Terra fragile: capirne le cause e gestirne il cambiamento per la sicurezza del territorio. Tecnologie di monitoraggio ed esperienze reali

Piacenza 08/10/2026

Gli effetti degli eventi meteoclimatici sulla fruibilità della rete viaria provinciale: alcuni casi reali

Piacenza 08/10/2026

Davide Marenghi – Provincia Piacenza

COSA FARE QUANDO IL TERRENO INIZIA A MUOVERSI?

Questa domanda accompagna i due casi studio: non basta riparare il punto danneggiato, occorre capire il comportamento del sistema che lo ha prodotto.

- ✓ *S.P. 586R di Val d'Aveto: possiamo considerare concluso il problema dopo aver riaperto la strada?*
- ✓ *S.P. 47 di Antognano: il tracciato esistente è ancora quello giusto?*
- ✓ *In entrambi i casi, il passaggio decisivo è dalla percezione alla misura.*

Percorso della presentazione

1

Il contesto

eventi emergenziali e rete viaria

2

SP586R Val d’Aveto

dissesto evolutivo e risposta per fasi

3

SP47 Antognano

sistema franoso e decisioni guidate dai dati

4

Lezioni apprese

dalla risposta all’adattamento

IL CONTESTO

Eventi emergenziali e territorio piacentino

almeno

12

eventi con riferimento diretto o documentato alla Provincia di Piacenza

Dal 2013 al 2024 il territorio piacentino è stato interessato da una successione significativa di eventi calamitosi riconosciuti nell'ambito di dichiarazioni di emergenza nazionale.

Non stiamo più parlando di episodi isolati: la pressione sul territorio richiede una capacità stabile di prevenzione, monitoraggio e adattamento.

Fonte: https://protezionecivile.regione.emilia-romagna.it/

IL CONTESTO

Una pressione ricorrente nel tempo



La sequenza degli eventi suggerisce una modifica organizzativa.

la gestione dell'infrastruttura deve incorporare l'incertezza e aggiornarsi nel tempo.

Fonte: https://protezionecivile.regione.emilia-romagna.it/

IL CONTESTO

Dagli eventi agli impatti sulla rete viaria

Evento intenso

Es. piogge, piene dei corsi d’acqua,

Versante fragile

Frane, cedimenti, colate, crolli

Viabilità danneggiata
(limitazioni, interruzioni)

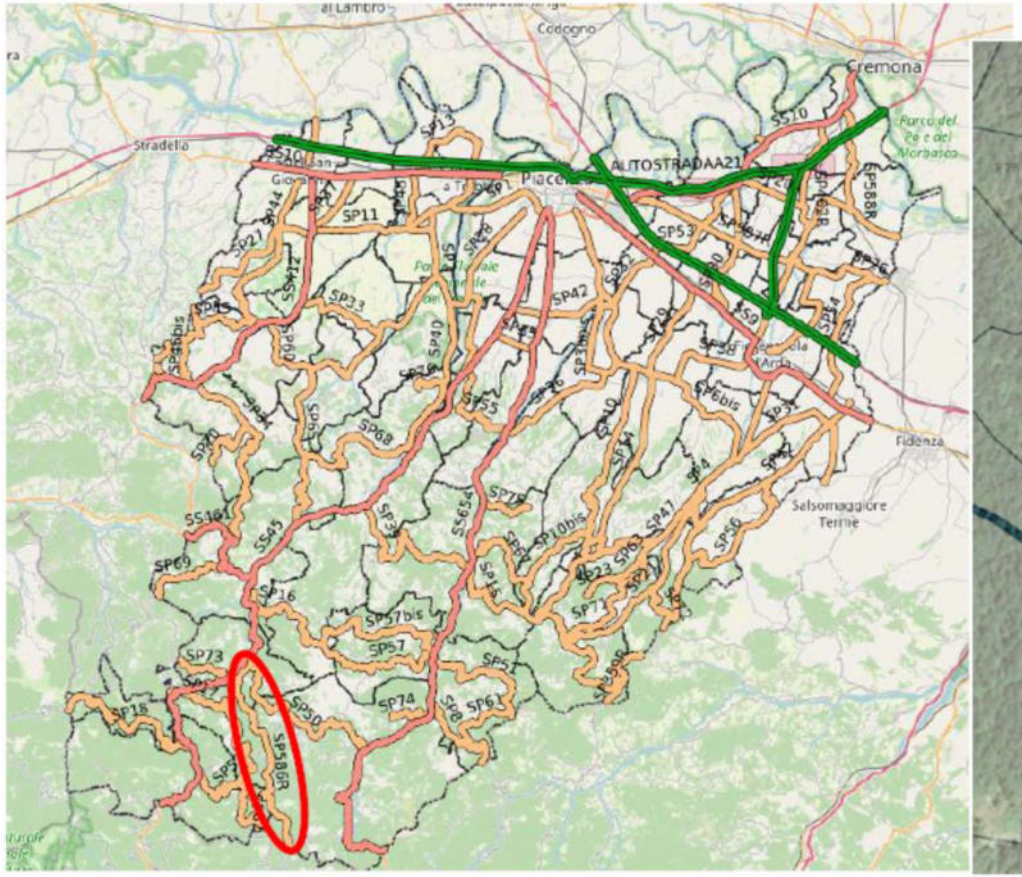
Accessibilità, sicurezza, continuità

Decisione pubblica

Urgenza, progetto, risorse

CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Inquadramento territoriale





CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

All'inizio (Marzo 2024) il problema appariva localizzato. Le evoluzioni e le indagini, però, hanno rappresentato una storia più complessa.

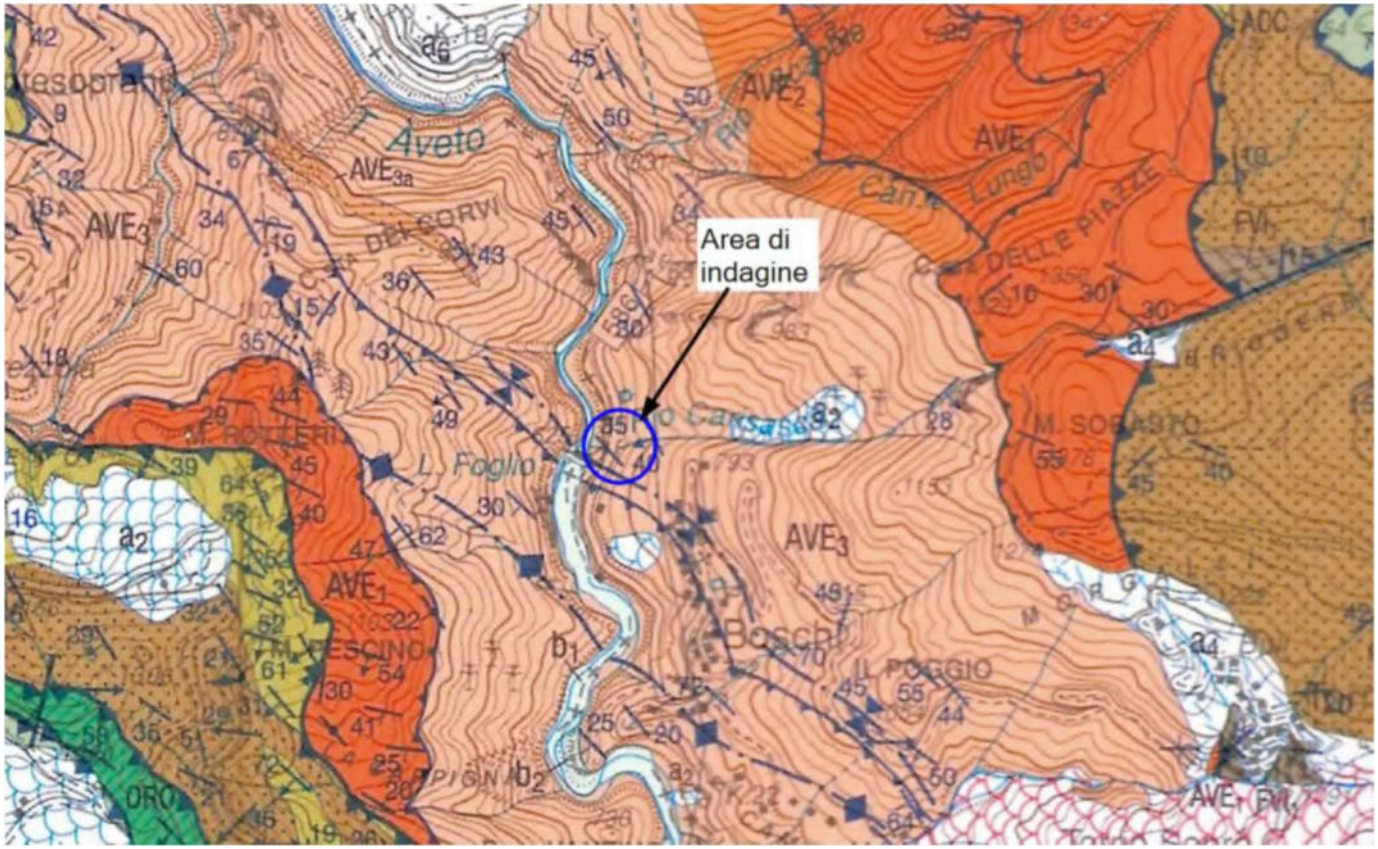




CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi

In termini geologici l'area di interesse risulta impostata interamente sull'unità geologica
AVE3 - ***Formazione della Val D'Aveto – membro arenaceo*** *(Oligocene inf.)* afferente al Dominio Subligure, come evidenziato nell'estratto della Carta geologica della Regione Emilia-Romagna.
Tale unità è prevalentemente costituita da **facies arenacee ed arenaceo-pelitiche** a cui sono associati subordinati livelli ad andamento lenticolare di conglomerati poligenici.
Questo membro è costituito prevalentemente da sequenze di strati spessi, molto spessi e banchi di arenarie medio-grossolane gradate, con buona continuità laterale.
I livelli di conglomerati poligenici sono costituiti da strati spessi, molto spessi e banchi, generalmente amalgamati e con geometria lenticolare.
La frazione arenitica è caratterizzata da una composizione di tipo litoarenitico in cui prevalgono frammenti di vulcaniti andesitiche.
Sono inoltre riconoscibili strati medi e sottili di torbiditi calcareo-marnose



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi





CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d’Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi





