

E78 GROSSETO - FANO
Tratto Nodo di Arezzo – Selci – Lama (E45)
Adeguamento a quattro corsie del tratto
San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° lotto

PROGETTO DEFINITIVO

FI 508

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Roberto Salucci</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 633</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GP INGENGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>engeko</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p>
<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i></p> <p>Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270</p>	<p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2687</p> <p><i>Ing. Matteo Bordugo</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Pordenone n. 750A</p>	<p>(Mandante)</p> <p>(Mandante)</p>
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Francesco Pisani</i></p>	<p><i>Ing. Giuseppe Festa</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12) :</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i></p> <p>ORDINE INGEGNERI ROMA N° 14035</p>

STUDI ED INDAGINI

Geotecnica

Relazione sulle aree in frana e sugli interventi stabilizzazione

<p>CODICE PROGETTO</p> <p>PROGETTO LIV.PROG ANNO</p>	<p>NOME FILE</p> <p>T01GE00GETRE03_A</p>	<p>REVISIONE</p>	<p>SCALA</p>		
<p>DPFI508 D 23</p>	<p>CODICE ELAB. T 0 1 G E 0 0 G E T R E 0 3</p>	<p>A</p>	<p>-</p>		
<p>D</p> <p>C</p> <p>B</p>					
<p>A</p>	<p>Emissione a seguito Istruttoria n°U. 0016028.09-01-2024</p>	<p>Gennaio '24</p>	<p>Colleselli</p>	<p>Bordugo</p>	<p>Guiducci</p>
<p>REV.</p>	<p>DESCRIZIONE</p>	<p>DATA</p>	<p>REDATTO</p>	<p>VERIFICATO</p>	<p>APPROVATO</p>

INDICE

1.	<u>PREMESSA.....</u>	<u>3</u>
2.	<u>DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</u>	<u>4</u>
2.1.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE	4
2.2.	ELABORATI DI PROGETTO	5
2.3.	BIBLIOGRAFIA	6
2.4.	SIMBOLOGIA	7
3.	<u>INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO</u>	<u>8</u>
4.	<u>MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....</u>	<u>10</u>
4.1.	DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	10
4.2.	CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE	11
4.3.	SINTESI DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	13
4.4.	AZIONE SISMICA DI PROGETTO	14
5.	<u>FENOMENI FRANOSI E INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE</u>	<u>19</u>
5.1.	PREMESSA	19
5.2.	METODI DI CALCOLO	21
5.2.1.	<i>Metodi di calcolo per le verifiche di stabilità.....</i>	<i>21</i>
5.2.2.	<i>Metodi di calcolo per le verifiche locali</i>	<i>23</i>
5.3.	VERIFICHE DELLE BARRE DI ANCORAGGIO.....	24
5.3.1.	<i>Verifica allo sfilamento della fondazione.....</i>	<i>25</i>
6.	<u>FRANA 1</u>	<u>26</u>
7.	<u>FRANA 2</u>	<u>28</u>
7.1.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	28
7.2.	INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	33
8.	<u>FRANA 2 BIS</u>	<u>34</u>
8.1.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	34
8.2.	INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	38
9.	<u>FRANA 3 (SEZ. 2+970)</u>	<u>39</u>
9.1.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO.....	39
9.2.	INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	44
9.2.1.	<i>Interventi di stabilizzazione (OS. 56)</i>	<i>44</i>
9.2.2.	<i>Verifiche di stabilità globale.....</i>	<i>46</i>
9.2.3.	<i>Verifiche locali.....</i>	<i>49</i>

PROGETTAZIONE ATI:

10. FRANA 4 (SEZ. 3+080)	50
10.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	50
10.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	54
10.2.1. <i>Interventi di stabilizzazione (OS. 56)</i>	54
10.2.2. <i>Verifiche di stabilità globale</i>	58
10.2.3. <i>Verifiche locali</i>	60
11. FRANA 5 (SEZ. 3+375)	67
11.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	67
11.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	71
11.2.1. <i>Interventi di stabilizzazione (OS. 57)</i>	71
11.2.2. <i>Verifiche di stabilità globale</i>	74
11.2.3. <i>Verifiche locali</i>	76
12. FRANA 6 (SEZ. 3+862)	77
12.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	77
12.1. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	81
12.1.1. <i>Interventi di stabilizzazione (OS. 58)</i>	81
12.1.2. <i>Verifiche di stabilità</i>	84
12.1.3. <i>Verifiche locali</i>	86
13. FRANA 7 (SEZ. 4+120)	87
13.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	87
13.1. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	91
13.1.1. <i>Interventi di stabilizzazione (OS. 59)</i>	91
13.1.2. <i>Verifiche di stabilità</i>	93
13.1.3. <i>Verifiche locali</i>	96
14. FRANA 8	97
14.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO	97
15. FRANA 11	100
15.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO	100
15.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE	105
16. FRANE 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17	106

1. PREMESSA

La presente relazione ha come finalità lo studio delle aree in frana e degli interventi di stabilizzazione del Progetto Definitivo Tratto Nodo Di Arezzo – Selci – Lama (E45), Adeguamento a quattro corsie del tratto San Zeno – Arezzo – Palazzo del Pero, 1° Lotto (FI508).

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, ed ai sensi della legge sui lavori pubblici D.lgs. n. 50/2016 e del regolamento D.P.R. 207/2010 considerando il livello progettuale di progetto definitivo.

PROGETTAZIONE ATI:

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE

1. EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical Design;
2. EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance;
3. AGI (2005) “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”;
4. UNI EN 206-1:2016, Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità
5. D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”;
6. Circolare 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al DM17/01/2018;
7. AICAP (2012) Ancoraggi nei terreni e nelle rocce – Raccomandazioni.

PROGETTAZIONE ATI:

2.2. ELABORATI DI PROGETTO

1. P01OS56STRDC01, DETTAGLI, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
2. P01OS56STRPP01-02, PLANIMETRIA, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
3. P01OS56STRPS01-2, PROSPETTI, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
4. P01OS56STRSZ01-03, SEZIONE 1-3, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
5. P01OS57STRDC01, DETTAGLI, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
6. P01OS57STRPP01-02, PLANIMETRIA, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
7. P01OS57STRPS01, PROSPETTI, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
8. P01OS57STRSZ01-02, SEZIONE1-2, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
9. P01OS58STRDC01, DETTAGLI, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
10. P01OS58STRPP01-03, PLANIMETRIA 1-3, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
11. P01OS58STRPS01-02, PROSPETTI 1-2, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
12. P01OS58STRSZ01-03, SEZIONE 1-3, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
13. P01OS59STRDC01, DETTAGLI, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
14. P01OS59STRPP01-03, PLANIMETRIA, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
15. P01OS59STRPS01, PROSPETTI, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
16. P01OS59STRSZ01, SEZIONE, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
17. P01VI01GETFG01÷10 Profilo geotecnico Viadotto VI.01-VI.10;
18. T00GE00GETSG01÷11, Sezioni geotecniche;
19. T00GE01GETCS01-02, Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1-2 di 2;
20. T010GE01GEORE01, Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica;
21. T01GE00GEOPU01-05 Planimetrie ubicazione indagini geognostiche, Tav 1-5 di 5;
22. T01GE00GEORE01 Documentazione indagini geognostiche - Sondaggi geognostici e prove in sito;
23. T01GE00GEORE02 Documentazione indagini geognostiche - Georeferenziazione delle indagini;
24. T01GE00GEORE03 Documentazione indagini geognostiche - Analisi e prove di laboratorio geotecnico;
25. T01GE00GEORE04 Documentazione indagini geognostiche - Campagna geofisica;
26. T01GE00GETDI01, Int. stab. prog. 2+675 a pk 2+875 (frana 2bis) - Pianta, sez. tipo e dettagli;
27. T01GE00GETDI06÷09, Interventi di stabilizzazione dei fronti di scavo - Pianta, sezione tipologica e dettagli - Tav. 1-4 di 4;
28. T01GE00GETFG01-05, Profilo geotecnico Asse Grosseto, Tav.1-5;
29. T01GE00GETFG06, Profilo geotecnico Asse Fano, Tav.6;
30. T01GE00GETFG07, Profilo geotecnico, Rampa E e F;
31. T01GE00GETFG08 Profilo geotecnico, Rampa L e J;
32. T01GE00GETFG09 Profilo geotecnico, Rampa di collegamento Pero;
33. T01GE00GETSG01÷07, Sezioni geotecniche;
34. T01GE01GEOCG01-05, Carta geologica - Tav. 1-5 di 5;
35. T01GE01GEOCG06-10, Carta geomorfologica - Tav. 6-10 di 10;
36. T01GE01GEOCI01-05, Carta idrogeologica- Tav. 1-5 di 5;
37. T01GE01GEOFG01-05, Profilo geologico Asse Grosseto- Tav.1-5 di 5;
38. T01GE01GEOFG06, Profilo geologico Asse Fano- Tav.6
39. T01GE01GEORE02, Rilievi geomeccanici;
40. T01GE01GEOSG01-02, Sezioni geologiche, Tav.1-2 di 2;

PROGETTAZIONE ATI:

2.3. BIBLIOGRAFIA

1. Bishop, A.W. (1955). “The use of the slip circle in the analysis of slopes”, Geotechnique, vol. 5, pp.7-17
2. “Lamma Rete Toscana” visualizzabili sul Geoportale Regionale Toscana
https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/326

2.4. SIMBOLOGIA

Si riporta di seguito l'elenco dei simboli dei parametri geotecnici utilizzati nella presente relazione:

ρ	densità del terreno;
γ / γ'	peso di volume del terreno / peso di volume immerso del terreno
w_n	contenuto d'acqua naturale
w_L	limite di liquidità
w_P	limite di plasticità
IP	indice di plasticità
D_r	densità relativa
ϕ'	valore dell'angolo di resistenza al taglio efficace (f di picco)
ϕ'_k	valore caratteristico angolo di resistenza al taglio efficace (f di picco)
ϕ'_R	valore dell'angolo di attrito residuo
c'	valore della coesione in condizioni drenate efficace
c'_k	valore caratteristico coesione in condizioni drenate efficace
c_u	valore della coesione in condizioni non drenate
$c_{u,k}$	valore caratteristico coesione in condizioni non drenate
σ_c	resistenza a compressione uniassiale della roccia
$G_{max} = G_0$	modulo di taglio alle piccole deformazioni
E_0	modulo di Young alle piccole deformazioni
E_{25}	modulo con riferimento ad un grado di mobilitazione della resistenza ultima a taglio pari al 25-30% e una deformazione dell'ordine di 1×10^{-3}
E_m	modulo di elasticità dell'ammasso roccioso
$E_{op, fondaz dirette}$	modulo elastico di Young operativo (opere di fondazione dirette)
$E_{op, fondaz profonde}$	modulo elastico di Young operativo (opere di fondazione profonde – opere di sostegno)
M	modulo edometrico confinato
$M_{fondaz dirette}$	modulo edometrico operativo per fondazioni dirette
$M_{fondaz profonde}$	modulo edometrico operativo per fondazioni profonde
$\Delta\sigma$	intervallo tensionale relativo alla prova edometrica
k	coefficiente di permeabilità
V_s	velocità delle onde di taglio
ν	coefficiente di Poisson
z	profondità dal piano campagna

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Per l'approfondimento di tali aspetti si rimanda all'elaborato di progetto T01GE01GEORE01 - Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.

Geologicamente, l'area oggetto del presente studio, fa parte della fascia centrale della catena orogenica dell'Appennino settentrionale costituito da una struttura complessa di falde e sovrascorrimenti. In questo settore si sviluppano le formazioni alloctone cosiddette Liguridi, appartenenti ad un ambiente di tipo pelagico (Bacino Ligure), riferibili ad un periodo di deposizione compreso tra il Cretacico superiore e l'Eocene. Il Bacino corrispondente al sistema di pianura intermontana di Arezzo ed alla Val di Chiana deve la sua genesi ed evoluzione, durante l'orogenesi dell'Appennino, alla formazione di due alti strutturali, corrispondenti ad anticlinali, che delimitano il bacino: la dorsale Alpe di Poti - M. Murlo – Pratomagno, a est, e che continua fino ai rilievi di Cortona (Monte Castel Giudeo e Alta S. Egidio), ed i Monti del Chianti, a ovest, e Di Rapolano - Cetona a sud ovest. Gli elementi strutturali che caratterizzano le due dorsali sono la Falda Toscana e l'Unità Cervarola - Falterona, entrambe differenziate durante le fasi mioceniche del corrugamento appenninico dove affiorano in prevalenza di unità torbiditico-arenacee e subordinatamente argilloso-marnose.

In seguito, si descrivono brevemente le principali unità geologiche riconosciute lungo il tracciato.

LITOLOGIE DEL SUBSTRATO

- *Unità Arenarie del Cervarola (ac)*. Sono formate da un'alternanza di siltiti, arenarie fini e marne argillose con locali intercalazioni di calcari marnosi e noduli di selce. Le arenarie sono generalmente di esiguo spessore (3 - 4 cm), ma possono raggiungere spessori anche di 20 - 30 cm. I litotipi coerenti-lapidei sono caratterizzati generalmente da un grado di fratturazione medio alto e si differenziano sostanzialmente per la presenza o meno di differenziazioni litologiche e stratigrafiche. Prevalentemente si riscontra la presenza di Arenarie con intercalazioni argillitiche e siltitiche con buone proprietà meccaniche. Le caratteristiche meccaniche di tale classe diminuiscono però fortemente all'aumentare del grado di alterazione e della potenza degli strati argilloso-siltosi oltre che all'aumentare del grado di fratturazione. L'alterazione è rappresentata da un ammasso costituito da uno scheletro di clasti e blocchi arenacei e marnosi in matrice sabbiosa-argillosa fratturati, spesso le porzioni sono destrutturate ma sono ancora riconoscibili strutture originarie (stratificazione). La formazione delle Arenarie del Cervarola è interessata da numerose dislocazioni per faglia diretta orientate in direzione appenninica (NW-SE), che attraversano il substrato e che vengono intercettate circa ortogonalmente dal tracciato stradale.
- *Unità Marne di San Polo (ms)*. La formazione è rappresentata da marne giallastre e grigie a frattura scheggiata intercalate al Macigno del Mugello. Essa si incontra solamente nella porzione iniziale del lotto 1, tra circa la pk 1200 e la pk 1550. Si tratta di marne a grana fine intensamente alterate, dalle basse caratteristiche di resistenza (resistenza a compressione uniassiale bassa), poco tenaci, scarsamente rigide ed elastiche, fittamente laminate ed intensamente fratturate (RQD bassi) con riempimenti a matrice argillosa.

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

- *Depositi alluvionali recenti ed attuali (at)*. Individuano depositi alluvionali recenti di ambiente fluviale, costituiti da limi argillosi, limi sabbiosi, argille limose, con spessi banchi di sabbie e strati ghiaiosi, di età olocenica. Affiorano maggiormente nella parte più a Ovest del tracciato dove ricoprono il substrato costituito dal Macigno del Mugello fino alle aree marginali in cui questo viene ad emergere. Gli spessori delle alluvioni tendono ad aumentare progressivamente verso Arezzo. Localmente sono presenti anche intercalazioni di terre fini e medio-fini, da argilla a limo sabbioso, che talvolta possono prevalere, in particolare nella parte sommatiale.

- *Terreni di riporto (r)*. Data l'intensa urbanizzazione dell'area, sono presenti terreni di riporto rappresentati da materiali eterogenei, da limi sabbiosi e/o argillosi a sabbie limose, con ghiaia o ciottoli di varia composizione, spesso clasti di marna, arenaria e laterizi; talora vi è presente sostanza organica. I terreni suddetti, intercettati da alcuni sondaggi, rappresentano rilevati stradali oppure aree di colmamento artificiale (da pk 0 a pk 450, da pk 0+750 a pk 1+300, da pk 1+700 a pk 1+740, da pk 2+025 a pk 2+125, da pk 2+325 a pk 2+375, da pk 2+490 a pk 2+630, da pk 3+750 a pk 3+925, da pk 4+175 a pk 4+280, da pk 4+600 a pk 4+710, da pk 5+390 a pk 5+460, da pk 5+540 a pk 5+660, da pk 6+210 a pk 6+280, da pk 6+650 a pk 6+675, da pk 7+015 a pk 7+400, da pk 8+100 a pk 8+475).
- *Depositi di frana (dt)*. Nell'area del tracciato del Lotto 1, nonostante i terreni affioranti non siano di natura particolarmente franosa, sono stati cartografati n. 17 fenomeni franosi. Questi sono concentrati nelle aree in cui gli ammassi risultano particolarmente fratturati e, più in generale, sui versanti con giacitura a franapoggio e traversipoggio. Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Il tracciato dell'opera è per la maggior parte caratterizzato dalla presenza del substrato roccioso; si tratta delle unità geologiche delle Arenarie del Cervarola (unità geologica ac) e subordinatamente, tra circa le pk 1+200 e 1+650, delle Marne di San Polo (unità geologica ms).

Il substrato roccioso è stato rilevato sia dai sondaggi geognostici che dalle indagini sismiche indirette (sismiche a rifrazione, down-hole e MASW). Inoltre, nell'ambito del documento *Geologia - Relazione Geologica* (T01GE01GEORE01), il substrato che affiora lungo quasi tutto il tracciato è stato indagato tramite rilievi geomeccanici, i cui risultati sono presentati nell'elaborato di progetto *Geologia – Rilievi geomeccanici* (T01GE01GEORE02).

Le quote altimetriche sono di poco inferiori ai 250 m s.l.m. nel tratto iniziale nell'area all'interno della Val di Chiana, e aumentano nel tratto centrale del lotto fino ad arrivare a circa 500 m s.l.m. per poi decrescere nuovamente fino a circa 435m s.l.m. Circa l'influenza dei depositi affioranti sul modellamento, le Arenarie del Cervarola danno le quote più elevate.

Dal punto di vista idrografico il tracciato intercetta due corsi d'acqua modesti, il Torrente Vingone tra le pk 250+000 e 353+229 ed il Rio Fiumicello che corre parallelo all'ultima parte del tracciato del lotto in esame.

Per il resto del tracciato sono presenti solo modestissimi scoli che drenano verso il reticolo principale. La rete dei torrenti e dei canali che drenano la Piana di Arezzo e la Val di Chiana rappresentano un sistema idraulico e di drenaggio estremamente complesso, caratterizzato da un assetto geomorfologico che, specie nelle aree di margine e nelle fasce colluvio-alluvionali pedemontane orientali, determina condizioni di sovralluvionamento e di colmata alluvionale delle superfici.

Ne derivano spesso alvei pensili che solcano superfici depresse che, in occasione di fenomeni alluvionali o di piogge importanti, possono venire diffusamente allagate.

Questa condizione geomorfologica dei torrenti costituisce una naturale criticità idraulica che si somma alle numerose interferenze operate da infrastrutture viarie e insediamenti, le quali determinano spesso ostruzione al naturale deflusso in alveo, determinando fenomeni di allagamento.

Nella Relazione Geotecnica (elaborato T01GE00GETRE01) si illustrano i risultati delle indagini in termini di parametro RQD (Rock Quality Designation, Deere 1963), i risultati delle prove di laboratorio su campioni litoidi intatti (prove di compressione uniassiale e prove tipo Point Load Test), e si illustrano i principali criteri per la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso.

Per una descrizione dettagliata dei dissesti individuati lungo il tracciato si rimanda ai par. 5, 6 e 7 della Relazione Geologica (elaborato T01GE00GEORE01), in cui sono descritti i lineamenti geomorfologici, l'analisi della cartografia PAI e una descrizione di dettaglio dei dissesti censiti.

4. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

4.1. DEFINIZIONE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Per l'approfondimento delle tematiche relative alla caratterizzazione geotecnica del sito si rimanda al documento T01GE00GETRE01 "Relazione Geotecnica".

Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche e geotecniche e della loro interpretazione, nonché in considerazione dell'esito dei rilievi geomeccanici, nei seguenti paragrafi si sintetizza la caratterizzazione geotecnica dei terreni e del substrato roccioso interagenti con l'opera in progetto.

Di seguito si riporta una Tabella che correla le unità geotecniche suddivise per tratto e le unità geologiche corrispondenti.

Tabella 4-1 Schema riassuntivo delle unità geotecniche e le corrispondenti geologiche

UNITÀ GEOLOGICA	UNITÀ GEOTECNICA	TIPOLOGIA TERRENO/ROCCIA
R – Terreni di riporto	R - Riporto	Riporto
Fn - Frana	FN - Frana	Depositi di frana
at – Alluvioni recenti ed attuali	LS – Limi e sabbie	Coesivo in prevalenza limoso sabbioso
at – Alluvioni recenti ed attuali	GS – Ghiaie e sabbie limose	Incoerente in prevalenza ghiaiosa sabbiosa
ac – Arenaria del Cervarola	AC – Arenaria del Cervarola	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti
ac – Arenaria del Cervarola	AC alt - Arenaria del Cervarola alterata	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti fortemente alterato e destrutturato
ms – Marne di San Polo	MS – Marne di San Polo	Alternanze tra arenarie siltiti argilliti
ms – Marne di San Polo	MS alt - Marne di San Polo alterate	Substrato formato da alternanze tra arenarie siltiti argilliti fortemente alterato e destrutturato

4.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Le tavole di progetto che raffigurano il profilo geotecnico a cui si fa riferimento da Ovest verso Est per la carreggiata in **direzione Grosseto**, alla scala 1:2000/1:200, sono:

- T01GE00GETFG01, profilo dalla pk 0+000 alla pk 1+800 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG02, profilo dalla pk 1+650 alla pk 3+475 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG03, profilo dalla pk 3+325 alla pk 5+150 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG04, profilo dalla pk 5+000 alla pk 6+825 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG05, profilo dalla pk 6+700 alla pk 8+475 (pk espresse in dir. Grosseto).

Le tavole di progetto che raffigurano il profilo geotecnico a cui si fa riferimento da Ovest verso Est per la carreggiata in **direzione Fano** sono le stesse di quelle della direzione Grosseto, alla scala 1:2000/1:200, ad eccezione del tratto da pk 5+000 ÷ 6+825 espresse in dir. Fano:

- T01GE00GETFG01, profilo dalla pk 0+000 alla pk 1+800 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG02, profilo dalla pk 1+650 alla pk 3+475 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG03, profilo dalla pk 3+325 alla pk 5+150 (pk espresse in dir. Grosseto);
- T01GE00GETFG04, profilo dalla pk 5+000 alla pk 6+825 (pk espresse in dir. Grosseto), per i tratti: tra pk 5+000 e pk 5+700 e tra pk 6+500 e pk 6+825;
- T01GE00GETFG06, profilo dalla pk 5+000 alla pk 6+875 (pk espresse in dir Fano) per il tratto tra pk 5+700 e pk 6+500;
- T01GE00GETFG05, profilo dalla pk 6+700 alla pk 8+475 (pk espresse in dir. Grosseto);

Per le rampe di accesso ed i collegamenti è possibile fare riferimento ai seguenti profili redatti con scala 1:1000/1:100:

- T01GE00GETFG07, profilo rampa E e rampa F;
- T01GE00GETFG08, profilo rampa J e rampa L;
- T01GE00GETFG09, Rampa collegamento Pero.

Per i viadotti è possibile fare riferimento ai seguenti profili alla scala 1:1000/1:100:

- P01VI01GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.01;
- P01VI02GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.02;
- P01VI03GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.03;
- P01VI04GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.04;
- P01VI05GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.05;
- P01VI06GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.06;
- P01VI07GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.07;
- P01VI08GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.08;
- S01VI09GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.09;
- V01VI10GETFG01, profilo geotecnico Viadotto VI.10.

Inoltre, è possibile fare riferimento alle seguenti sezioni geotecniche, con scala 1:200:

- T01GE00GETSG01, Sezione geotecniche (pk GR 1+800; pk GR 2+505);
- T01GE00GETSG02, Sezione geotecniche (pk GR 2+775; pk GR 2+970);
- T01GE00GETSG03, Sezione geotecniche (pk GR 3+080; pk GR 3+862);
- T01GE00GETSG04, Sezione geotecniche (pk GR 4+120; pk GR 4+283);
- T01GE00GETSG05, Sezione geotecniche (pk GR 5+032; pk GR 5+530);
- T01GE00GETSG06, Sezione geotecniche (pk GR 5+032; pk GR 5+530).

Facendo riferimento al profilo longitudinale in dir. Grosseto, di seguito vengono brevemente descritti i terreni di fondazione che interagiscono con l'opera in progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

Dalla pk **0+000** alla **0+475** il profilo stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di terreni alluvionali di natura limosa intervallati da lenti più argillose o più sabbioso-ghiaiose. Il suo spessore tende velocemente a diminuire da Ovest verso Est fino a scomparire alla pk 0+475 circa, dove il substrato è affiorante. Il sondaggio B_S01 non intercetta il substrato roccioso.

Dalla **0+475** alla **0+750** il substrato roccioso è affiorante; per quanto significativa, la prova MASW ha indicato la presenza di uno spessore di substrato alterato (unità AC alt) di spessore pari a circa 4-5 m, seguito dal substrato con migliore caratteristiche fisico-meccaniche, si tratta dell'unità delle Arenarie del Cervarola (unità AC).

Dalla **0+475** alla **1+200**, ancora una volta, il profilo stratigrafico è caratterizzato dalla presenza di depositi alluvionali. Tuttavia, in questo caso la loro natura è francamente incoerente (unità GS), come suggeriscono l'esito dei sondaggi B_S02 e B_S03 e delle prove di laboratorio eseguite sui campioni estratti. La sua profondità massima, alla pk 1+000 raggiunge circa 25-26 m da p.c., mentre lateralmente (sia verso Est che verso Ovest) la sua profondità tende a diminuire. Al di sotto dei terreni alluvionali si incontrano le Arenarie del Cervarola (unità AC). Anche in questo caso, nella parte superficiale dell'unità AC, è presente un cappellaccio di alterazione (AC alt) con spessore minimo.

Dalla **1+200** alla **1+600** affiora il substrato roccioso dell'unità delle Marne di San Polo (unità MS); le indagini disponibili hanno indicato uno spessore di circa 5-6 m di substrato alterato. In corrispondenza delle pk 1+200 e 1+600, come indicato negli elaborati geologici, sono presenti i limiti geologici tra Arenarie del Cervarola e Marne di San Polo.

Dalla **1+600** alla **8+125** affiora persistentemente il substrato roccioso e, in particolare, la formazione geologica delle Arenarie del Cervarola. Lungo tutto il tracciato è presente, dapprima, l'unità costituita dal substrato roccioso alterato (AC alt), con spessore variabile da pochi metri fino talvolta a cc 30 m, come ad esempio in corrispondenza dei sondaggi B_S11, B_S12. Segue il substrato non alterato con buone caratteristiche fisico-meccaniche. Anche all'interno dell'unità AC sono presenti lenti di substrato alterato (vedi B_S05, B_S14, B_S15, MASW4).

Dalla **8+125** alla **8+475** il substrato roccioso non è più affiorante, ma sepolto da depositi di natura alluvionale, composti in prevalenza terreni coesivi. Il loro spessore è di circa una decina di metri.

PROGETTAZIONE ATI:

4.3. SINTESI DELLA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Alla luce dei risultati delle indagini di progetto, tenuto conto della disponibilità di dati sperimentali, sulla base della caratterizzazione di ciascuna unità geotecnica, è possibile proporre la sintesi dei parametri geotecnici riportati nella seguente Tabella.

Tabella 4-2 Sintesi dei parametri geotecnici

Unità geotecnica	Unità geologica	γ/γ'	Variabilità parametri			Valori caratteristici		
			φ'	c'	c_u	φ'_k	c'_k	$c_{u k}$
		(kN/m ³)	(°)	(kPa)	(kPa)	(°)	(kPa)	(kPa)
R	r	20.0/10.0	26÷35	0÷10	-	35	0	-
FN	fn	19.5/9.5	20÷30	0÷10	-	20÷26	0÷5	-
LS	at	19.5/9.5	24÷28	10÷30	40÷60	26	10	50
GS	at	19.5/9.5	27÷32	0	-	30	0	-
MS alt	ms	19.5/9.5	24÷32	10÷80	-	27	10÷50*	-
MS	ms	23.0/13.0	24÷32	80÷200	-	28	100	-
AC alt	ac	19.5/9.5	25÷35	10÷80	-	30	10÷50*	-
AC	ac	23.0/13.0	25÷35	80÷210	-	32	90	-

*Valore che incrementa con la profondità

Unità geotecnica	Unità geologica	Valori di deformabilità di riferimento							
		q_s per micropali tipo IGU	V_s	G_0	ν	$M_{fond. Dir.}$	$E_{fond. Dir.}$	$E_{fond. Prof.}$	E_{substr}
		(kPa)	(m/s)	(MPa)	(-)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
R	r	100	200	80	0.25	-	20	30	-
FN	fn	60	100÷200	20÷80	0.3	-	6÷10	9÷15	-
LS	at	-	200÷400	80÷300	0.3	4÷20	3÷16	8÷30	-
GS	at	100÷150	200÷400	80÷300	0.3	-	10÷15	15÷22	-
MS alt	ms	200÷400	200÷700	80÷1000	0.2	-	20÷240	25÷300	-
MS	ms	400÷600	700÷1000	1100÷2300	0.2	-	-	-	1100÷1400
AC alt	ac	200÷400	200÷700	80÷1000	0.2	-	20÷240	25÷300	-
AC	ac	400÷600	700÷1000	1100÷2300	0.2	-	-	-	1100÷1400

Si sottolinea che per la caratterizzazione geomeccanica dei materiali litoidi appartenenti alle fasce cataclastiche (zone di faglia), si ritiene opportuno fare riferimento ai parametri definiti per le unità di ammasso roccioso alterato (MS alt, AC alt).

Per quanto riguarda il regime delle pressioni neutre si rimanda al paragrafo sulle misure piezometriche, alla relazione geologica di progetto e agli elaborati grafici relativi.

4.4. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'azione sismica di riferimento, utilizzata per lo svolgimento delle analisi presentate nel capitolo successivo, è stata definita sulla base dei criteri esposti nelle "Norme tecniche per le costruzioni" (Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018).

L'azione sismica viene valutata a partire dalla cosiddetta "pericolosità sismica di base" riferita ad un sito con suolo rigido (categoria A) e superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale la pericolosità sismica di base sul territorio italiano è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). La Figura riportata di seguito mostra la distribuzione dell'accelerazione massima orizzontale a_g di riferimento su suolo rigido con possibilità di superamento pari al 10% in 50 anni, per le coordinate Lat. 43.419682° e Long. 11.924533° nel comune di Arezzo e ottenuta dal citato database. Si tratta di una coordinata rappresentativa dell'intero tracciato posta nel mezzo alla pk 5+200.

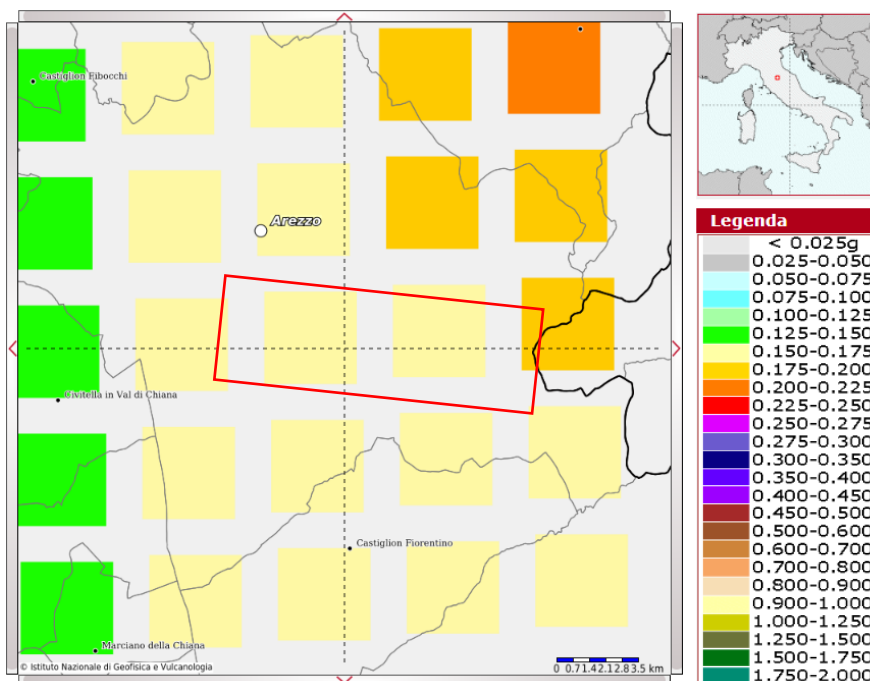
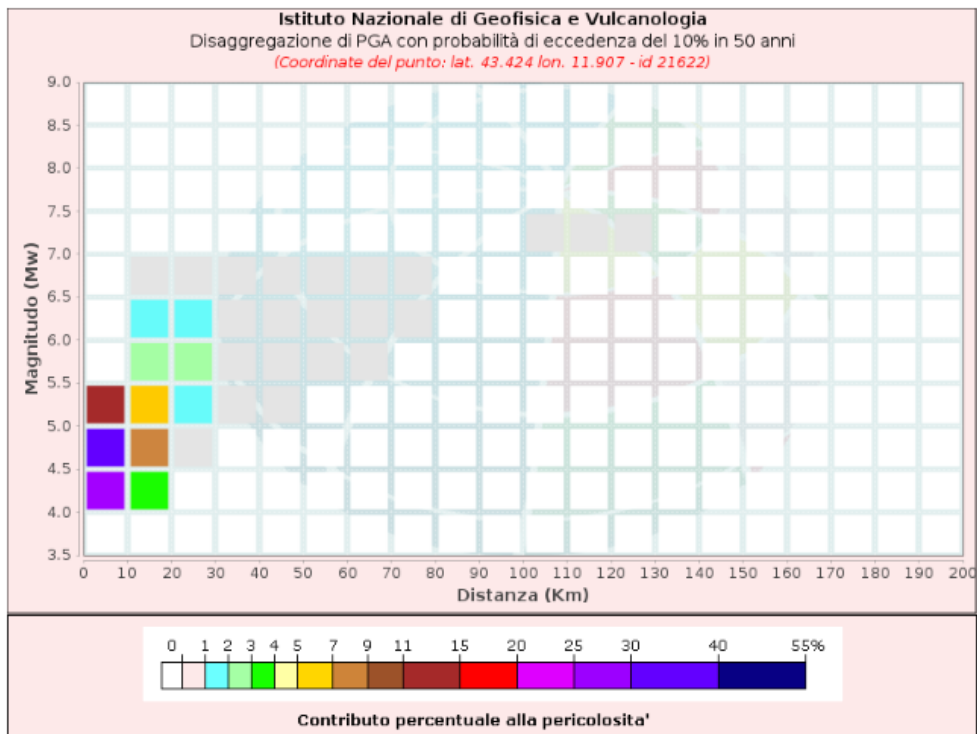


Figura 4-1 Accelerazione massima orizzontale a_g di riferimento su suolo rigido con possibilità di superamento pari al 10 % in 50 anni, dal sito dell'istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Lat. 43.419682° e Long. 11.924533°). In rosso è indicato approssimativamente il tracciato della E78 Grosseto Fano in oggetto

Inoltre, nelle seguenti Figure si riportano il grafico della disaggregazione della pericolosità sismica che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. Dai grafici viene fornito il terremoto che domina lo scenario di pericolosità.



a)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto: lat. 43.424 lon. 11.907 - id 21622)

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	25.1000	33.7000	11.6000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	3.0600	7.8200	6.1300	2.2000	1.5900	0.0187	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.3620	1.6400	2.0800	1.9600	0.0514	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.1160	0.7120	0.9940	0.0402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.1430	0.3990	0.0207	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0143	0.1300	0.0063	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0325	0.0020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0039	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0019	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.86	8.88	1.16

b)

Figura 4-2 a) Grafico di disaggregazione per sito in coordinate rappresentative per il tracciato in oggetto (Lat. 43.419682° e Long. 11.924533°); b) Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per sito in coordinate rappresentative per il tracciato in oggetto (Lat. 43.422, Long. 11.923)

I valori dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima al sito), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per i periodi di ritorno T_R di riferimento sono sito specifici, ovvero cambiano in base alla coordinata (Forniti attraverso l'applicativo 'Spettri' elaborato dal M.LL.PP).

La Figura 4-1, infatti, mostra come il valore di a_g su suolo rigido con possibilità di superamento pari al 10% in 50 anni è variabile. Infatti, nel Comune di Arezzo, si osserva che varia da circa 0.125÷0.150 nella parte Nord/ Nord-Ovest, nella parte centrale e meridionale del comune tra 0.150÷0.175, mentre nella porzione a Nord-Est/Est i valori raggiungono accelerazioni pari a 0.175÷0.200.

In accordo con le NTC18 per le opere in progetto possono essere definite le seguenti caratteristiche:

Vita nominale

La vita nominale di un'opera è intesa come numero di anni nel quale deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata ed è definita dalle NTC in funzione del tipo di costruzione (tabella 2.4.I). Nel caso del presente intervento si considera:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso (par. 2.4.2, NTC2018) a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso C_u per la definizione dell'azione sismica.

All'opera in oggetto viene assegnata una Classe d'uso IV. A tale classe d'uso è associato un coefficiente d'uso C_u pari a 2.

Periodo di riferimento

Il periodo di riferimento con il quale valutare le azioni sismiche di progetto è dato dal prodotto della vita nominale e del coefficiente d'uso. Nel caso in esame si ha:

$$V_R = V_N \times C_u = 100 \text{ anni}$$

Nelle seguenti Tabelle sono riportati n.3 esempi di valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione dei periodi di ritorno T_R indicati e di valori dei parametri sismici per i tempi di ritorno associati ai quattro stati limite SLO, SLD, SLV e SLC per 3 coordinate rappresentative per l'intero tracciato (circa sono state scelte all'inizio, nel mezzo e alla fine del tracciato).

Tabella 4-3 Parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione dei periodi di ritorno T_R indicati e i valori dei parametri sismici per i tempi di ritorno associati ai quattro stati limite SLO, SLD, SLV e SLC per le coordinate indicate

Pk. 0+650
 Lat. 43.444111°
 Long. 11.886107°

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.054	2.512	0.261
50	0.067	2.515	0.273
72	0.077	2.522	0.278
101	0.089	2.468	0.283
140	0.102	2.455	0.285
201	0.118	2.415	0.288
475	0.160	2.423	0.292
975	0.200	2.432	0.300
2475	0.260	2.465	0.313

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0.072	2.518	0.275
SLD	101	0.089	2.468	0.283
SLV	949	0.199	2.431	0.300
SLC	1950	0.243	2.456	0.310

Pk. 3+300
 Lat. 43.432845°
 Long. 11.911414°

T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _C [*] [s]
30	0.055	2.509	0.262
50	0.068	2.507	0.273
72	0.078	2.517	0.278
101	0.091	2.453	0.282
140	0.103	2.454	0.285
201	0.120	2.414	0.288
475	0.162	2.424	0.293
975	0.202	2.432	0.301
2475	0.263	2.466	0.314

SLATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _C [*] [s]
SLO	60	0.073	2.512	0.275
SLD	101	0.091	2.454	0.282
SLV	949	0.201	2.432	0.300
SLC	1950	0.246	2.458	0.311

Pk. 8+050
 Lat. 43.426464°
 Long. 11.949885°

T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _C [*] [s]
30	0.056	2.503	0.262
50	0.069	2.495	0.273
72	0.080	2.508	0.278
101	0.093	2.448	0.283
140	0.106	2.444	0.286
201	0.123	2.416	0.288
475	0.167	2.419	0.294
975	0.208	2.429	0.304
2475	0.269	2.474	0.317

SLATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _C [*] [s]
SLO	60	0.075	2.502	0.276
SLD	101	0.093	2.448	0.283
SLV	949	0.206	2.429	0.304
SLC	1950	0.252	2.462	0.314

Il valore dell'accelerazione di riferimento a_g così ottenuto deve essere modificato per tener conto sia delle variazioni prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali che della morfologia del sito; l'accelerazione massima orizzontale di riferimento si ottiene con la seguente espressione:

$$a_{max} = a_g \times S_s \times S_t$$

dove S_s è un coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_t di amplificazione topografica.

L'attribuzione delle categorie di sottosuolo è stata svolta in funzione dei risultati delle indagini disponibili, ovvero in base ai risultati in termini di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S, V_{s,eq}. Tali dati sono stati ottenuti delle prospezioni sismiche di tipo MASW e Down-Hole, così distribuite lungo il lotto:

- N°4 indagini MASW (B_MASW1, B_MASW2, B_MASW3, B_MASW4);
- N°4 prove downhole nei fori di sondaggio (B_S07, B_S11, B_S13, B_S20);
- N°20 prove di sismica a rifrazione.

I risultati delle indagini sismiche sono sintetizzati nella Tabella seguente la quale, sulla base dei valori di V_s propone anche la categoria di suolo secondo quanto disposto dal par. 3.2.2. della normativa vigente.

Tabella 4-4 Categoria di sottosuolo secondo le NTC18 delle prove sismiche effettuate. Per le prove sismiche a rifrazione il calcolo della V_{s,eq} è stato eseguito lungo la verticale al centro dello stendimento a partire dalla quota del p.c.

ID PROVA SISMICA	V _{s,eq} (m/s)	Cat. di suolo NTC'18
B_MASW1	755	B
B_MASW2	770	B
B_MASW3	743	B
B_MASW4	484	B
B_S07	378	B
B_S11	559	B

PROGETTAZIONE ATI:

ID PROVA SISMICA	$V_{s,eq}$ (m/s)	Cat. di suolo NTC'18
B_S13	341	E
B_S20	280	E
B_Sism01	391	B
B_Sism02	321	E
B_Sism02bis	665	B
B_Sism03	427	B
B_Sism04	422	B
B_Sism04bis	403	B
B_Sism05	410	B
B_Sism05bis	392	B
B_Sism05Ter	407	B
B_Sism05quater	476	B
B_Sism06	407	B
B_Sism06bis	360	B
B_Sism07	358	E
B_Sism07quater	501	B
B_Sism08	334	E
B_Sism08bis	488	B
B_Sism08ter	486	B
B_Sism08quater	398	B
B_Sism09	435	B
B_Sism10	348	E

In base alle informazioni riportate, desunte dalla campagna di indagini, per le opere nell'area del tracciato in progetto è possibile considerare i terreni di fondazione come appartenenti alla categoria B: *“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.”*

Per quanto riguarda gli effetti legati alla topografia del sito, alla luce delle informazioni disponibili è possibile assegnare la categoria topografica T1: *“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”*.

Pertanto, il coefficiente di amplificazione stratigrafica è pari a $S_s = 1.2$ e il coefficiente di amplificazione topografica è pari a $S_t = 1.0$.

