DI MONITORAGGIO

Attraverso la rilocalizzazione dell'infrastruttura stradale in settore esente da dissesto attivo, viene eliminata completamente la condizione di esposizione dell'elemento a rischio (viabilità comunale e popolazione servita).

La soluzione proposta rappresenta il massimo livello di efficacia perseguibile, in conformità alle direttive regionali e alle procedure previste dalla vigente normativa in materia di PAI e protezione civile.

TECNICO INCARICATO:

Dott. Ing. Luca Vitali
Via Giuseppe Mazzini 12/a
25043 Breno (Bs)
Tel.036421166 - cell.3939263222
P.I.: 0226637086 CF:VTLLGR73S11B149F