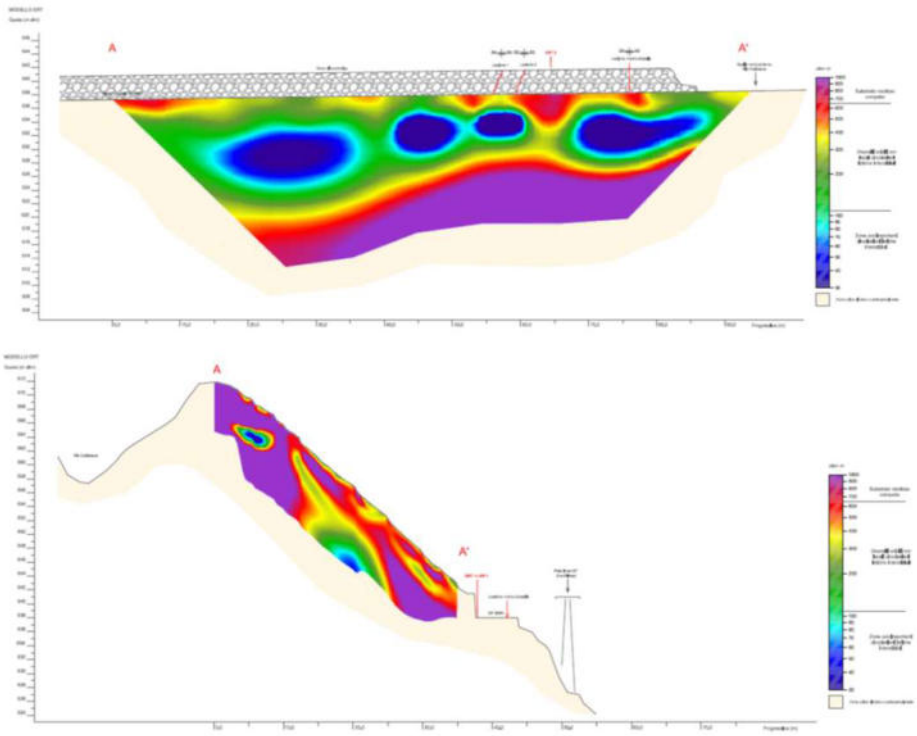
CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi con risorse limitate (Ipotesi: intervento per consolidare/rinforzare/recuperare funzionalità opera di sostegno)



No inclinometri

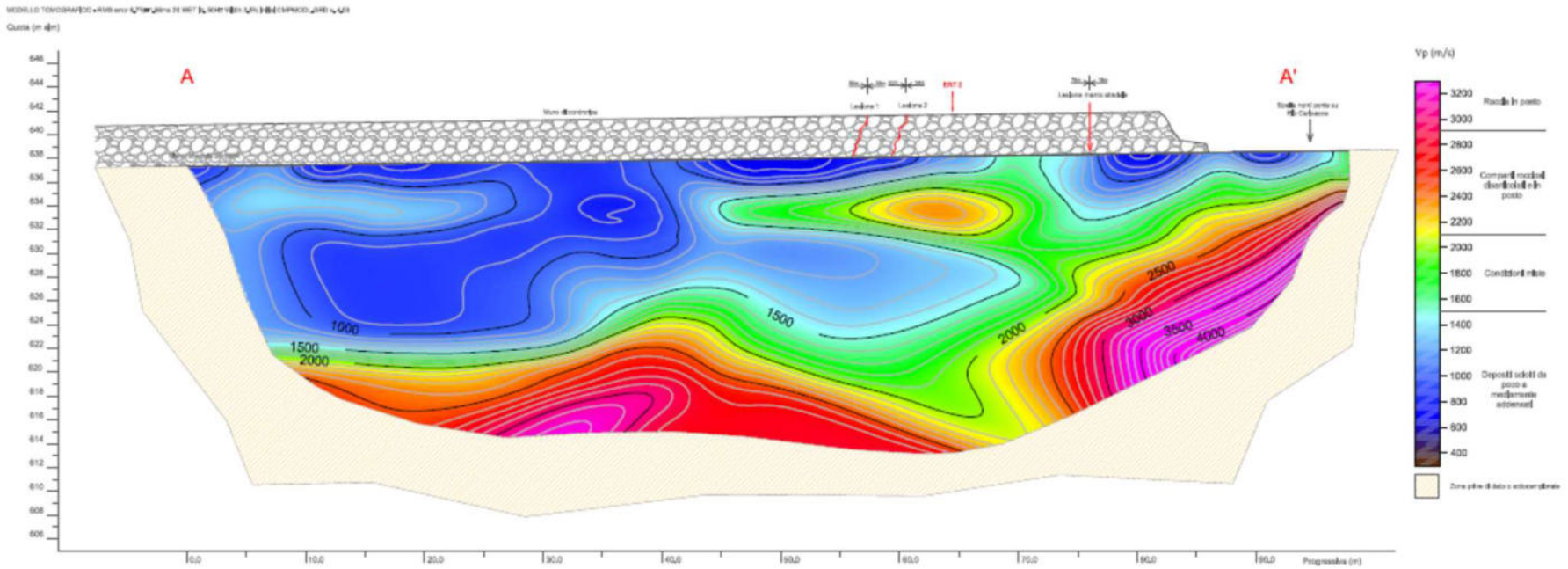
Geolettrica



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi

Sismica a rifrazione



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Avvio indagini e studi

S 1



Cassetta catalogatrice 0-5 m



Cassetta catalogatrice 5-10 m



Cassetta catalogatrice 10-15 m



Cassetta catalogatrice 15-20 m

S 2



Cassetta catalogatrice 0-5 m

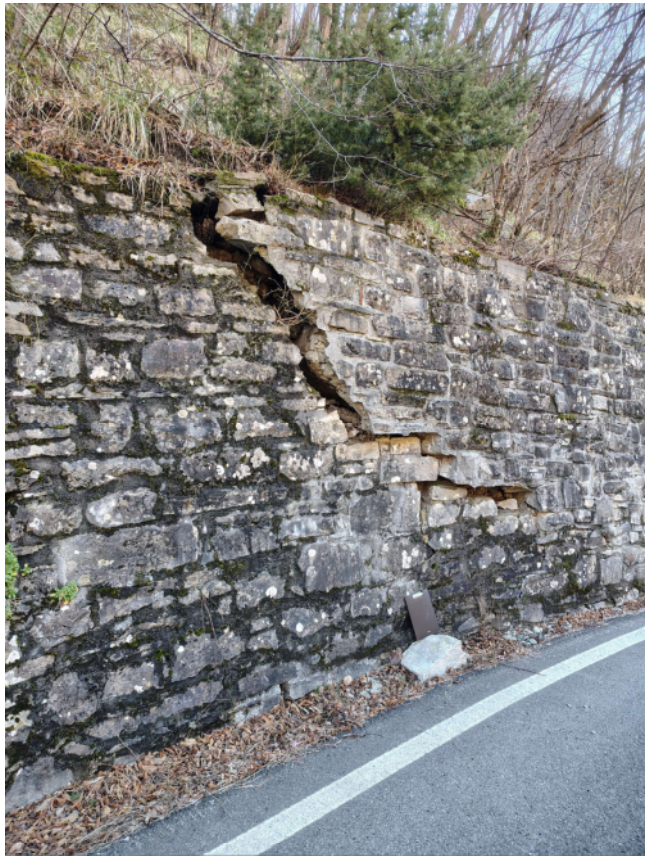


CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d’Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Marzo 2024



Febbraio 2025



Marzo 2025



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Marzo 2025



Disposta interruzione della circolazione stradale dal 23/03/2025

Collegamenti interrotti, assenza alternative realistiche, collegamento con Diga, ecc.

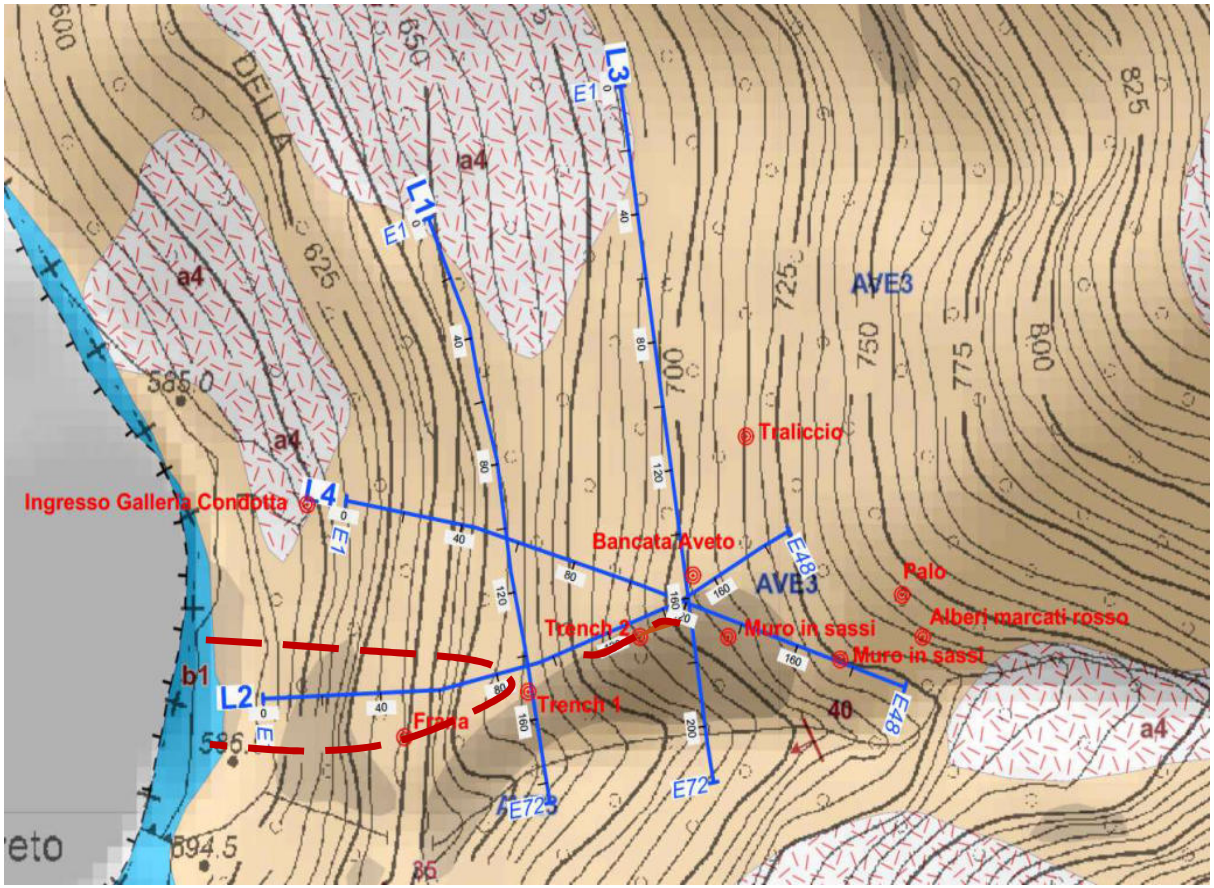
CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Aprile 2025 – evoluzione del dissesto con estensione verso nord