Con riferimento ad uno Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV), rappresentativo dell'intero tracciato, l'accelerazione massima attesa al sito è pari a:

$$a_{max} = 0.2g \times 1.20 \times 1.0 = 0.24g$$

5. FENOMENI FRANOSI E INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

5.1. PREMESSA

Il tracciato della strada in progetto interagisce con alcune frane riconosciute nella cartografia tecnica di riferimento e dagli studi geologici affrontati nel progetto.

Nel presente capitolo si approfondiscono i movimenti franosi che intercettano le opere in progetto e si sviluppano le valutazioni progettuali relative agli interventi di stabilizzazione. Per tali fenomeni sono state condotte analisi dello stato di fatto, allo scopo di accertare la validità delle ipotesi relative alla caratterizzazione stratigrafica e meccanica dei terreni in posto. Successivamente sono state svolte le analisi in condizioni statiche (SLU) e sismiche (SLV) dell'assetto stradale di progetto valutando la necessità di prevedere idonei interventi di stabilizzazione mediante paratie di pali e tiranti passivi.

In considerazione delle caratteristiche dei dissesti franosi interagenti con il tracciato, l'indagine delle superfici di scivolamento a monte del tracciato è stata omessa poiché non rilevante ai fini del dimensionamento delle opere in progetto. Come sottolineato negli approfondimenti geologici, si tratta di fenomeni innescati essenzialmente dall'azione erosiva esercitata dai corsi d'acque al piede dei versanti e dalle acque dilavanti che scorrono in modo disordinato sui pendii stessi. Inoltre, si osserva che il tracciato di progetto intercetta in settori differenti i dissesti censiti, prevalentemente nella zona di coronamento e in minor misura nella parte centrale del corpo frana, ortogonalmente alla direzione di scorrimento. Le superfici di scorrimento appaiono estese e geometricamente alquanto regolari, sub-parallele alla superficie del pendio. Per le situazioni riferibili alla prima tipologia gli interventi sono finalizzati al consolidamento della porzione di origine del dissesto interessato, escludendone la possibile riattivazione in corrispondenza dell'infrastruttura. Nel secondo caso gli interventi consolidano ed asportano localmente la porzione del dissesto intercettato e stabilizzano, mediante gli interventi di regimazione idraulica e sistemazione geomorfologica, la parte situata a monte della strada di progetto, escludendo la possibilità di innesco di movimenti che possano coinvolgere la nuova infrastruttura.

Le valutazioni sono state condotte sulla base delle informazioni disponibili sulla geologia locale e derivanti dalle indagini geognostiche e geotecniche effettuate. Alcune delle aree di frana sono state attrezzate con inclinometri e piezometri che, al crescere dei dati di monitoraggio nel tempo (ora limitati), sapranno eventualmente chiarire le caratteristiche dei movimenti franosi e consentiranno l'affinamento della progettazione degli interventi di consolidamento. Si sottolinea che si tratta di fenomeni franosi riconosciuti e catalogati presso gli enti competenti, segnalati e discussi nella *Relazione geologica T01GE01GEORE01*, cui si rimanda per ogni approfondimento.

Nella seguente Tabella si riporta sinteticamente la lista dei fenomeni franosi (dei quali si è ampiamente trattato nella Reazione Geologica).

Tabella 5-1 Elenco fenomeni franosi individuati durante gli studi geologici

ID FRANA	Pk iniziale*	Pk finale*	Classificazione frana	Stato attività frana
FRANA 1	0+800		Frana antica stabilizzata con gradoni	Quiescente
FRANA 2	2+475	2+525	Cinematica indeterminata	Quiescente
FRANA 2bis	2+675	2+875	Frana di crollo	Attiva (pericolosità P4 nel PAI)
FRANA 3	2+900	2+975	Frana complessa	Attiva
FRANA 4	2+975	3+125	Frana complessa	Attiva
FRANA 5	3+325	3+425	Cinematica indeterminata	Attiva
FRANA 6	3+675	3+925	Scivolamento e colata lenta	Quiescente (pericolosità P3a nel PAI)
FRANA 7	4+075	4+150	Cinematica indeterminata	Quiescente
FRANA 8	4+200	4+300	Fenomeni di erosione concentrata	Attiva
FRANA 9			Cinematica indeterminata	Attiva
FRANA 10			Frana relitta stabilizzata	Quiescente

PROGETTAZIONE ATI:

ID FRANA	Pk iniziale*	Pk finale*	Classificazione frana	Stato attività frana
FRANA 11	5+500	5+650	Area a franosità diffusa	Attiva (pericolosità P4 nel PAI)
FRANA 12			-	Attiva
FRANA 13			Cinematica indeterminata	Attiva
FRANA 14	Collegamento Pero		Frana complessa	-
FRANA 15			Frana complessa	Attiva
FRANA 16			Cinematica indeterminata	Quiescente
FRANA 17			Frana stabilizzata con gradoni	-

* estensione indicativa

Nei seguenti paragrafi si richiamano i metodi di calcolo impiegati (già presentati nel paragrafo relativo agli scavi a scarpata libera); per ogni fenomeno franoso individuato si analizzano le interferenze con il tracciato in progetto e, per quei fenomeni che intercettano o interagiscono significativamente con l'asse stradale, si illustrano i risultati delle verifiche di stabilità in condizioni statiche (SLU) e sismiche (SLV), eseguite valutando gli effetti degli interventi di stabilizzazione proposti per garantire un adeguato margine di sicurezza.

Per ciascun fenomeno franosi si riporta anche una breve descrizione geologica dei fenomeni, vengono riportate fotografie del fenomeno, stralci della carta geologia con perimetrazione del dissesto, sezioni geologiche rappresentative, tabelle di sintesi delle caratteristiche geometriche oltre a sintesi dei risultati delle indagini geognostiche svolte e dati interferometrici rilevati dal sistema "Lamma Rete Toscana" visualizzabili sul Geoportale regionale Toscano https://geoportale.lamma.rete.toscana.it/difesa_suolo/#/viewer/openlayers/326 in corrispondenza di punti prestabiliti. I dati interferometrici riportano (con differenti colori) le velocità di movimento, espressa in mm/anno, ed i valori assoluti di spostamento del suolo (mm).

Per la pianta, la sezione tipologica e i dettagli sugli interventi di stabilizzazione in corrispondenza dei fenomeni franosi di interesse è possibile fare riferimento ai seguenti elaborati:

- T01GE00GETDI01 - Intervento di stabilizzazione da prog. 2+675 alla pk 2+875 (frana 2bis)
- Pianta, sezioni tipologiche e dettagli - Tav. 1 di 5
- T00GE00GETSG01÷11, Sezioni geotecniche;
- P01OS56STRDC01, DETTAGLI, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS56STRPP01-2, PLANIMETRIA, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS56STRPS01, PROSPETTO, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS56STRSZ01-03, SEZIONE, OS.56 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS57STRDC01, DETTAGLI, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS57STRPP01, PLANIMETRIA, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS57STRPS01, PROSPETTI, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS57STRSZ01-02, SEZIONE, OS.57 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS58STRDC01, DETTAGLI, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS58STRPP01-03, PLANIMETRIA, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS58STRPS01-02, PROSPETTI, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS58STRSZ01-03, SEZIONE, OS.58 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS59STRDC01, DETTAGLI, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS59STRPP01, PLANIMETRIA, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS59STRPS01, PROSPETTI, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO
- P01OS59STRSZ01, SEZIONE, OS.59 - Paratia SX - AP. Dir. GROSSETO

PROGETTAZIONE ATI:

5.2. METODI DI CALCOLO

5.2.1. METODI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE DI STABILITÀ

Le verifiche di stabilità per lo sviluppo della progettazione degli interventi di consolidamento sono state condotte con il codice di calcolo Slide2 (ver. 9.020) sviluppato dalla società Rocscience (Canada) che implementa numerosi metodi di calcolo dell'equilibrio limite (analisi LEM). In particolare, le analisi sono state condotte con il metodo di Bishop semplificato (1955, doc.rif.1).

Le verifiche di stabilità delle scarpate sono state condotte con il codice di calcolo Slide2 (ver. 9.020) sviluppato dalla società Rocscience (Canada) che implementa numerosi metodi di calcolo dell'equilibrio limite (analisi LEM). In particolare, le analisi sono state condotte con il metodo di Bishop semplificato (1955, doc.rif.1) ed ipotizzando superfici di scorrimento circolari di raggio r , con il materiale coinvolto nella rottura suddiviso in conci di larghezza b (vedi schema riportato nella Figura di seguito), per ognuna delle quali vengono valutati il momento stabilizzante M_s (resistenza R del sistema geotecnico) e il momento ribaltante M_r (azione E) calcolati rispetto al centro del cerchio.

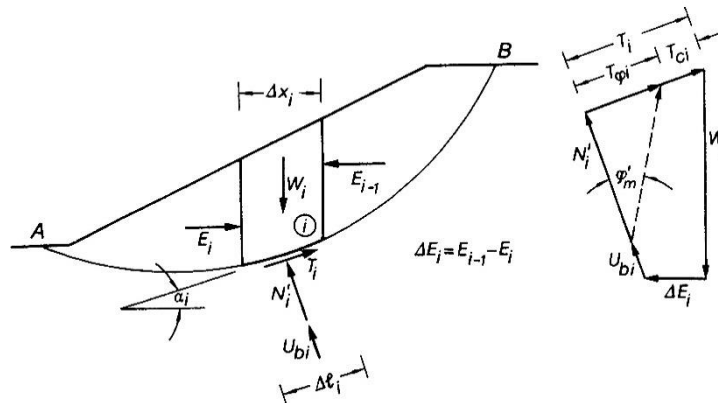


Figura 5-1 Schema metodo di Bishop semplificato (1955)

Il contributo al momento stabilizzante M_s di un concio è fornito in generale dalla resistenza alla base, somma della componente del peso W ortogonale alla base moltiplicata per la tangente dell'angolo di resistenza al taglio ϕ e della eventuale coesione c , moltiplicata per la lunghezza $b/\cos\alpha$, dove α è l'inclinazione della base del concio rispetto all'orizzontale. Nell'ipotesi che il concio sia parzialmente immerso in acqua e che alla base la pressione idraulica valga u , si ottiene:

$$M_s = \frac{c \times b + (W - u \times b) \times \tan \phi}{m\alpha} \times r$$

dove:

$$m\alpha = \cos \alpha \times \left(1 + \frac{\tan \alpha \times \tan \phi}{F} \right)$$

Il contributo al momento ribaltante M_r di un concio è fornito dalla componente del peso W parallela alla base del concio:

$$M_r = W \times \sin \alpha \times r$$

Il programma non definisce separatamente il valore dell'effetto delle azioni E che portano instabilità (momenti ribaltanti M_r) e della resistenza corrispondente R (momenti stabilizzanti M_s), ma solo il loro rapporto ($F=R/E$) che è il "fattore di sicurezza globale".

Per quanto riguarda le verifiche di sicurezza, in condizioni statiche (SLU) la stabilità globale, secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7, può essere verificata utilizzando il "fattore di sicurezza globale" F e un fattore ausiliario definito ODF ("Over-design factor"), di seguito definito con riferimento alla combinazione A2+M2+R2 richiesta dalle NTC 2018:

- viene calcolato il fattore di sicurezza F come rapporto R/E utilizzando i parametri di resistenza dei terreni di progetto φ_d e c_d e amplificando i carichi con i coefficienti parziali γ_{G1} e γ_{G2} ;
- viene calcolato ODF dividendo F per il coefficiente parziale sulle resistenze γ_R .

Affinché le verifiche siano soddisfatte deve quindi risultare:

$$ODF = \frac{F}{\gamma_r} = \frac{R(\varphi_d, c_d)/E(\varphi_d, c_d)}{\gamma_r} > 1$$

Il coefficiente γ_r per il terreno, ai sensi delle NTC 18, è stato assunto pari a 1.1.

Le verifiche in condizioni sismiche (SLV) sono state condotte ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza del terreno e assumendo γ_r pari a 1.2. Nella condizione sismica i sovraccarichi stradali sono stati moltiplicati per il coefficiente di combinazione $\Psi_2=0.3$, come previsto dalle NTC18 al §2.5.2. Tali analisi sono state condotte mediante metodo di tipo pseudo-statico che considera un sistema di forze orizzontali e verticali applicate ai volumi di terreno coinvolti.

Le forze orizzontali di inerzia, dovute alla azione sismica, sono state considerate con intensità pari a:

$$F_h = k_h \times W$$

con

$$k_h = \beta_s \times \frac{a_{max}}{g}$$

dove:

- β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima al sito (pari a 0.38 nelle verifiche dello stato limite ultimo SLV);
- a_{max} accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- W peso del materiale;
- g accelerazione di gravità.

Le forze verticali sono state considerate pari a:

$$F_v = k_v \times W$$

con

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

Lungo il tracciato della strada in progetto e in corrispondenza degli svincoli e dalla viabilità secondaria, l'accelerazione massima orizzontale attesa con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita

PROGETTAZIONE ATI:

(SLV), tenuto conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali e da quelle morfologiche del sito, è pari a:

$$a_{max} = 0.200g \times 1.20 \times 1.0 = 0.24g$$

Per cui si ha:

$$k_h = 0.38 \frac{0.24g}{g} = 0.091$$

$$k_v = \pm 0.5 \times 0.091 = \pm 0.045$$

Per la determinazione dei parametri cui corrisponde un valore del coefficiente di sicurezza prossimo all'unità (collasso incipiente) del volume di terreno interessato dalla presenza conclamata del fenomeno franoso, a supporto delle considerazioni riguardo alla caratterizzazione geotecnica, preliminarmente alla modellazione delle condizioni di progetto, è stata studiata la condizione ante operam e conseguentemente condotta una back analysis, sempre con l'ausilio del software Slide2 precedentemente descritto. Per tale analisi sono stati impiegati valori dei coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri di resistenza del terreno pari a 1.0.

Nell'analisi di sensitività, il valore dell'angolo di attrito viene fatto variare tra i valori minimo e massimo definiti dall'utente. Ciò si traduce in un grafico del fattore di sicurezza FS rispetto al valore del parametro φ : è stato quindi determinato il valore di φ corrispondente ad un valore del fattore di sicurezza FS=1.0÷1.1 (i.e. "collasso incipiente").

5.2.2. METODI DI CALCOLO PER LE VERIFICHE LOCALI

Le verifiche locali relative alla paratia per il consolidamento della frana sono state svolte utilizzando un modello F.E.M. (codice ParatiePlus 23.0), in cui la paratia viene rappresentata con elementi tipo "beam" dotati di rigidità flessionale EJ, con E modulo elastico e J momento d'inerzia; ai lati degli elementi sono considerate agenti delle molle di tipo elastoplastico (caratterizzate dal modulo elastico alla Winkler), che simulano il comportamento sforzi-deformazioni del terreno.

Il codice implementa in automatico le combinazioni di carico previste dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* e descritte di seguito.

Nella modellazione dei terreni i coefficienti di spinta passiva k_p sono stati calcolati secondo la teoria di Lancellotta considerando un angolo di attrito δ terreno-paratia pari a $\frac{2}{3}\varphi$, mentre i coefficienti di spinta attiva k_a sono stati calcolati considerando cautelativamente un angolo di attrito δ terreno-paratia nullo.

Le verifiche di sicurezza delle paratie di sostegno degli scavi sono state condotte secondo quanto previsto dalle NTC 2018 (§6.5.3.1.2), nei seguenti stati limite:

- Stato Limite Ultimo di tipo geotecnico (GEO);
- Stato Limite Ultimo di tipo strutturale (STR);
- Stato Limite di Esercizio.

Le analisi agli Stati Limite Ultimi, che confrontano il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione E_d con quello di progetto della resistenza del sistema geotecnico R_d , devono essere effettuate considerando l'Approccio 1, ovvero verificando entrambe le seguenti combinazioni:

- combinazione 1: A1+M1+R1
- combinazione 2: A2+M2+R1

tenendo conto dei coefficienti riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II, con i coefficienti del gruppo R1 pari all'unità.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti G_2 ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tabella 6.2.I NTC18

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.2.II NTC18

La verifica agli Stati Limite di Esercizio (SLE) viene effettuata ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni ed impiegando i parametri geotecnici caratteristici.

Sono state inoltre condotte le analisi in condizioni sismiche, con riferimento a quanto riportato al §7.11.1 e §7.11.6.3 delle Norme Tecniche, nei confronti dei possibili Stati Limite Ultimi (SLV) di tipo strutturale o geotecnico ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici.

Le azioni sismiche sono state valutate, in conformità all'approccio pseudo-statico, considerando l'incremento dinamico di spinta del terreno valutato in via cautelativa con la relazione proposta da Wood (1973), idonea per strutture molto rigide e non in grado di ammettere spostamenti residui quali quelle in oggetto:

$$\Delta P_d = \frac{a_{max}}{g} \times \gamma \times H^2$$

dove:

- a_{max} è la massima accelerazione orizzontale pari a 0.24g;
- H è la massima profondità di scavo;
- γ è il peso specifico del terreno.

5.3. VERIFICHE DELLE BARRE DI ANCORAGGIO

Le verifiche di sicurezza, secondo quanto previsto dalle NTC 2018 (§6.6.2) devono considerare i seguenti stati limite:

- Verifica allo sfilamento;
- Verifica strutturale dell'armatura.

PROGETTAZIONE ATI:

5.3.1. VERIFICA ALLO SFILAMENTO DELLA FONDAZIONE

Si determina il valore della resistenza di calcolo $R_{a,c}$ come:

$$R_{a,c} = D \cdot \alpha \cdot \pi \cdot L_f \cdot q_s$$

dove:

- D diametro nominale di perforazione (160 mm);
- α coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione funzione del tipo di terreno, della pressione di iniezione e della tecnica di iniezione, assunto pari a 1.1;
- L_f lunghezza del tratto reagente;
- q_s resistenza di attrito laterale unitaria a rottura, assunta cautelativamente pari a 200 kPa (AGI, AICAP, “Ancoraggio nei terreni e nelle Rocce”, 2012).

Dalla resistenza di calcolo si ricava la resistenza caratteristica $R_{a,k}$:

$$R_{a,k} = \frac{R_{a,c}}{\xi_{a,3}}$$

dove $\xi_{a,3}$ è il fattore di correlazione da applicare al valor medio della resistenza $R_{a,c}$ e che dipende dal numero di indagini effettuate: nel presente caso, assunto pari a $\xi_{a,3}=1.80$.

Dalla resistenza caratteristica si ricava infine la resistenza di progetto $R_{a,d}$:

$$R_{a,d} = \frac{R_{a,k}}{\gamma_R}$$

dove γ_R è il coefficiente parziale del set “R3” che per tiranti definitivi vale $\gamma_R=1.2$.

La verifica strutturale delle barre di ancoraggio deve soddisfare la seguente relazione:

$$E_d \leq R_d$$

dove:

E_d è la massima azione di progetto sulla barra valutata allo Stato Limite Ultimo (comb.A1+M1+R3)

R_d è il valore del carico di snervamento della barra pari a:

$$R_d = \frac{F_{yk}}{\gamma_m}$$

con:

F_{yk} = valore del carico di snervamento caratteristico

γ_m = coefficiente di sicurezza sul materiale che per trefoli in acciaio è pari a 1.15.

6. FRANA 1

La Frana 1 è definita come frana quiescente con movimento indeterminato. Il rilevamento geologico di campagna ha permesso di classificarlo come *frana antica stabilizzata con gradoni*. Poiché il fenomeno non interferisce direttamente con il tracciato non è stato investigato con indagini dirette.



Figura 6-1 Vista d'insieme del coronamento della Frana 1

PROGETTAZIONE ATI:

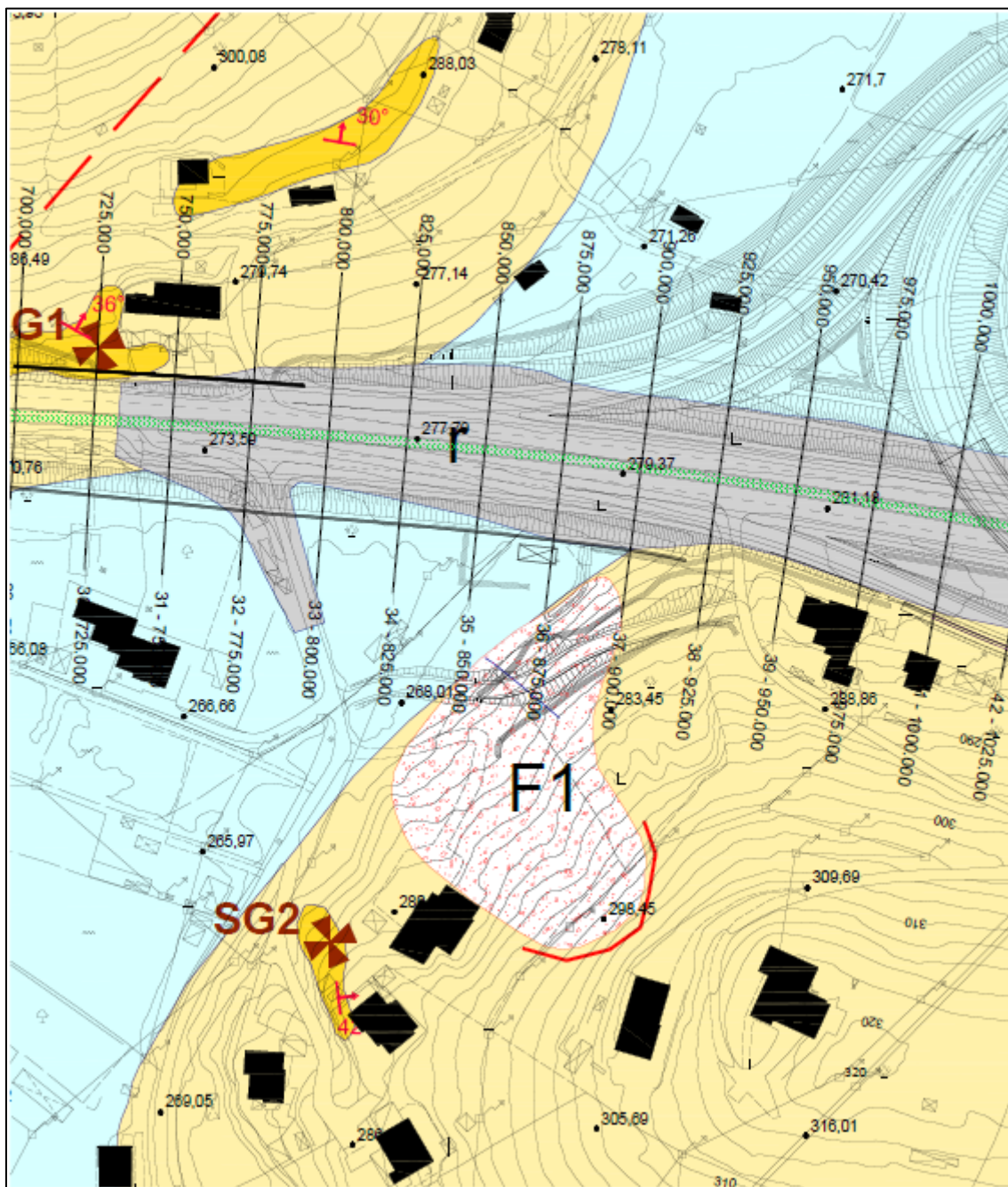


Figura 6-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 1

L'unico elemento di interferenza con il tracciato è rappresentato dal ripristino di una viabilità esistente, in rilevato in corrispondenza del piede della frana (Figura 6.2).

Per questa frana non si propone nessun intervento poiché il ripristino della viabilità esistente, collocata al piede della frana, non ha influenza sulla stabilità del versante.

7. FRANA 2

7.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il fenomeno quiescente in parte obliterato da una coltre di terreni di riporto e dai riporti stradali interessa il tracciato tra le circa pk. 2+475 e 2+525 circa e si sviluppa essenzialmente sul versante destro di un'incisione torrentizia fortemente acclive. Il dissesto è stato investigato con la base sismica B_Sism05.

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana.

Tabella 7-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 2

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
340	315	25	140	40	40	-	2-3



Figura 7-1 Fotografiche del dissesto nel settore a monte (a sinistra) e a valle (a destra) della strada in oggetto

PROGETTAZIONE ATI:

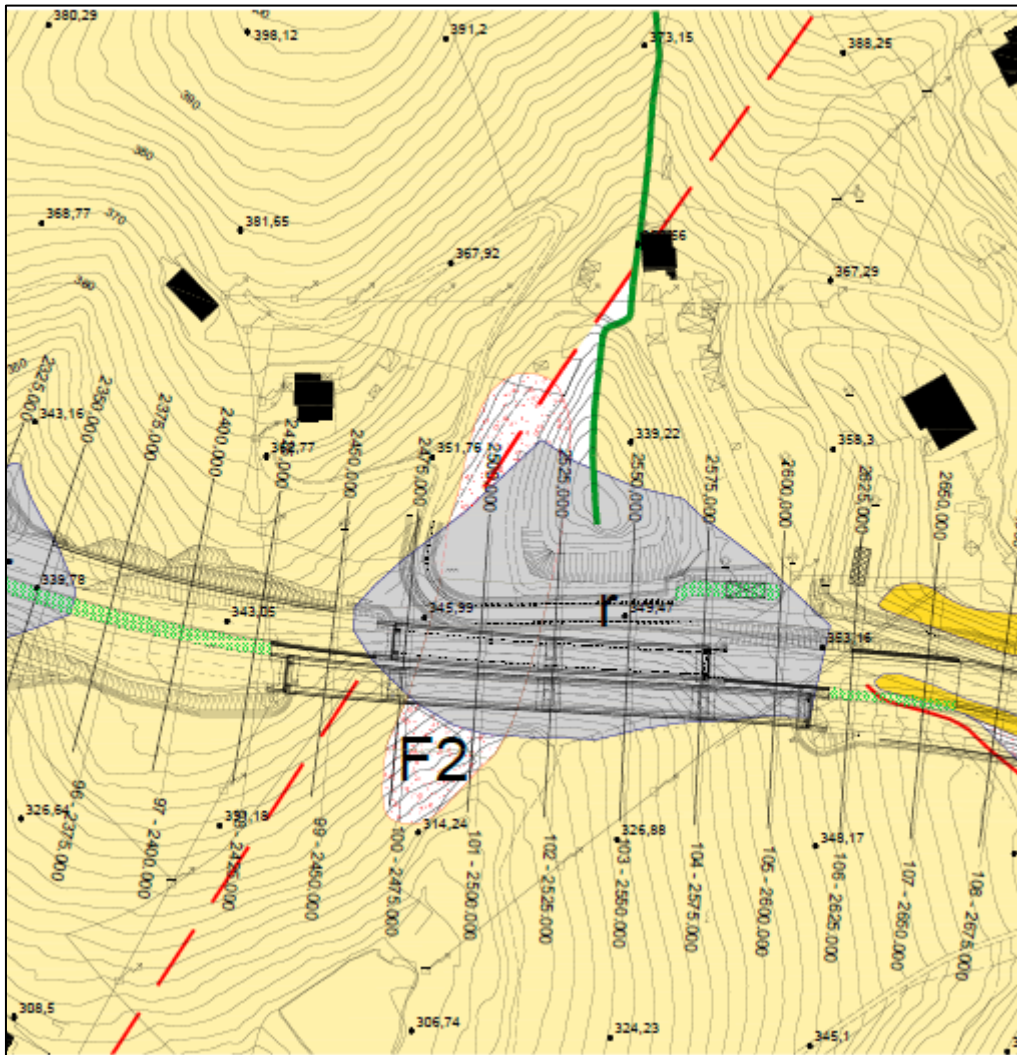


Figura 7-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 2

PROGETTAZIONE ATI:

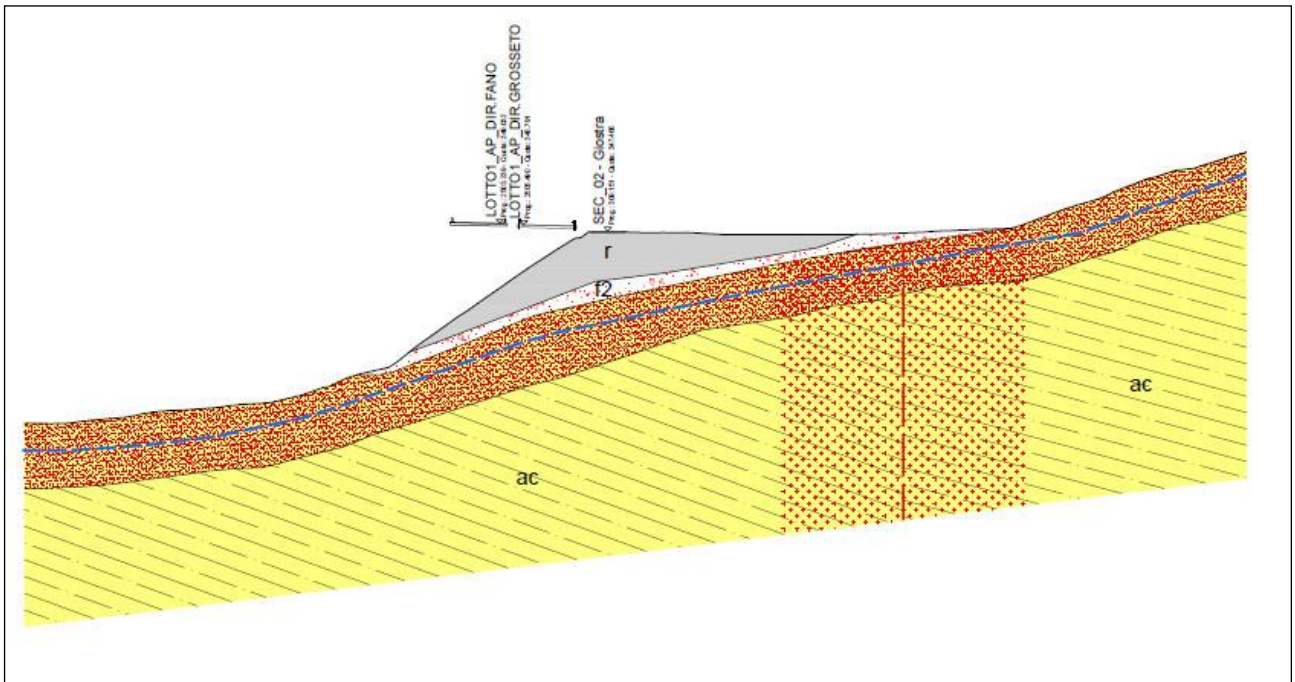


Figura 7-3 Sezione Geologica perpendicolare al tracciato

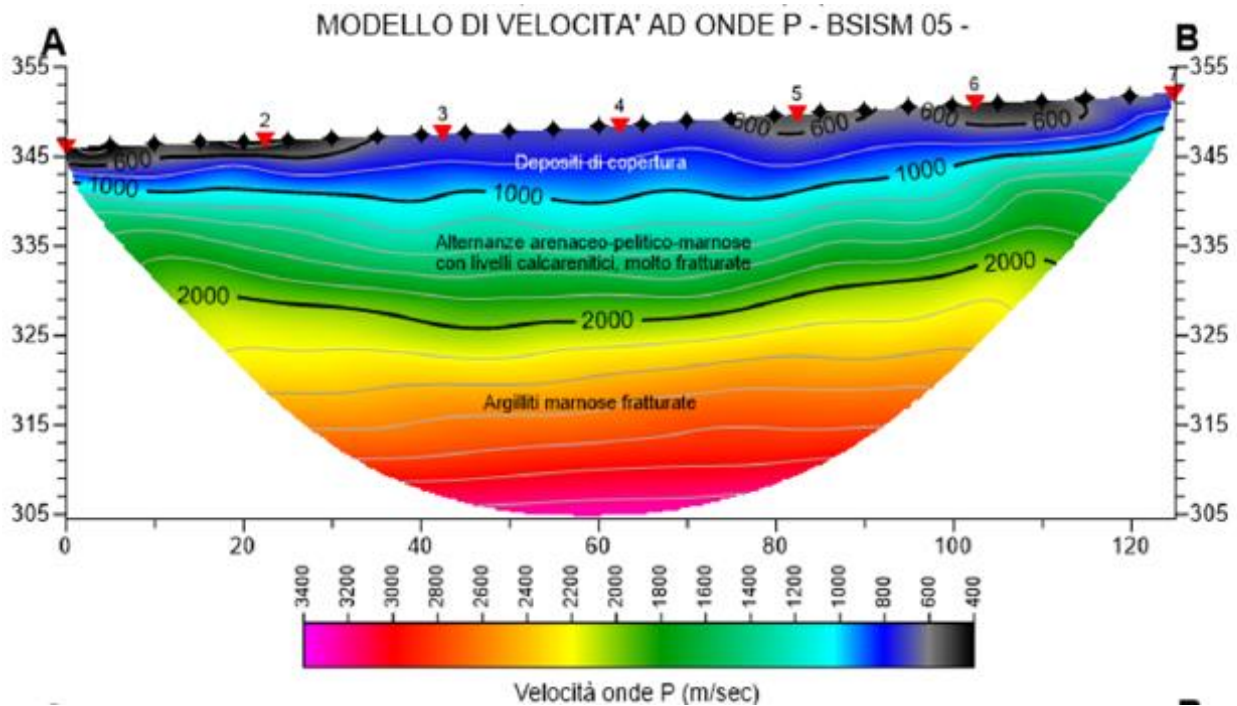


Figura 7-4 Sezione sismica BSISM 05

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 7-5 Ripresa satellitare con ubicazione punto MLBSVV5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

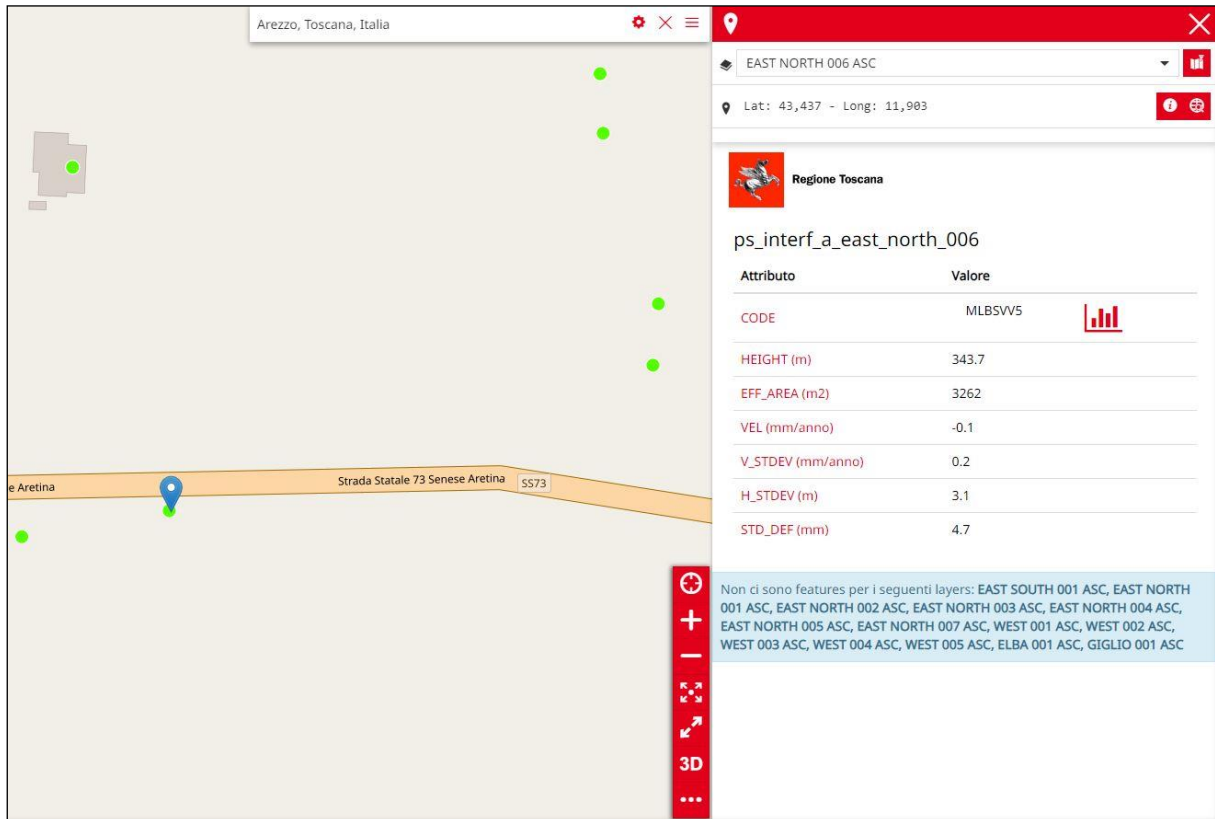


Figura 7-6 Schermata punto MLBSVV5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

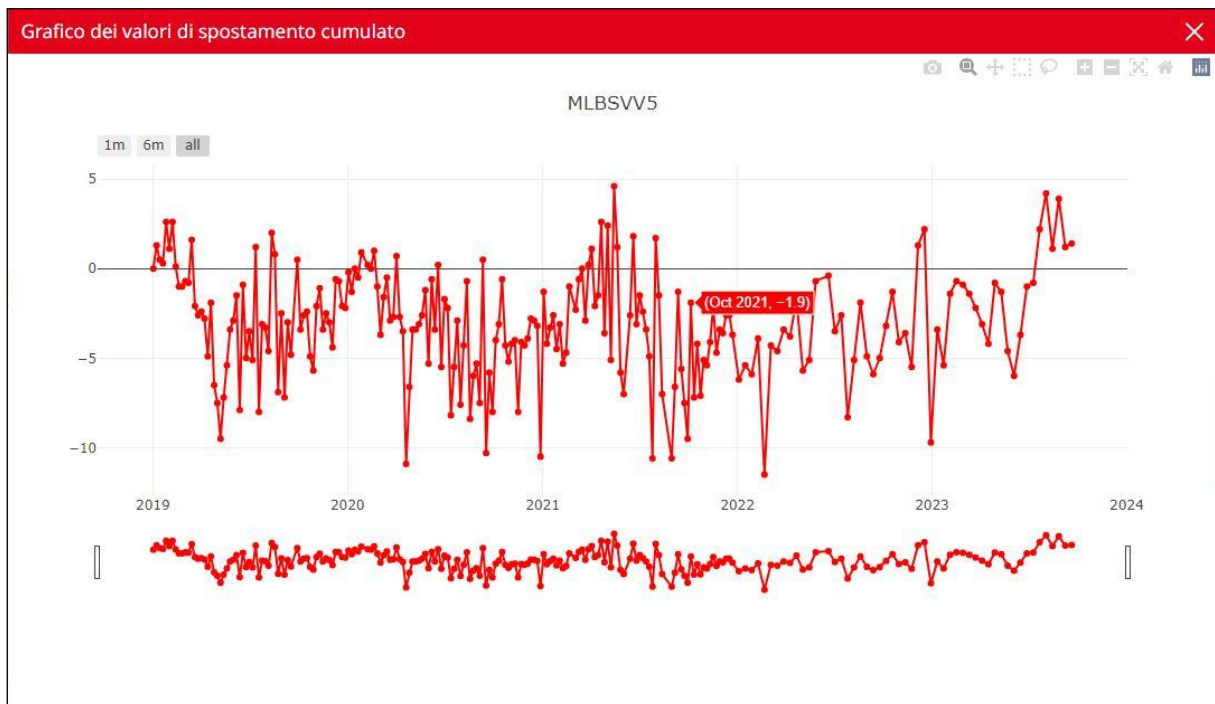


Figura 7-7 Grafico spostamento cumulativo punto MLBSVV5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Dall’analisi dei dati interferometrici, si osserva che il punto mostra velocità di spostamento pari -0,1 mm/anno non presentando tendenze all’abbassamento costante.

PROGETTAZIONE ATI:

7.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

La Frana 2 è collocata nei pressi dei viadotti VI.02 e VI.03. L'ubicazione delle sottostrutture dei viadotti è stata definita in modo da non interferire con il corpo di frana, la cui area è stata definita nel dettaglio a seguito del rilievo geologico.

Si osserva che:

- lo spessore dello strato interessato da instabilità è pari a circa 2-3 m e verrà interamente rimosso dagli scavi per la realizzazione delle fondazioni;
- nella fase esecutiva, per la realizzazione delle fondazioni dei viadotti sono previste opere di sostegno degli scavi realizzate mediante paratie di micropali con più ordini di tiranti. Le opere sono state dimensionate in modo da ridurre gli scavi mantenendo le quote dei cordoli prossime al p.c. e valutando l'interferenza dei tiranti con lo strato superiore interessato da instabilità. Per il dettaglio delle opere provvisorie si rimanda agli specifici elaborati di progetto;
- la geometria delle fondazioni è tipo profondo, in modo da garantire la stabilità delle opere anche in presenza di instabilità superficiali;
- al fine di evitare la regressione del fenomeno franoso, nella sistemazione finale delle aree di lavoro in corrispondenza del viadotto sono previsti interventi di ingegneria naturalistica costituiti da strutture di fascinate vive, impiegato con lo scopo di favorire la crescita della vegetazione e il drenaggio superficiale dei pendii, creando una serie di gradoni disposti parallelamente alle curve di livello. Tale soluzione consente una rapida rinaturalizzazione dell'area di intervento (elaborato T01IA01AMBRE01 – Relazione sugli interventi di mitigazione paesaggistica ambientale).

PROGETTAZIONE ATI:

8. FRANA 2 BIS

8.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il fenomeno viene cartografato dal PAI come area con pericolosità da frana molto elevato (P4) che interessa il tracciato tra le pk. 2+625 e 2+830 circa. I sopralluoghi hanno permesso di determinare che l'intera area corrisponde ad una trincea impostata nelle Arenarie del Cervarola, interessata dal distacco di cunei litoidi (frana di crollo) e protetta da rete metallica, funi e chiodi. A causa della elevata acclività del versante non sono state eseguite indagini dirette.

Il progetto prevede la realizzazione di un intervento di rimozione della rete esistente, pulizia e disaggancio della parete, realizzazione di una nuova rete chiodata e realizzazione di una paratia berlinese.

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana.