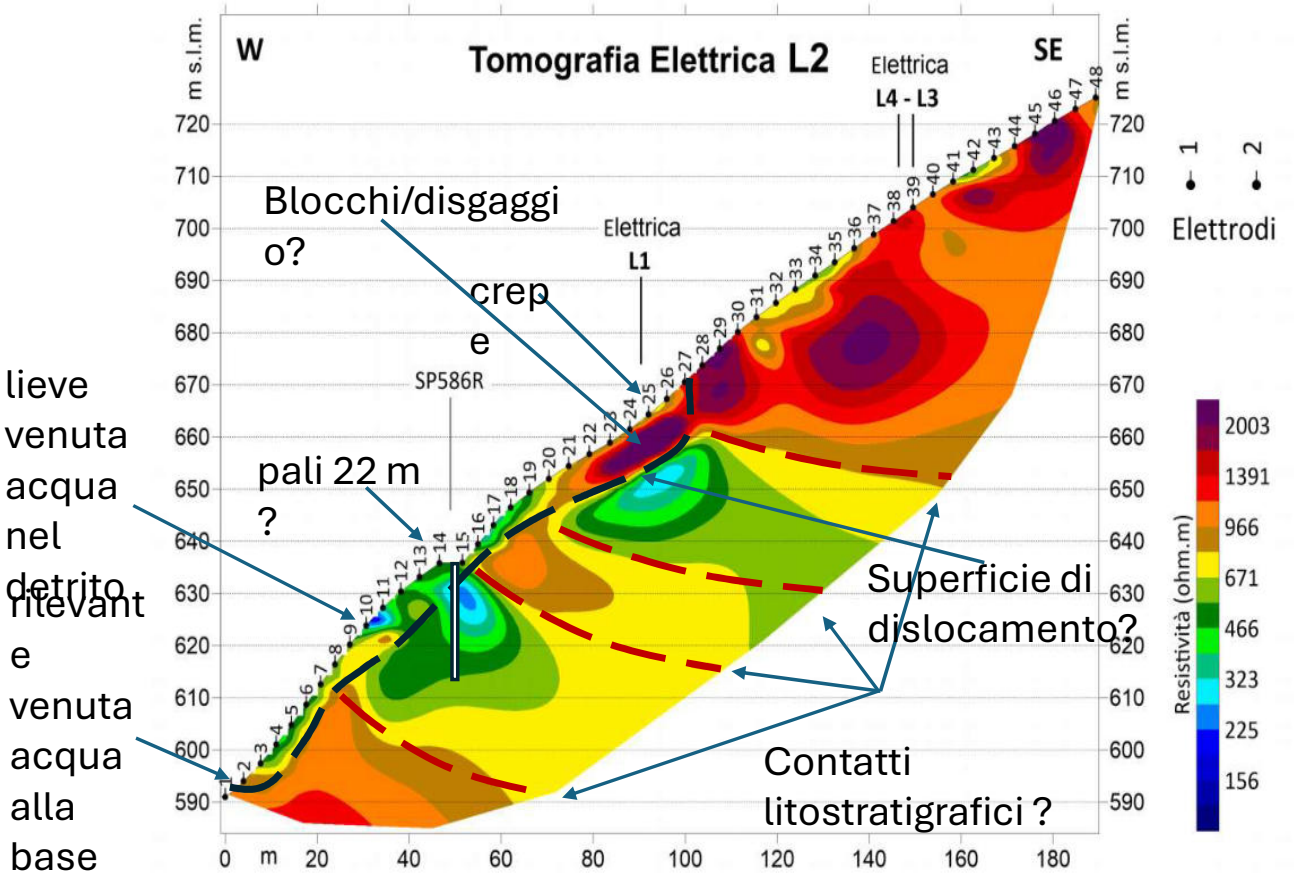
CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Aprile 2025 – integrazione indagini con ipotesi revisione intervento (risorse/stralci funzionali/rischio residuo)



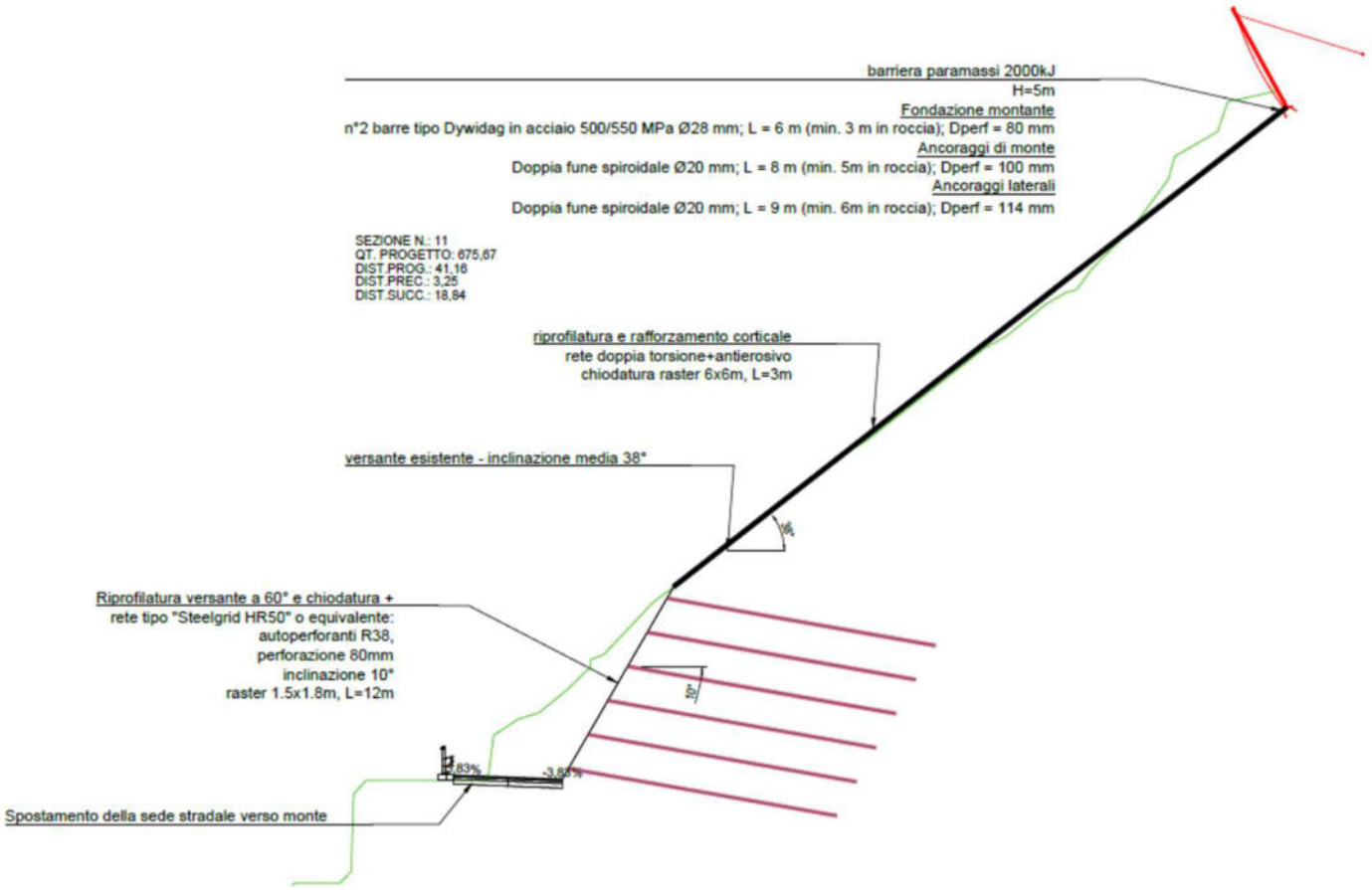
CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Aprile 2025



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

PROGETTO Giugno – Luglio 2025



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Esecuzione Luglio - Agosto 2025





CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

OTTOBRE 2025



NOVEMBRE 2025



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

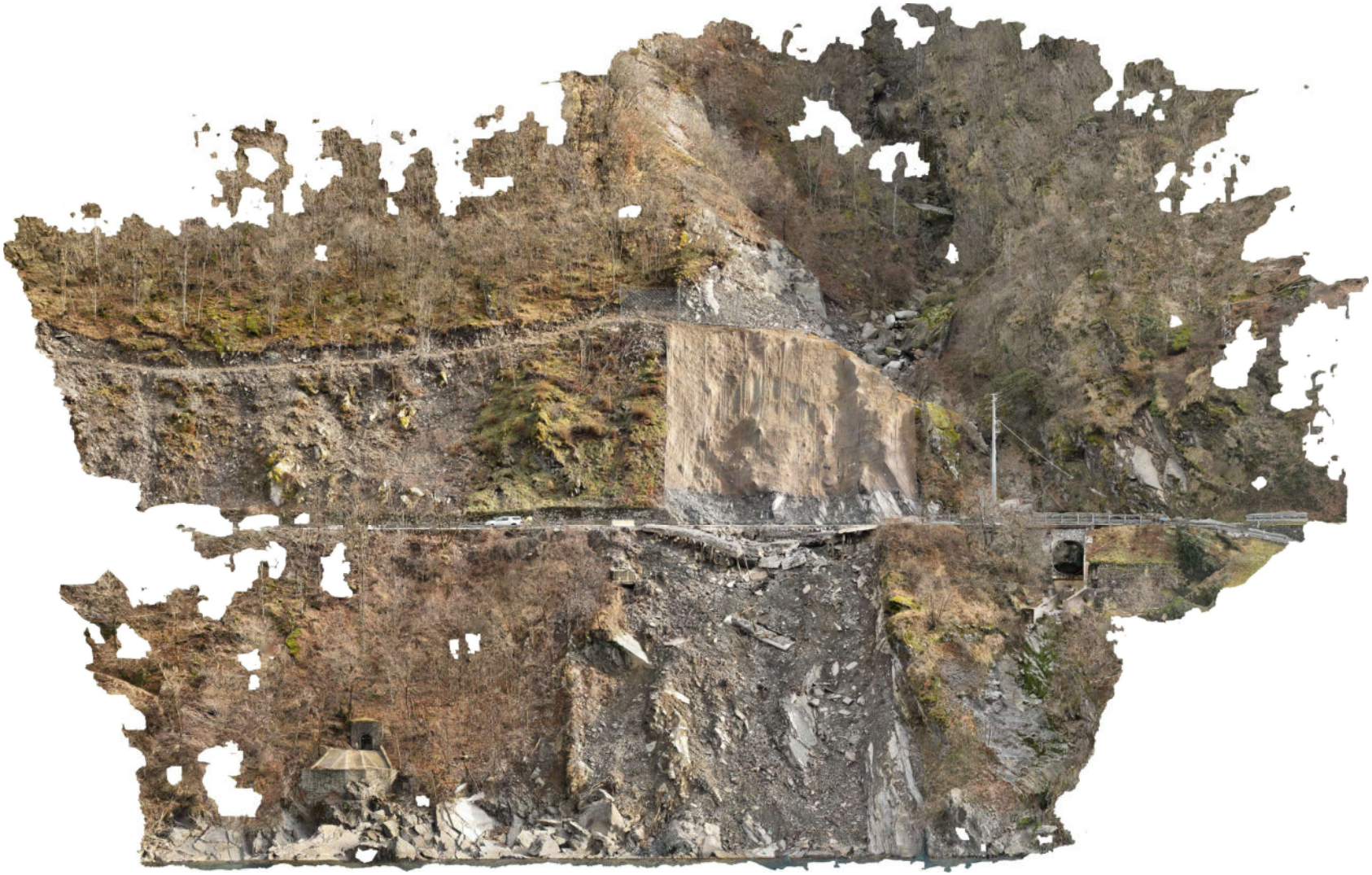
NOVEMBRE 2025



Disposta interruzione della circolazione stradale dal 17/11/2025

Collegamenti interrotti, assenza alternative realistiche, collegamento con Diga, ecc.

CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d’Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

DICEMBRE 2025/GENNAIO 2026 – INTEGRAZIONE INDAGINI

n. 3 **sondaggi a carotaggio continuo dei materiali di cui n.2 di tipo geognostico S3-I e S4-I** spinti rispettivamente fino a **-40m dal p.c.** e **-25m da p.c.** e **n.1 a distruzione di nucleo S3-DH** spinto fino a **-40m da p.c**. attrezzato con tubo in PVC per esecuzione delle prove sismiche in foro;
n.2 **tubi inclinometrici** nei sondaggi S3-I e S4-I, **di cui il primo fino a fondo foro (-40m) e il secondo fino a -20m**, ciascuno completato da pozzetto carrabile;
n.3 **prove S.P.T. in foro** durante l'esecuzione del sondaggio S3-I;
n.13 campioni di roccia (spezzoni di roccia) prelevati direttamente dalle cassette catalogatrici dei sondaggi S3-I e S4-I per esecuzione di **prove geotecniche di laboratorio**;
n. 1 **profilo di tomografia elettrica L5** disposto lungo la SP586R con andamento N-S, in direzione trasversale al corpo di frana costituito da uno stendimento di n.72 elettrodi equispaziati di 3.0m per una lunghezza lineare totale pari a 213 m;
n. 1 **sezione sismica con "Tecnica Tomografica 2D"** (**TS1**), realizzata mediante l'impiego di idrofoni installati contemporaneamente nella coppia dei fori di sondaggio S3-DH e S4-I e da uno stendimento di geofoni superficiale, con la finalità di ottenere una visione bidimensionale della distribuzione delle velocità sismiche Vp in tale sezione;
N. 1 **prova Down-Hole,** realizzata tramite il foro di sondaggio **S3-DH**, per la definizione dei profili di velocità Vp, Vs e Vseq, ai sensi delle N.T.C. 2018, nonché dei moduli dinamici delle unità sismiche attraversate.



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

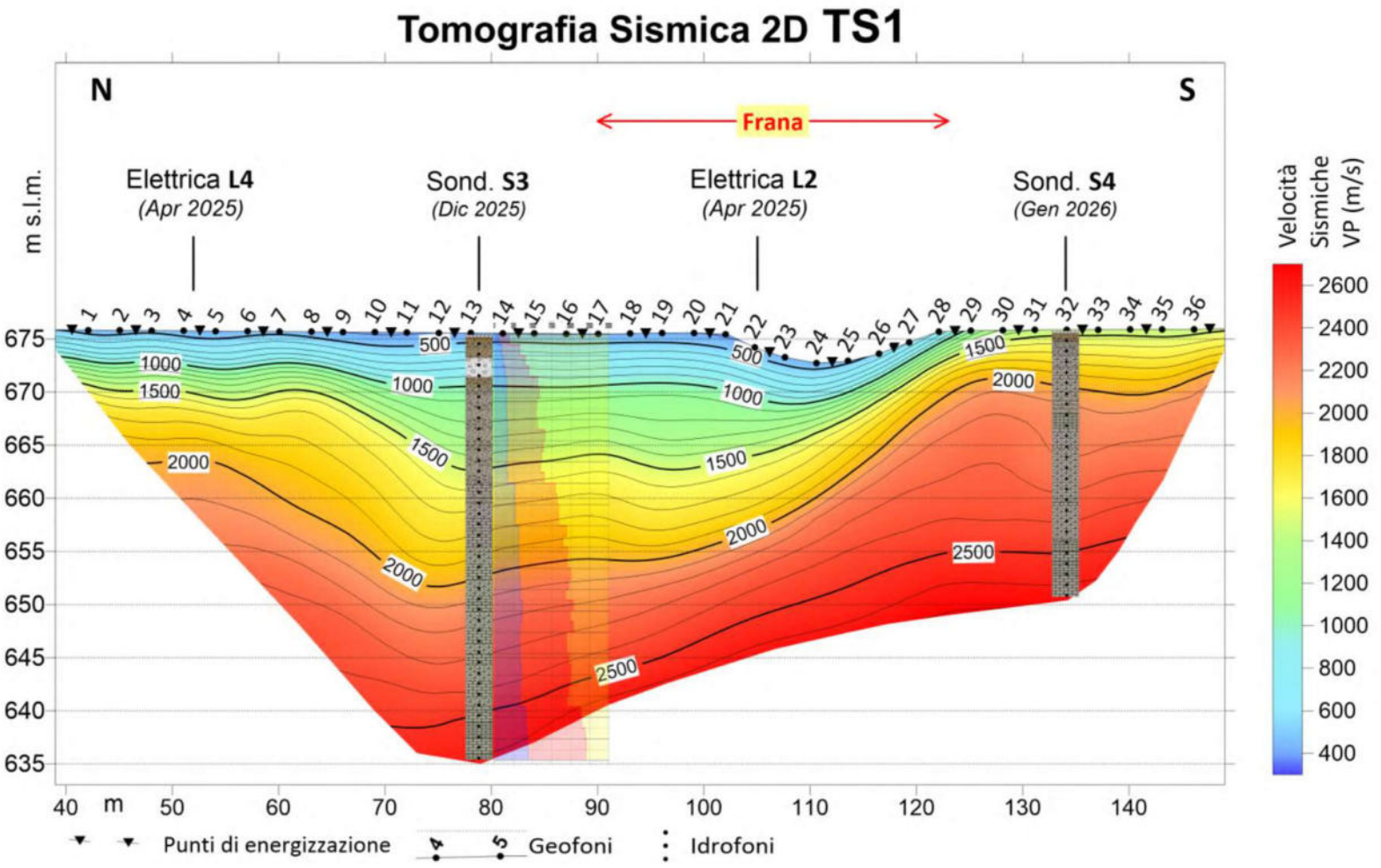
DICEMBRE 2025/GENNAIO 2026 – INTEGRAZIONE INDAGINI

Nel dettaglio per il sito in esame, le indagini geognostiche eseguite evidenziano una successione stratigrafica composta da una **copertura detritica superficiale** avente spessore minimo di **1m** nel settore sud rispetto al fenomeno di dissesto a spessore massimo di **14.15m** nel settore nord, caratterizzata da detrito mediamente addensato, da fratturato a molto fratturato con abbondanza di elementi litoidi molto alterati di natura prevalentemente calcarenitica intervallati da livelli calcareo-marnosi fratturati. L'orizzonte presenta una matrice detritica ghiaiosa-sabbiosa alternata a livelli argillosi (**Unità litotecnica A)**. A maggior profondità si riscontrano le unità del substrato roccioso costituito sostanzialmente dalla presenza di una prima unità (**Unità litotecnica B**) individuata al di sotto della copertura detritica fino a **-20m** da p.c. in entrambi i settori ai lati del dissesto attivo, caratterizzata da due sottounità: **Sottounità B1** costituita da livelli litoidi di natura arenacea da fine a grossolana e da compatta a fratturata e **Sottounità B2** composta da livelli litoidi di natura pelitica da fratturata a molto fratturata.
Solamente nel settore nord rispetto al dissesto franoso, in corrispondenza del sondaggio S3-I da **-20m** a **-35m** da p.c. si riscontra la seconda Unità del substrato costituita da alternanze di livelli litoidi da fratturati a molto fratturati di natura arenacea fine e pelitica con sporadiche venature di calcite (**Unità litotecnica C**).
L'unità di fondo, (**Unità litotecnica D**) presente in entrambi i settori ai lati del dissesto franoso attivo: da -20m e fino ad almeno -25m da p.c. in S4-I (settore sud) e da -35m e fino ad almeno -40m da p.c. in S3-I (settore nord), risulta costituita dalla medesima alternanza di livelli litoidi presenti nell'Unità C ma caratterizzati da una maggior compattezza e qualità della roccia.

Il modello geologico sopra citato è confermato anche dai risultati ricavati attraverso l'elaborazione delle prove geofisiche realizzate sulla massicciata stradale e in attraversamento del dissesto, segue la descrizione dei risultati.

CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

DICEMBRE 2025/GENNAIO 2026 – INTEGRAZIONE INDAGINI

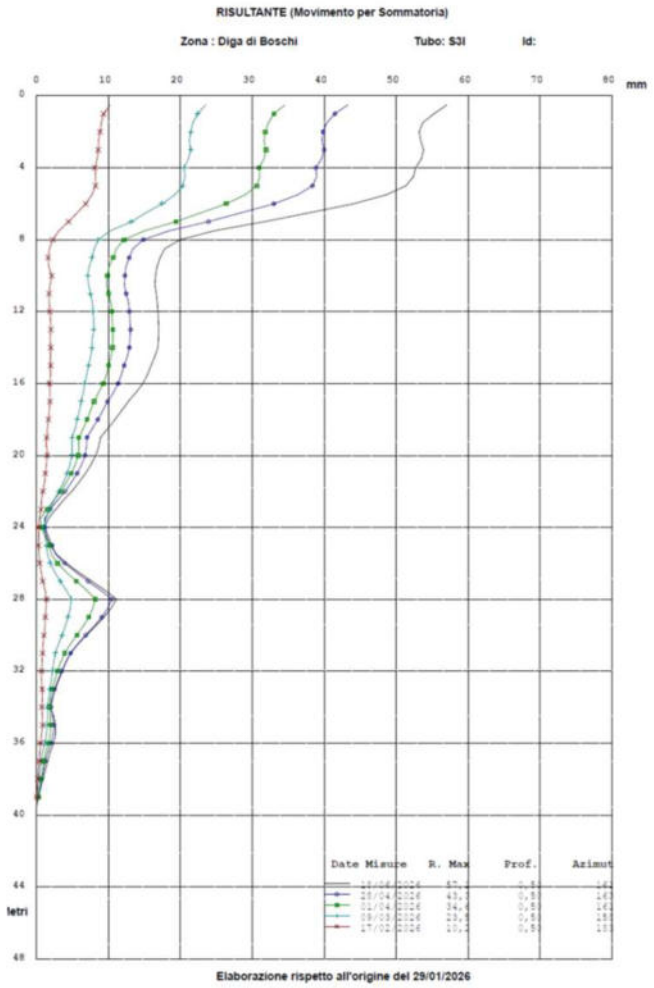


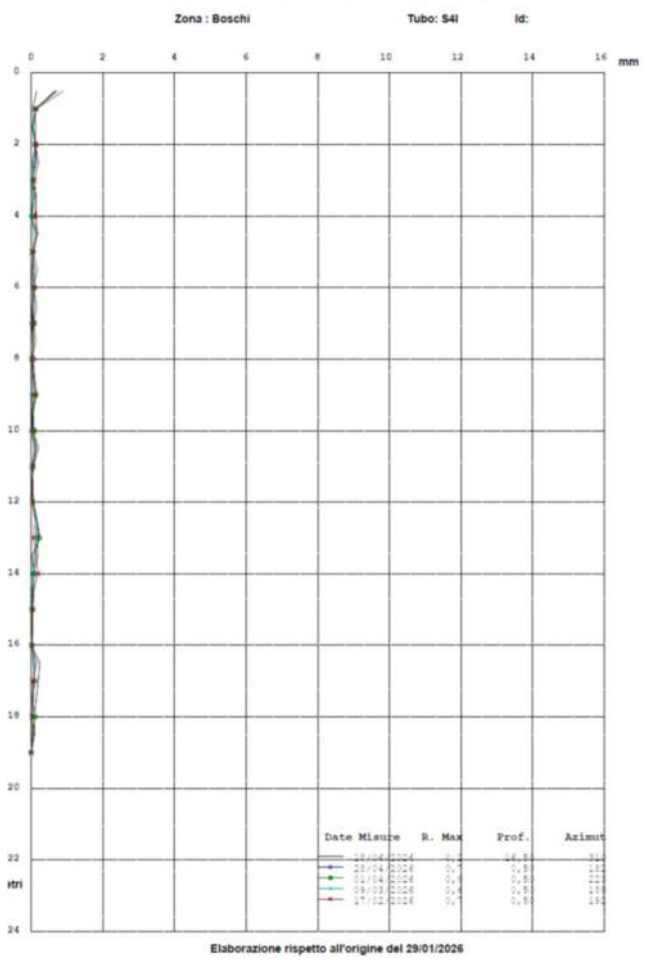
Quale intervento proporre per ripristinare collegamenti con risorse limitate?

CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Monitoraggio in corso

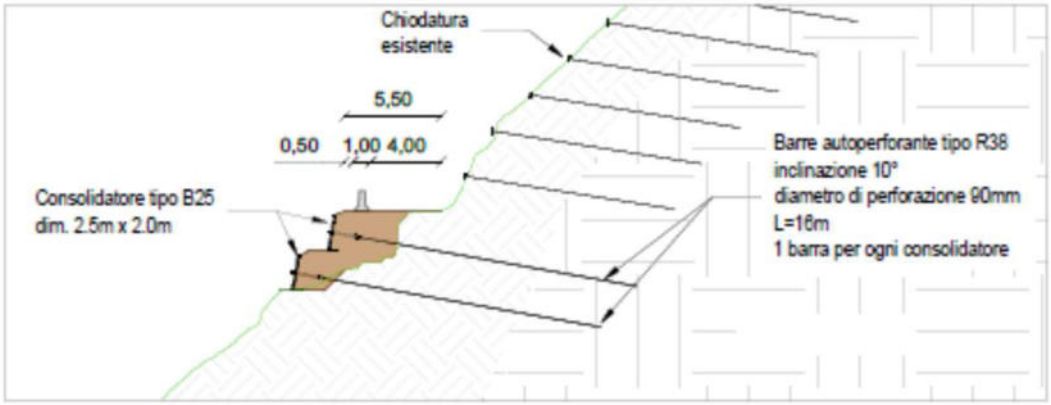
(Febbraio – Giugno 2026)



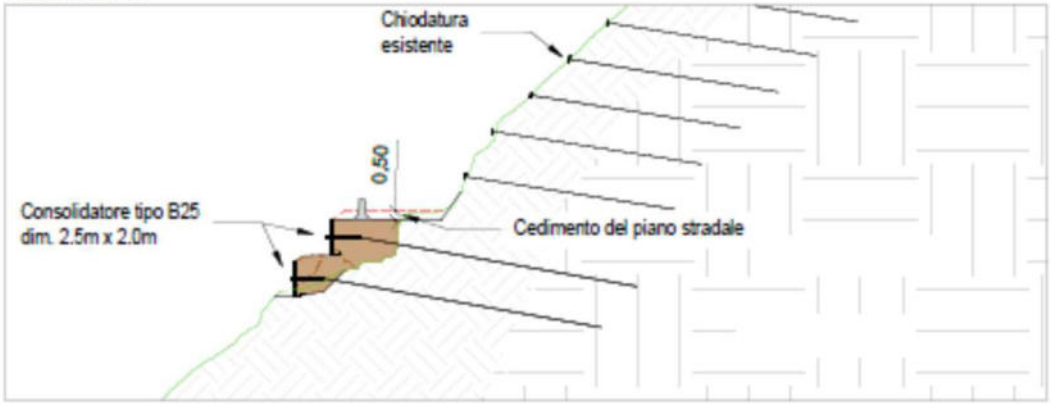


CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Progetto Aprile 2026 (opera a carattere provvisorio per ripristino dei collegamenti)



SEZIONE TIPOLOGICA - Stato di progetto, scenario post utilizzo
Scala 1:200





CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Esecuzione Maggio – Giugno 2026





CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Esecuzione Maggio – Giugno 2026

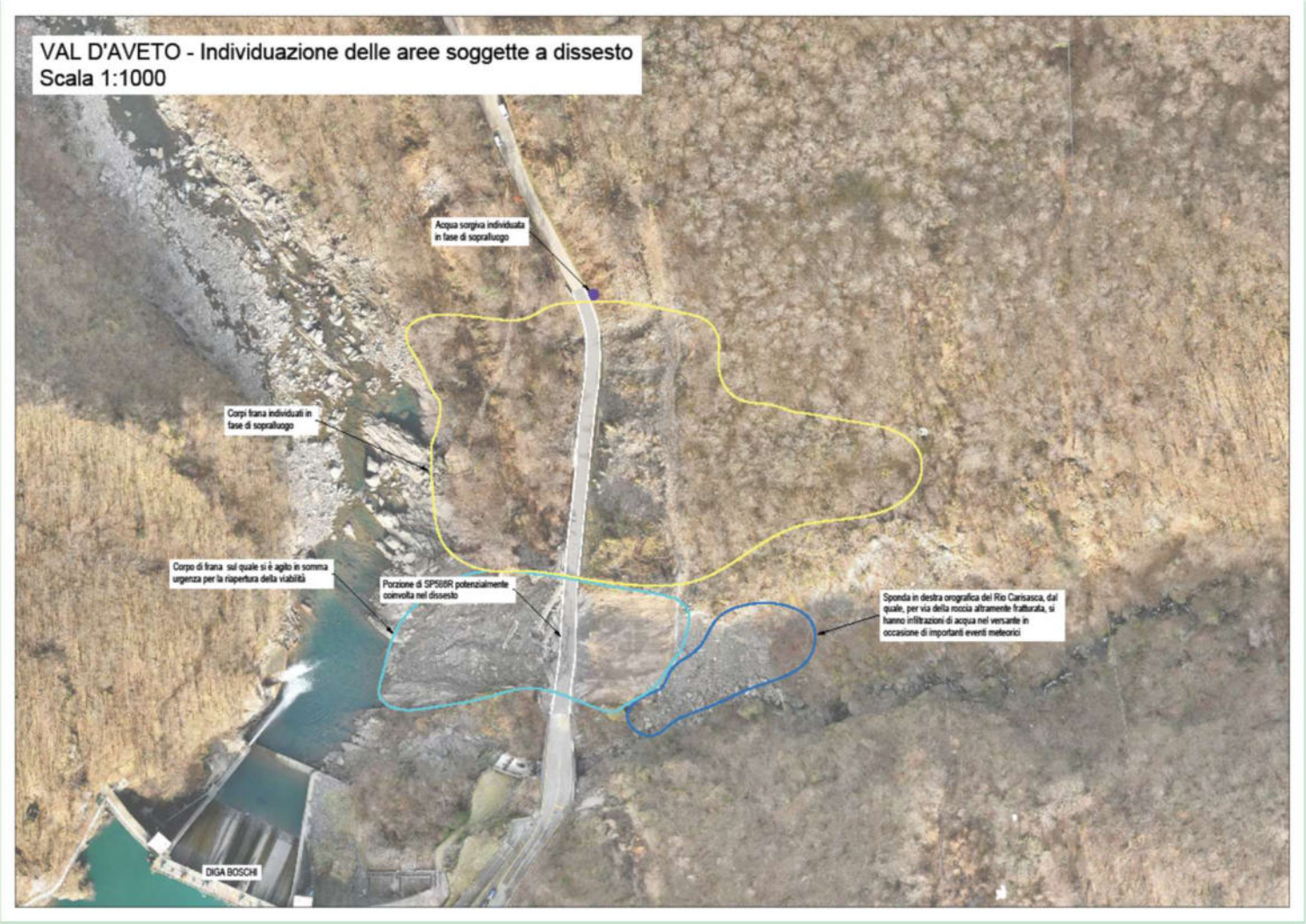


CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Esecuzione Maggio – Giugno 2026