Tabella 8-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 2BIS

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
377	357	20	165	19	99	-	2

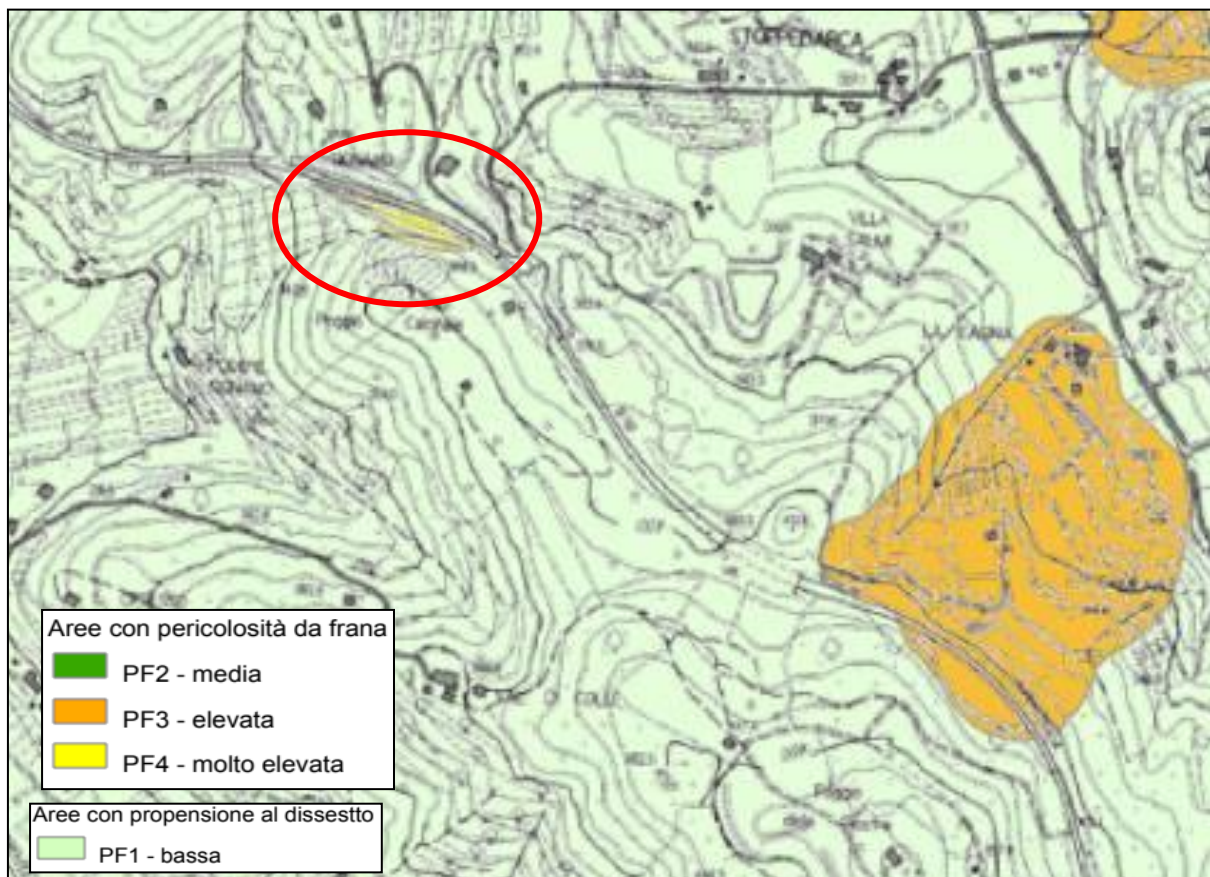


Figura 8-1 Stralcio carta della pericolosità del PAI

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 8-2 Vista della SS 73 direzione Fano. Nella foto di sinistra panoramica della scarpata interessata dal dissesto. Nella foto di destra visibili le Arenarie di Cervarola con stratificazione a franapoggio con rete metallica, funi e chiodi; visibile in basso l'accumulo di cunei litoidi franati.

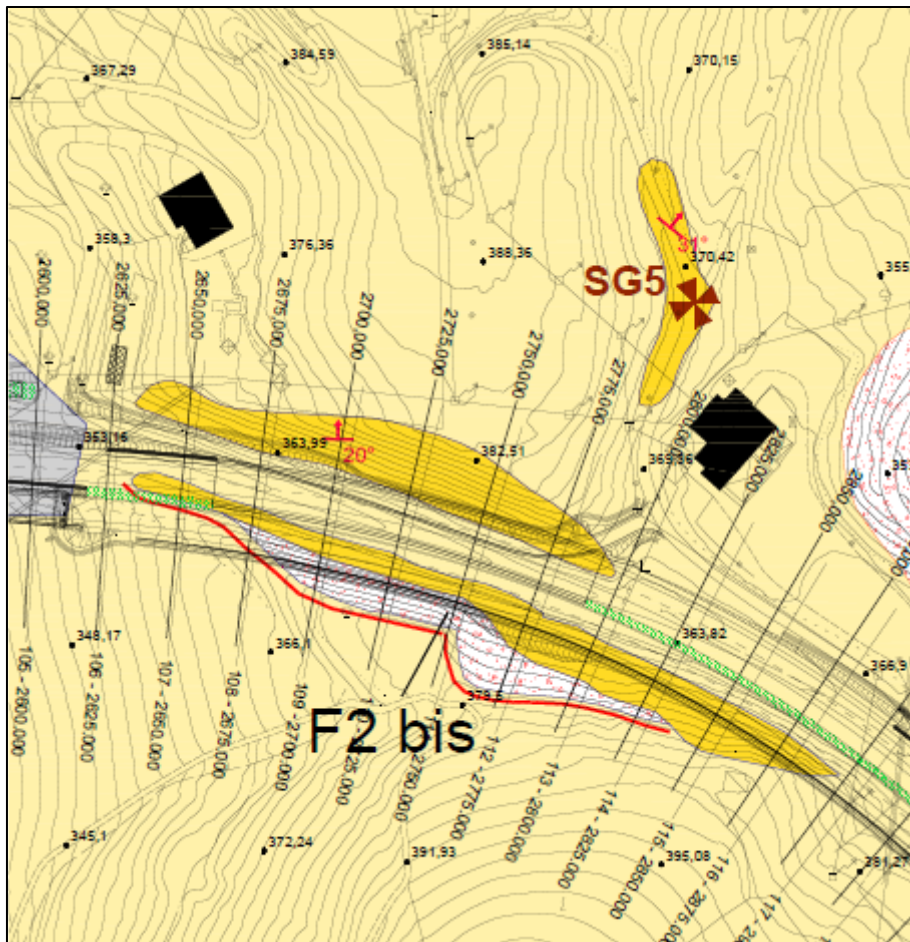


Figura 8-3 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 2 bis

PROGETTAZIONE ATI:

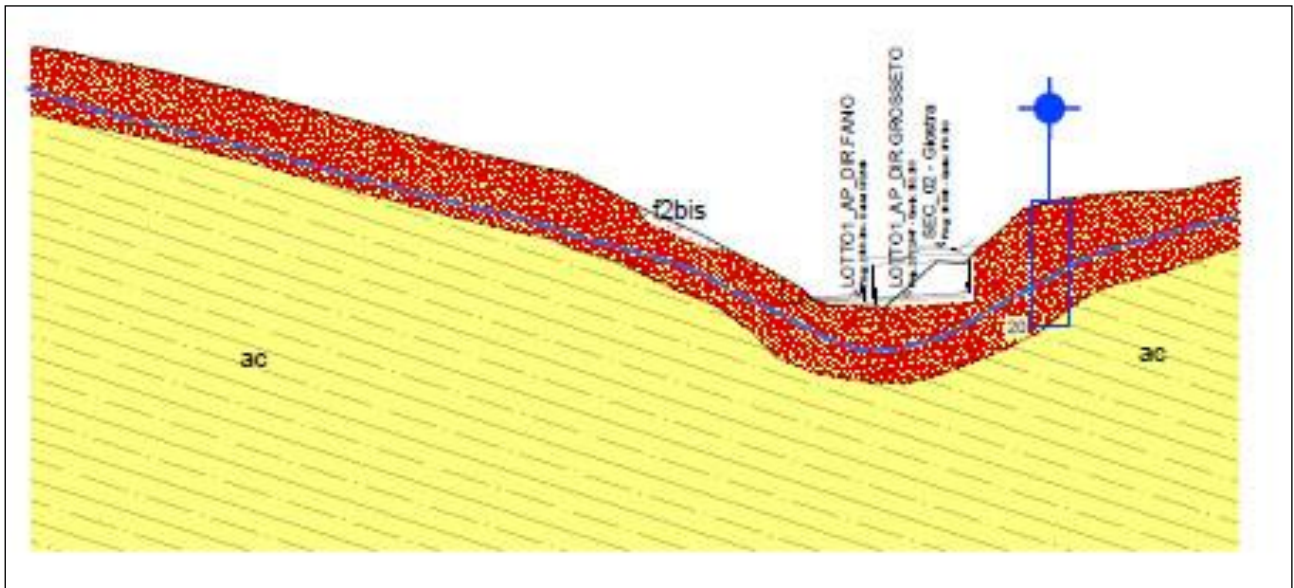


Figura 8-4 Sezione geologico-stratigrafica perpendicolare al tracciato



Figura 8-5 Ripresa satellitare con ubicazione punto MM9QLCA (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

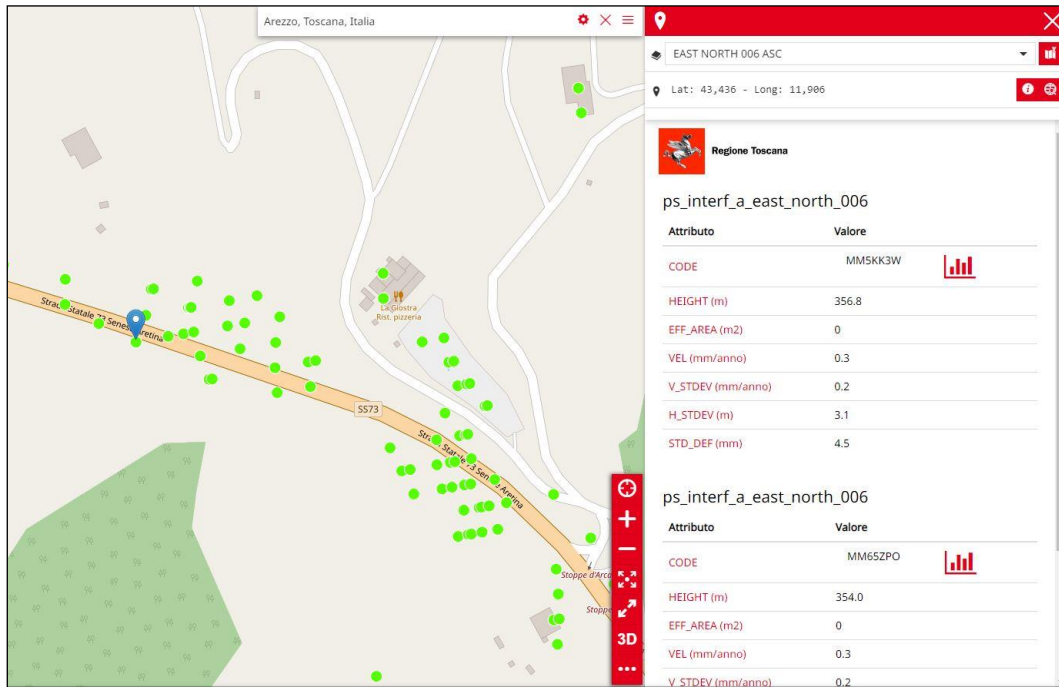


Figura 8-6 Schermata punto MM9QLCA (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

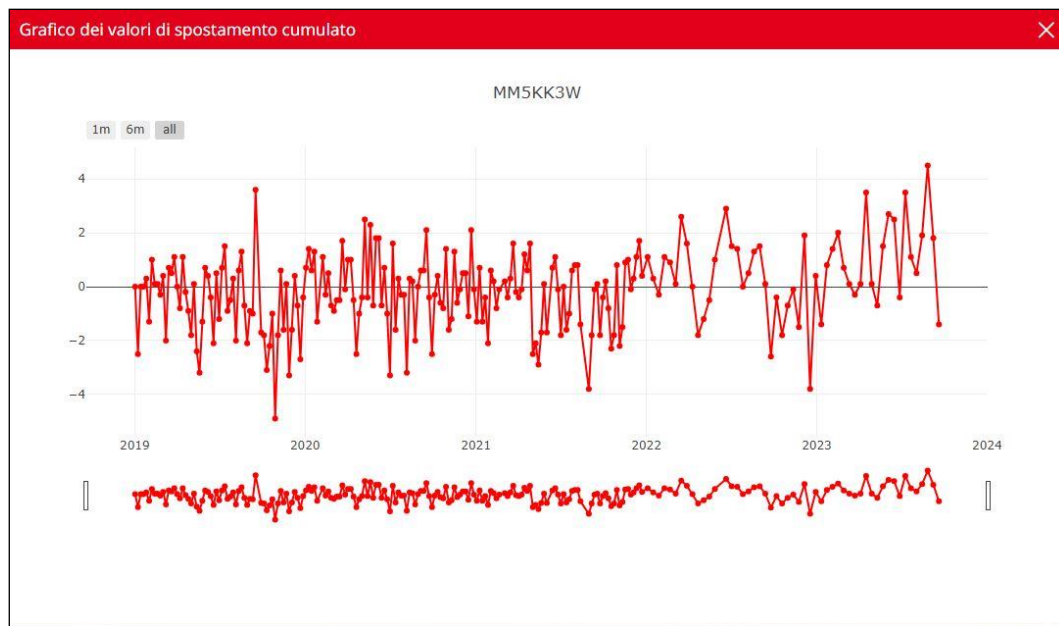


Figura 8-7 Grafico spostamento cumulativo punto MM9QLCA (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Il punto selezionato per l’interrogazione dei dati mostra velocità di spostamento pari 0,3 mm/anno senza generali tendenze di abbassamento costante. Le misure di spostamento non sono significative per la dinamica del dissesto.

8.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

La frana interferisce con il tracciato in progetto e, in particolare, il fenomeno franoso è collocato appena a monte della carreggiata Fano, come mostra la seguente Figura.

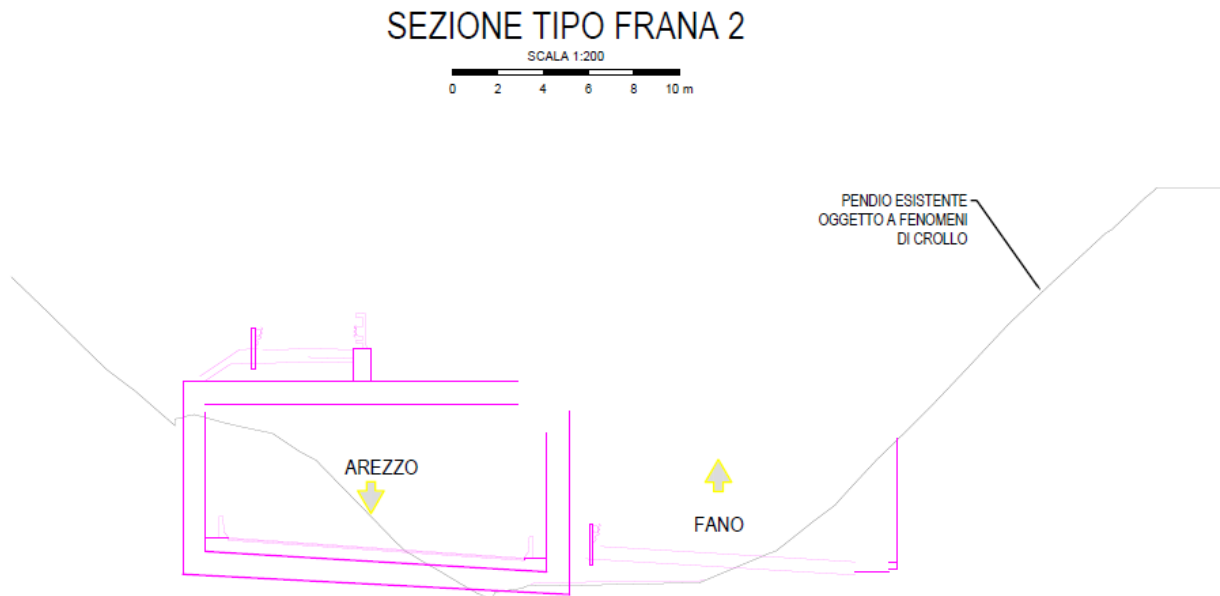


Figura 8-8 Schema tipo della sezione topografica con indicazione delle opere in progetto

Per il tratto tra le prog. 2+675 e la prog. 2+875 si propone un intervento di stabilizzazione che prevede le seguenti fasi:

- rimozione delle reti esistenti presenti tra le prog. 2+625 e la prog. 2+830;
- installazione di rivestimenti tipo MACMAT o similare fissati con chiodi di lunghezza pari a 5.0 m e interasse 2.5x2.5 m.

Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento "Interventi di stabilizzazione da progressiva 2+675 e la prog. 2+875 (frana 2BIS) – Pianta sezione tipo e dettagli" (T01GE00GETDI01).

9. FRANA 3 (SEZ. 2+970)

9.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Fenomeno complesso attivo, di notevole estensione, il cui coronamento è situato presso lo svincolo di Stoppe d'Arca.

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana.

Nelle Figura 9-1, in particolare, viene riportata la zona di nicchia evidenziata da un'evidente deformazione del manto stradale, ed una panoramica dell'intero dissesto. Il dissesto è stato investigato con il sondaggio geognostico B_S07 eseguito sul a monte del coronamento del dissesto in corrispondenza dell'asse al tracciato (Figura 9-4).

Tabella 9-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 3

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
370	316	54	200	180	-	11	8-9



Figura 9-1 Panoramica della zona di nicchia coincidente con lo svincolo di Stoppe d'Arca

PROGETTAZIONE ATI:

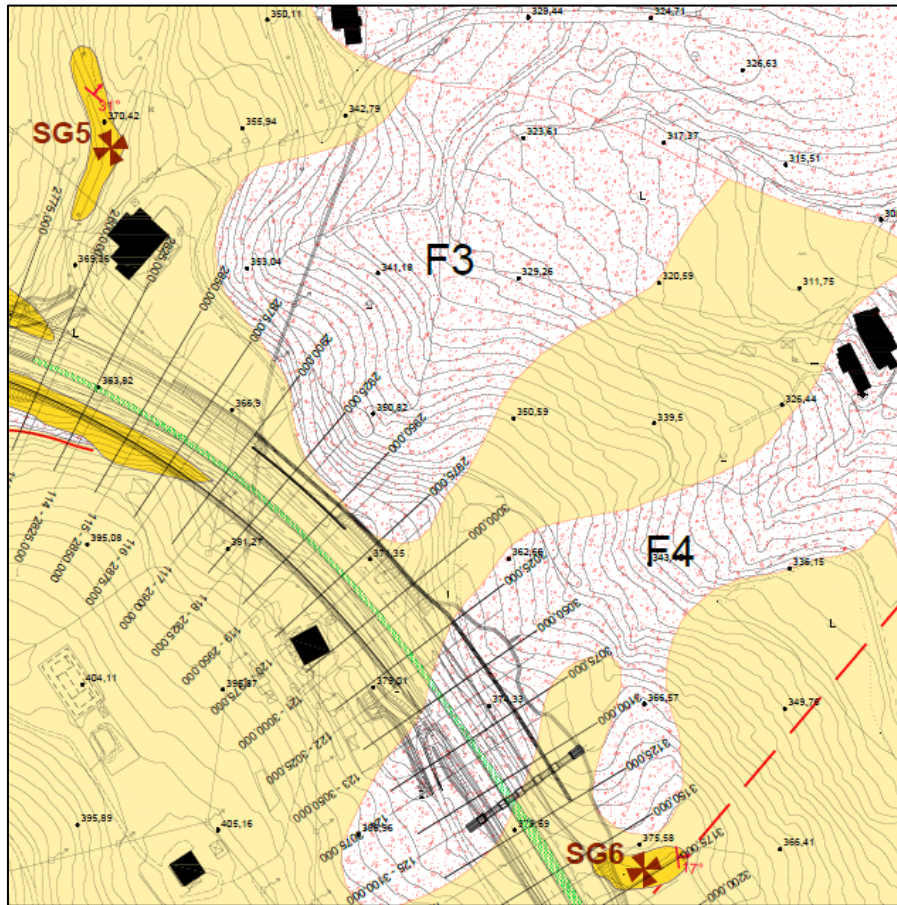


Figura 9-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione frana 3

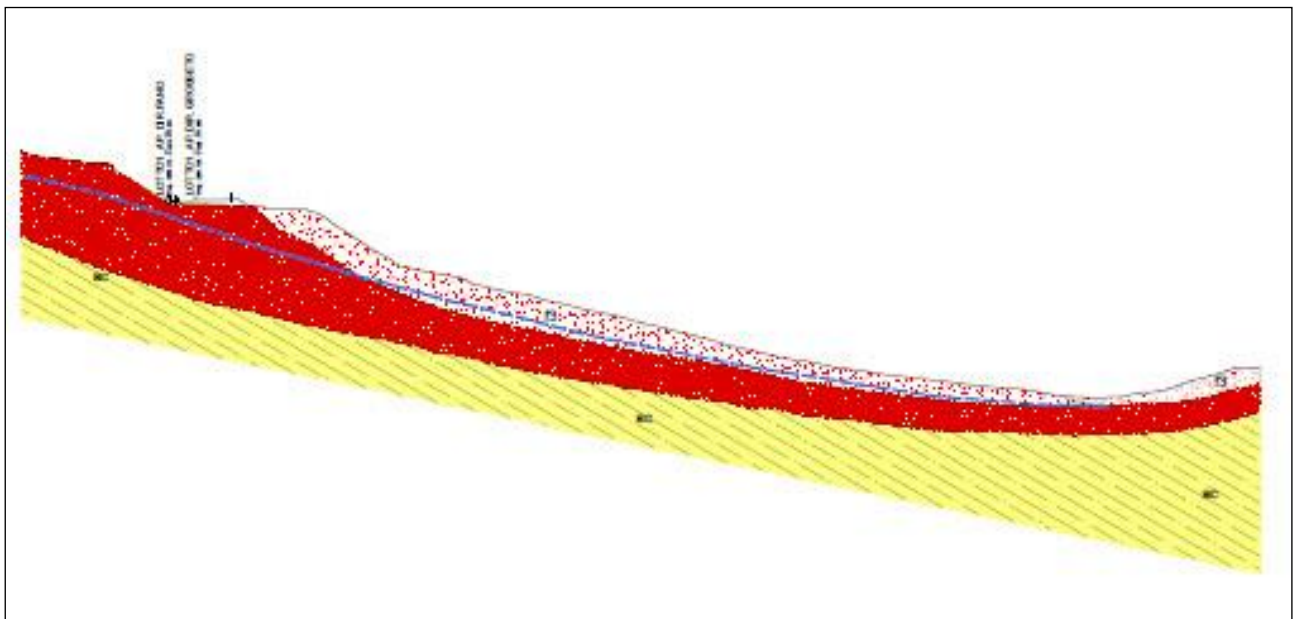
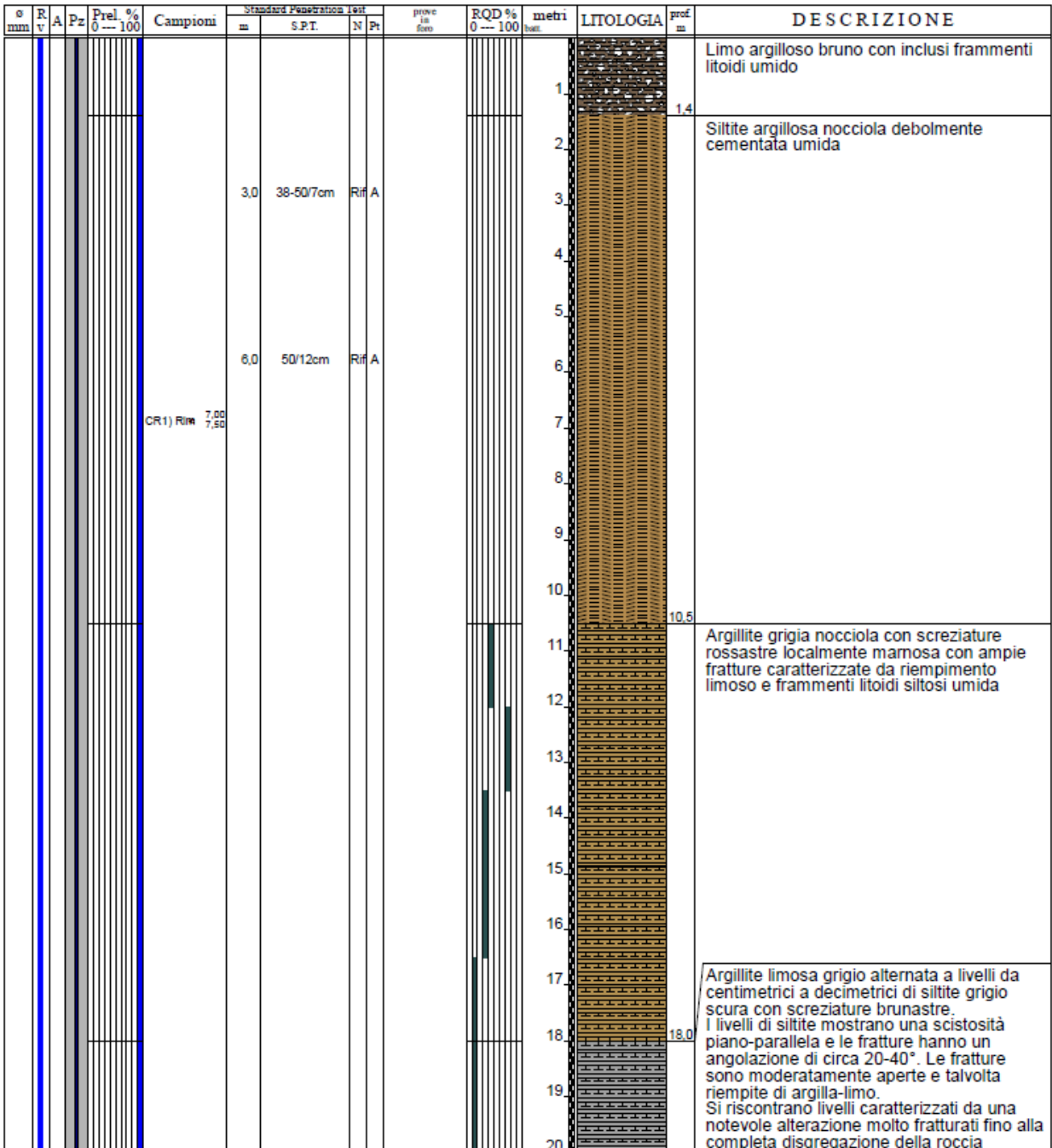


Figura 9-3 Sezione geologico-stratigrafica perpendicolare al tracciato

PROGETTAZIONE ATI:

Committente: ANAS SPA	Sondaggio: B-S07
Riferimento: AREZZO	Data: 29.09.2022-01.10.2022
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

SCALA 1:100	STRATIGRAFIA	Pagina 1/2
-------------	---------------------	------------



Committente: ANAS SPA	Sondaggio: B-S07
Riferimento: AREZZO	Data: 29.09.2022-01.10.2022
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	

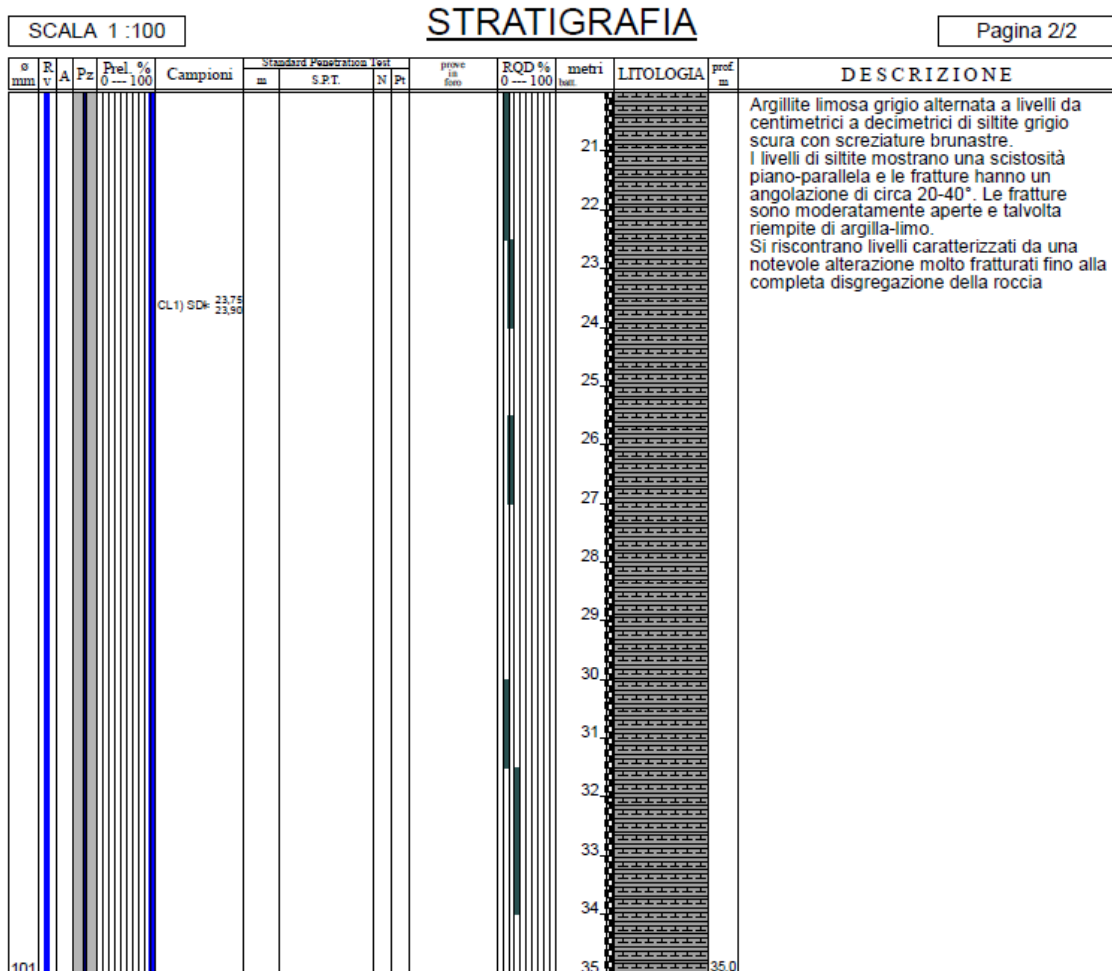


Figura 9-4 Stratigrafia sondaggio B-S07 eseguito sul a monte del coronamento del dissesto (Frana 4) in corrispondenza dell'asse al tracciato

PROGETTAZIONE ATI:

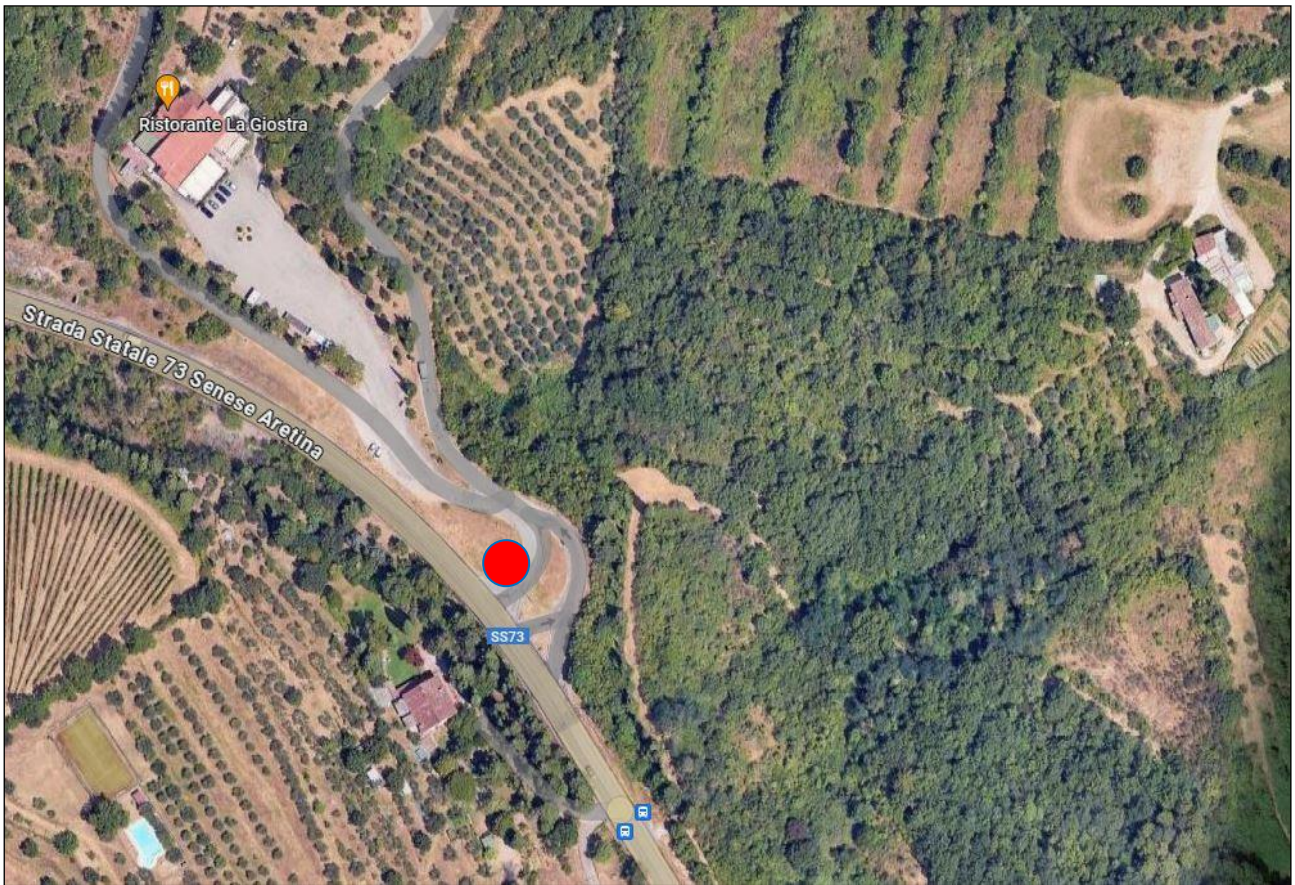


Figura 9-5 Ripresa satellitare con ubicazione punto MN319KX (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

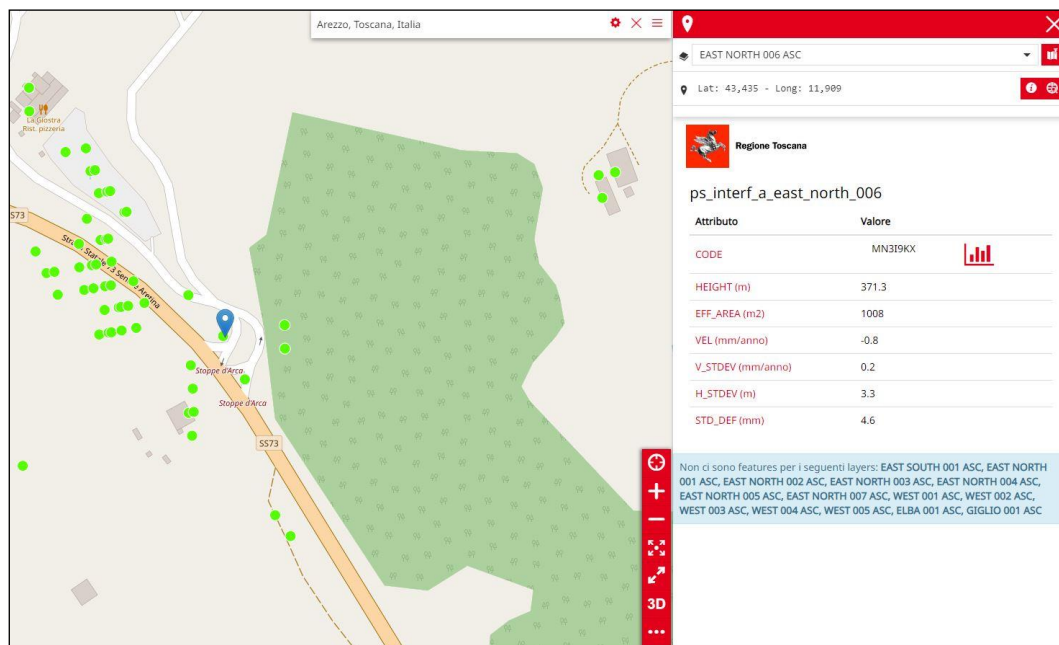


Figura 9-6 Schermata punto MN319KX (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

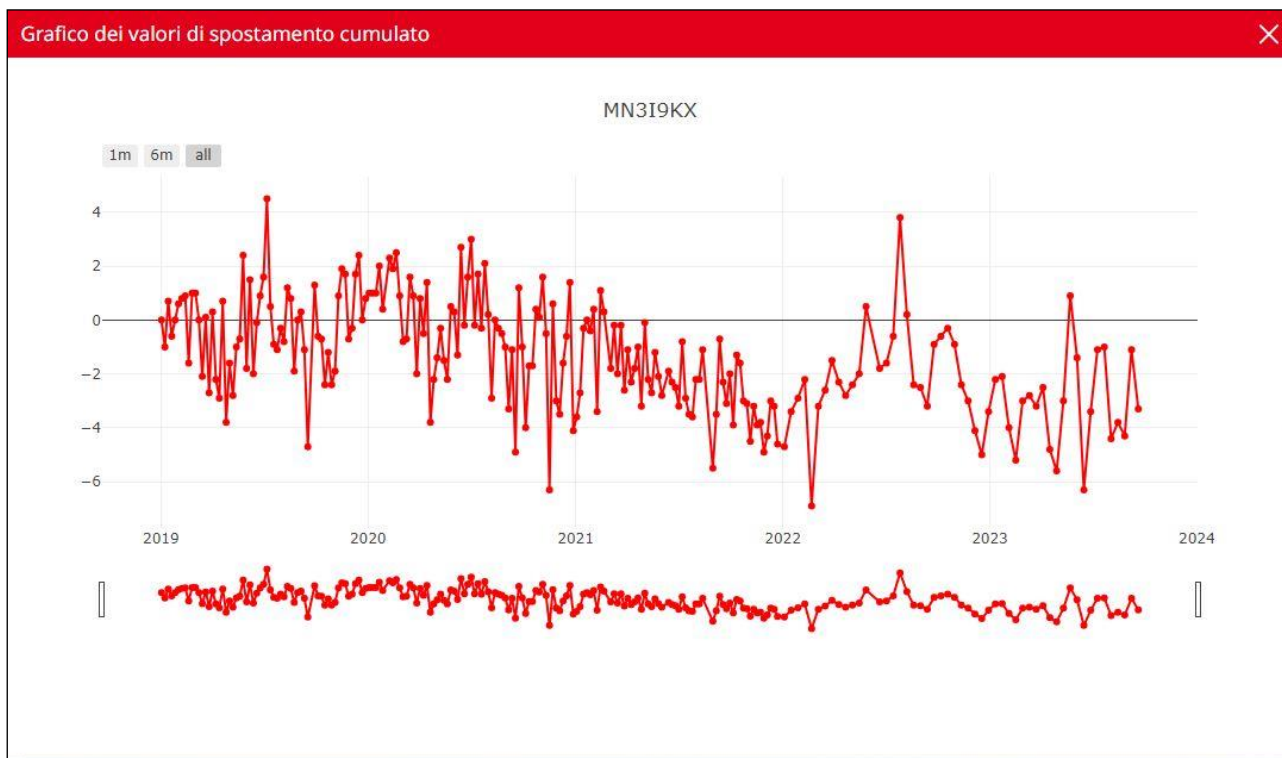


Figura 9-7 Grafico spostamento cumulativo punto MN3I9KX (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Il punto mostra velocità di spostamento pari $-0,8$ mm/anno con generale tendenza all’abbassamento.

9.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

9.2.1. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE (OS. 56)

La frana 3 interessa direttamente le carreggiate del progetto in oggetto ed è necessario intervenire con l’obiettivo di proteggere l’infrastruttura che si andrà a realizzare, evitando un arretramento del coronamento della frana e un conseguente danneggiamento della piattaforma stradale. Si sottolinea che l’obiettivo dell’intervento non è quello della stabilizzazione dell’intero versante ma la messa in sicurezza della piattaforma stradale.

Gli interventi previsti sono illustrati negli elaborati che riguardano l’opera minore OS.56: P01OS56STRPP01, P01OS56STRPP02, P01OS56STRPS01, P01OS56STRSZ01, P01OS56STRSZ02, P01OS56STRDC01.

L’immagine riportata di seguito illustra la sezione di progetto in corrispondenza della frana.