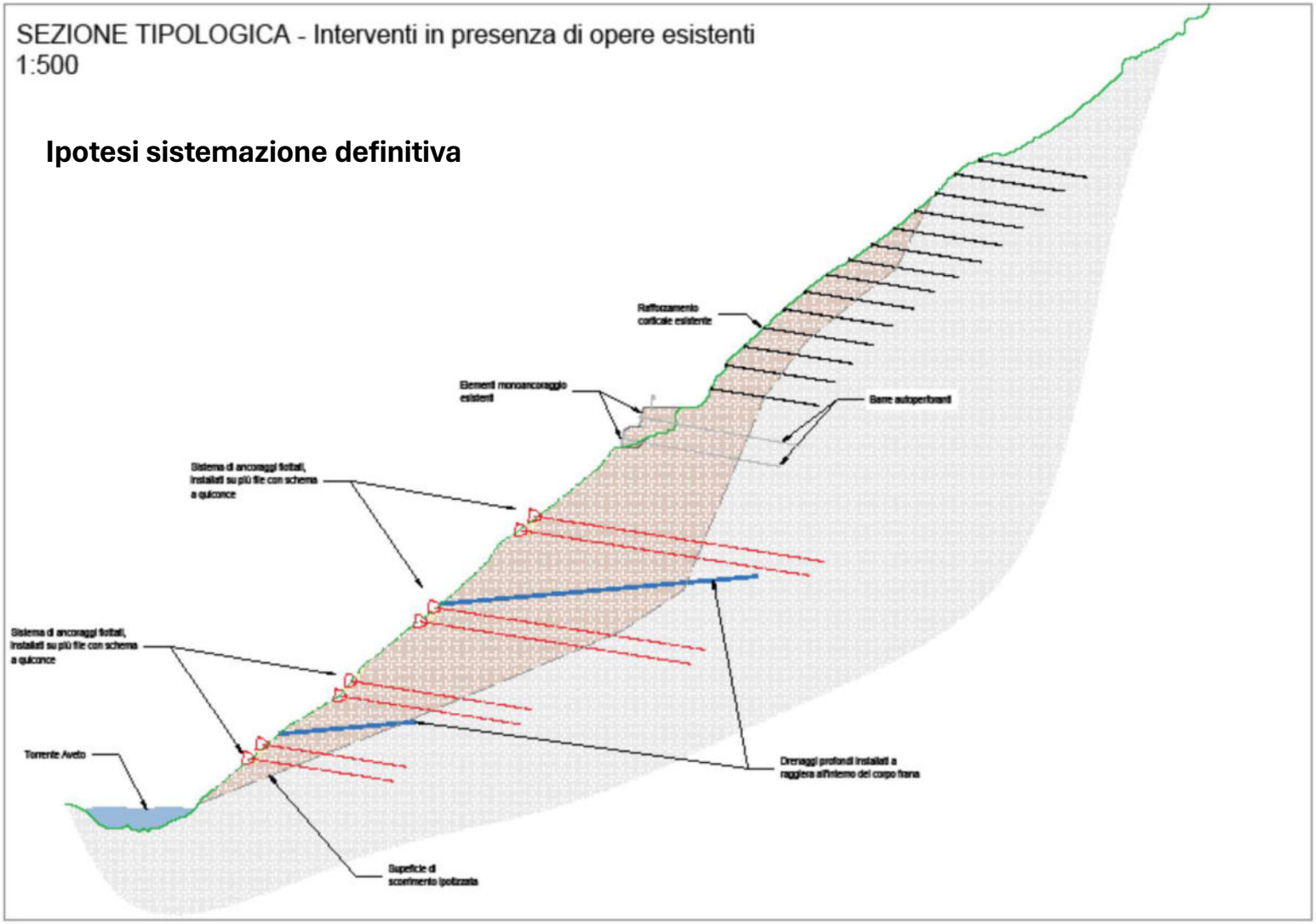


CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)



Ipotesi sistemazione definitiva

CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)



CASO STUDIO 1 – S.P. n. 586R Val d'Aveto km 20+700 (Diga di Boschi)

Risposte per fasi

- ✓ Indagini e approfondimenti per ricostruire il modello del dissesto (risorse adeguate);
- ✓ Ripristinare la circolazione dove possibile, ma senza confondere la riapertura con la soluzione definitiva (scegliere livelli di servizio compatibili con i dati e con il rischio residuo);
- ✓ Ridurre il rischio in modo progressivo attraverso stralci funzionali;
- ✓ Usare il monitoraggio per programmare la stabilizzazione definitiva (eventuale revisione delle strategie);
- ✓ Mantenere flessibilità progettuale;

La conoscenza non è una fase preliminare: diventa parte dell'opera.

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600



Collegamento tra la media Val Chero e la media Val d'Arda

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Nel caso della SP47 la domanda cambia: il tracciato esistente è ancora quello giusto?



CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Aprile 2025







CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

dal 18 Aprile 2025 – interruzione della circolazione

Aprile 2025





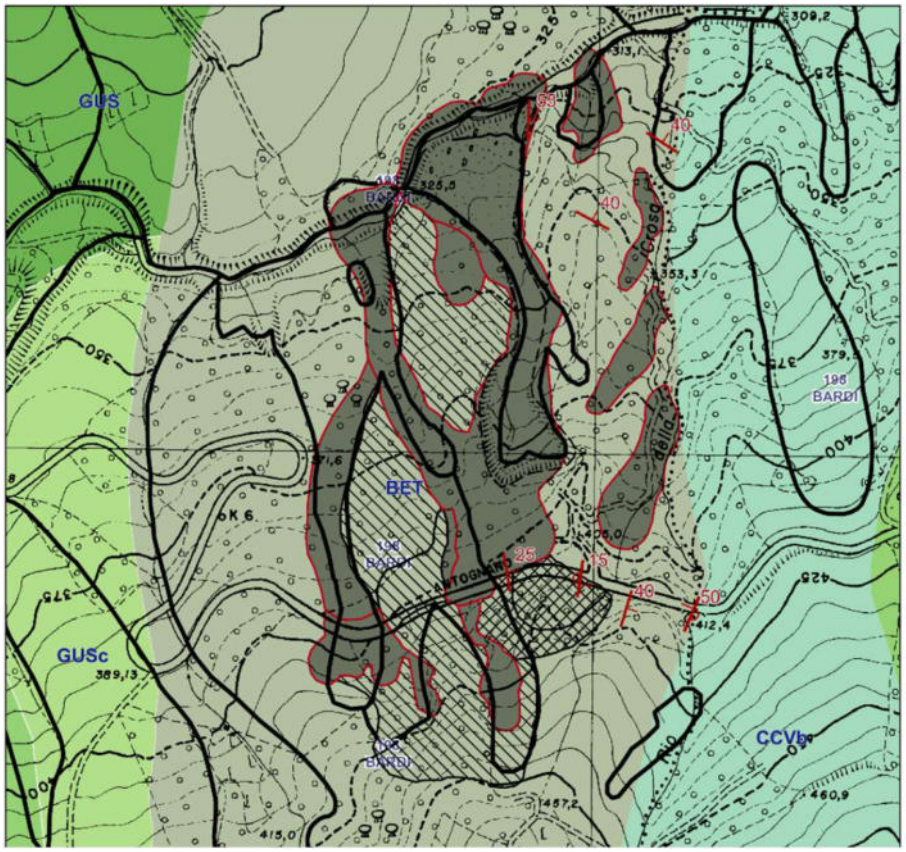


CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Qui il problema non è solo riaprire una strada. È comprendere un intero sistema franoso e decidere se, dove e come ricostruire il collegamento.

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Avvio indagini e studi (Luglio 2025 – Giugno 2026)



F°198 BARDI del CARG 1:50.000

- FLYSCH DI BETTOLA (BET): Marne calcaree, calcari marnosi e marne grigie a base arenitica in strati prevalentemente spessi e molto spessi, frequenti i banchi. Presenti intercalazioni di argilliti scure prive di carbonato di calcio in strati molto sottili e di arenarie medio-fini e peliti in strati medio-sottili. Al tetto della formazione vi sono calcilutiti e calcari marnosi bianchi in strati spessi e molto spessi. Torbiditi carbonatiche, torbiditi silicoclastiche ed emipelagiti bacinali. Spessore 400-500 m. Campaniano sup. – Daniano

- ARGILLITI DI GUSELLI (GUS): Argille e argilliti rosse, grigio scure e verdi, con intercalate areniti torbiditiche grigie in livelli molto sottili o medi, lenti di calcilutiti silicee grigio chiare e grigio-verdi, con patine verde scuro sulle superfici di strato, calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi intercalati ad argilliti siltose grigio scure, arenarie e siltiti manganesifere di colore grigio scuro e calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi. Localmente distinte una litofacies calcareo-marnosa (GUSa) con torbiditi calcareo-marnose in strati da medi a molto spessi e banchi, ed interstrati di peliti nere, una litofacies a brecce poligeniche (GUSb) con brecce ad elementi ofiolitici e sedimentari, una litofacies pelitico-calcarea (GUSc), potente fino a 50 m, con argille grigio scure intercalate a strati di calciluti grigioverdi sottili e medi ed areniti torbiditiche grigie in livelli molto sottili. Potenza geometrica fino a un centinaio di metri. Cretacico sup.?