PROGETTAZIONE ATI:

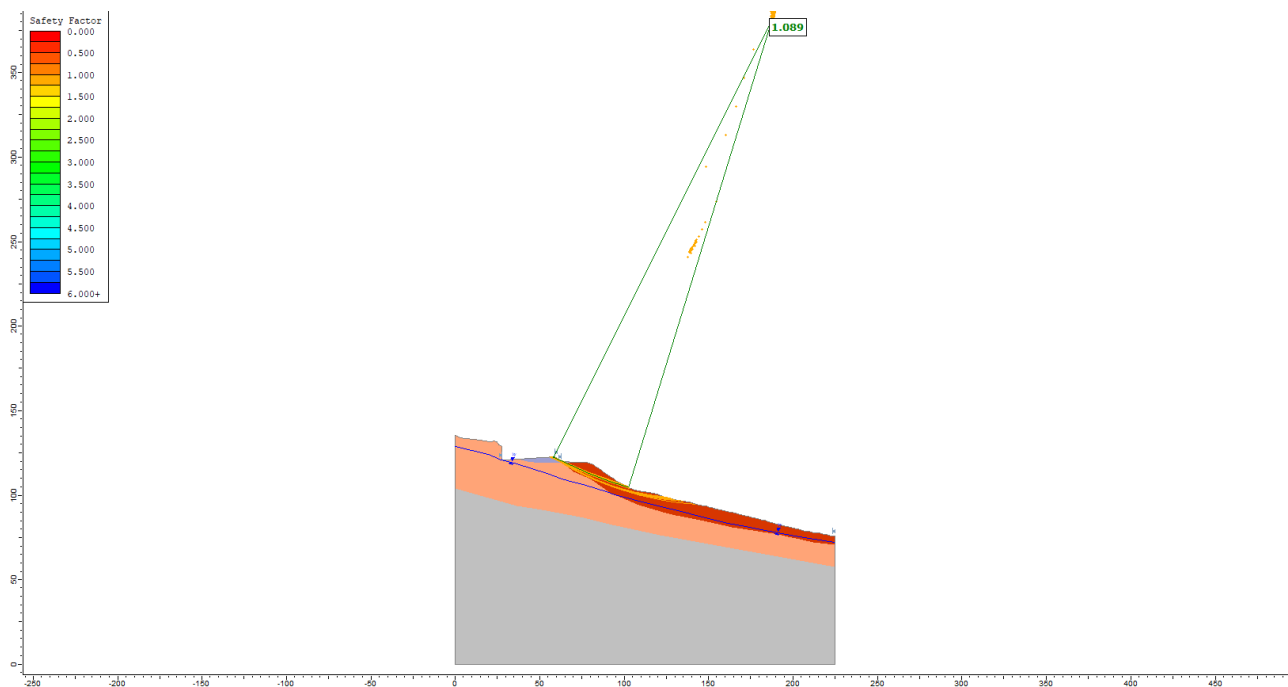


Figura 9-9 Sezione progressiva 2+970. Analisi ante operam. Condizioni statiche

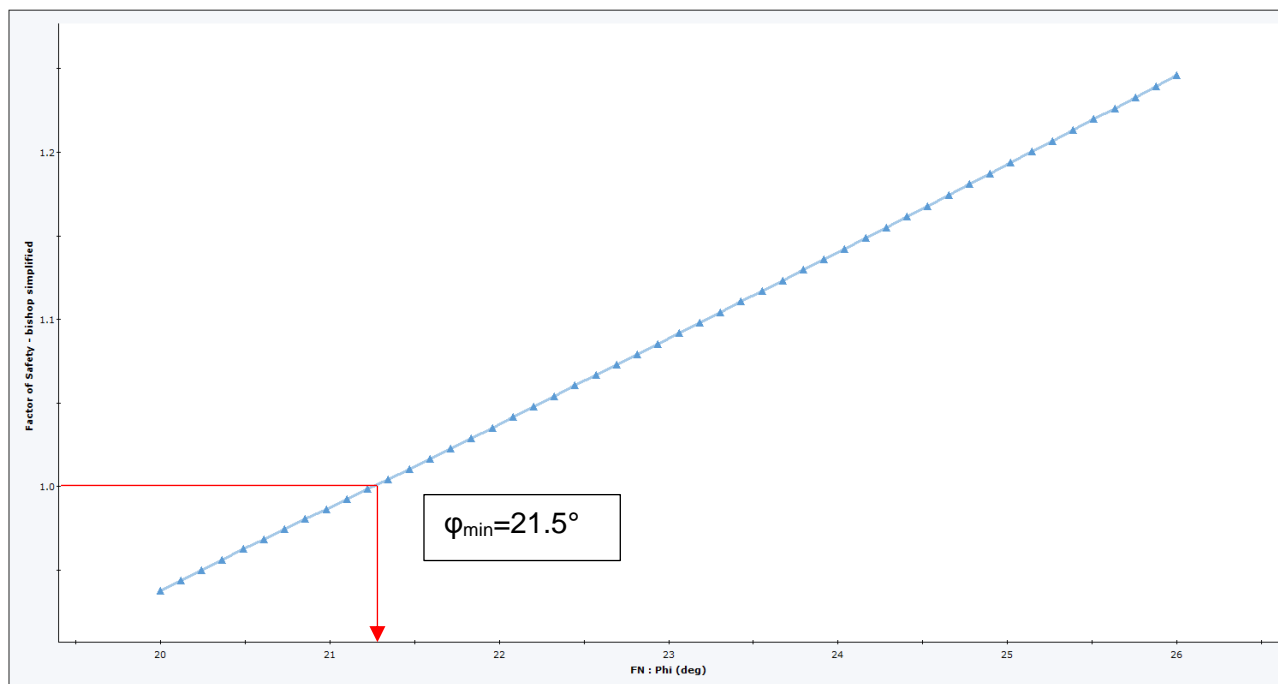


Figura 9-10 Sezione progressiva 2+970. Analisi di sensitività

9.2.2. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

POST OPERAM

In base alle informazioni disponibili riguardo agli aspetti geologici delle aree in frana e alla luce delle informazioni desunte dalla campagna di indagini geologiche e geotecniche, per garantire un adeguato margine di sicurezza dei tratti di strada che interferiscono la frana in oggetto, alla luce dei risultati

PROGETTAZIONE ATI:

delle analisi precedentemente illustrate, si propone di prevedere il consolidamento mediante paratia di pali e tiranti passivi. Con riferimento alle sezioni di calcolo esaminate (che si ritengono le più significative) si prevede di realizzare una paratia di pali trivellati di diametro 600 mm disposti su due allineamenti distanti 0.6 m e interasse tra i pali sul singolo allineamento pari a 1.0 m, lunghezza dei pali pari a 18 m. Riguardo agli ancoraggi, si prevede l'installazione di barre di ancoraggio (ancoraggi passivi, non pre-tensionati), con barre con resistenza limite a snervamento maggiore di 1000 kN, perforazione sub-orizzontale diametro 160 mm iniettati a pressione, lunghezza 23-25 m, interasse orizzontale 2.0 m.

Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento.

I risultati delle analisi di stabilità globale della sezione del tratto in frana in oggetto, in condizioni stati (SLU) e sismiche (SLV), sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica.

Tabella 9-2 Riassunto sezioni di calcolo e risultati stabilità globale

Progressiva	N. FRANA	ODF condizioni statiche	ODF condizioni sismiche
2+970	3	1.135	1.012

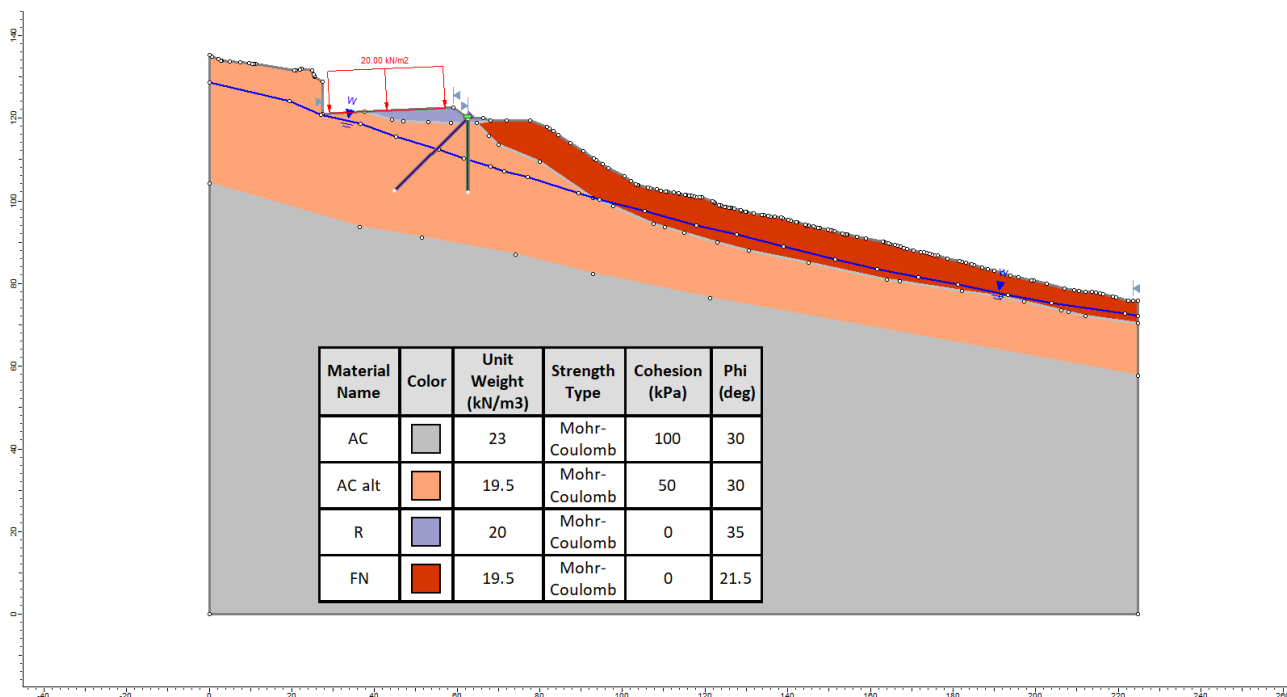


Figura 9-11 Sezione progressiva 2+970. Modello di calcolo

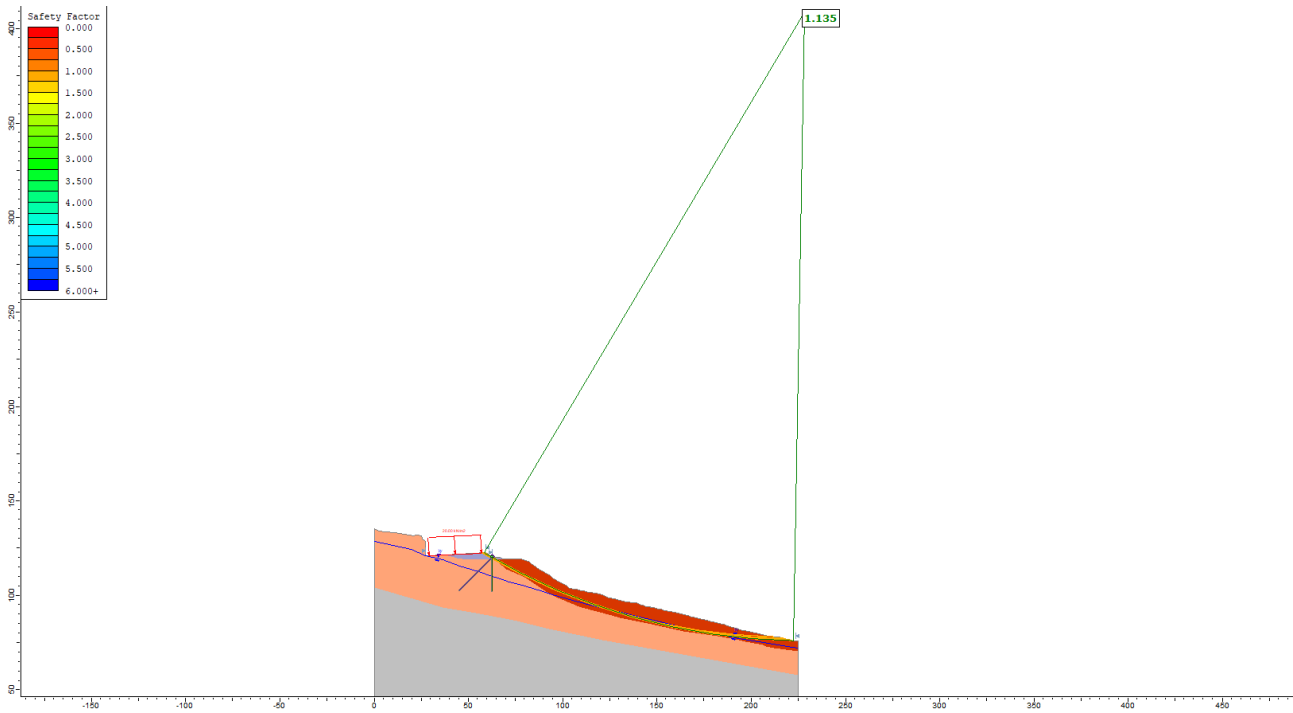


Figura 9-12 Sezione progressiva 2+970. Condizioni statiche

PROGETTAZIONE ATI:

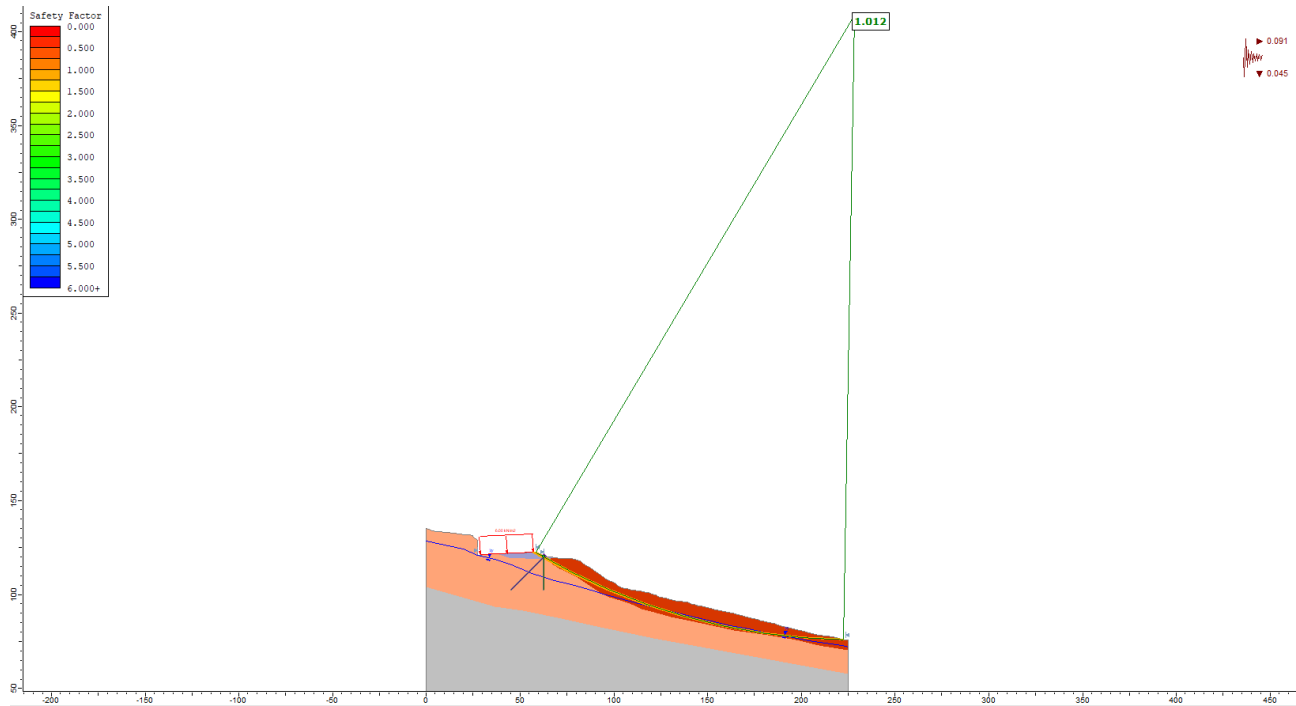


Figura 9-13 Sezione progressiva 2+970. Condizioni sismiche

9.2.3. VERIFICHE LOCALI

In considerazione delle caratteristiche geomorfologiche della frana e delle caratteristiche geometriche dell'opera di consolidamento, per le verifiche locali della paratia e dei tiranti di ancoraggio si rimanda a quanto illustrato per la Frana 4 (10.2.3 Verifiche locali).

PROGETTAZIONE ATI:

10. FRANA 4 (SEZ. 3+080)

10.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Frana complessa di notevole estensione che si sviluppa da quota 390 a 305 m s.l.m. circa ed i cui fianchi, nella zona di testata, intercettano il tracciato tra le pk. 3+025 e 3+125 circa. Il dissesto è stato investigato con il pozzetto ambientale B_PZ04 e con la base sismica B_Sism05_quater (Figura 10-4 e Figura 10-5).

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana. In Figura 10-1 si riportano rispettivamente il fianco sinistro, il fianco destro e la parte alta del dissesto.

Tabella 10-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 4

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
394	305	89	430	65	74	-	7

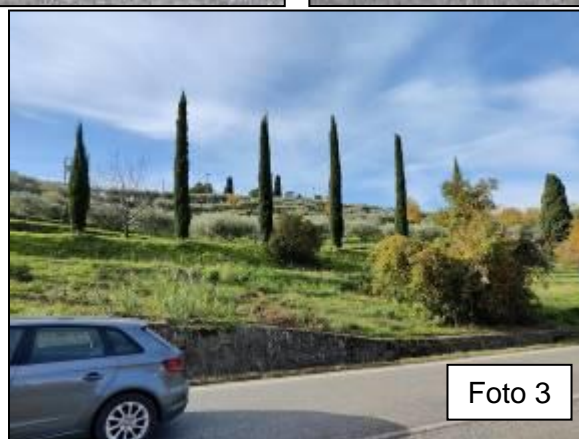


Figura 10-1 Foto 1: lesione sul manto stradale riconducibile al fianco sinistro del dissesto; Foto 2: lesione corrispondente al fianco destro; Foto 3: la parte sommitale del dissesto

PROGETTAZIONE ATI:

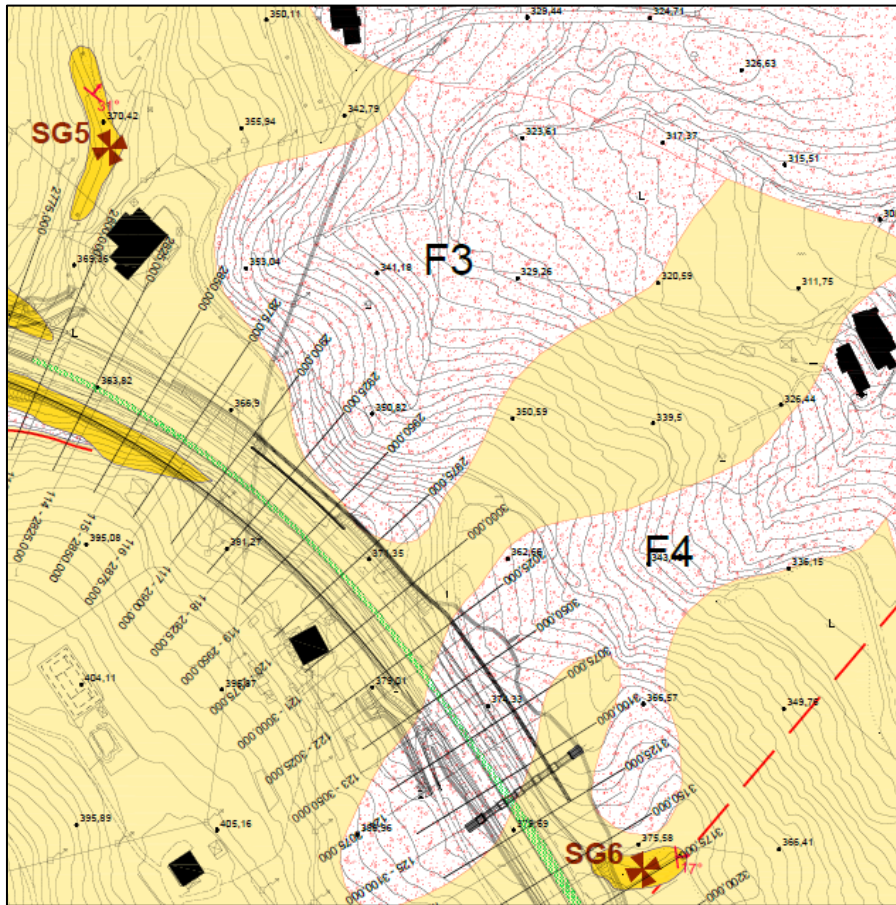


Figura 10-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 4

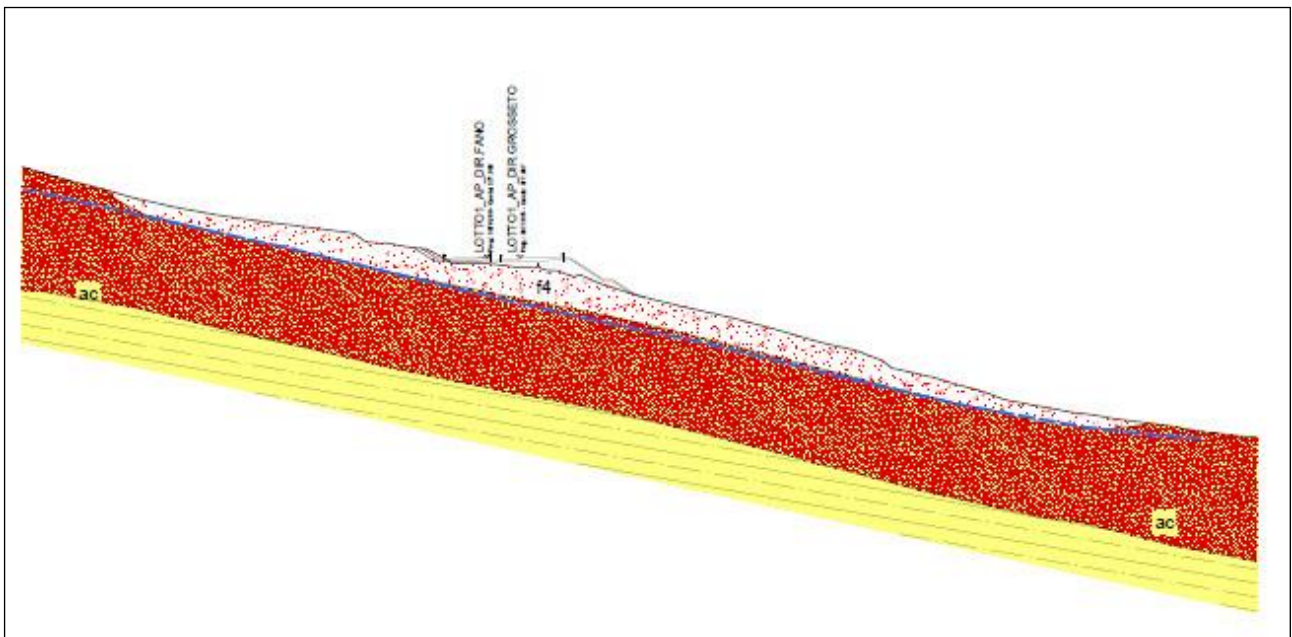
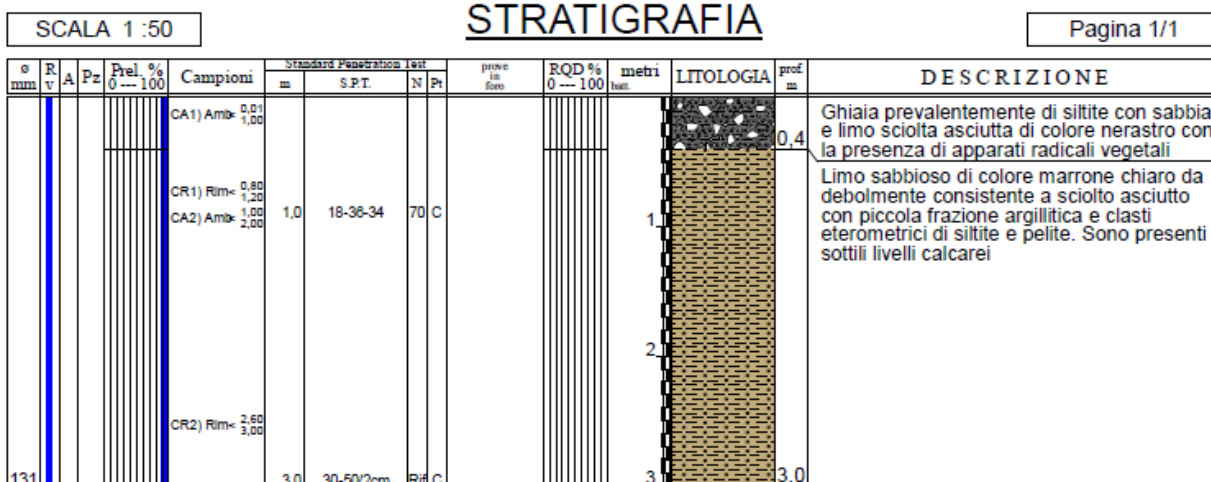


Figura 10-3 Sezione geologico-stratigrafica perpendicolare al tracciato

PROGETTAZIONE ATI:

Committente: ANAS SPA	Sondaggio: B-PZ04
Riferimento: AREZZO	Data: 01.12.2022
Coordinate:	Quota:
Perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO	



- sondaggio eseguito in data 01.12.2022
- perforazione eseguita a carotaggio continuo 152/131mm fino alla profondità di 3,00m da p.c.
- esecuzione di n°2 prove standard penetration test (SPT)
- prelievo di n°2 campioni rimaneggiati (CR)
- prelievo di n°3 campioni ambientali + 2vials (CA) - CA3 campione rappresentativo (0,00-2,00m)
- ritombamento del foro mediante compactonite in pellets

Figura 10-4 Stratigrafia dell'indagine B-PZ04 eseguito in corrispondenza della Frana 4

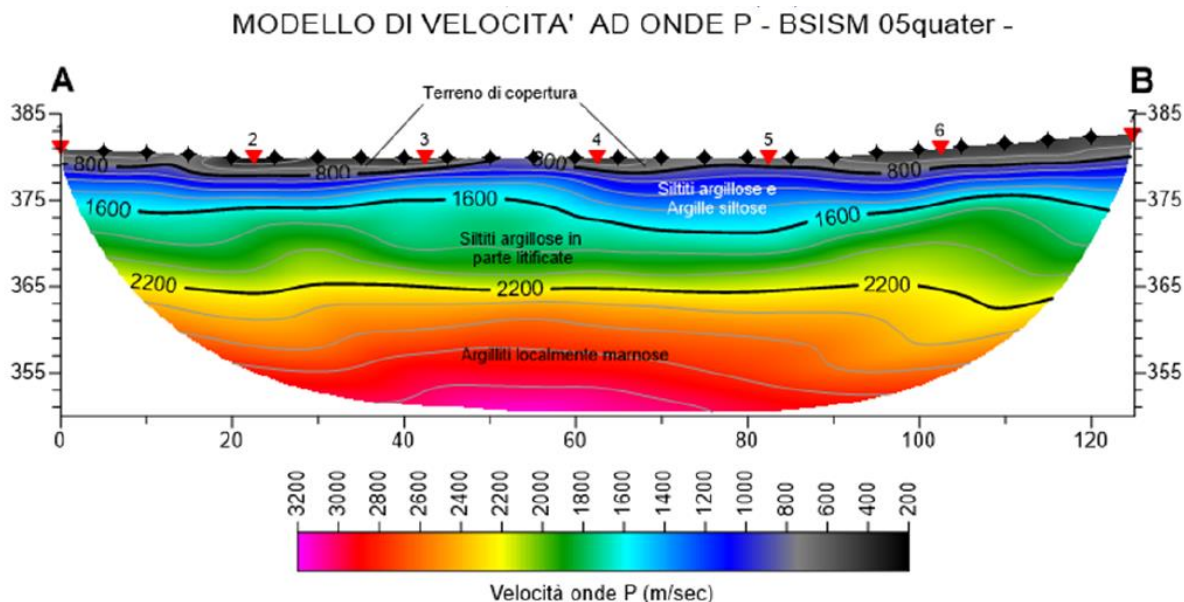


Figura 10-5 Sezione sismica BSISM 05 quarter eseguita in corrispondenza della Frana 4

PROGETTAZIONE ATI:

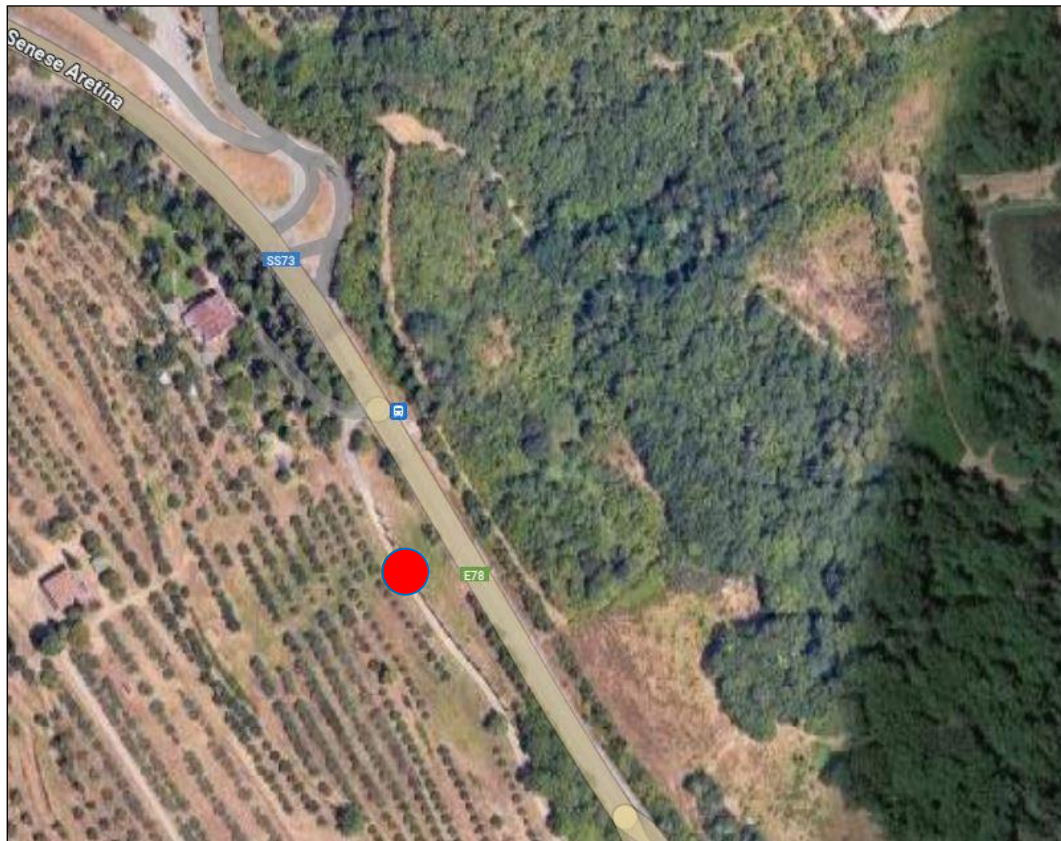


Figura 10-6 Ripresa satellitare con ubicazione punto MN4P4S9 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

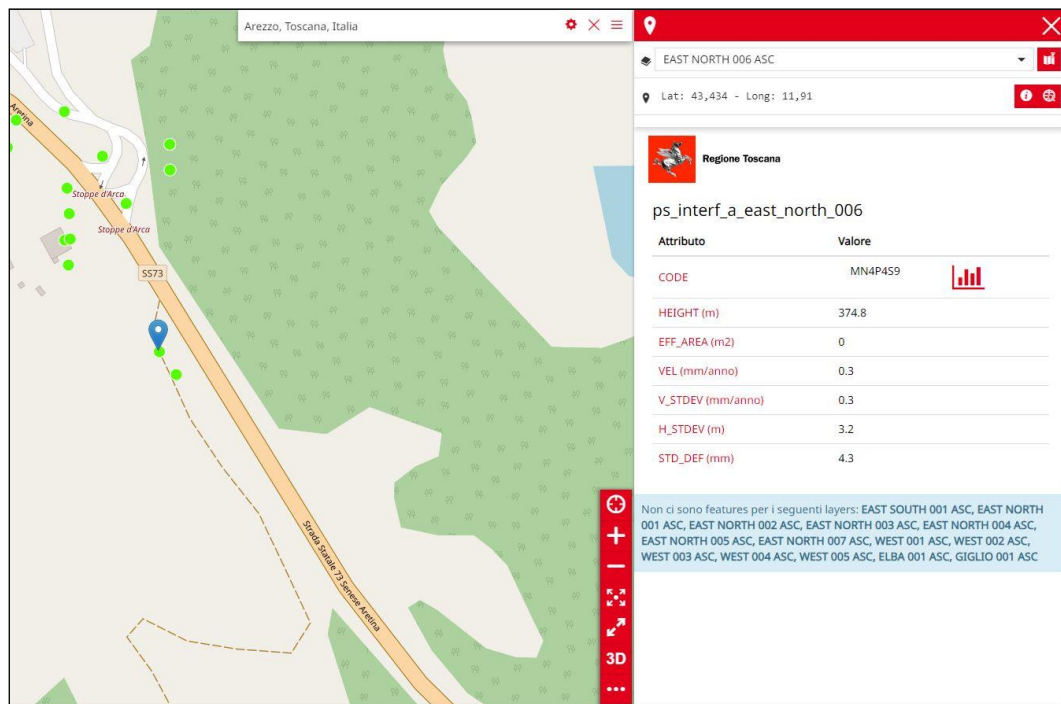


Figura 10-7 Schermata punto MN4P4S9 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

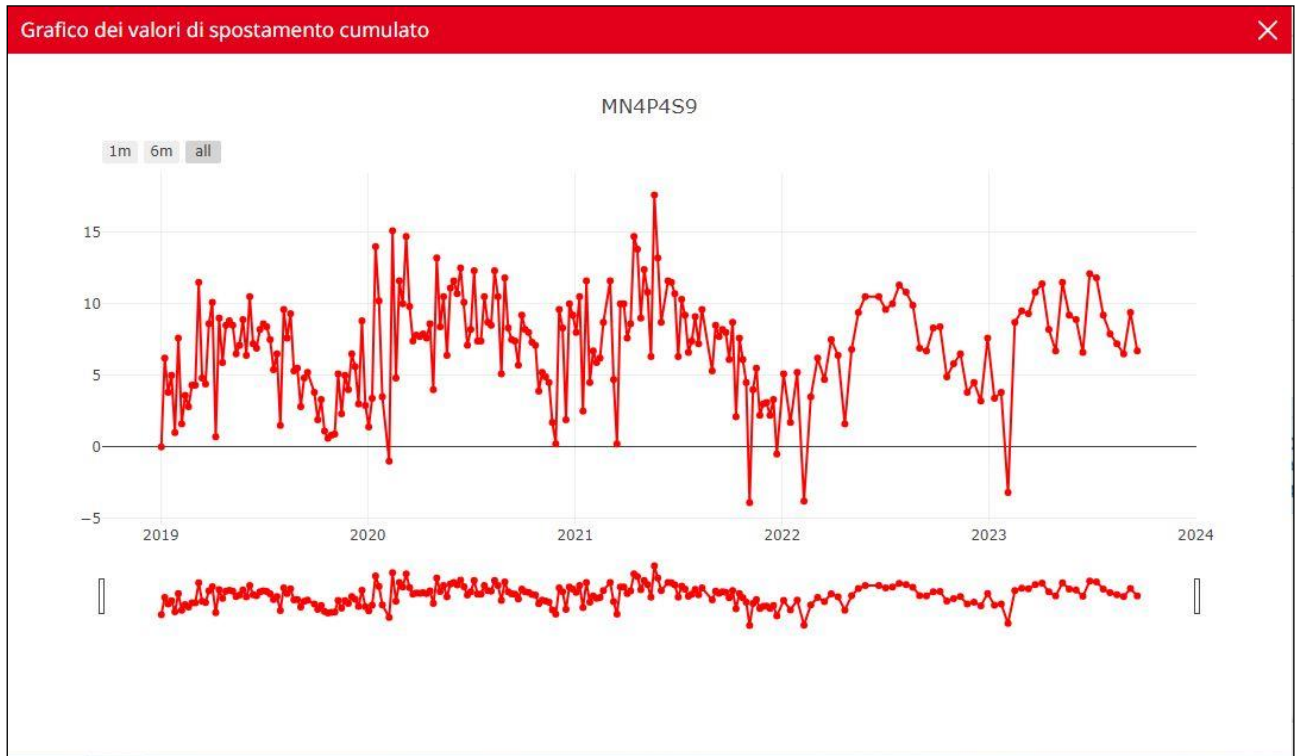


Figura 10-8 Grafico spostamento cumulativo punto MN4P4S9 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Il punto mostra velocità di spostamento pari 0,3 mm/anno non mostrando generali tendenze di abbassamento costante.

10.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

10.2.1. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE (OS. 56)

La frana 4 interessa direttamente le carreggiate del progetto in oggetto ed è necessario intervenire con l’obiettivo di proteggere l’infrastruttura che si andrà a realizzare. Si sottolinea che l’obiettivo non è quello della stabilizzazione dell’intero versante ma la messa in sicurezza della piattaforma stradale. Gli interventi previsti sono illustrati negli elaborati che riguardano l’opera minore OS.56: P01OS56STRPP01, P01OS56STRPP02, P01OS56STRPS01, P01OS56STRSZ01, P01OS56STRSZ02, P01OS56STRDC01.

L’immagine riportata di seguito illustra la sezione di progetto in corrispondenza della frana.

PROGETTAZIONE ATI:

CONDIZIONI ANTE OPERAM

Per la determinazione dei parametri cui corrisponde un valore del coefficiente di sicurezza prossimo all'unità (collasso incipiente) del volume di terreno interessato dalla presenza conclamata del fenomeno franoso, a supporto delle considerazioni riguardo alla caratterizzazione geotecnica, preliminarmente alla modellazione delle condizioni di progetto, è stata studiata la condizione ante operam e conseguentemente condotta una back analysis. I valori caratteristici di c' e ϕ impiegati nella modellazione delle condizioni di progetto tengono conto dei risultati di tale studio preliminare.

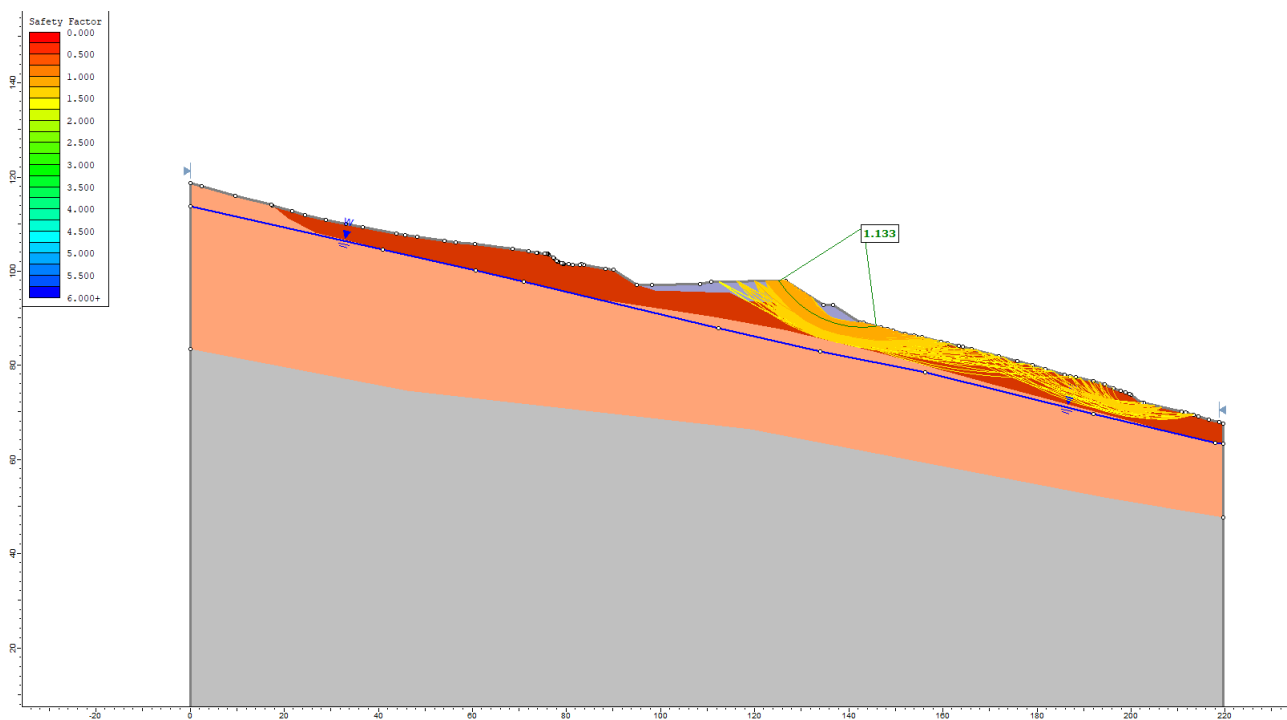


Figura 10-10 Sezione progressiva 3+080. Analisi ante operam. Condizioni statiche

PROGETTAZIONE ATI:

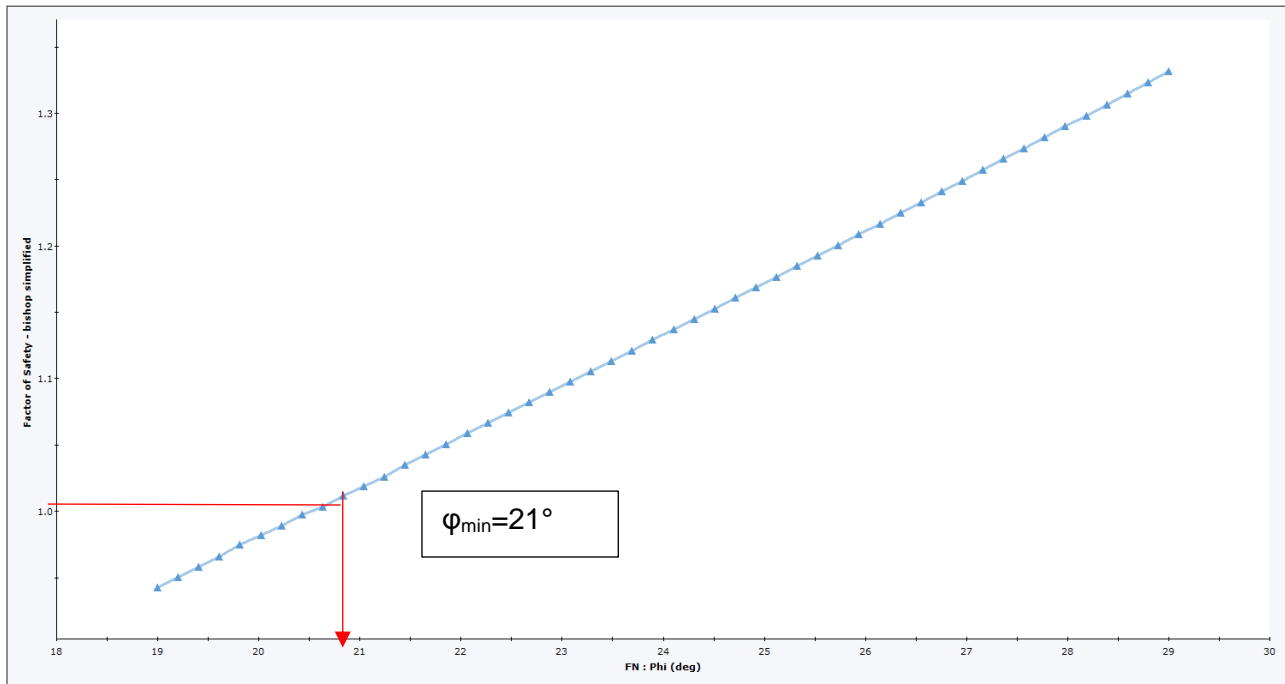


Figura 10-11 Sezione progressiva 3+080. Analisi di sensitività

PROGETTAZIONE ATI:

10.2.2. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

CONDIZIONI POST OPERAM

In base alle informazioni disponibili riguardo agli aspetti geologici delle aree in frana e alla luce delle informazioni desunte dalla campagna di indagini geologiche e geotecniche, per garantire un adeguato margine di sicurezza dei tratti di strada che interferiscono la frana in oggetto, alla luce dei risultati delle analisi precedentemente illustrate, si propone di prevedere la stabilizzazione del terreno mediante paratie di pali e tiranti passivi. Con riferimento alle sezioni di calcolo esaminate (che si ritengono le più significative) si prevede di realizzare paratie di pali trivellati di diametro 600 mm disposti su due allineamenti distanti 0.6 m e interasse tra i pali sul singolo allineamento pari a 1.0 m, lunghezza dei pali pari a 20 m. Riguardo agli ancoraggi, si prevede l'installazione di barre di ancoraggio (ancoraggi passivi, non pre-tensionati), con barre con resistenza limite a snervamento maggiore di 1000 kN, perforazione sub-orizzontale diametro 160 mm iniettati a pressione, lunghezza 23-25 m, interasse orizzontale 2.0 m. Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento.

I risultati delle analisi di stabilità globale della sezione del tratto in frana in oggetto, in condizioni statiche (SLU) e sismiche (SLV), sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica.

Tabella 10-2 Riassunto sezioni di calcolo e risultati stabilità globale

Progressiva	N. FRANA	ODF condizioni statiche	ODF condizioni sismiche
3+080	4	1.265	1.090

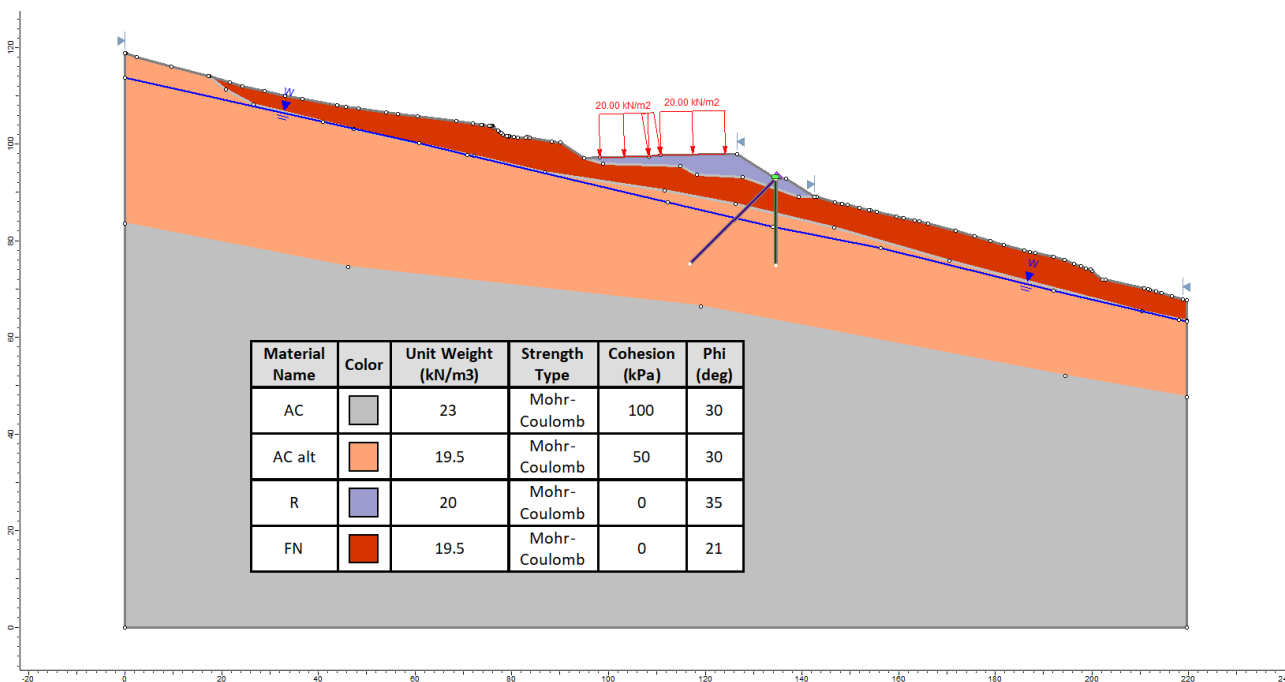


Figura 10-12 Sezione progressiva 3+080. Modello di calcolo

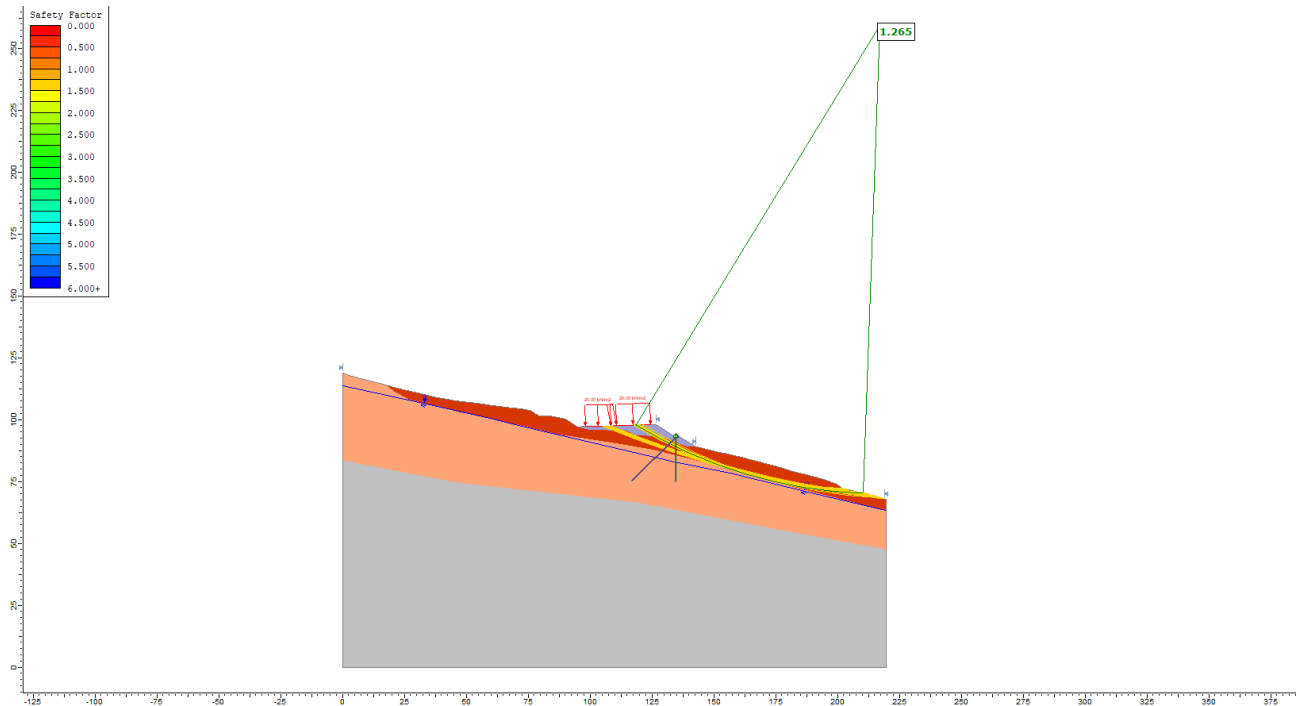


Figura 10-13 Sezione progressiva 3+080. Condizioni statiche

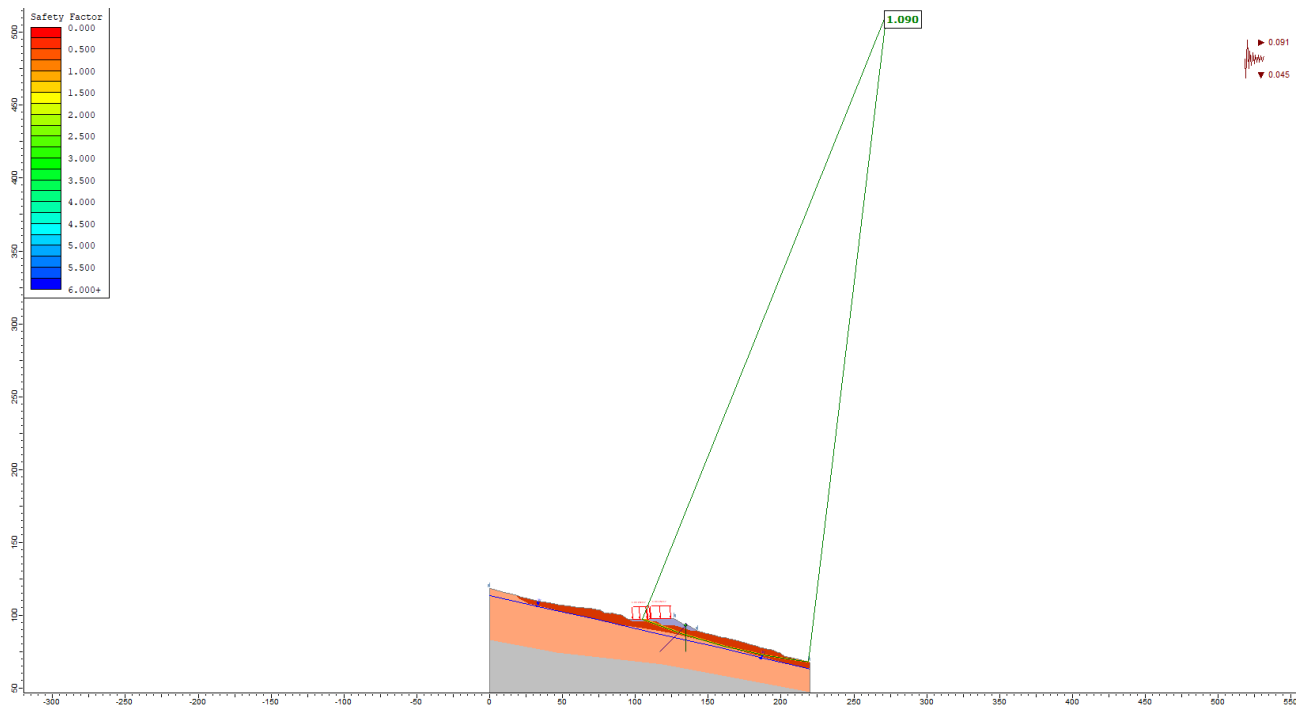


Figura 10-14 Sezione progressiva 3+080. Condizioni sismiche

PROGETTAZIONE ATI:

10.2.3. VERIFICHE LOCALI

Di seguito si riportano le ipotesi di calcolo ed i risultati delle verifiche, condotte in accordo a quanto riportato al §5.2.2, in termini di involuppo in condizioni SLU delle sollecitazioni di momento flettente e di taglio e di spostamenti orizzontali in condizioni SLE.

Per lo svolgimento delle verifiche locali, ipotizzando il comportamento dell'opera come analogo a quello di una paratia di sostegno delle terre, si è ritenuto opportuno ipotizzare un valore di altezza ritenuta pari a 6-7 m, compatibile con quanto emerso dell'analisi dei meccanismi di rottura per perdita di stabilità globale evidenziati precedentemente.

Sono di seguito riportate le fasi di calcolo considerate nel modello numerico adottato:

1. Fase geostatica;
2. Inserimento dei micropali;
3. Inserimento dei tiranti sommitali;
4. Realizzazione dello scavo dovuto ad una possibile frana;
5. Applicazione dell'azione sismica.

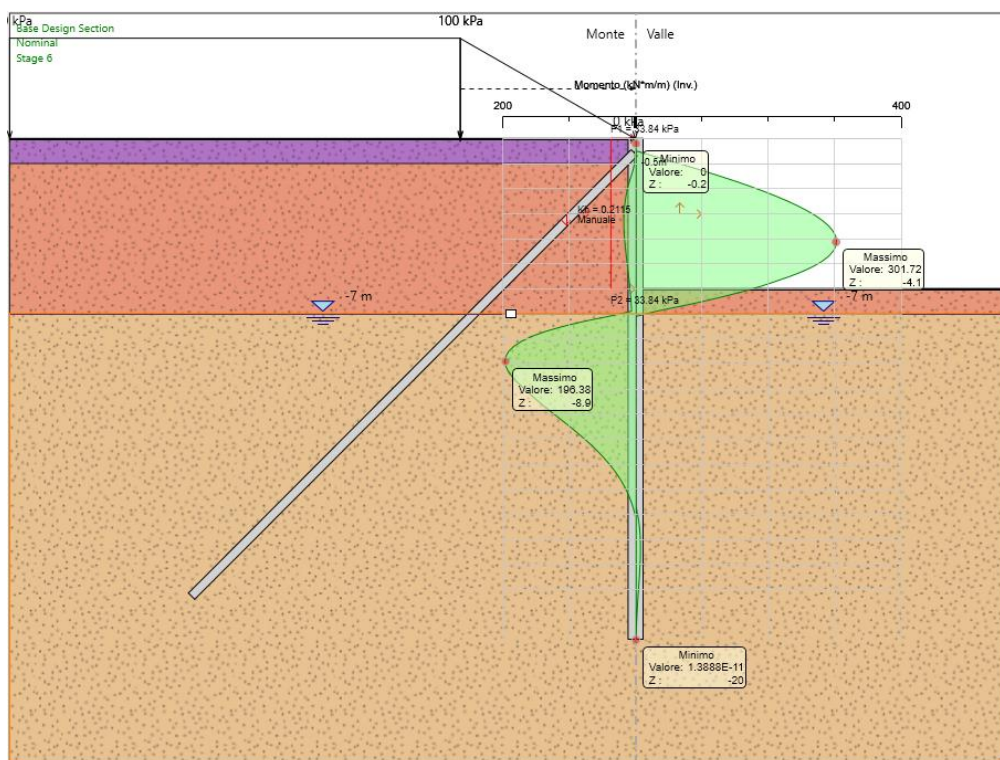


Figura 10-15 - Involuppo momenti flettenti SLU

PROGETTAZIONE ATI:

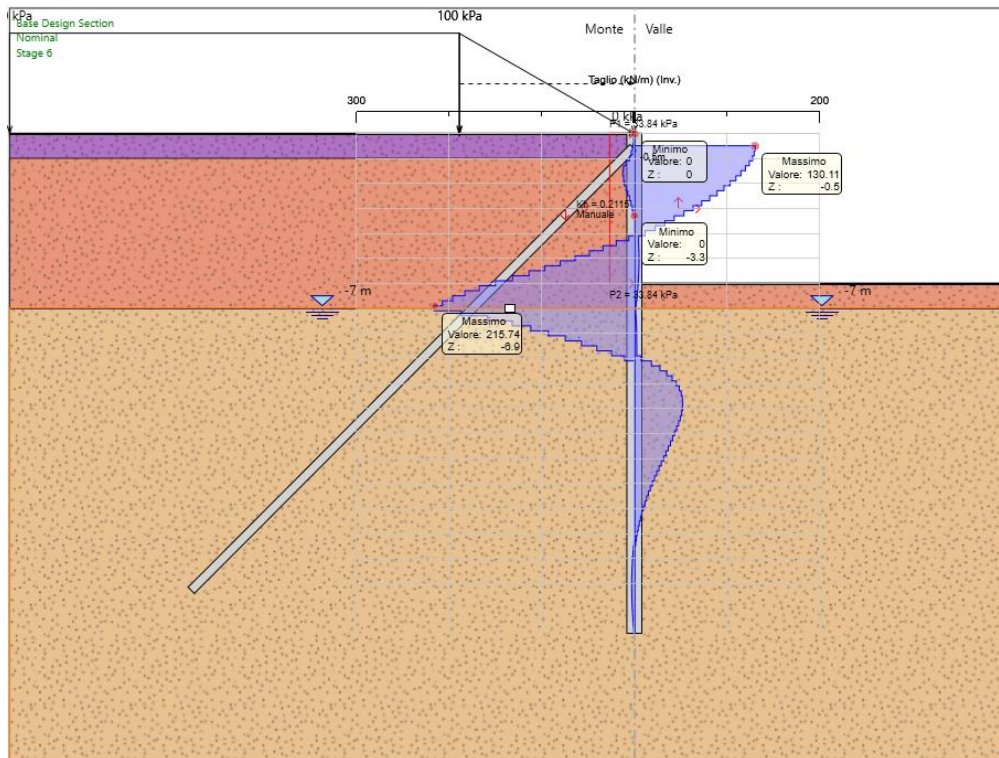


Figura 10-16 - Involuppo sollecitazioni taglianti SLU

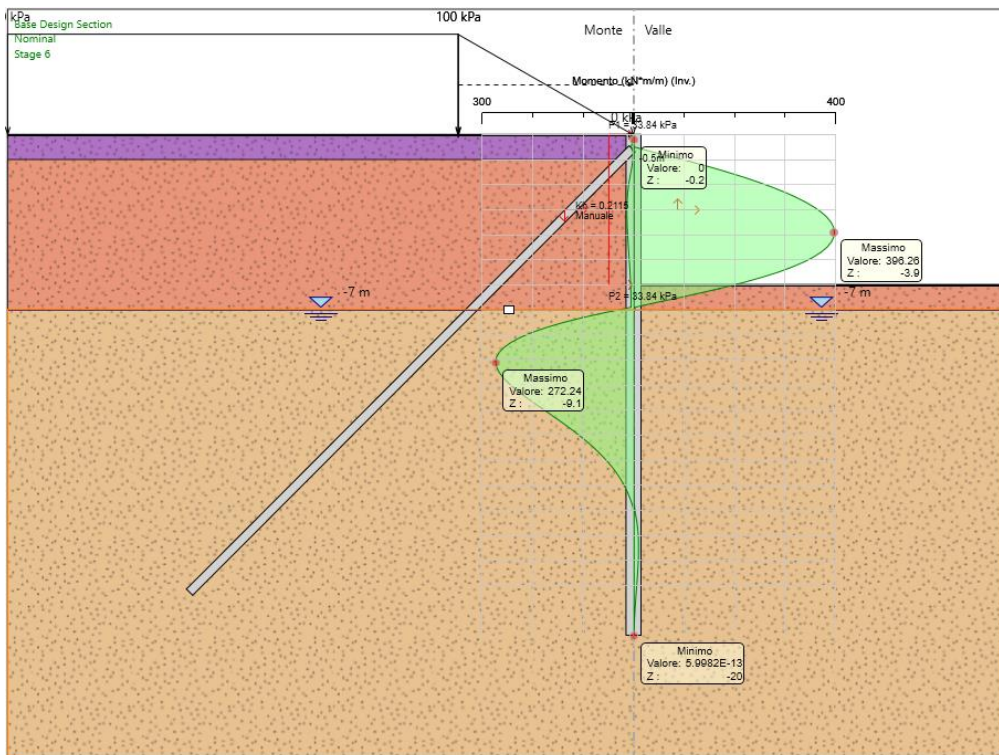


Figura 10-17 - Involuppo momenti flettenti SLV

PROGETTAZIONE ATI:

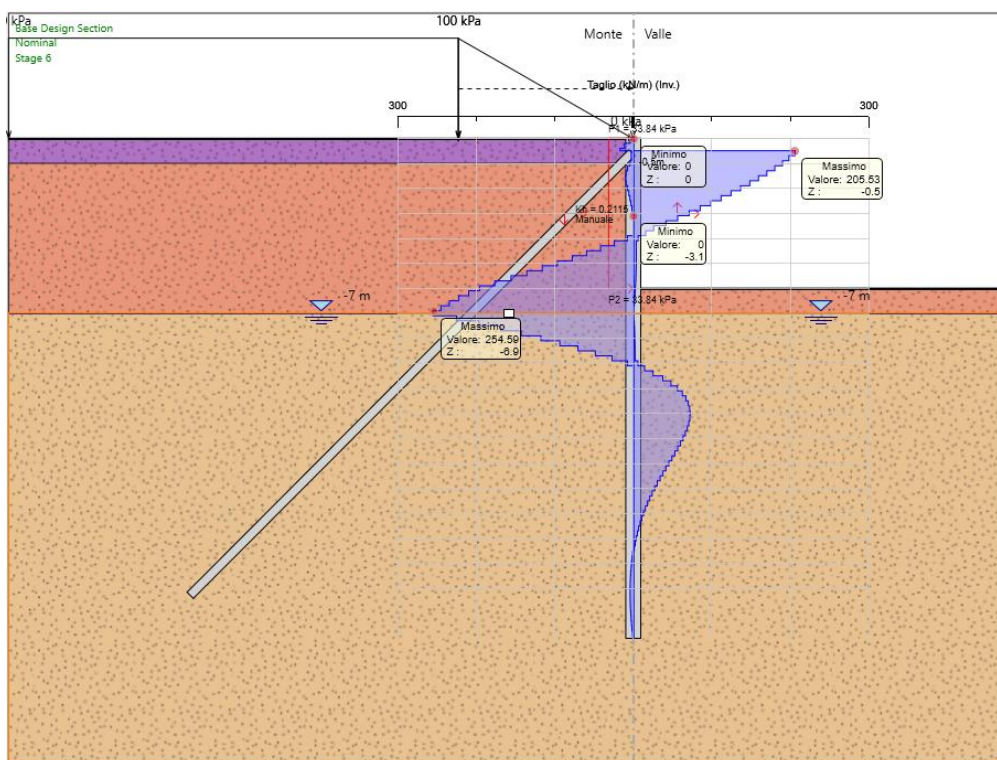


Figura 10-18 - Involuppo sollecitazioni taglianti SLV

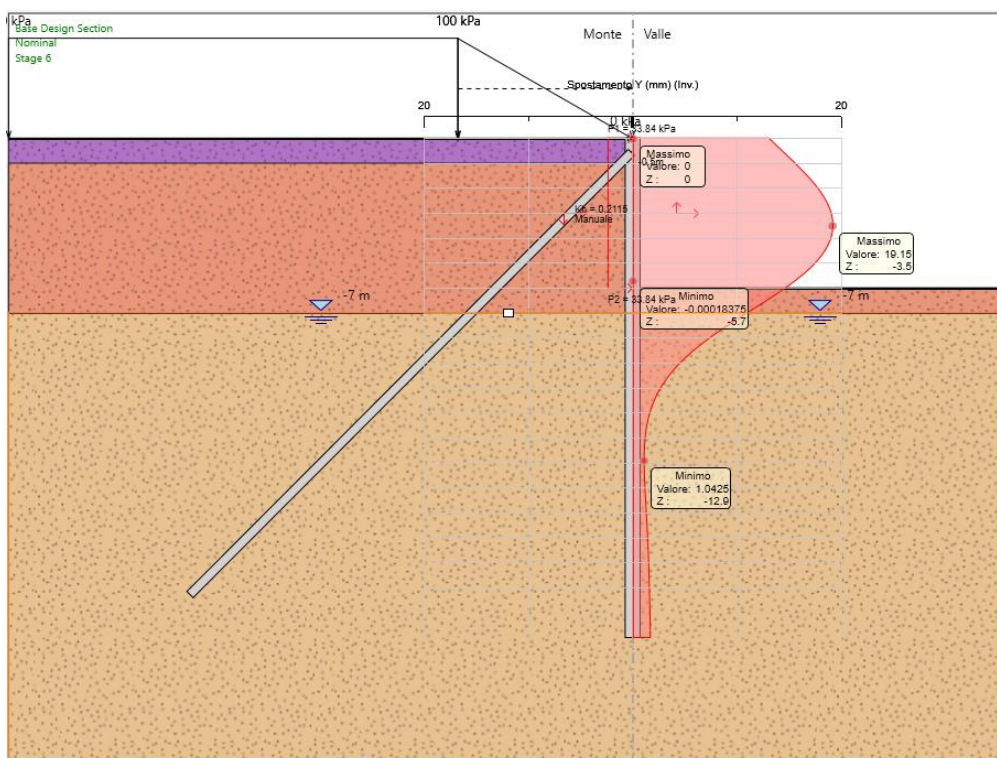


Figura 10-19 - Involuppo spostamenti SLE

PROGETTAZIONE ATI:

Le sollecitazioni sulla berlinese e le reazioni sulle barre di ancoraggio sono riportate nella Tabella seguente nelle combinazioni di carico più gravose.

Tabella 10-3 - Riassunto risultati paratia

	Deformazione massima	Momento massimo	Taglio massimo	Reazione in asse sul tirante di ancoraggio
	[mm]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]
SLE	19	232	167	144
SLU	/	302	216	187
SLV	/	396	255	322

10.2.3.1. Verifiche delle barre di ancoraggio

L'azione massima di trazione sulle barre di ancoraggio, tenendo conto dell'interasse previsto di 2 m, è di 644 kN (322 kN/m x 2 m).

In accordo a quanto riportato al §5.2.2, con una lunghezza del tratto reagente in condizioni sismiche pari a 17m, si determina un valore della resistenza di progetto dell'ancoraggio $R_{a,d}$ pari a 870.3 kN, maggiore dell'azione massima sul singolo tirante pari a 644 kN.

Per quanto riguarda invece la verifica strutturale delle barre, sempre con riferimento al §5.2.2, nel caso in oggetto, considerando una barra in acciaio avente trasversale pari a 1963 mm² e tensione a snervamento pari a 500 N/mm² (tipo GEWI B500B Ø50), risulta:

$$N_{pl,Rd} = \frac{A \times F_{yk}}{\gamma_{M0}} = 853 \text{ kN}$$

Essendo la massima azione sollecitante agente sulle barre pari a $E_d = 644 \text{ kN}$, minore della resistenza di progetto a rottura di 853 kN, la verifica risulta soddisfatta.

10.2.3.2. Verifiche strutturali dei pali

L'opera di sostegno è prevista costituita, come detto, da pali di diametro Ø600, i quali saranno armati con gabbie preassemblate costituite in acciaio B450C. Il dimensionamento strutturale è riferito alle massime sollecitazioni agenti, individuate in fase di analisi e riassunte nel Par. precedente.

Prendendo in considerazione le massime sollecitazioni agenti sui pali agli SLV è possibile ipotizzare un'armatura costituita da 14 Ø22 mm, cui si associa una resistenza massima a flessione:

$$M_{R,d} = 413 \text{ kNm} > 396 \text{ kNm}$$

Per le verifiche a pressoflessione delle sezioni in c.a. dei pali di fondazione, è stato utilizzato il programma VcaSlu a cura del prof. Gelfi dell'Università di Brescia.

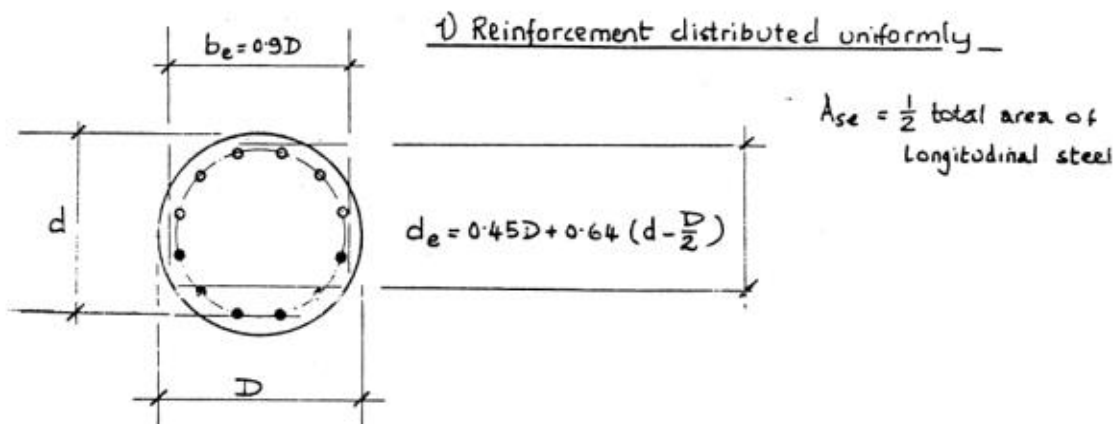
Nei confronti della massima sollecitazione tagliante, invece, ipotizzando un'armatura costituita da staffe Ø12/150 mm, cui si associa una resistenza:

$$V_{s,Rd} = 305 \text{ kN} > 255 \text{ kN}$$

Per la verifica a taglio della sezione in c.a. dei pali di fondazione si fa riferimento al Bollettino CEB-FIB n.137 – Allegato 5, ed in particolare allo studio di Paul Regan, che contempla nello specifico sezioni di forma circolare piena e cava.

Le sezioni in c.a. circolari vengono trasformate in modo da poter essere trattate come sezioni rettangolari equivalenti, e più precisamente:

- per la sezione circolare piena di diametro D e altezza utile d viene considerato un rettangolo equivalente avente base b_e pari a $0.9 D$ ed altezza d_e pari a $0.45D + 0.64 (d - D/2)$ ($d - D/2$);



Con tali ipotesi, le verifiche vengono condotte secondo quanto riportato al paragrafo §4.1.2.3.5. delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La resistenza al taglio di elementi senza specifica armatura trasversale si valuta con la seguente espressione:

PROGETTAZIONE ATI:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

$$k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2 \quad \text{con } d \text{ in [mm]}$$

$$v_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$$

rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02);

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$$

tensione media di compressione della sezione ($\leq 0.2f_{cd}$);

b_w

larghezza minima della sezione in [mm];

d

altezza utile della sezione in [mm].

Qualora il taglio sollecitante V_{Ed} superi il valore V_{Rd} è necessario adottare specifiche armature trasversali; in questo caso la resistenza di progetto viene valutata con una specifica schematizzazione a traliccio.

La resistenza a taglio in questo caso è la minore tra la resistenza fornita dalle armature trasversali e la resistenza data dal calcestruzzo, e si calcola come segue:

$$V_{Rd} = \min \{ V_{Rsd}, V_{Rcd} \}$$

con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

dove:

A_{sw}

area dell'armatura trasversale;

s

interasse tra due armature trasversali;

α

angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave (assunto pari a 90°);

θ

angolo d'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave (assunto pari a 27.5°);

f'_{cd}

resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f' = 0.5 f_{cd}$);

α_c

coefficiente maggiorativo funzione della tensione media di compressione.

Nel seguito si riporta la verifica al taglio per la sezione in c.a. del palo di fondazione.

Materiali			
CLS	R _{ck} [MPa]	30	f _{ck} = 24,90 MPa
	γ _c	1,5	f _{cd} = 14,11 MPa f _{ctk,005} = 2,03 MPa τ _{Rd} = 0,34 MPa
ACCIAIO	f _{yk} [MPa]	450	f _{yd} = 391,304 MPa
	γ _s	1,15	e _{cu} = 0,0035
	Es [MPa]	206000	e _{su} = 0,01
Geometria sezione			
d [mm]	600	armatura long. tesa	
c [mm]	50	ø	22 mm
N _{Sd} [kN]	0	n°	14
d [mm] =	550	A _{stl} =	5321,858 mm ²
Verifica sezioni senza armature resistenti a taglio			
Ac [mm ²]	282743,3		
σ _{cp} [MPa]	0,0	< 0.2 f _{cd} VERO	
de [mm]	430,0	<i>Reagan</i>	
be [mm]	540,0		
k	1,7	< 2 VERO	
ρ _t	0,0229	< 0.02 FALSO	
v _{min}	0,4	88,46	
V _{Rd} =	180,4	kN	ok
V _{Ed} =	255,0	kN	Non verificato
Verifica sezioni con armature resistenti a taglio			
A _{sw} [mm ²]	157,1	staffe	
α [°]	90	ø _w	10 mm
cot(α)	0	s	150 mm
θ [°]	27,5	n _w	2 braccia
cot(θ)	2	α _c	1,0
V _{Rsd} =	304,6	kN	
V _{Rcd} =	603,9	kN	
V _{Rd} =	305	kN	
V _{Ed} =	255	kN	Verificato

Le verifiche risultano soddisfatte.

11. FRANA 5 (SEZ. 3+375)

11.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Fenomeno quiescente, con cinematica indeterminata, che nel settore di testata intercetta il tracciato tra le pk 3+350 e 3+425 circa. Il dissesto è stato investigato con la base sismica B_Sism05_ter (Figura 11-3).

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana.

Tabella 11-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 5

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
403	304	99	495	146	62	-	7-8



Figura 11-1 Nella foto di sinistra il settore sommitale del dissesto. Nella foto di destra è stato riportato lo sviluppo della frana sull'intero pendio, ripreso dal versante opposto.

PROGETTAZIONE ATI:

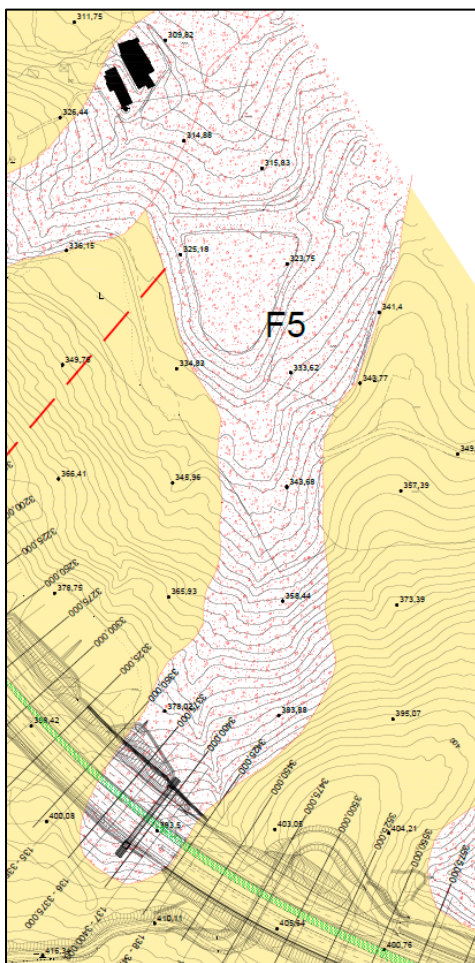


Figura 11-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 5

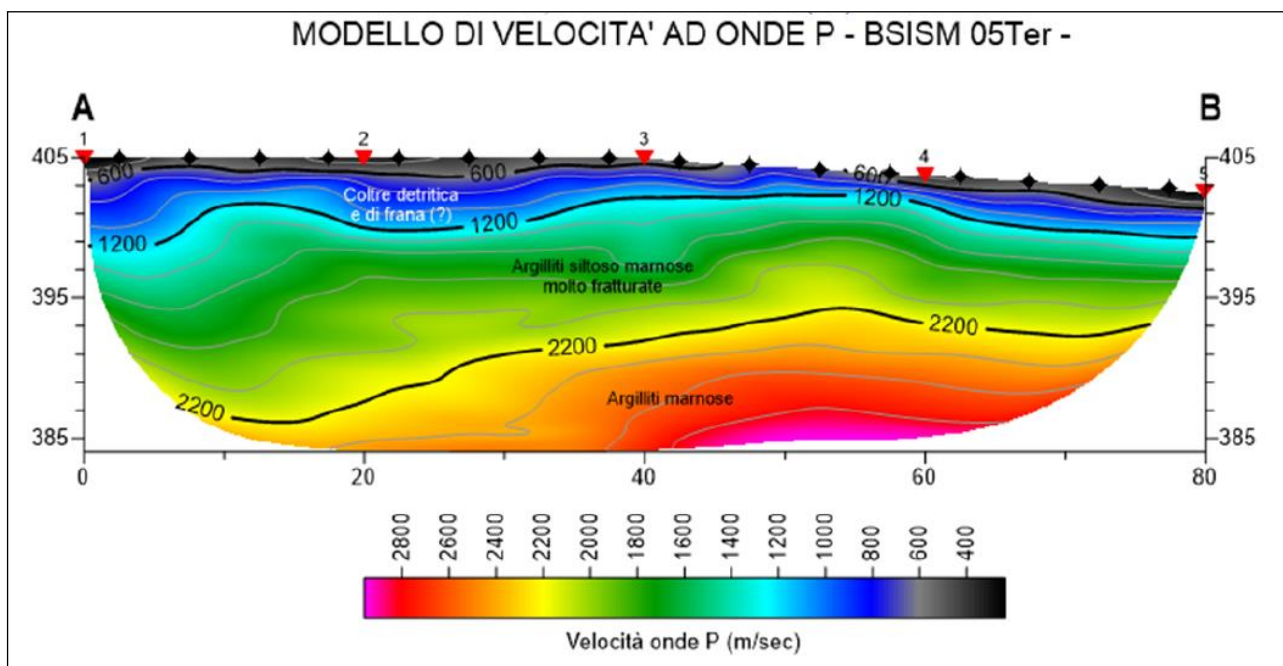


Figura 11-3 Sezione sismica BSISM 05ter eseguita in corrispondenza della Frana 5

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 11-4 Ripresa satellitare con ubicazione punto MNUW7DW (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

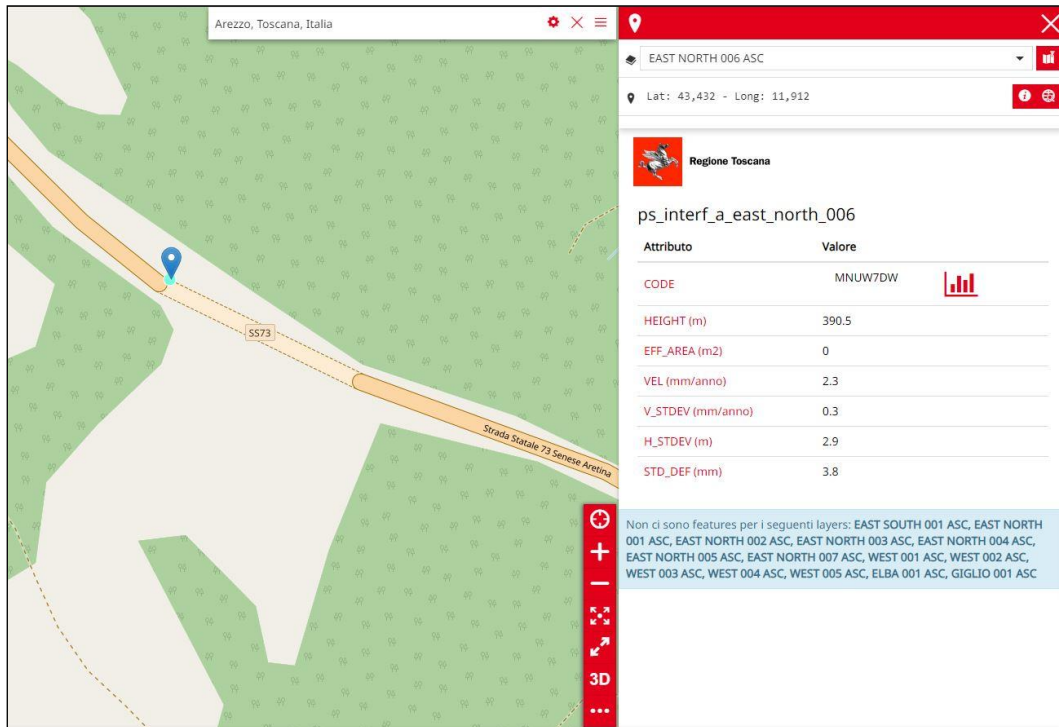


Figura 11-5 Schermata punto MNUW7DW (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

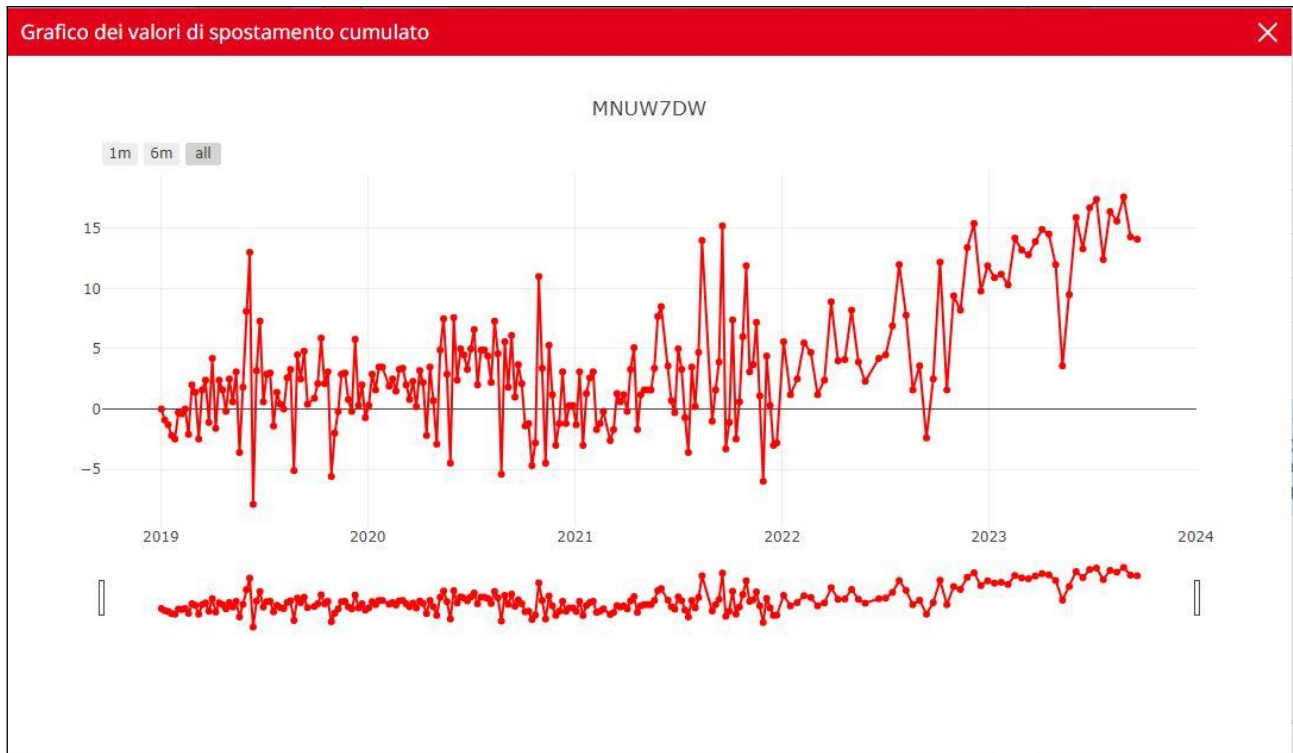


Figura 11-6 Grafico spostamento cumulativo punto MNUW7DW (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Il punto mostra velocità di spostamento pari 2,3 mm/anno mostrando una generale tendenza di innalzamento costante.

PROGETTAZIONE ATI:

CONDIZIONI ANTE OPERAM

Per la determinazione dei parametri cui corrisponde un valore del coefficiente di sicurezza prossimo all'unità (collasso incipiente) del volume di terreno interessato dalla presenza conclamata del fenomeno franoso, a supporto delle considerazioni riguardo alla caratterizzazione geotecnica, preliminarmente alla modellazione delle condizioni di progetto, è stata studiata la condizione ante operam e conseguentemente condotta una back analysis. I valori caratteristici di c' e ϕ impiegati nella modellazione delle condizioni di progetto tengono conto dei risultati di tale studio preliminare.