- COMPLESSO DI CASANOVA (CCV): Unità litostratigrafica costituita da varie litofacies che si alternano senza un apparente ordine stratigrafico. CCVb - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica, brecce monogeniche (prevalenti) e poligeniche per lo più matrice sostenute con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti chiare (per lo più riferibili alle argille a Palombini), più rari clasti di areniti scure e calcareniti. Campaniano inf

UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

6 rilievi LiDAR – Indagini geofisiche e geognostiche

rilievi multi-temporali con Drone LiDAR e restituzione di ortofoto, DSM e DTM – sondaggi, geoelettrica e sismica

0,4 km^2 monitorati – dati inclinometrici

area di frana e versanti sovrastanti, con elevata densità di punti – 2 sondaggi attrezzati per letture inclinometriche

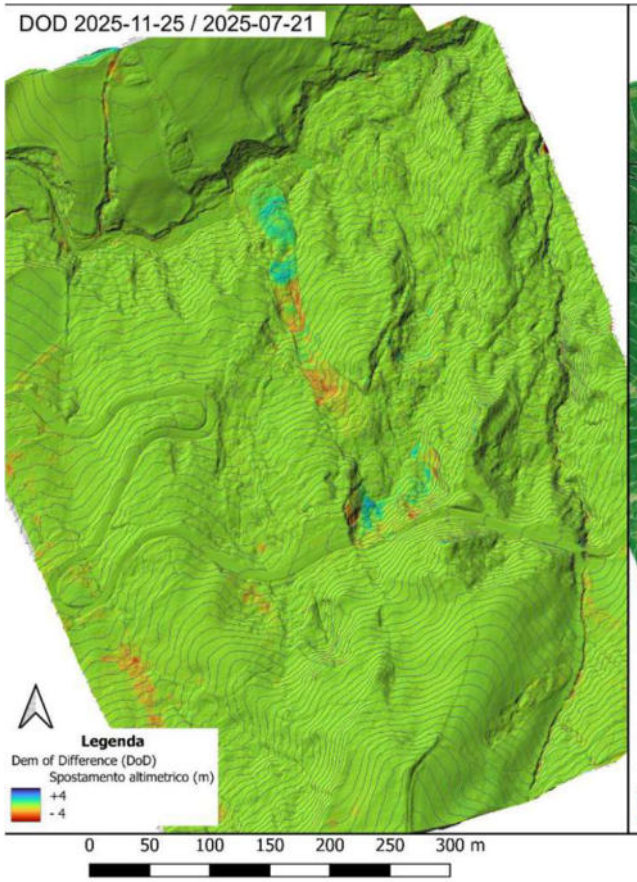
Dati per decidere

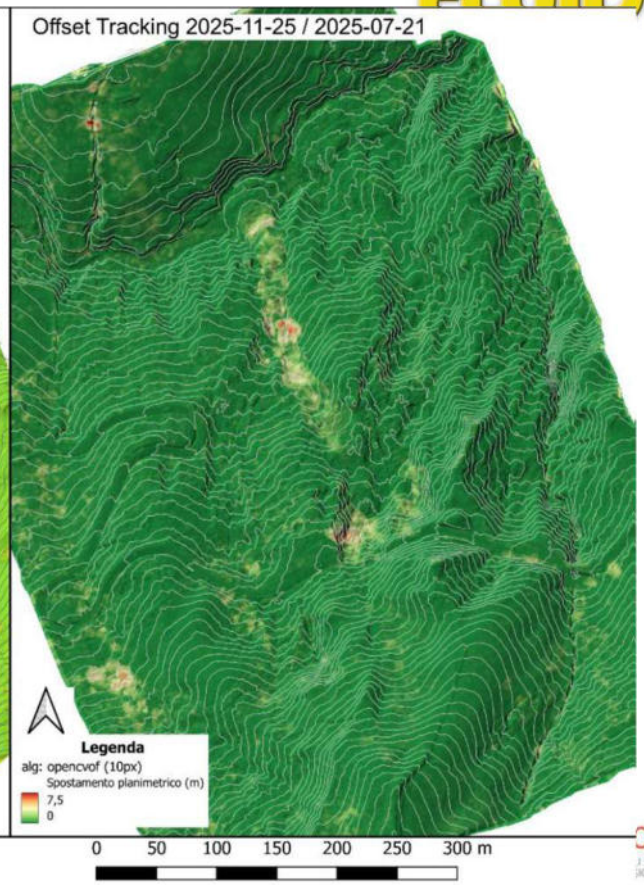
non un rilievo fine a sé stesso, ma base valutativa per le alternative di tracciato

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Rilievi multi-temporali Lidar e RGB Drone-RTK e restituzione di DSM/DEM e Ortofoto

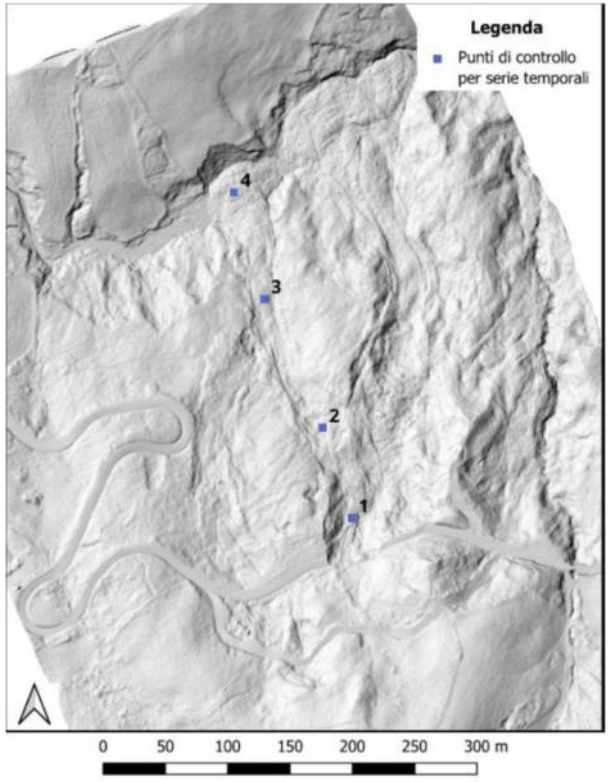


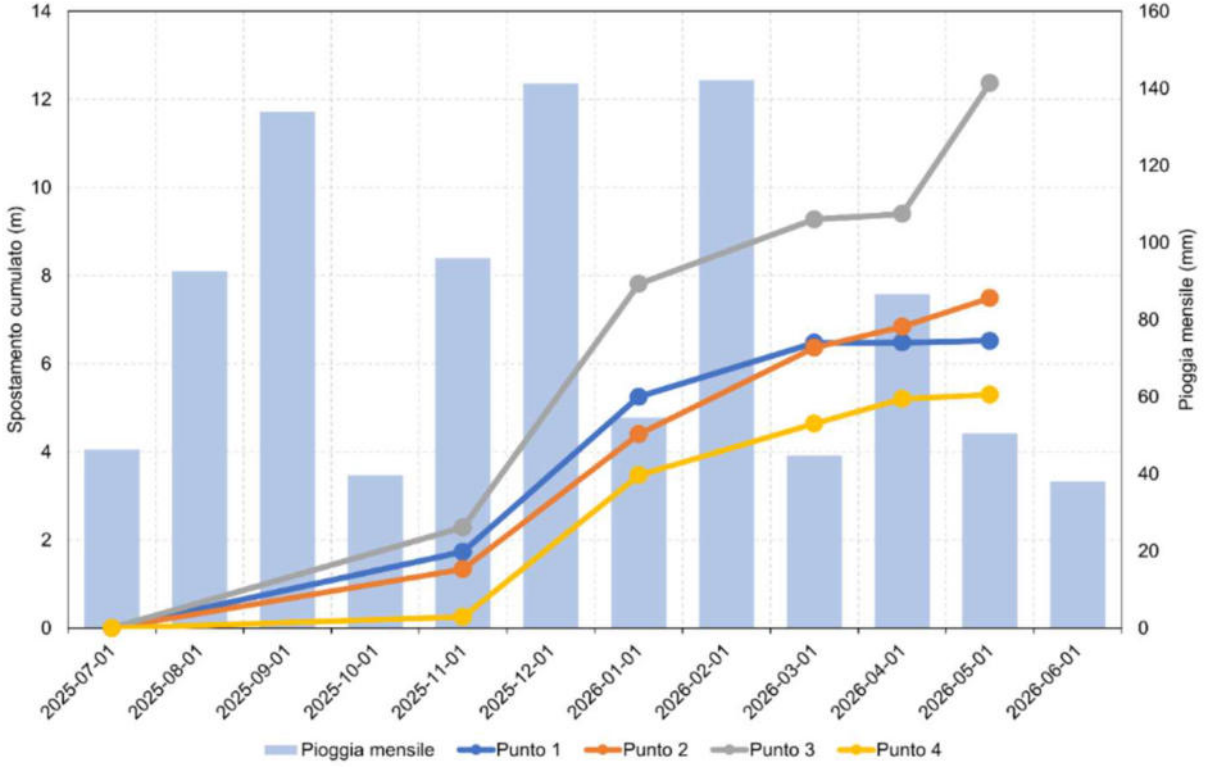




Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

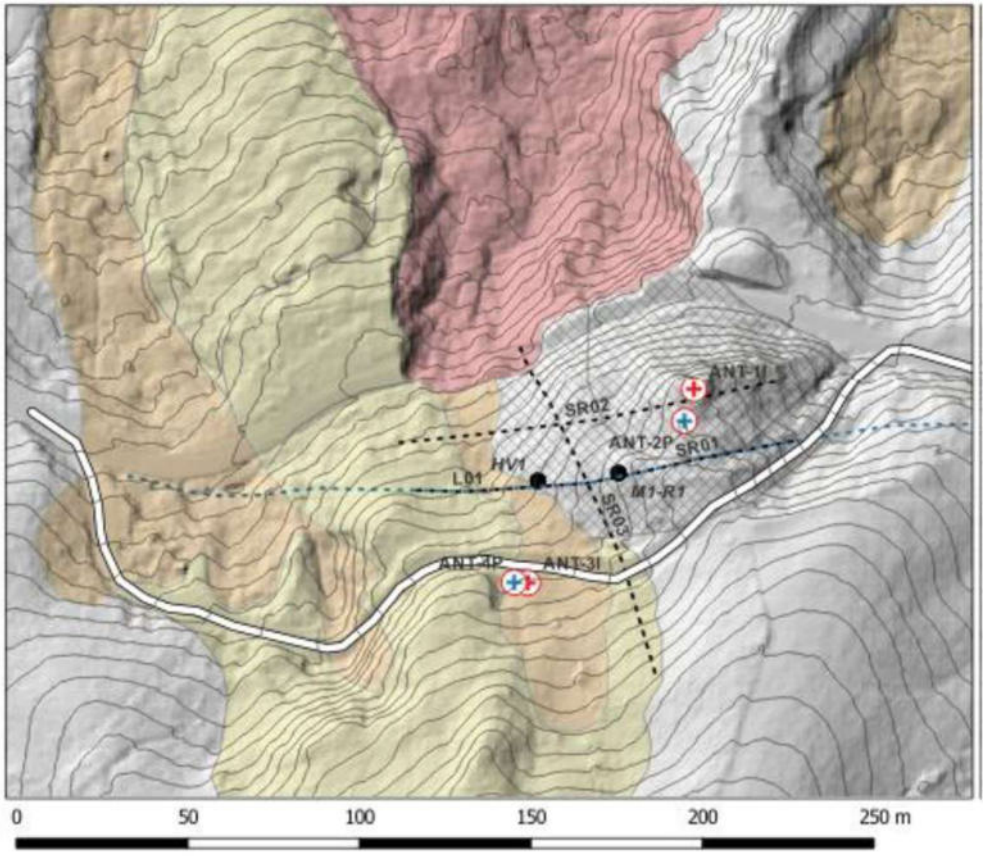
CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