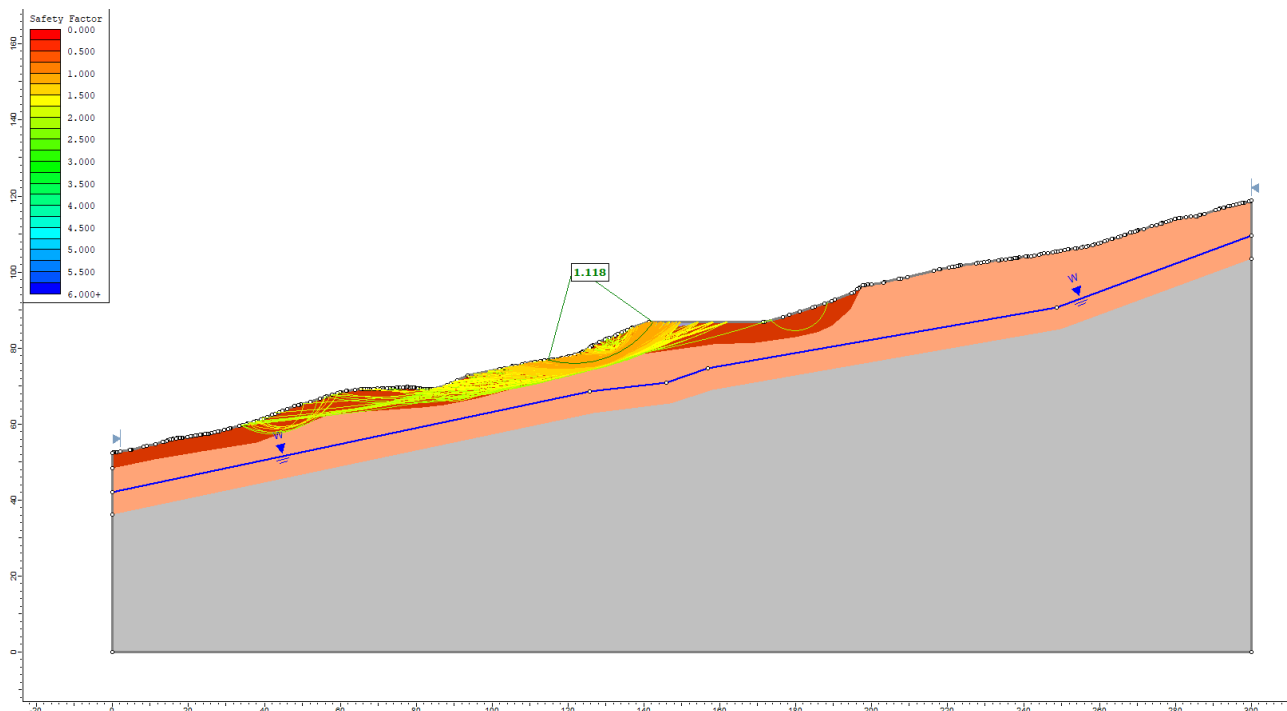


Figura 11-8 Sezione progressiva 3+375. Analisi ante operam. Condizioni statiche

PROGETTAZIONE ATI:

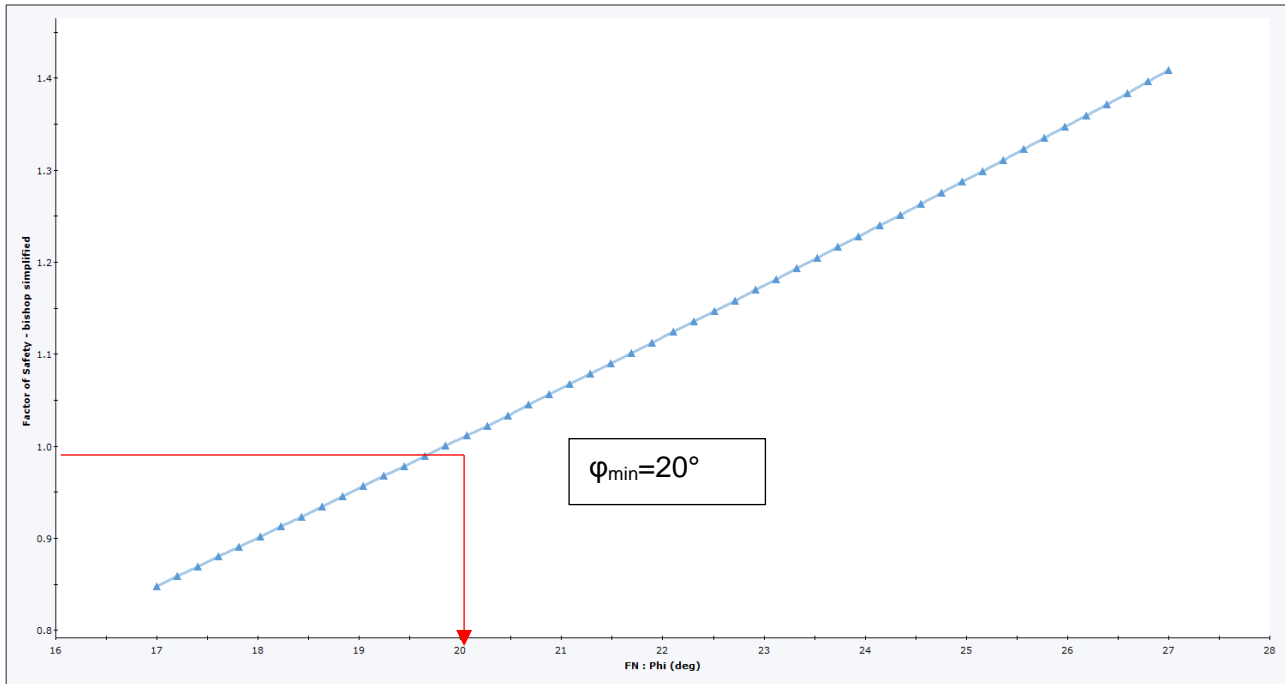


Figura 11-9 Sezione progressiva 3+375. Analisi di sensitività

PROGETTAZIONE ATI:

11.2.2. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

CONDIZIONI POST OPERAM

In base alle informazioni disponibili riguardo agli aspetti geologici delle aree in frana e alla luce delle informazioni desunte dalla campagna di indagini geologiche e geotecniche, per garantire un adeguato margine di sicurezza dei tratti di strada che interferiscono la frana in oggetto, alla luce dei risultati delle analisi precedentemente illustrate, si propone di prevedere la stabilizzazione del terreno mediante paratie di pali e tiranti passivi. Con riferimento alle sezioni di calcolo esaminate (che si ritengono le più significative) si prevede di realizzare paratie di pali trivellati di diametro 600 mm disposti su due allineamenti distanti 0.6 m e interasse tra i pali sul singolo allineamento pari a 1.0 m, lunghezza dei pali pari a 20 m. Riguardo agli ancoraggi, si prevede l'installazione di barre di ancoraggio (ancoraggi passivi, non pre-tensionati), con barre con resistenza limite a snervamento maggiore di 1000 kN, perforazione sub-orizzontale diametro 160 mm iniettati a pressione, lunghezza 23-25 m, interasse orizzontale 2.0 m. Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento.

I risultati delle analisi di stabilità globale della sezione del tratto in frana in oggetto, in condizioni statiche (SLU) e sismiche (SLV), sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica.

Tabella 11-2 Riassunto sezioni di calcolo e risultati stabilità globale

Progressiva	N. FRANA	ODF condizioni statiche	ODF condizioni sismiche
3+375	5	1.344	1.195

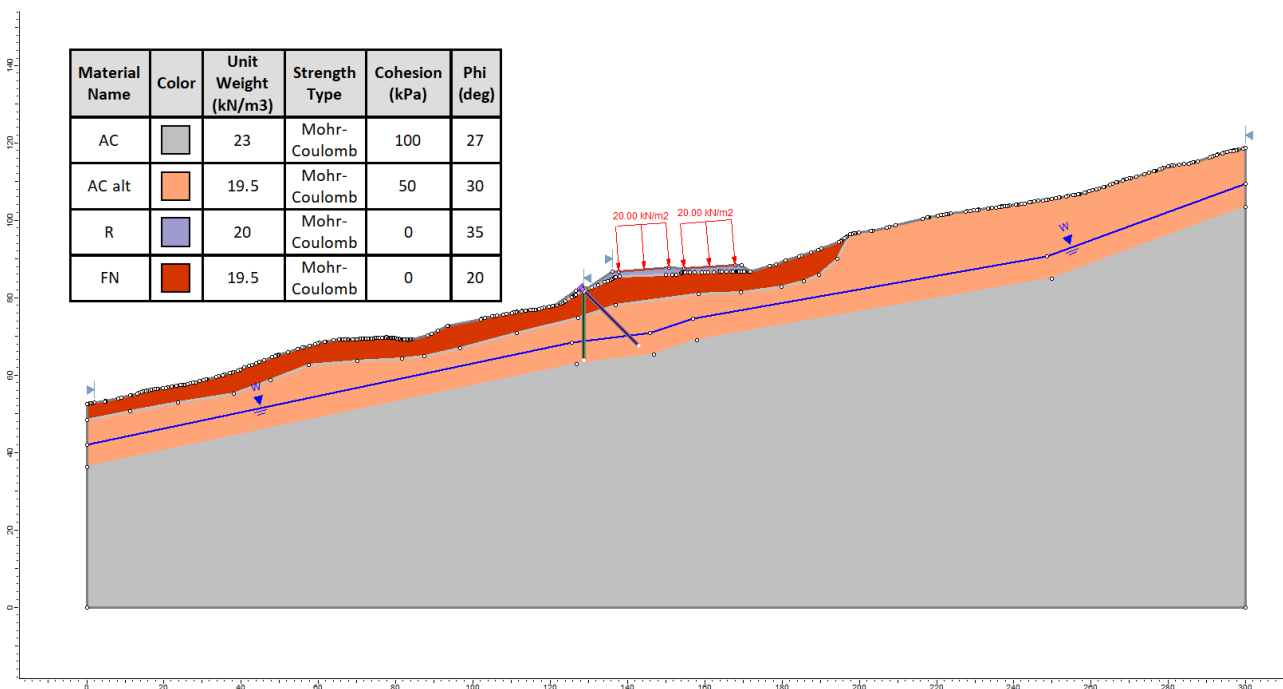


Figura 11-10 Sezione progressiva 3+375. Modello di calcolo

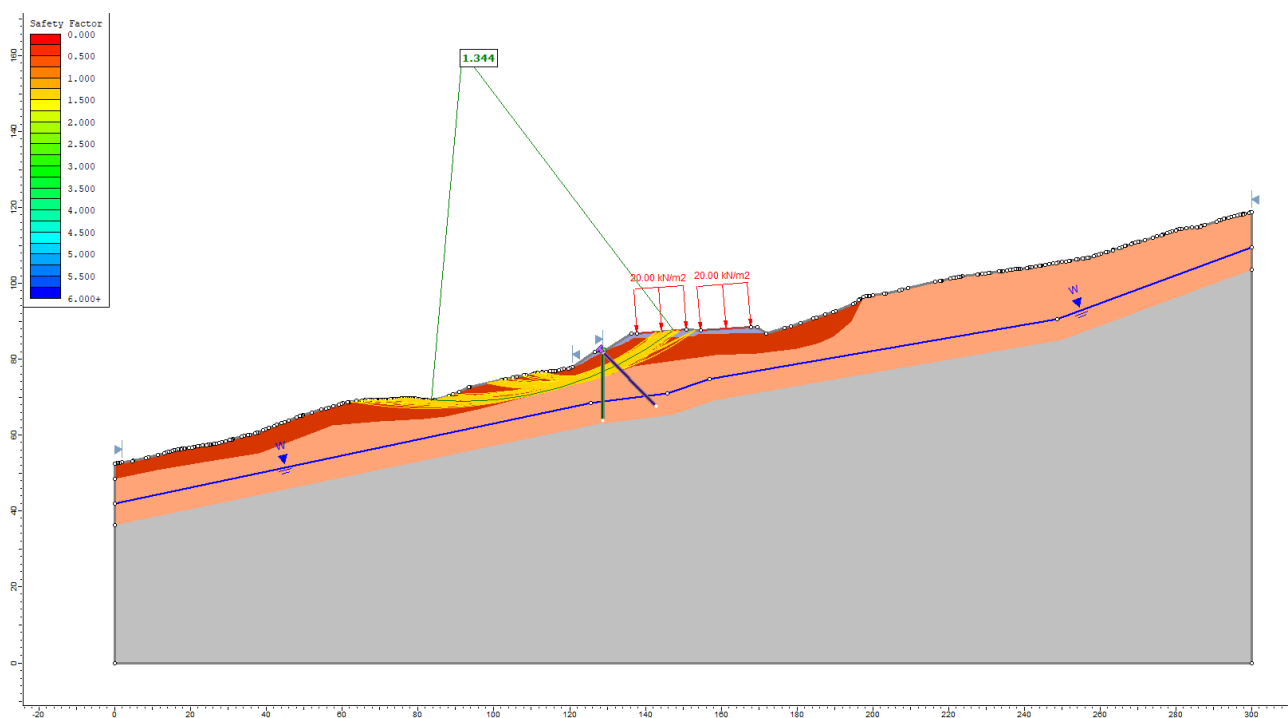


Figura 11-11 Sezione progressiva 3+375. Condizioni statiche

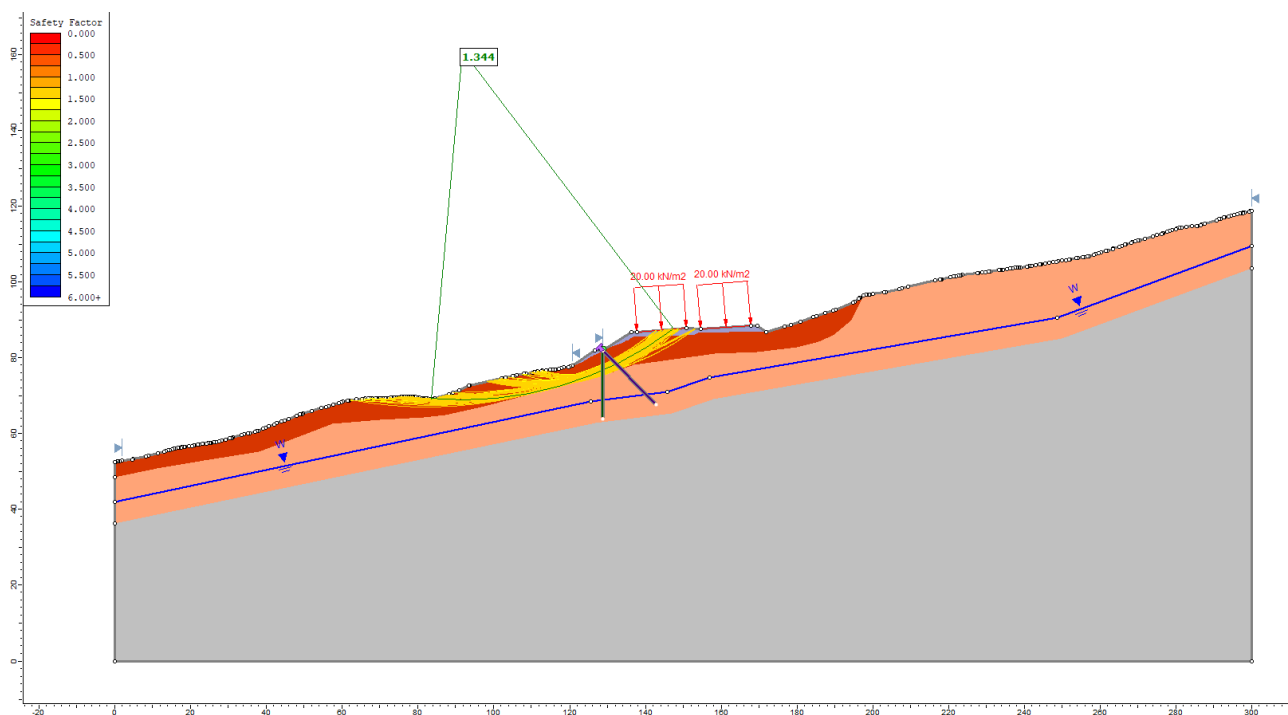


Figura 11-12 Sezione progressiva 3+375. Condizioni sismiche

PROGETTAZIONE ATI:

11.2.3. VERIFICHE LOCALI

In considerazione delle caratteristiche geomorfologiche della frana e delle caratteristiche geometriche dell'opera di consolidamento, per le verifiche locali della paratia e dei tiranti di ancoraggio si rimanda a quanto illustrato per la Frana 4 (10.2.3 Verifiche locali).

PROGETTAZIONE ATI:

12. FRANA 6 (SEZ. 3+862)

12.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il fenomeno, molto esteso, viene censito dal PAI come scivolamento e colata lenta - inattivo potenzialmente instabile (quiescente) con pericolosità P3a. Interessa il tracciato tra le pk. 3+725 e 3+900 circa. Il dissesto è stato investigato con i sondaggi BS08-BS08bis-BS08ter e la base sismica B_Sism06 (Figura 12-5, Figura 12-6, Figura 12-7).

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana.

Tabella 12-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 6

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
408	316	92	380	355	198	-	6 su riporti - 6 su frana

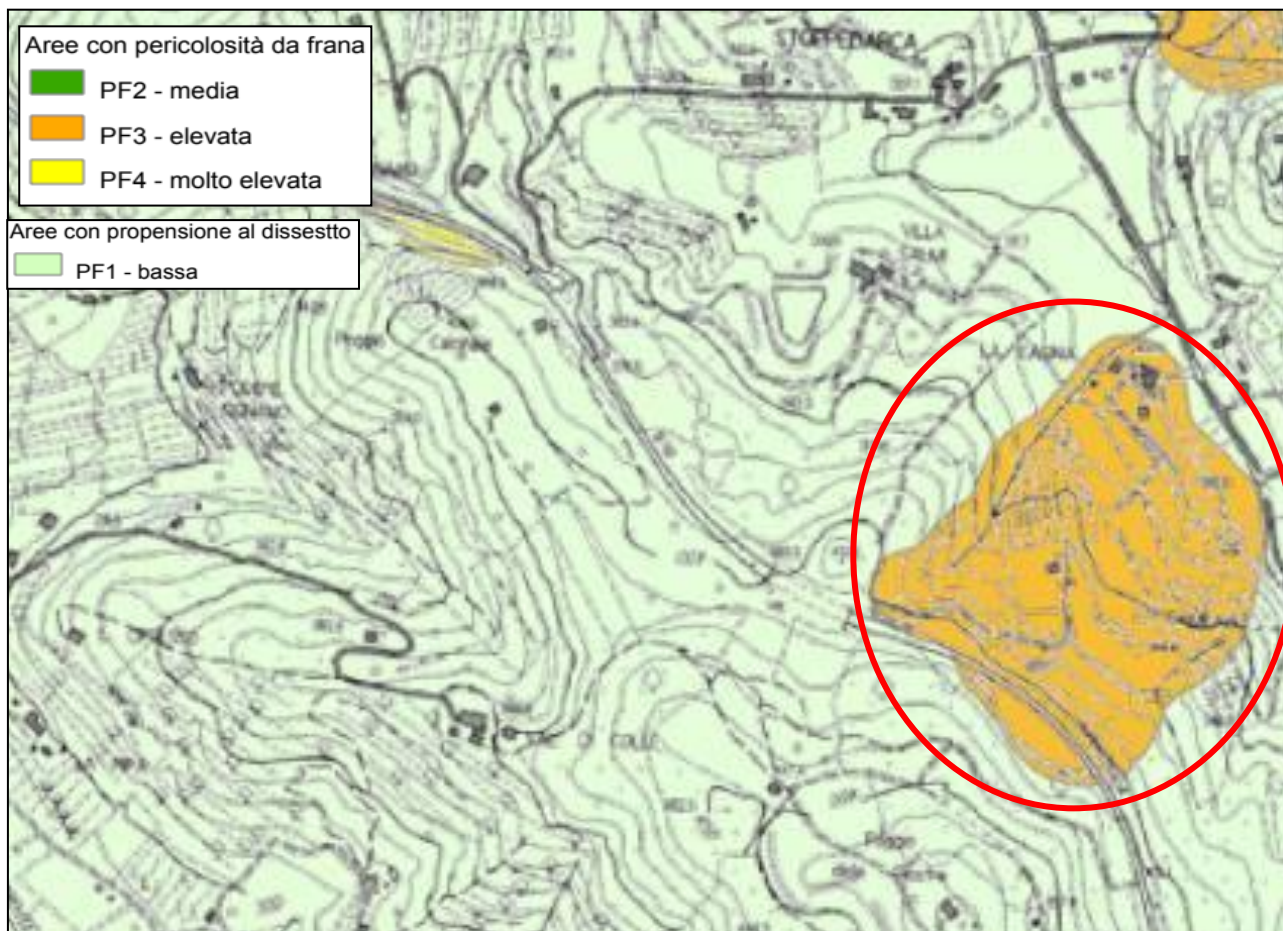


Figura 12-1 Stralcio Carta della Pericolosità del PAI



Figura 12-2 Nella foto di sinistra il settore di nicchia del dissesto. Nella foto di destra è stata riportata l'estensione della frana sull'intero pendio, ripreso dal versante opposto.

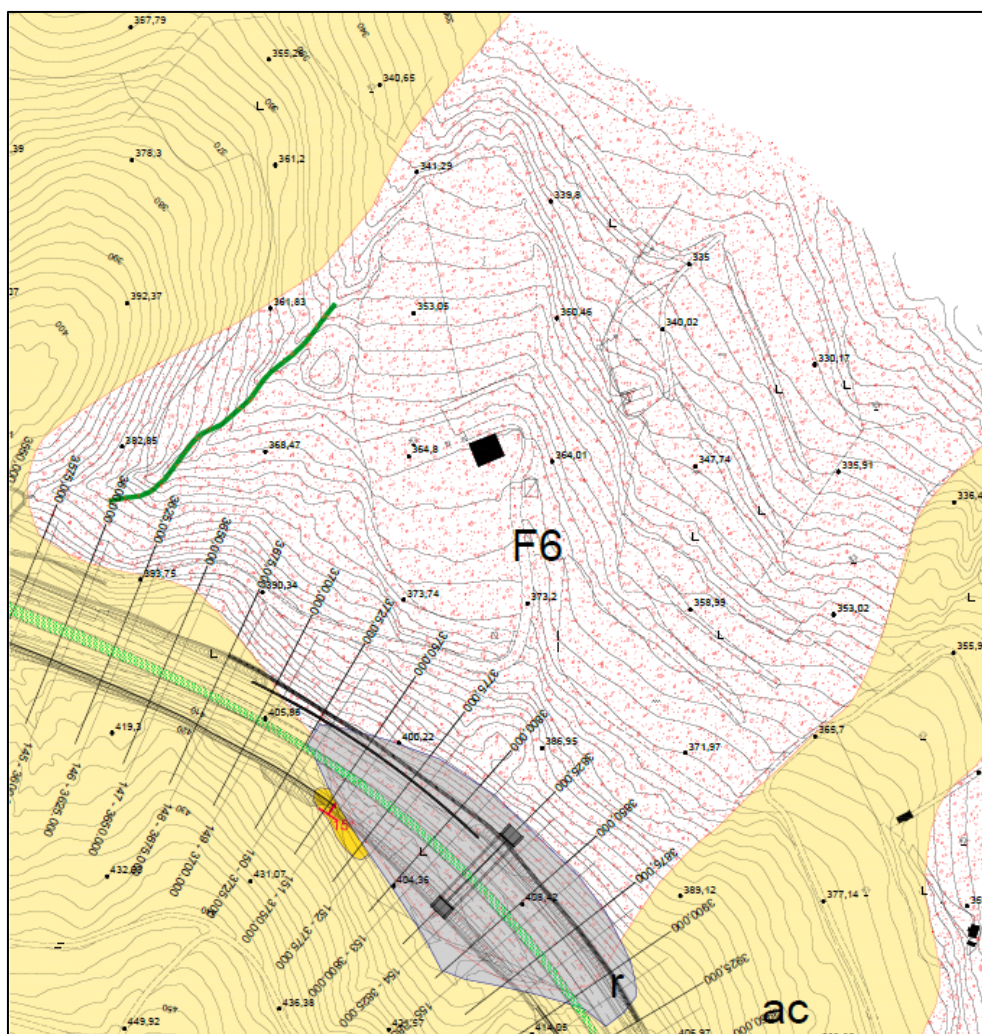


Figura 12-3 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 6

PROGETTAZIONE ATI:

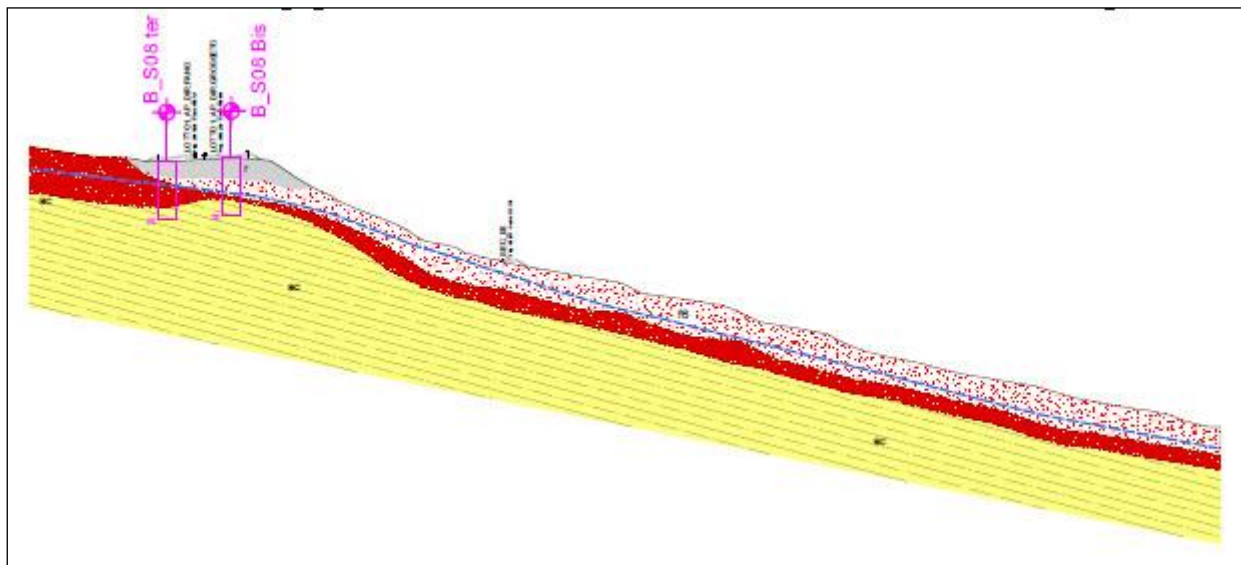


Figura 12-4 Sezione geologico-stratigrafica perpendicolare al tracciato

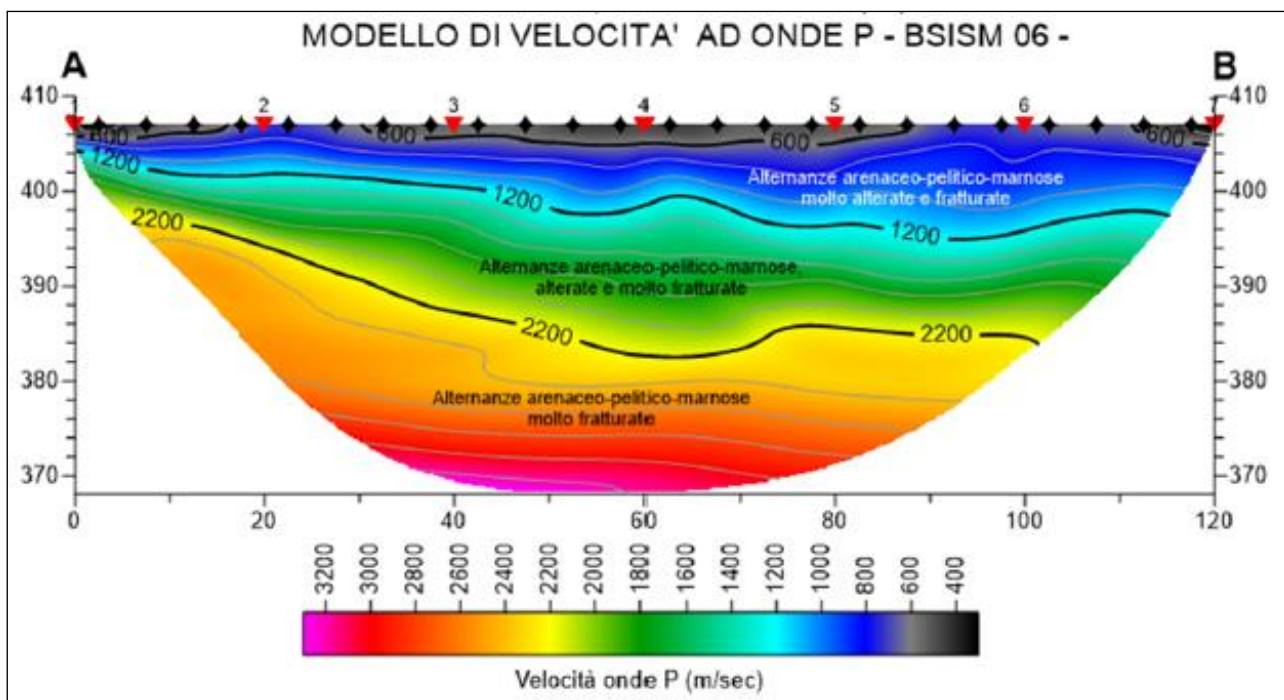


Figura 12-5 Sezione sismica BSISM 05 eseguita in corrispondenza della Frana 6

PROGETTAZIONE ATI:

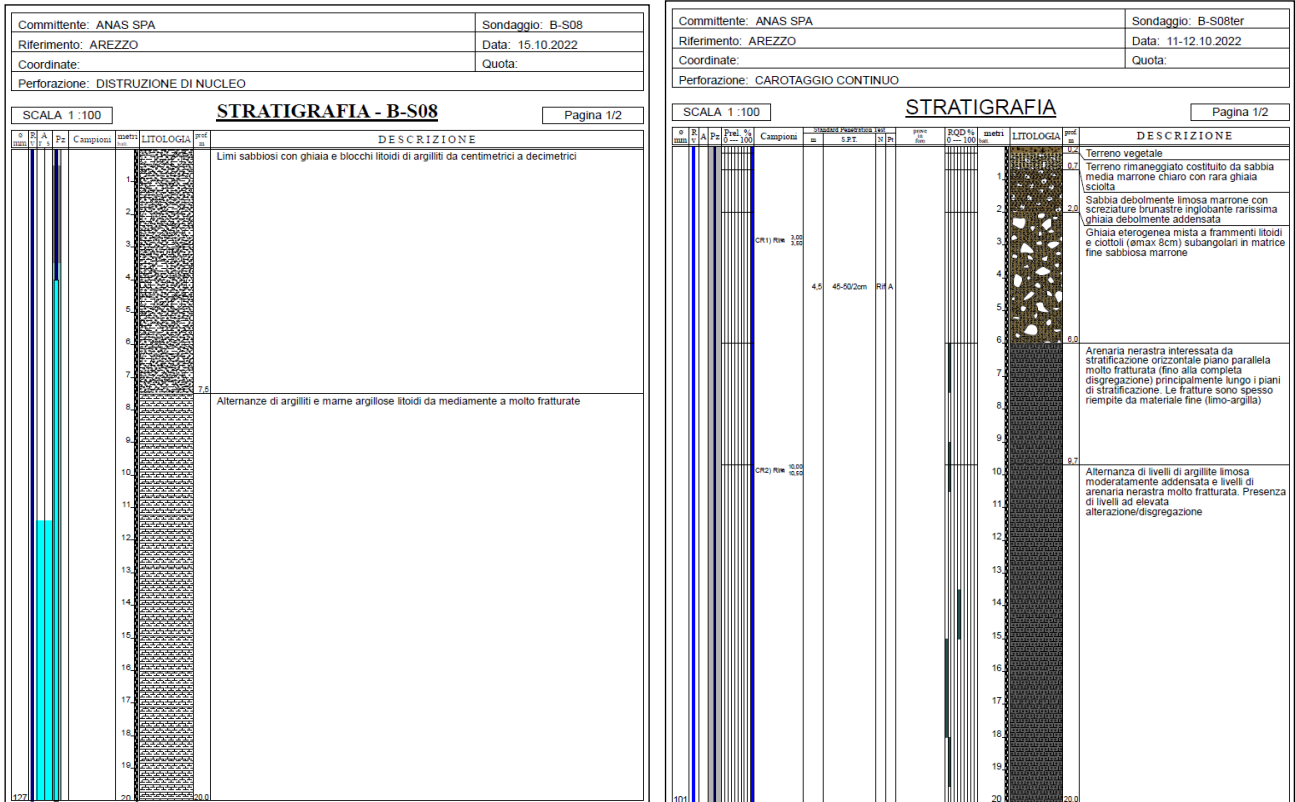


Figura 12-6 Stratigrafia del sondaggio B-S08 e B-S08ter in corrispondenza della Frana 6

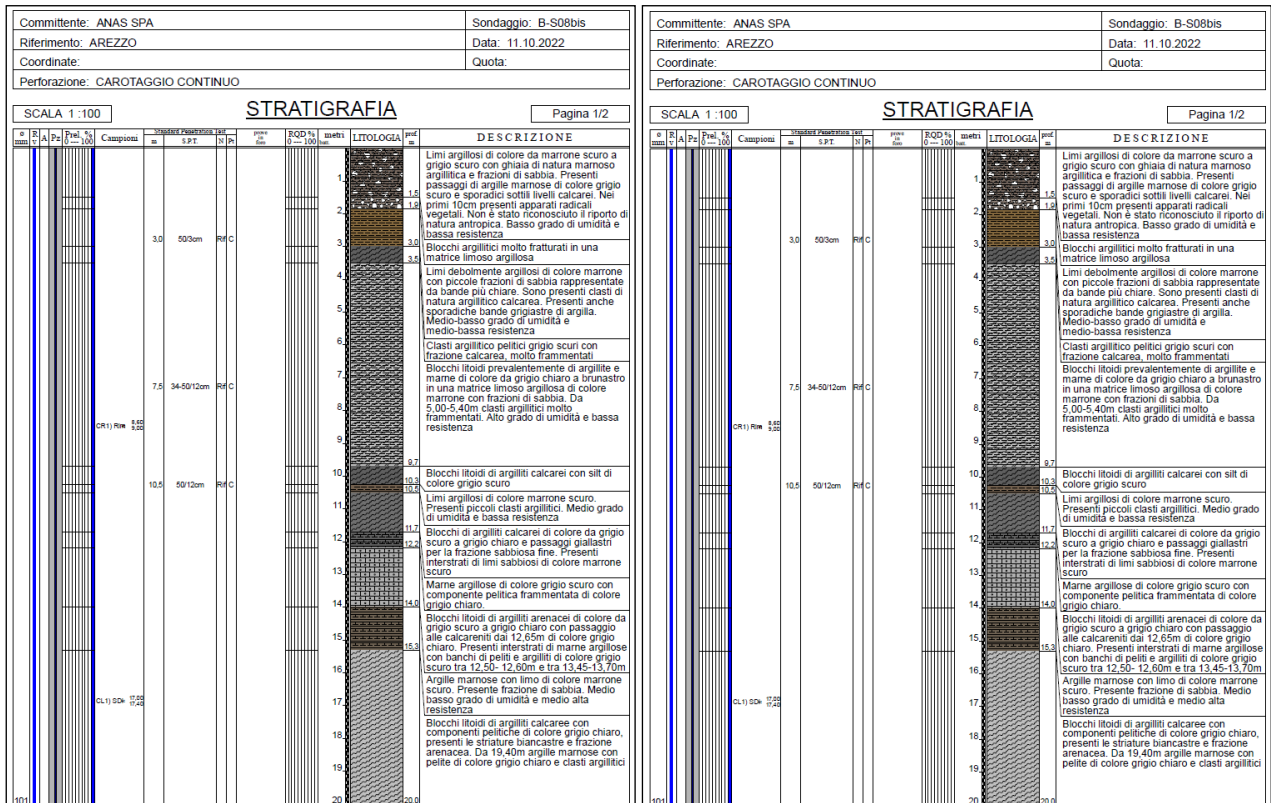


Figura 12-7 Stratigrafia del sondaggio B-S08bis in corrispondenza della Frana 6

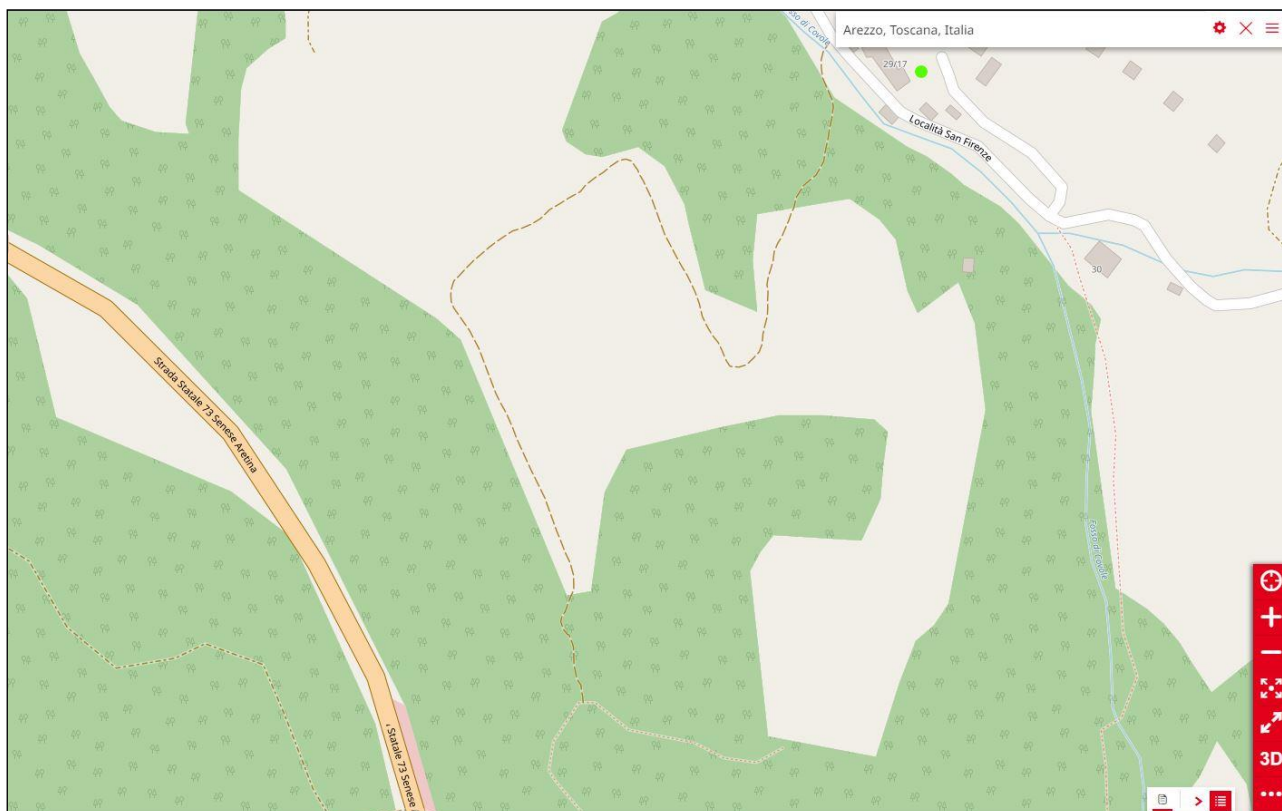


Figura 12-8 Schermata Web-GIS Lamma; non sono presenti punti di misura (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

12.1. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

12.1.1. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE (OS. 58)

La frana 6 interessa direttamente le carreggiate del progetto in oggetto ed è necessario intervenire con l'obiettivo di proteggere l'infrastruttura che si andrà a realizzare. Si sottolinea che l'obiettivo non è quello della stabilizzazione dell'intero versante ma la messa in sicurezza della piattaforma stradale. Gli interventi previsti sono illustrati negli elaborati che riguardano l'opera minore OS.58: P01OS58STRPP01, P01OS58STRPP02, P01OS58STRPP03, P01OS58STRPS01, P01OS58STRSZ01, P01OS58STRSZ02, P01OS58STRDC01.

L'immagine riportata di seguito illustra la sezione di progetto in corrispondenza della frana.

PROGETTAZIONE ATI:

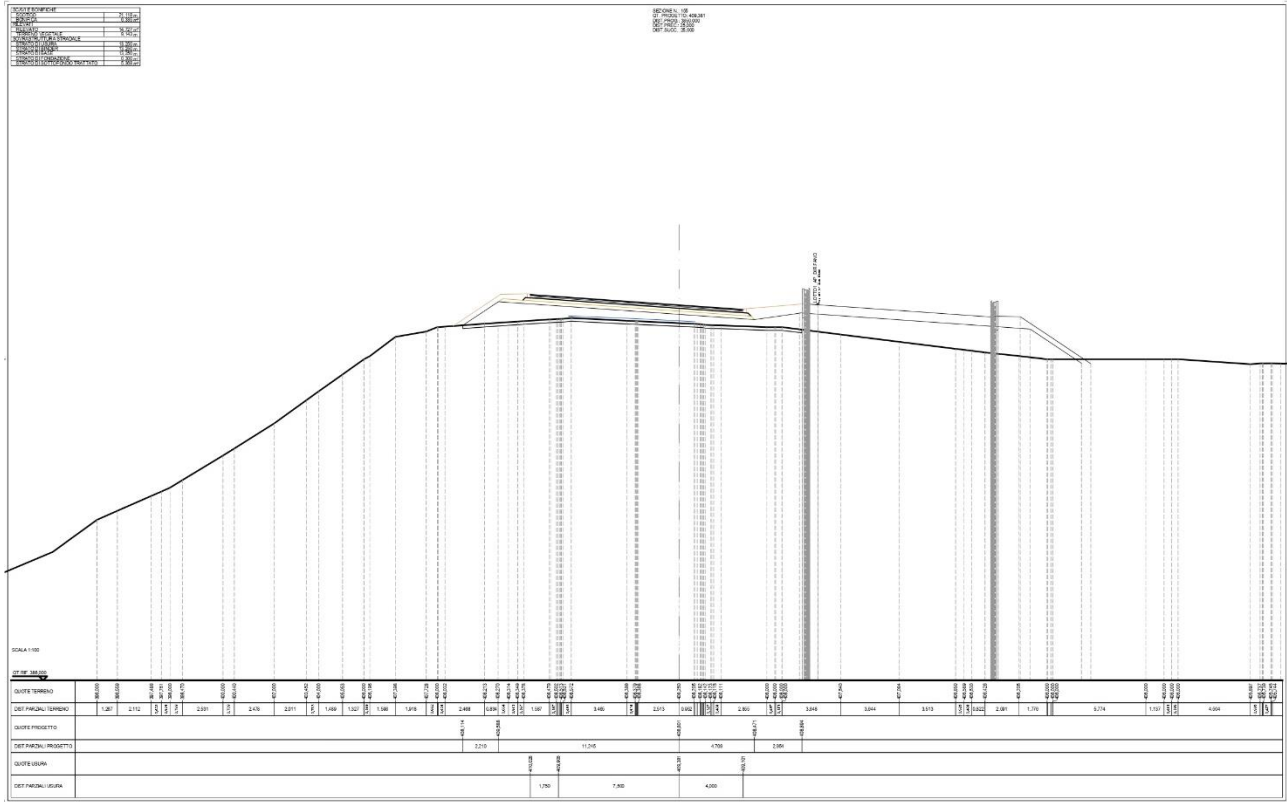


Figura 12-9 Sezione progressiva 3+862 – FRANA 6

PROGETTAZIONE ATI:

CONDIZIONI ANTE OPERAM

Per la determinazione dei parametri cui corrisponde un valore del coefficiente di sicurezza prossimo all'unità (collasso incipiente) del volume di terreno interessato dalla presenza conclamata del fenomeno franoso, a supporto delle considerazioni riguardo alla caratterizzazione geotecnica, preliminarmente alla modellazione delle condizioni di progetto, è stata studiata la condizione ante operam e conseguentemente condotta una back analysis. I valori caratteristici di c' e ϕ impiegati nella modellazione delle condizioni di progetto tengono conto dei risultati di tale studio preliminare.

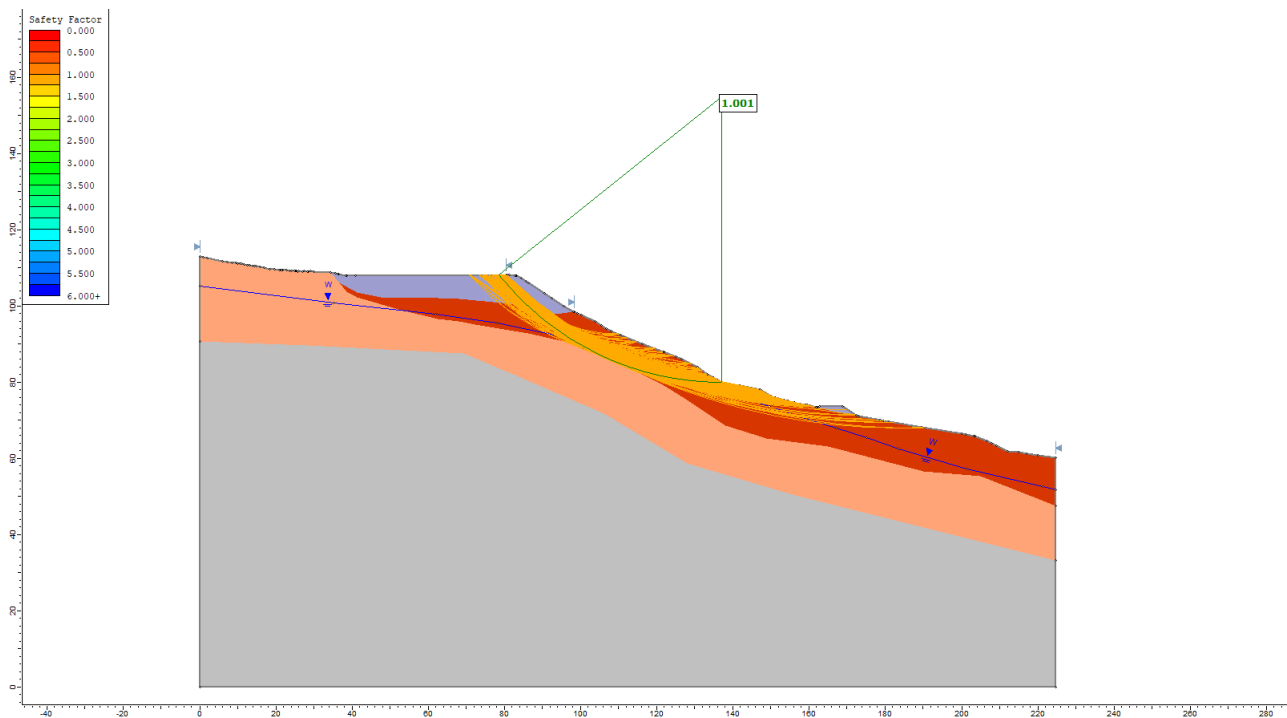


Figura 12-10 Sezione progressiva 3+862. Analisi ante operam. Condizioni statiche

PROGETTAZIONE ATI:

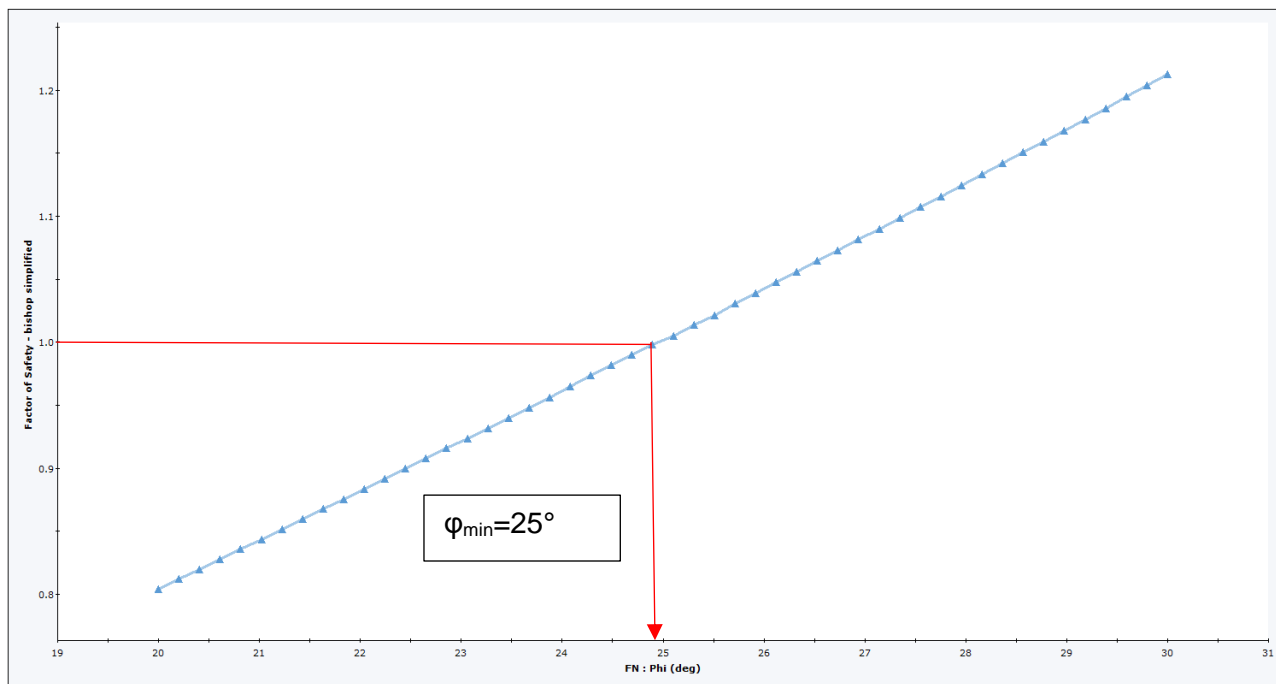


Figura 12-11 Sezione progressiva 3+862. Analisi di sensitività

12.1.2. VERIFICHE DI STABILITÀ

CONDIZIONI POST OPERAM

In base alle informazioni disponibili riguardo agli aspetti geologici delle aree in frana e alla luce delle informazioni desunte dalla campagna di indagini geologiche e geotecniche, per garantire un adeguato margine di sicurezza dei tratti di strada che interferiscono la frana in oggetto, alla luce dei risultati delle analisi precedentemente illustrate, si propone di prevedere la stabilizzazione del terreno mediante paratie di pali e tiranti passivi. Con riferimento alle sezioni di calcolo esaminate (che si ritengono le più significative) si prevede di realizzare paratie di pali trivellati di diametro 600 mm disposti su due allineamenti distanti 0.6 m e interasse tra i pali sul singolo allineamento pari a 1.0 m, lunghezza dei pali pari a 22 m. Riguardo agli ancoraggi, si prevede l'installazione di barre di ancoraggio (ancoraggi passivi, non pre-tensionati), con barre con resistenza limite a snervamento maggiore di 1000 kN, perforazione sub-orizzontale diametro 160 mm iniettati a pressione, lunghezza 23-25 m, interasse orizzontale 2.0 m. Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento.

I risultati delle analisi di stabilità globale della sezione del tratto in frana in oggetto, in condizioni stati (SLU) e sismiche (SLV), sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica.

Tabella 12-2 Riassunto sezioni di calcolo e risultati stabilità globale

Progressiva	N. FRANA	ODF condizioni statiche	ODF condizioni sismiche
3+862	6	1.043	1.024

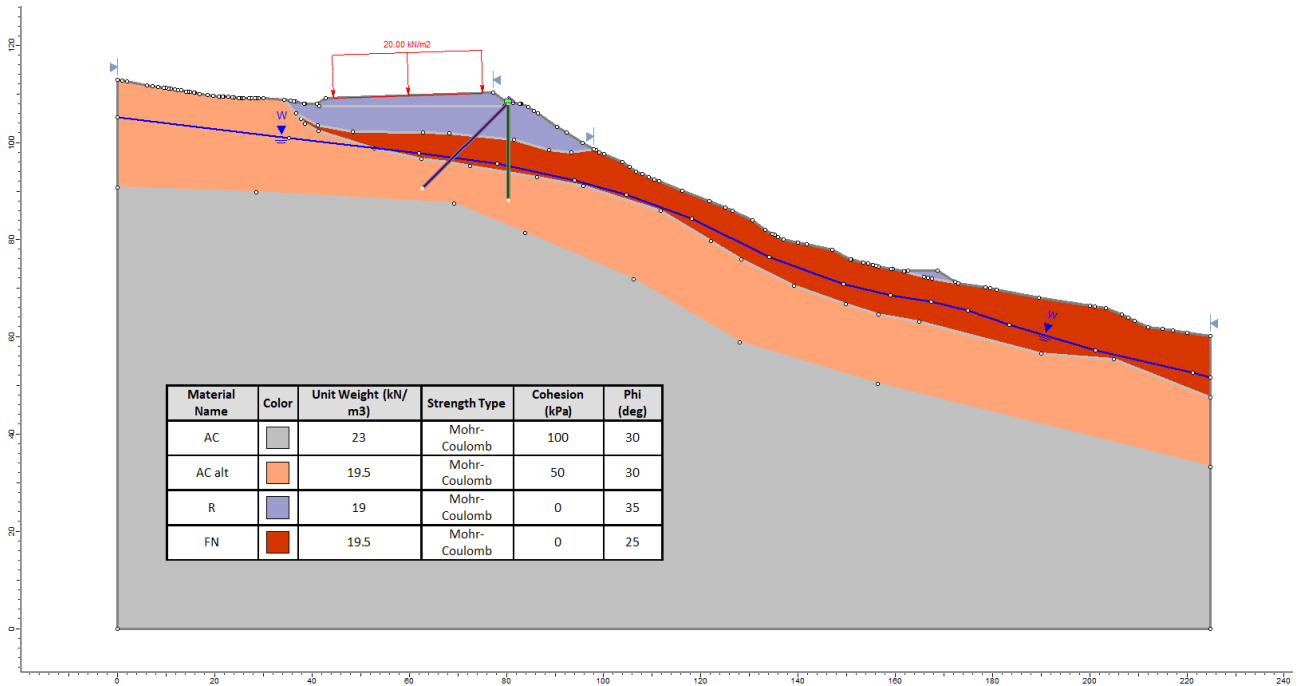


Figura 12-12 Sezione progressiva 3+862. Modello di calcolo

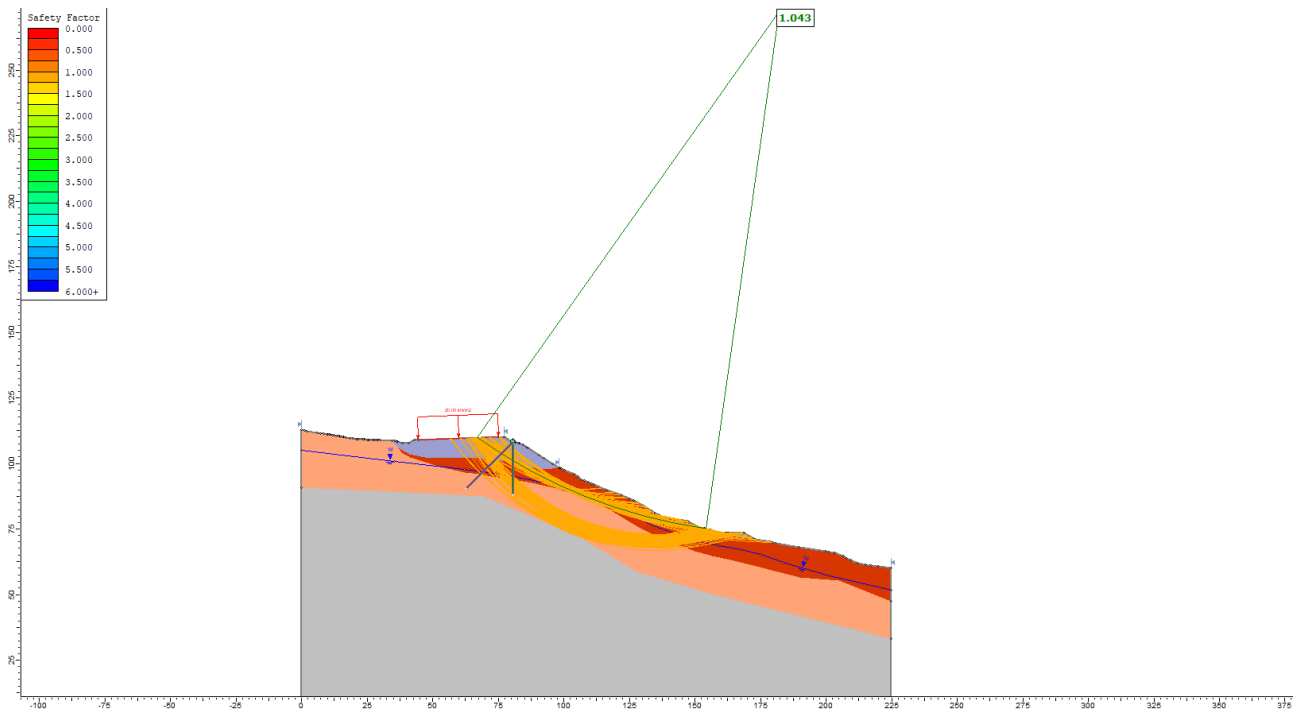


Figura 12-13 Sezione progressiva 3+862. Condizioni statiche

PROGETTAZIONE ATI:

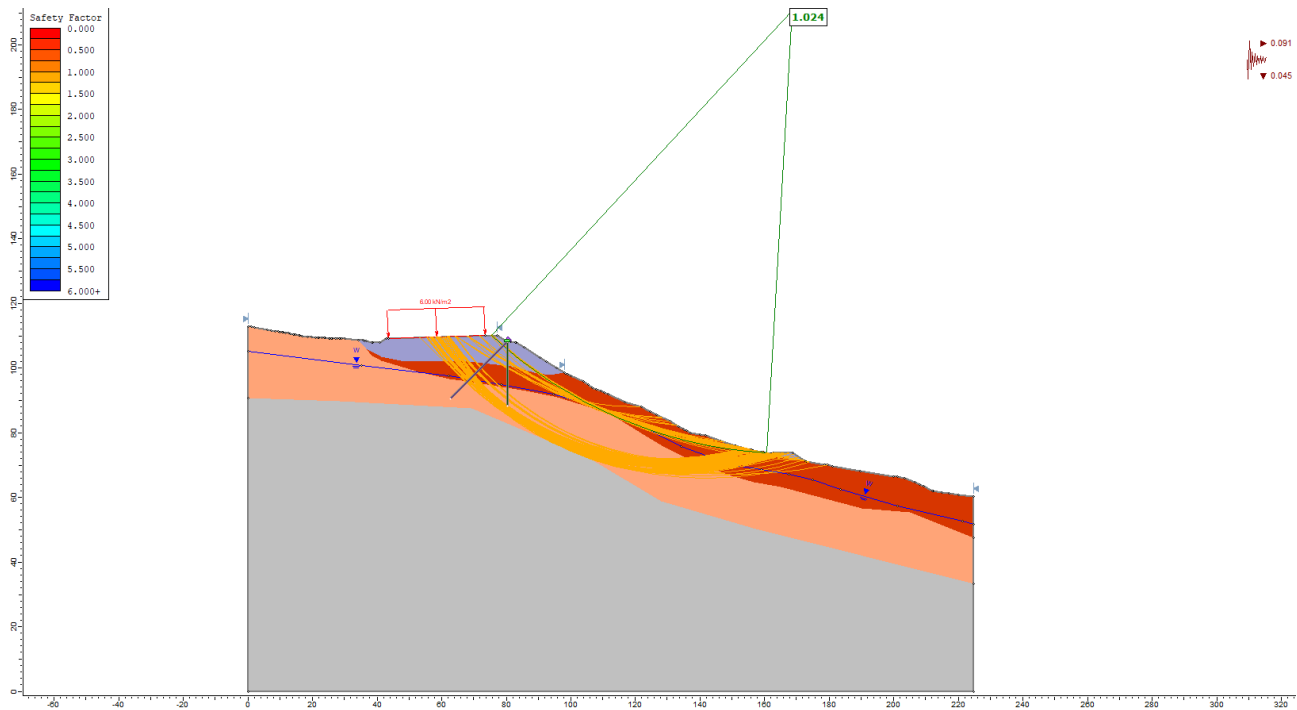


Figura 12-14 Sezione progressiva 3+862. Condizioni sismiche

12.1.3. VERIFICHE LOCALI

In considerazione delle caratteristiche geomorfologiche della frana e delle caratteristiche geometriche dell'opera di consolidamento, per le verifiche locali della paratia e dei tiranti di ancoraggio si rimanda a quanto illustrato per la Frana 4 (10.2.3 Verifiche locali).

PROGETTAZIONE ATI:

13. FRANA 7 (SEZ. 4+120)

13.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Si tratta di un fenomeno quiescente con cinematica indeterminata che intercetta il tracciato di progetto tra le pk. 4+100 e 4+150 circa. Il dissesto è stato investigato con il sondaggio B_S09bis e B_PZ06. Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana. Nella Figura 13-1 nella foto a sinistra la nicchia di frana, mentre quella a destra, una panoramica del dissesto.

Tabella 13-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 7

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
415	329	86	428	110	57	-	7

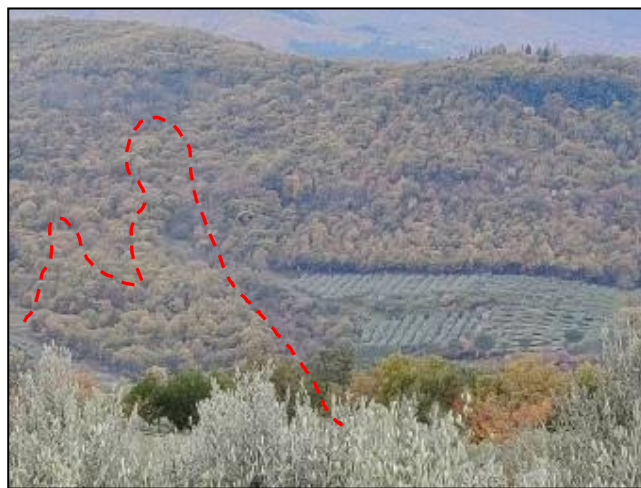


Figura 13-1 Nella foto di sinistra il settore di nicchia della frana. Nella foto di destra è stata riportata l'estensione del dissesto sull'intero pendio, ripreso dal versante opposto.

PROGETTAZIONE ATI:

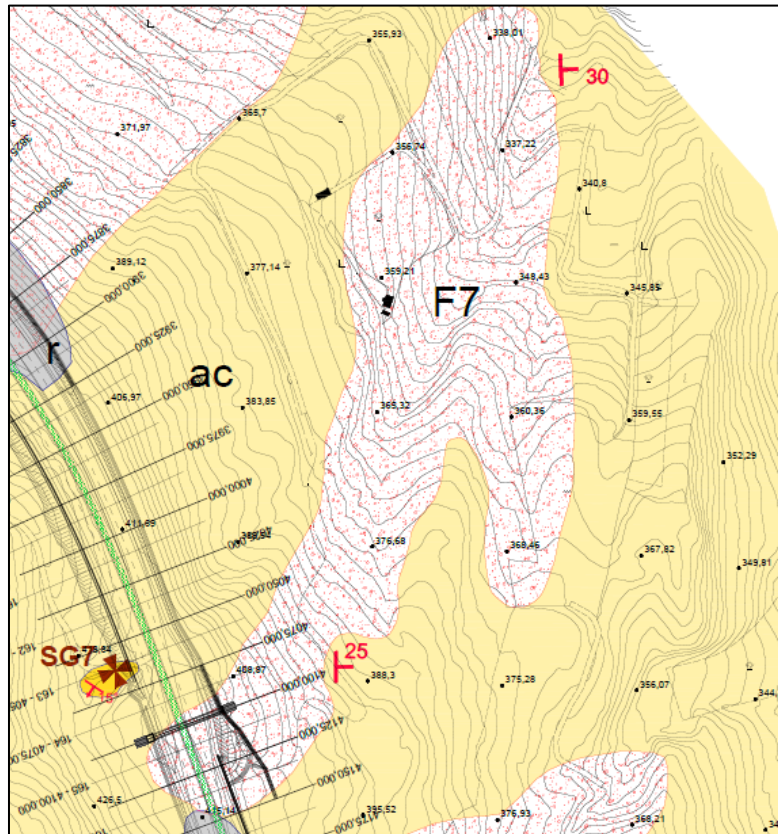


Figura 13-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 7

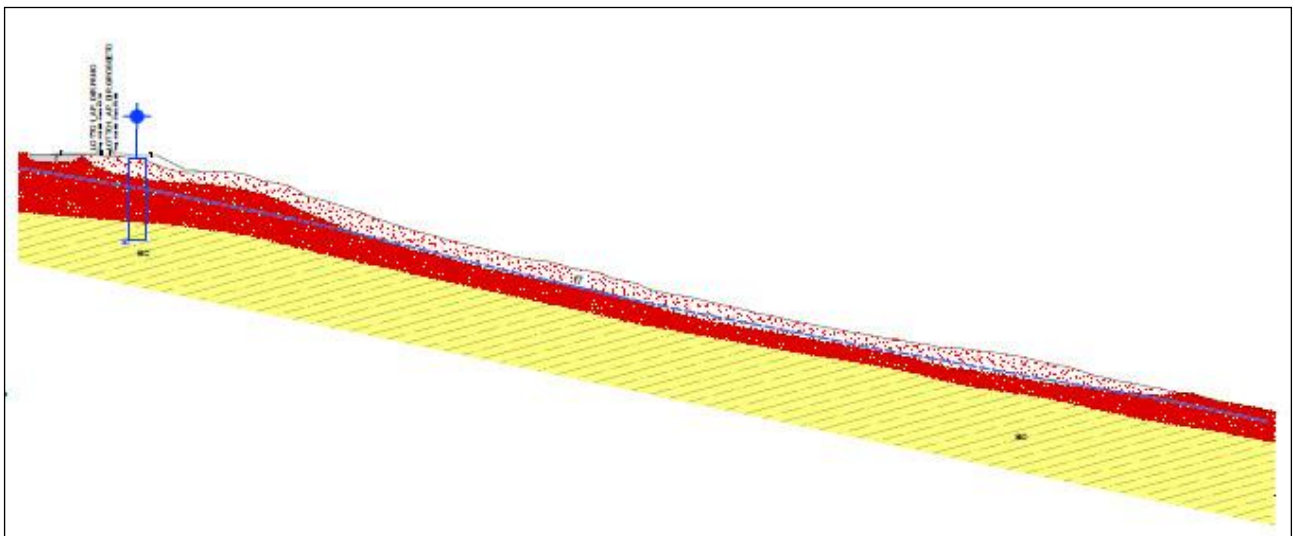


Figura 13-3 Sezione geologico- stratigrafica perpendicolare al tracciato.

PROGETTAZIONE ATI:

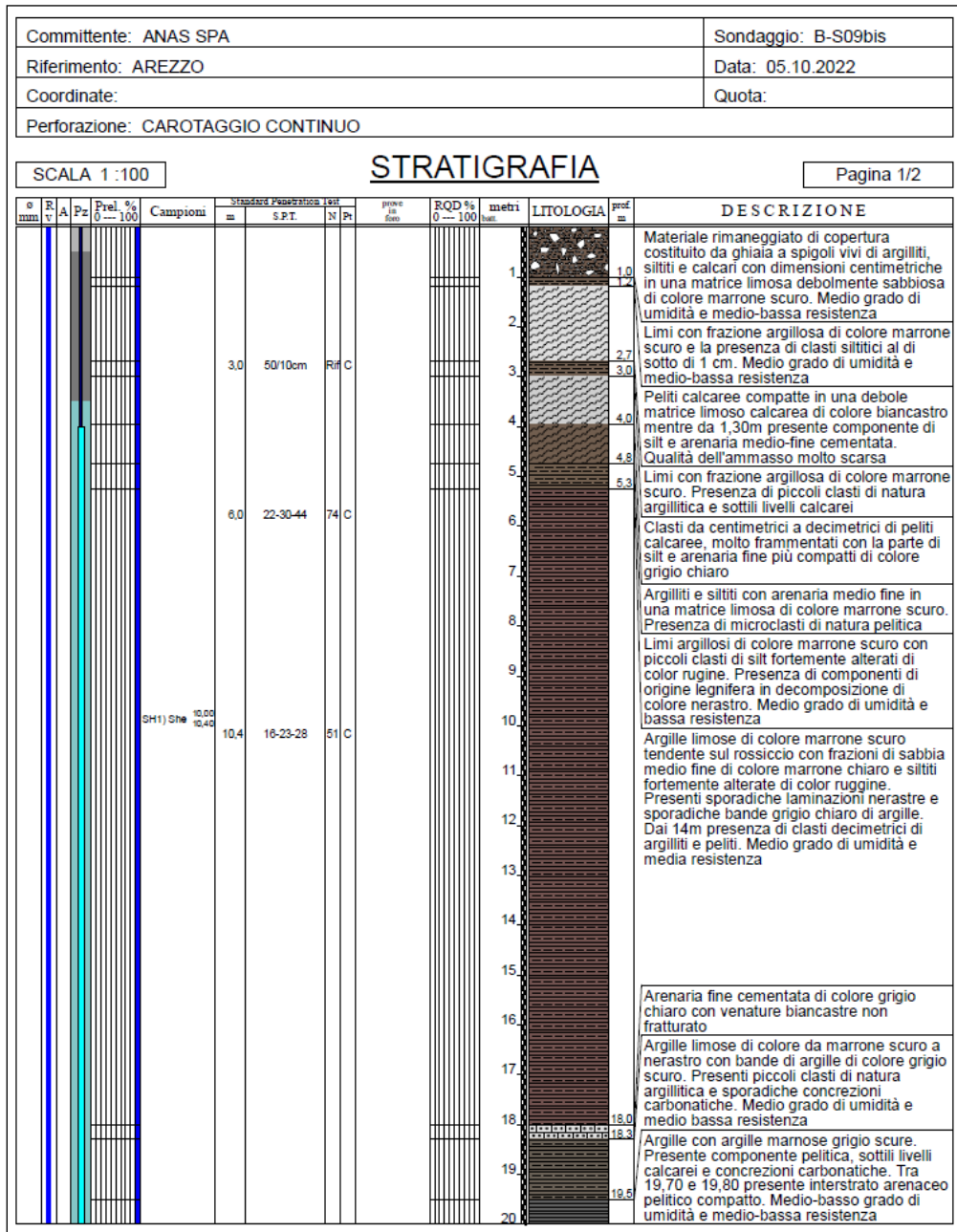


Figura 13-4 Stratigrafia del sondaggio B-S09bis eseguito in corrispondenza della Frana 7

PROGETTAZIONE ATI:

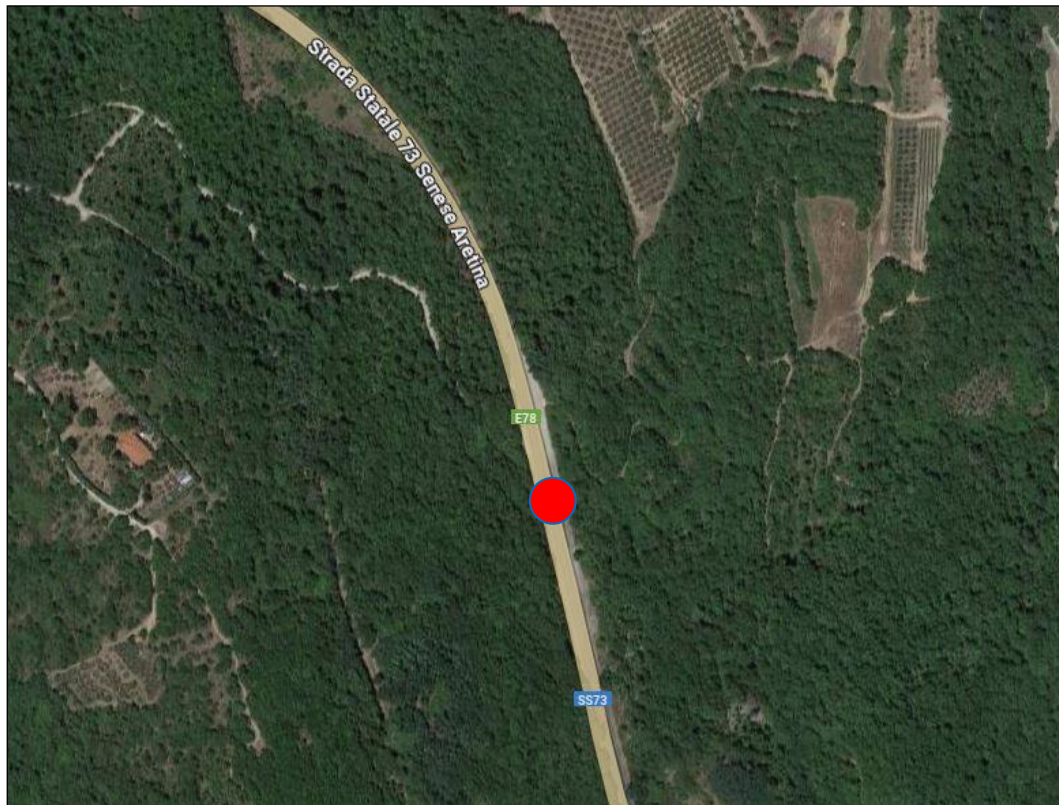


Figura 13-5 Ripresa satellitare con ubicazione punto MPHU48T (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

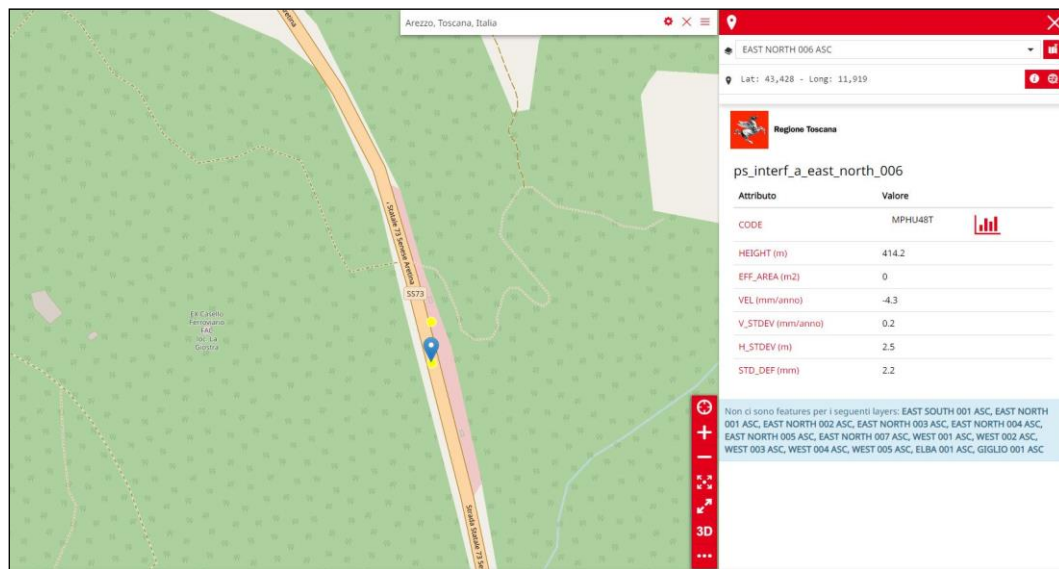


Figura 13-6 Schermata punto MPHU48T(“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

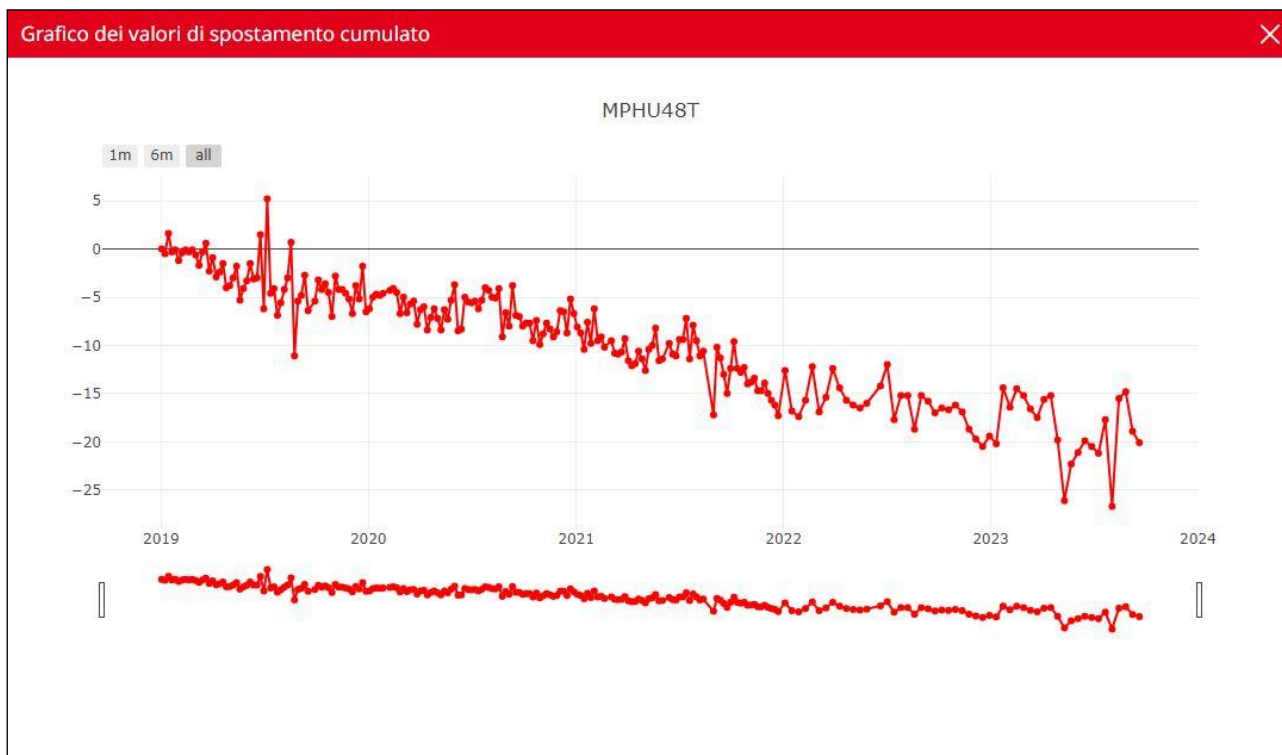


Figura 13-7 Grafico spostamento cumulativo punto MPHU48T (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

Il punto mostra velocità di spostamento pari $-4,3$ mm/anno mostrando una costante tendenza all’abbassamento.

13.1. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

13.1.1. INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE (OS. 59)

La frana 7 perciò interessa direttamente le carreggiate del progetto in oggetto ed è necessario intervenire con l’obiettivo di proteggere l’infrastruttura che si andrà a realizzare. Si sottolinea che l’obiettivo non è quello della stabilizzazione dell’interno versante ma la messa in sicurezza della piattaforma stradale.

Gli interventi previsti sono illustrati negli elaborati che riguardano l’opera minore OS.59: P01OS59STRPP01, P01OS59STRPS01, P01OS59STRSZ01, P01OS59STRDC01.

L’immagine riportata di seguito illustra la sezione di progetto in corrispondenza della frana.

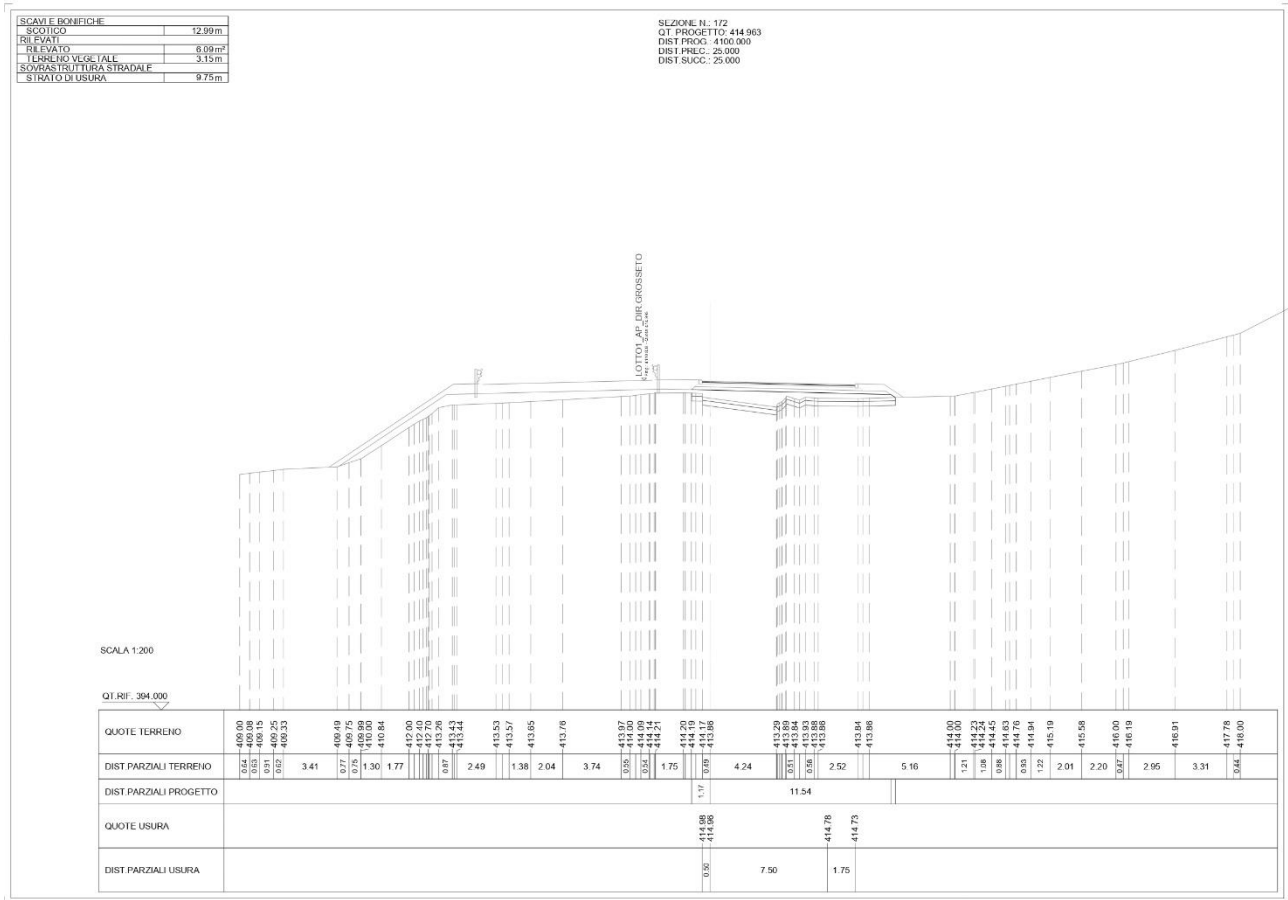


Figura 13-8 Sezione progressiva 4+120 – FRANA 7

CONDIZIONI ANTE OPERAM

Per la determinazione dei parametri cui corrisponde un valore del coefficiente di sicurezza prossimo all'unità (collasso incipiente) del volume di terreno interessato dalla presenza conclamata del fenomeno franoso, a supporto delle considerazioni riguardo alla caratterizzazione geotecnica, preliminarmente alla modellazione delle condizioni di progetto, è stata studiata la condizione ante operam e conseguentemente condotta una back analysis. I valori caratteristici di c' e φ impiegati nella modellazione delle condizioni di progetto tengono conto dei risultati di tale studio preliminare.