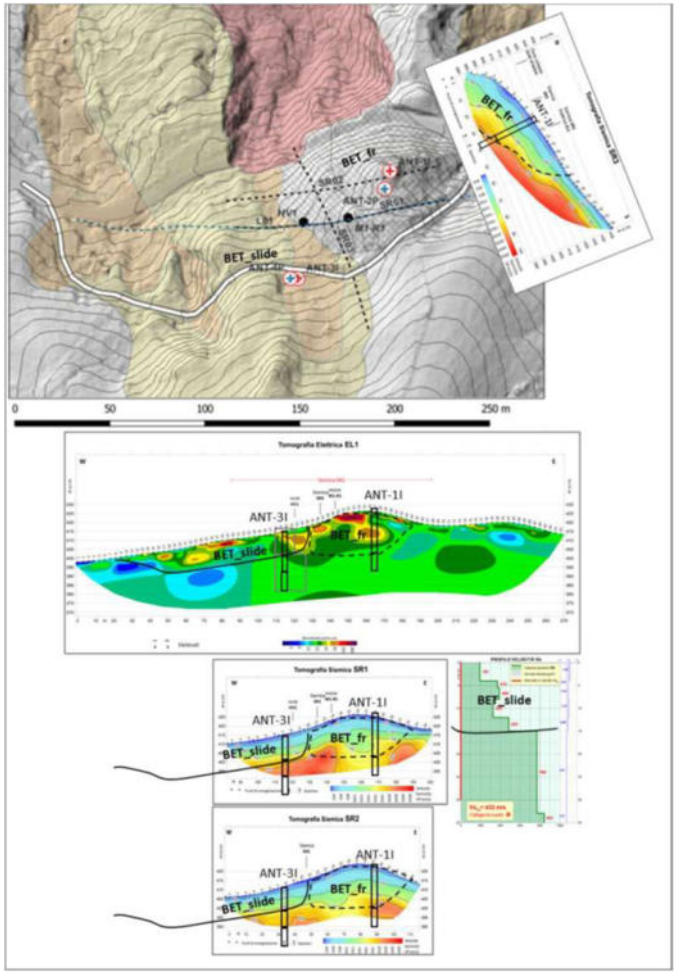




UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

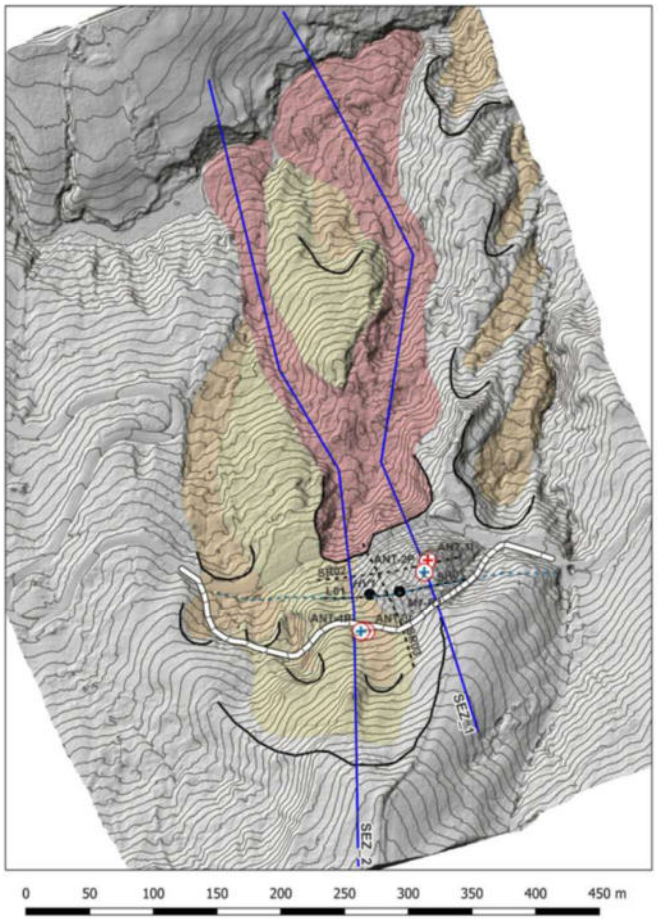


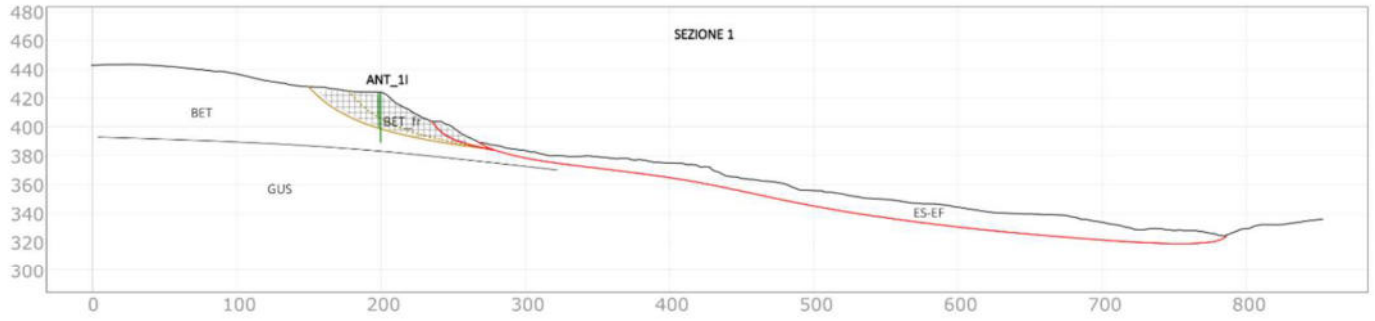


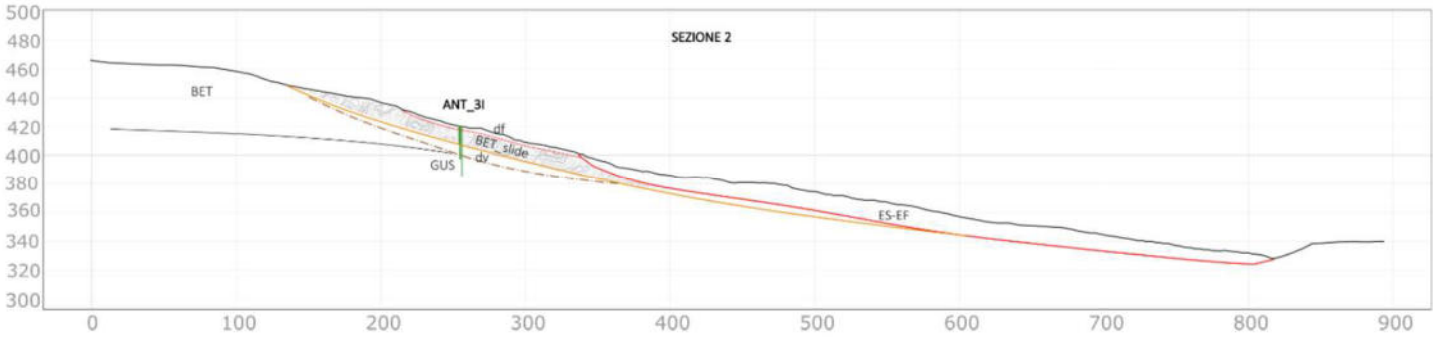
GEO FLUID

UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600







UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MODENA E REGGIO EMILIA
Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Esiti approfondimenti

- ✓ Spostamenti da centimetrici a metrici nelle aree in movimento;
- ✓ Ramo sinistro della frana con spostamenti cumulati da 5 a oltre 12 metri;
- ✓ Tassi di movimento coerenti con l'aumento delle precipitazioni mensili;
- ✓ Aree a monte della Strada Provinciale n. 47 senza spostamenti apprezzabili (nel range centimetrico delle tecniche adottate) - coerenza con i primi esiti delle letture inclinometriche (non sufficienti per assumere decisioni definitive);

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600

Ipotesi considerate

Tracciato attuale

interventi lungo il tracciato attuale risultano complessi (risorse) e potenzialmente non risolutivi

Variante di valle

fortemente problematica perché attraverserebbe i due rami di frana da ritenersi ancora attivi

Variante di monte

potenziale fattibilità, condizionata da monitoraggi e da eventuali ulteriori approfondimenti

CASO STUDIO 2 – S.P. n. 47 di Antognano km 5+600



LEZIONI APPRESE

Non possiamo impedire lo sviluppo di ogni dissesto

- ✓ Possiamo però decidere quanto essere preparati quando il dissesto arriva;
- ✓ La conoscenza è strategica:
  - ✓ *I dati consentono di misurare l'entità fenomeni;*
  - ✓ *Il monitoraggio consente di conoscere l'evoluzione dei fenomeni;*
  - ✓ *Rischio residuo accettabile;*



Strumenti indispensabili di supporto per aggiornare progetti e decisioni.

LEZIONI APPRESE

1. L’evento è solo l’innesco

Gli eventi intensi accelerano o riattivano sistemi fragili: serve conoscere il contesto geologico, non solo riparare il danno visibile.

2. La conoscenza è parte dell’opera

Indagini, rilievi e modellazioni sono strumenti di governo del rischio, non adempimenti preliminari.

3. La resilienza è progressiva

Soluzioni provvisorie (anche per considerare incidenza risorse), stralci funzionali e monitoraggio sono parte di una strategia adattiva.

LEZIONI APPRESE

Dalla gestione dell'emergenza alla resilienza della rete viaria provinciale

Prevenzione	Definire la priorità dei tratti Esposti	Quali tratti della rete viaria sono maggiormente esposti? Quali standard minimi di monitoraggio occorre prevedere nei contesti più fragili?
Monitoraggio	Integrare rilievi, sensori, geotecnica e dati pluviometrici	Basi informative aggiornate
Adattamento	Progettare per fasi quando il fenomeno è in evoluzione	Soluzioni temporanee per garantire un rischio accettabile
Risorse	Allineare emergenza, programmazione e finanziamento	Budget pluriennali stabili Soluzioni per garantire tempestività nelle azioni (es. AQ servizi/lavori)

Grazie per l’attenzione!

Davide Marenghi – davide.marenghi@provincia.pc.it