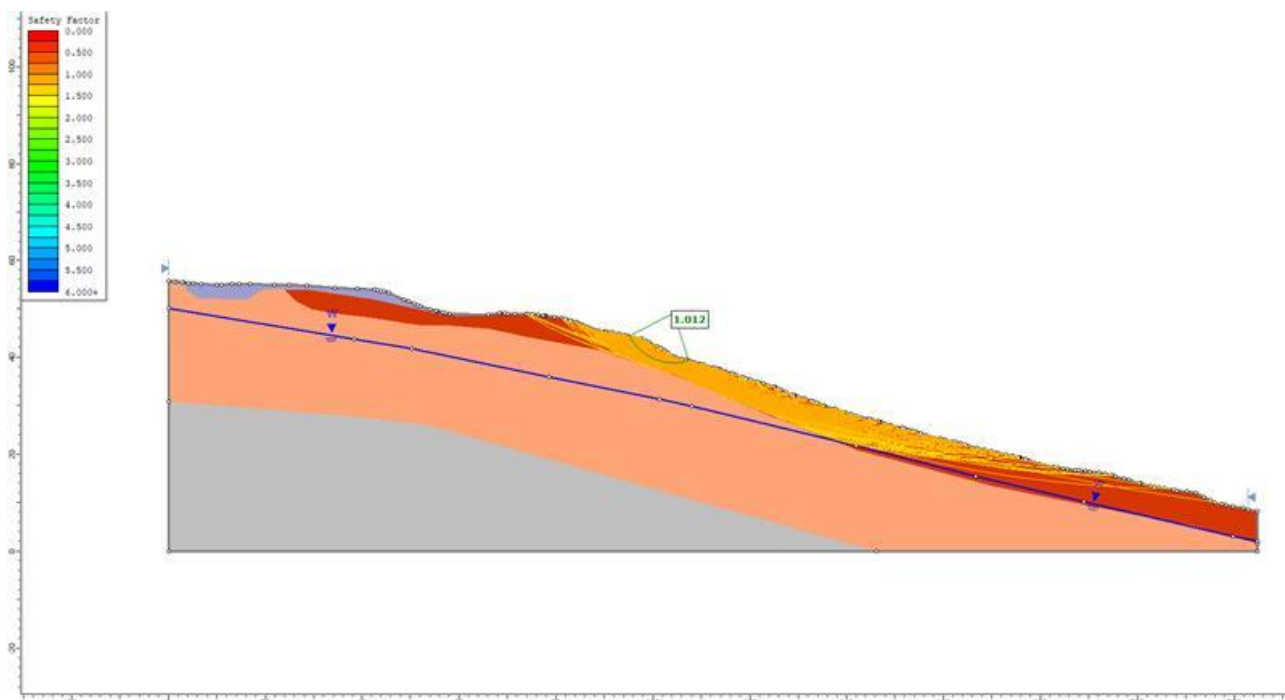


Figura 13-9 Sezione progressiva 4+120. Analisi ante operam. Condizioni statiche

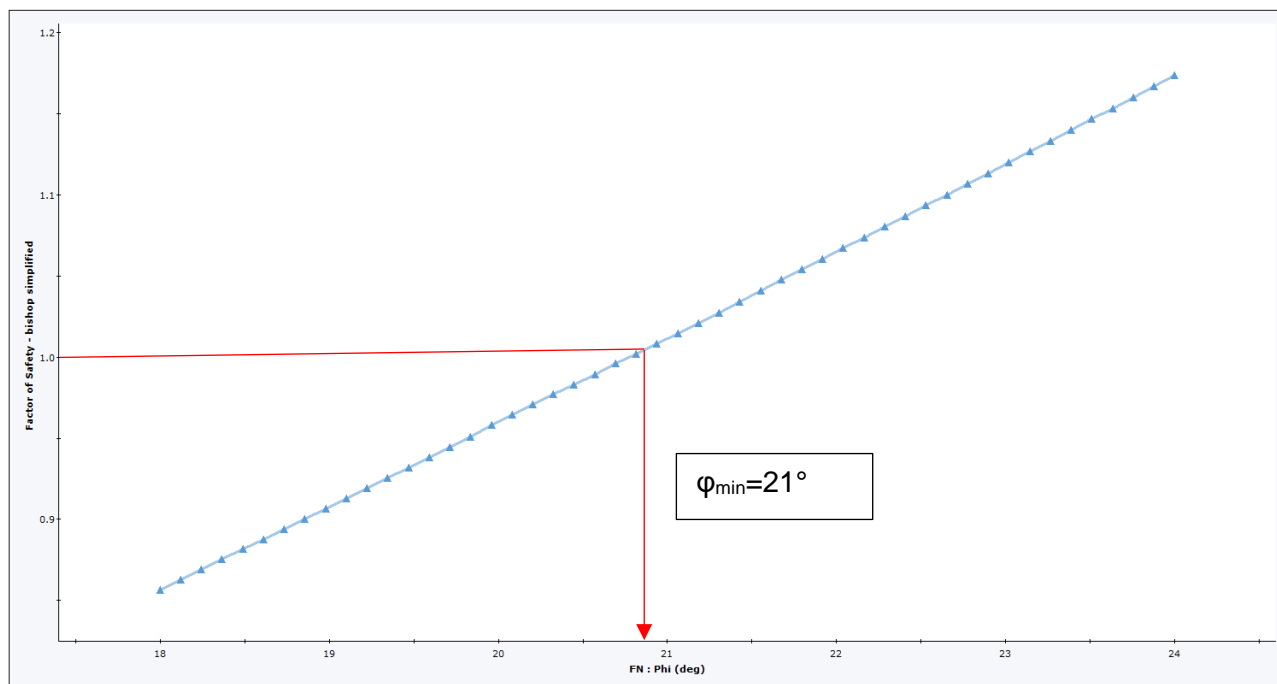


Figura 13-10 Sezione progressiva 4+120. Analisi di sensitività

13.1.2. VERIFICHE DI STABILITÀ

CONDIZIONI POST OPERAM

In base alle informazioni disponibili riguardo agli aspetti geologici delle aree in frana e alla luce delle informazioni desunte dalla campagna di indagini geologiche e geotecniche, per garantire un adeguato margine di sicurezza dei tratti di strada che interferiscono la frana in oggetto, alla luce dei risultati

PROGETTAZIONE ATI:

delle analisi precedentemente illustrate, si propone di prevedere la stabilizzazione del terreno mediante paratie di pali e tiranti passivi. Con riferimento alle sezioni di calcolo esaminate (che si ritengono le più significative) si prevede di realizzare paratie di pali trivellati di diametro 600 mm disposti su due allineamenti distanti 0.6 m e interasse tra i pali sul singolo allineamento pari a 1.0 m, lunghezza dei pali pari a 22 m. Riguardo agli ancoraggi, si prevede l'installazione di barre di ancoraggio (ancoraggi passivi, non pre-tensionati), con barre con resistenza limite a snervamento maggiore di 1000 kN, perforazione sub-orizzontale diametro 160 mm iniettati a pressione, lunghezza 23-25 m, interasse orizzontale 2.0 m. Per i dettagli sull'intervento si rimanda all'elaborato grafico di riferimento.

I risultati delle analisi di stabilità globale della sezione del tratto in frana in oggetto, in condizioni stati (SLU) e sismiche (SLV), sono riportati di seguito in forma tabellare e grafica.

Tabella 13-2 Riassunto sezioni di calcolo e risultati stabilità globale

Progressiva	N. FRANA	ODF condizioni statiche	ODF condizioni sismiche
4+120	7	1.671	1.423

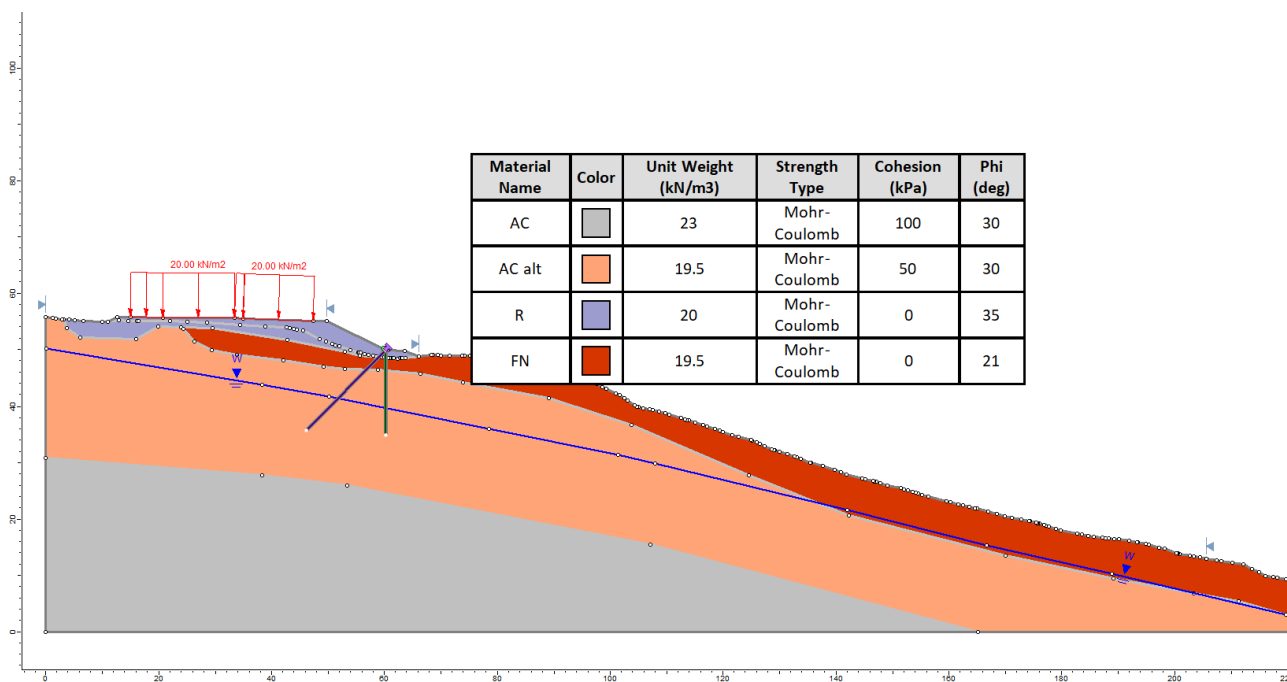


Figura 13-11 Sezione progressiva 4+120. Modello di calcolo

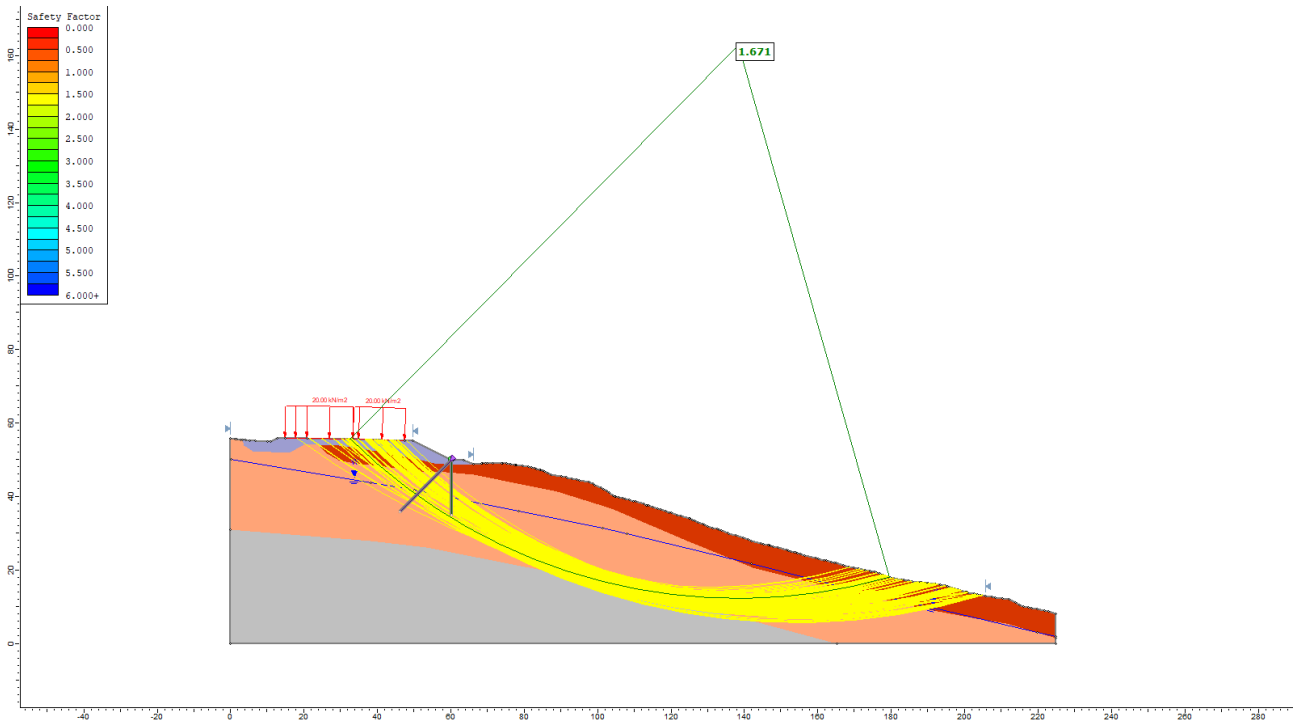


Figura 13-12 Sezione progressiva 4+120. Condizioni statiche

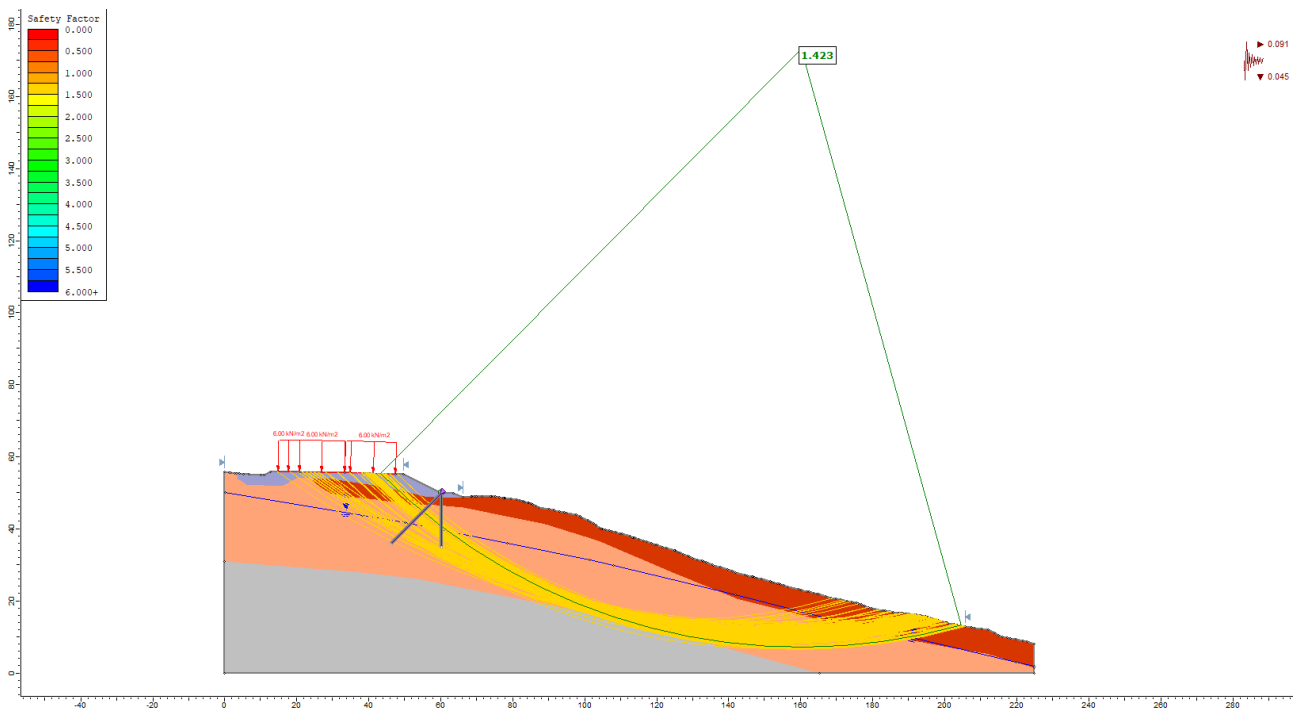


Figura 13-13 Sezione progressiva 4+120. Condizioni sismiche

PROGETTAZIONE ATI:

13.1.3. VERIFICHE LOCALI

In considerazione delle caratteristiche geomorfologiche della frana e delle caratteristiche geometriche dell'opera di consolidamento, per le verifiche locali della paratia e dei tiranti di ancoraggio si rimanda a quanto illustrato per la Frana 4 (10.2.3 Verifiche locali).

PROGETTAZIONE ATI:

14. FRANA 8

14.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO

Il fenomeno, con cinematica indeterminata, mostra segni di attività. La nicchia lambisce la base del rilevato stradale esistente.

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana. Nella Figura 14-1 nella prima foto la nicchia di frana, nella seconda, fenomeni di erosione concentrata nella zona di testata e nella terza, una panoramica del dissesto.



Figura 14-1 Foto 1: zona di nicchia; Foto 2: fenomeni di erosione concentrata sviluppatasi nel settore di testata. Foto 3: estensione del dissesto sull'intero pendio, ripreso dal versante opposto.

PROGETTAZIONE ATI:

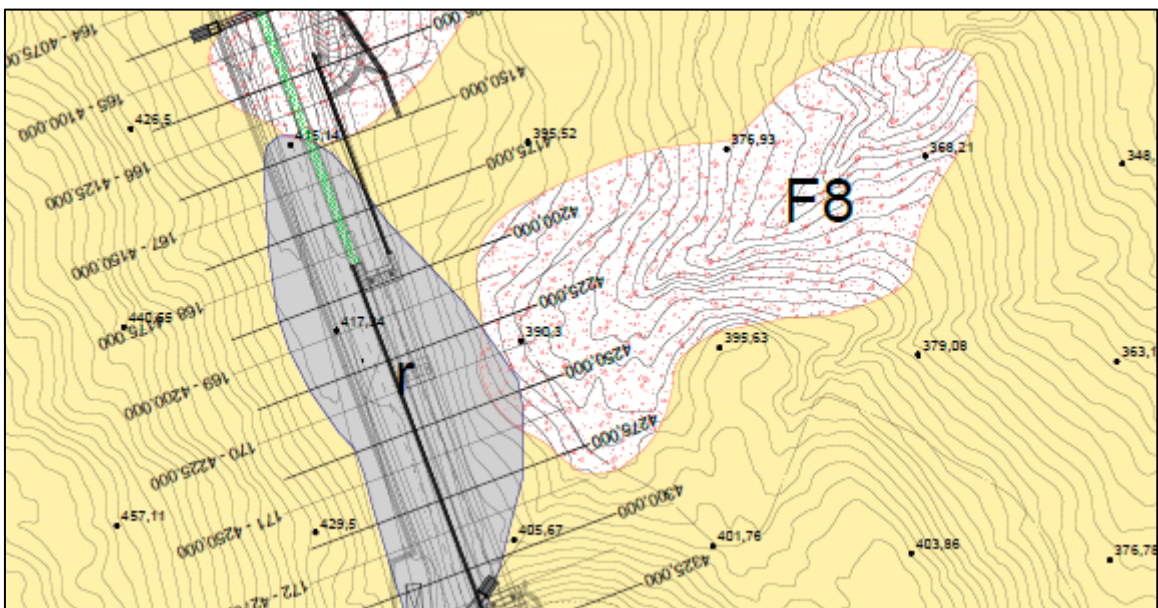


Figura 14-2 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 8

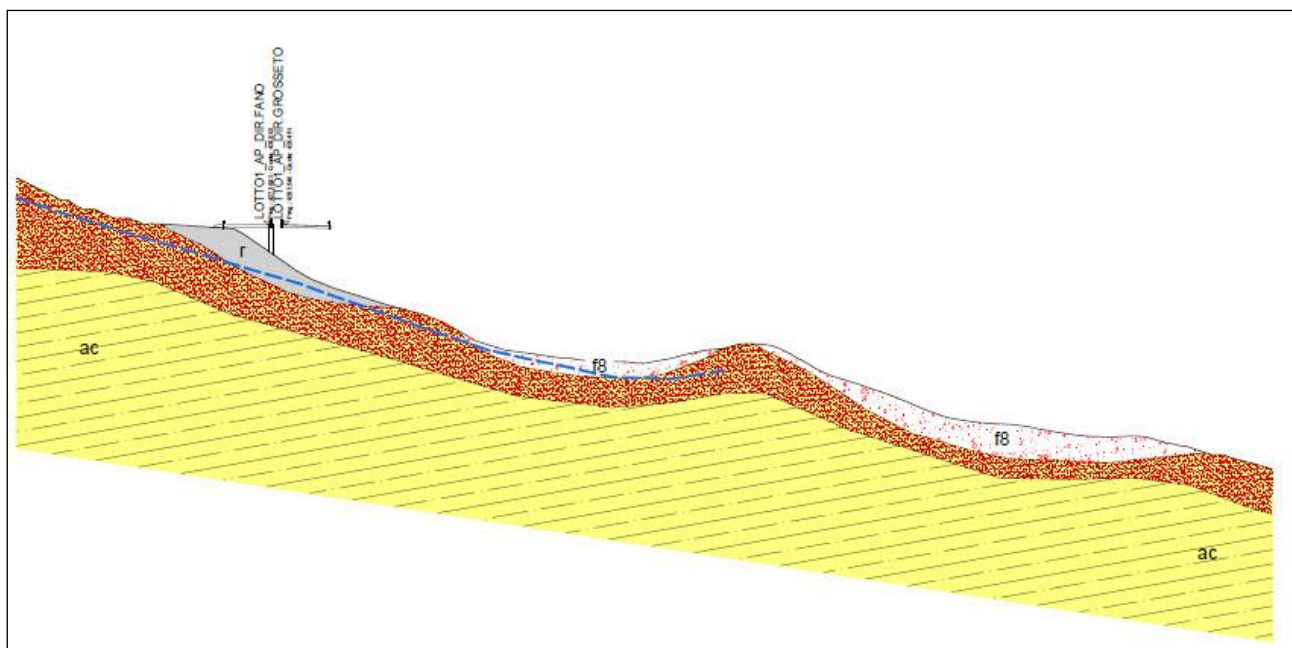


Figura 14-3 Sezione geologico- stratigrafica perpendicolare al tracciato

PROGETTAZIONE ATI:

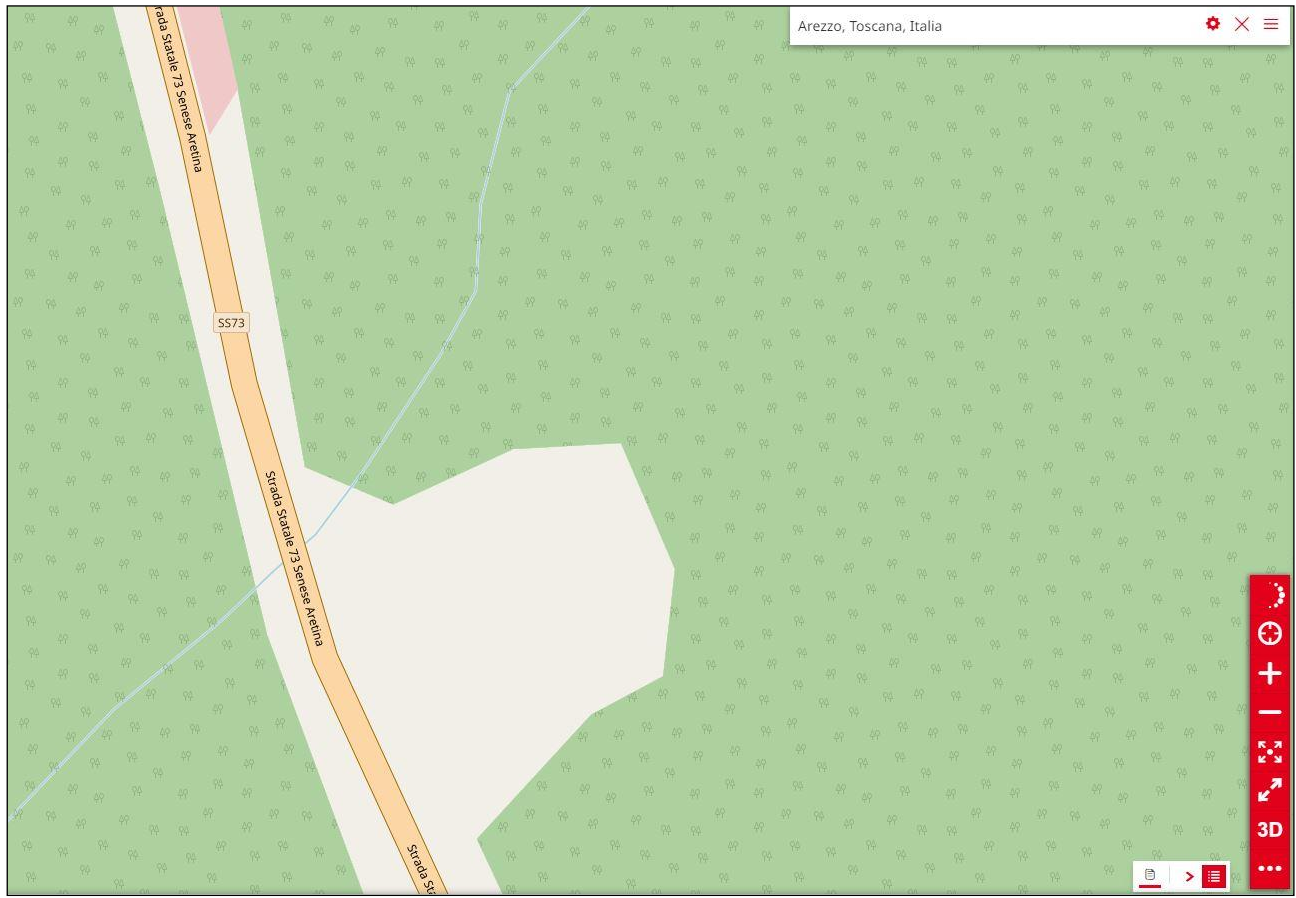


Figura 14-4 Schermata Web-GIS Lamma; non sono presenti punti di misura (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

La frana 8 non interferisce con il tracciato di progetto.

PROGETTAZIONE ATI:

15. FRANA 11

15.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO E GEOTECNICO

Il fenomeno viene censito dal PAI, con forma differente, ed indicato come area a franosità diffusa ad elevata pericolosità (P4) che intercetta il tracciato tra le pk 5+500 e 5+650 circa. Il rilevamento geologico di terreno ha permesso di classificarlo come un fenomeno attivo.

Nelle Tabella e nelle Figure che seguono si riassumono le principali caratteristiche geologico e geometriche del corpo di frana. Nella foto a sinistra, il fianco destro del dissesto. Nella foto a destra, una panoramica dello stesso.

Tabella 15-1 Principali caratteristiche geometriche di Frana 11

Quota max (m s.l.m.)	Quota min (m s.l.m.)	Dislivello (m)	Lunghezza massima (m)	Larghezza massima (m)	Lunghezza tracciato coinvolto (m)	Distanza min dall'asse di progetto (m)	Spessore max dissesto in area tracciato (m)
510	386	124	680	135	134	-	1 su riporti su 3 frana

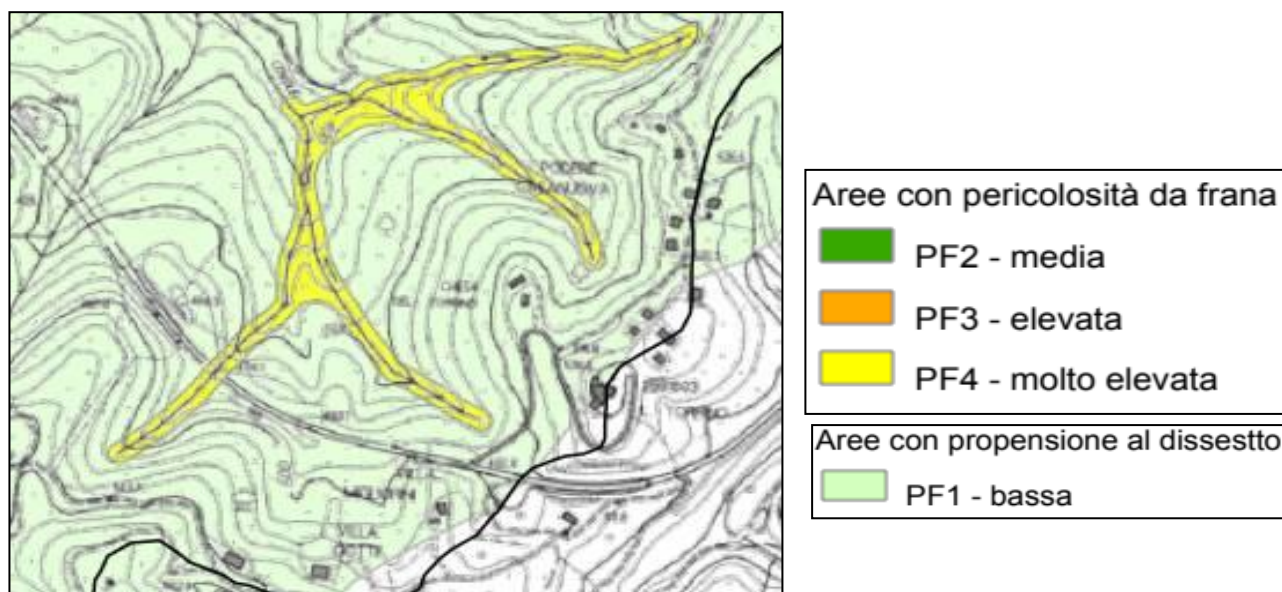


Figura 15-1 Stralcio Carta della pericolosità del PAI



Figura 15-2 Foto 1: foto panoramica della zona di nicchia; Foto 2: è stata riportata l'estensione del dissesto sull'intero pendio, ripreso dal versante opposto.

PROGETTAZIONE ATI:

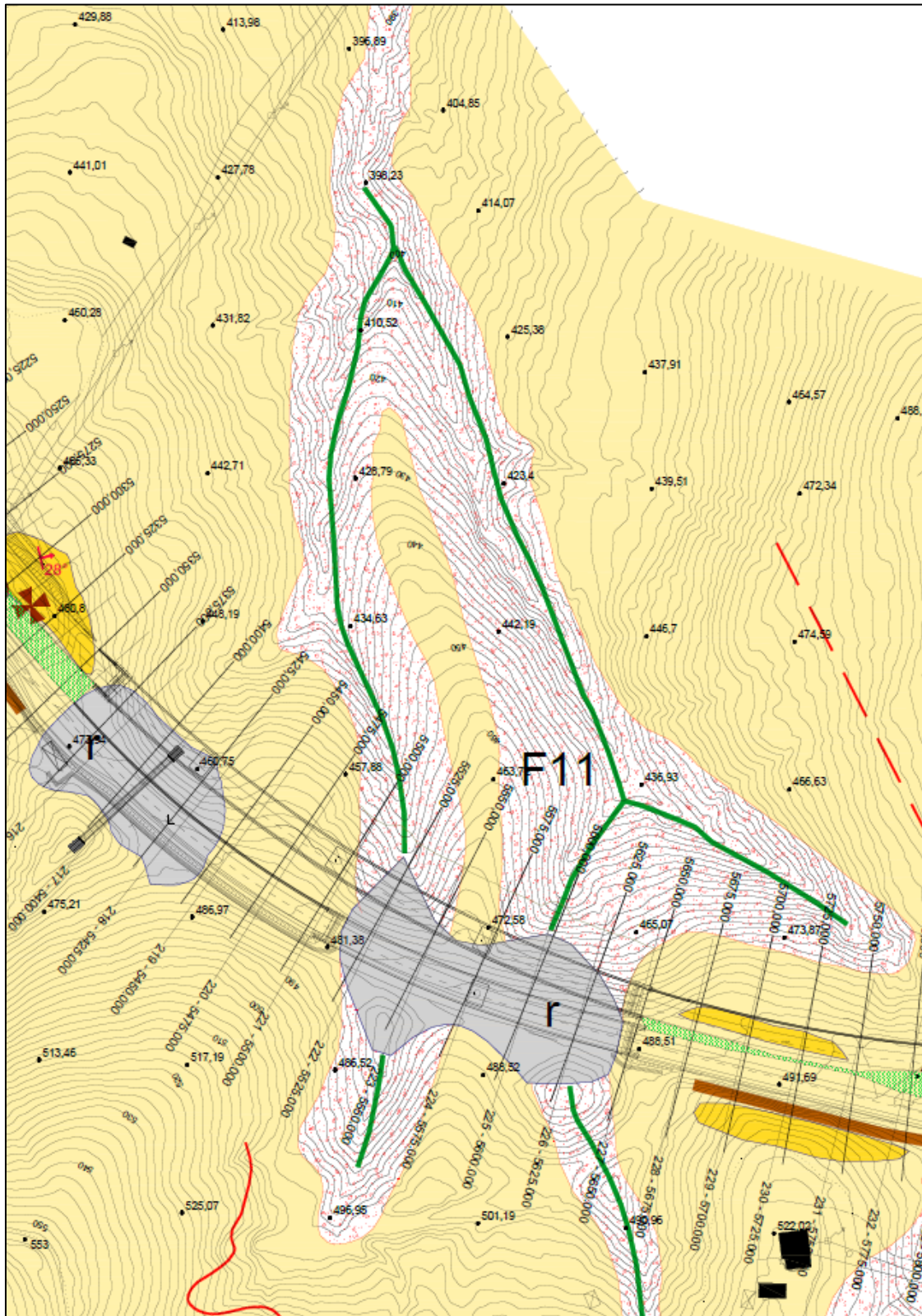


Figura 15-3 Stralcio Carta Geologica con perimetrazione Frana 11

PROGETTAZIONE ATI:

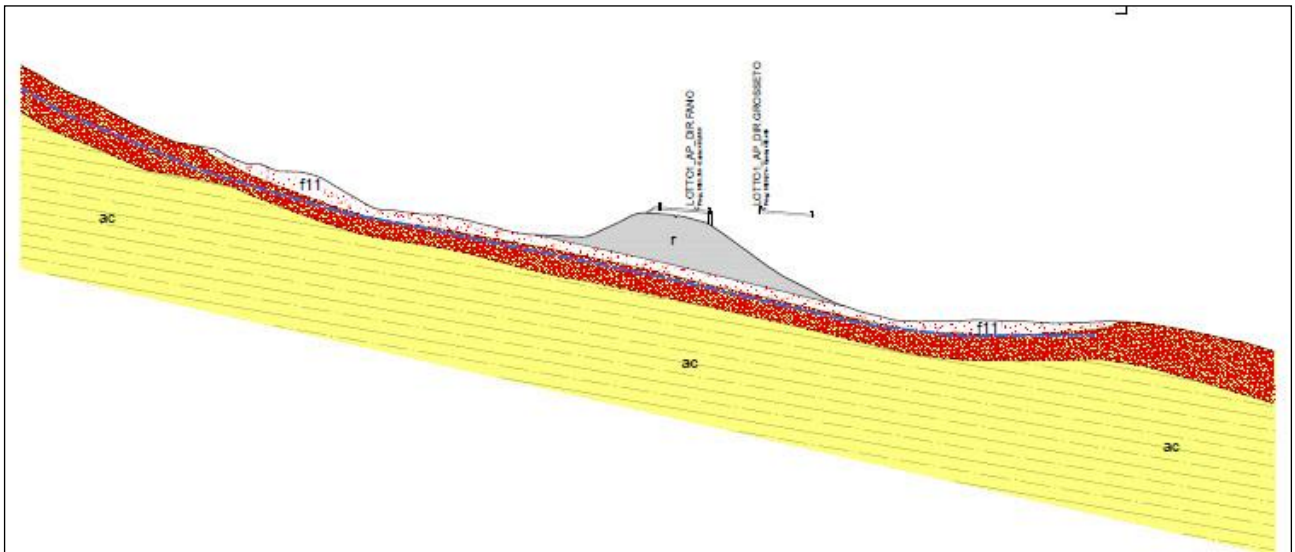


Figura 15-4 Sezione geologico-stratigrafica perpendicolare al tracciato

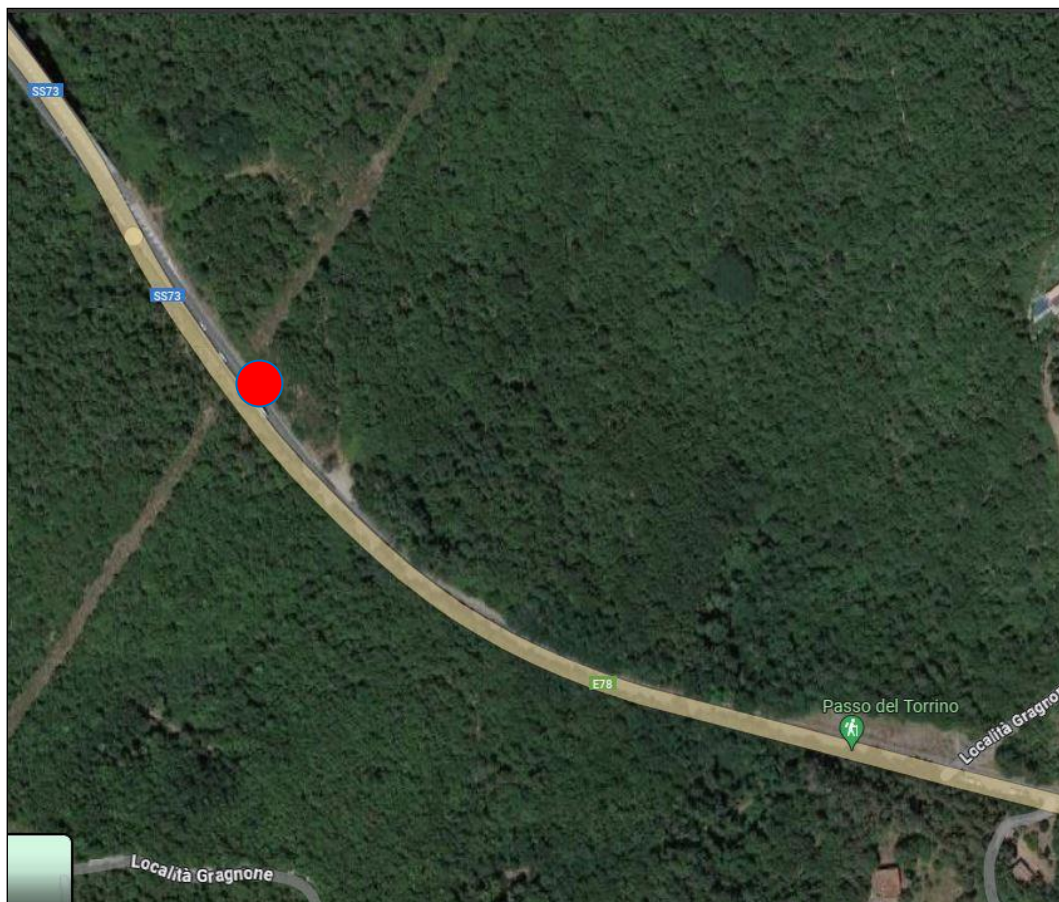


Figura 15-5 Ripresa satellitare con ubicazione punto MQPW6Y5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

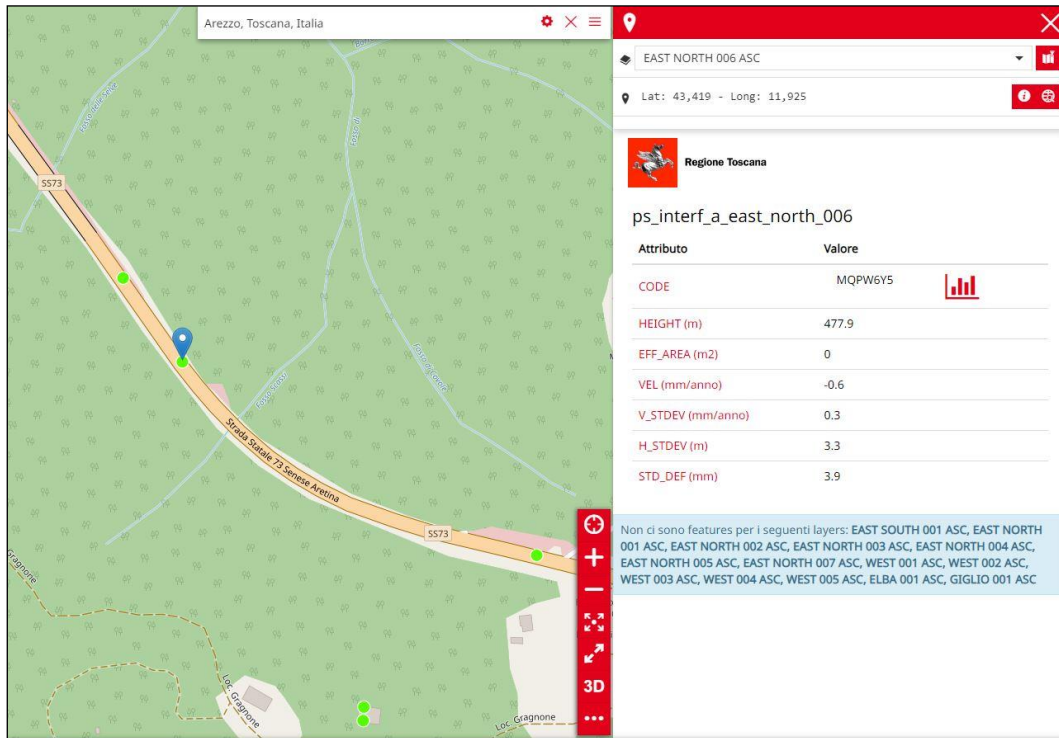


Figura 15-6 Schermata punto MQPW6Y5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

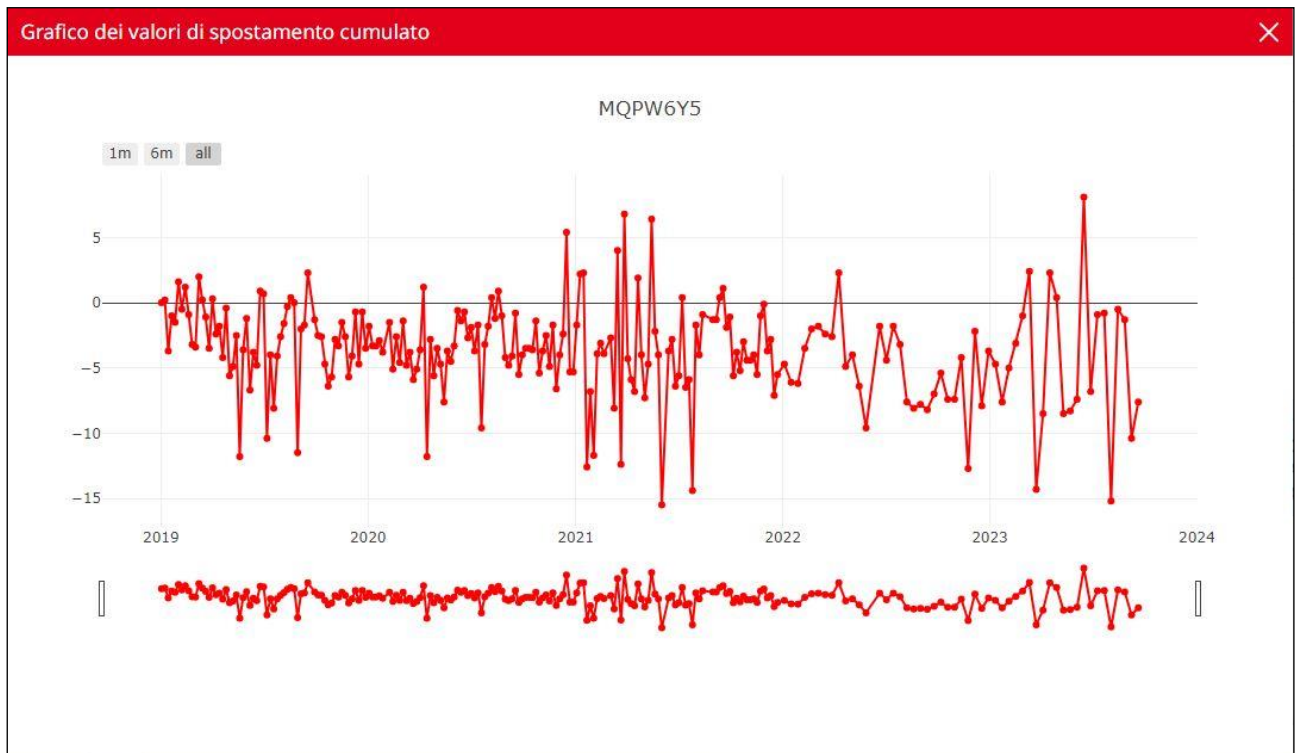


Figura 15-7 Grafico spostamento cumulativo punto MQPW6Y5 (“Lamma Rete Toscana” Geoportale Regionale Toscana)

PROGETTAZIONE ATI:

Il punto mostra velocità di spostamento pari -4,3 mm/anno non mostrando generali tendenze all'abbassamento.

15.2. INTERFERENZA CON IL TRACCIATO E SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE

Nei pressi della frana 11 è prevista la costruzione dei viadotti VI.07, lungo la carreggiata Grosseto, e VI.08, lungo la Carreggiata Fano. L'ubicazione delle sottostrutture dei viadotti è stata definita in modo da non interferire con il corpo di frana, la cui area è stata definita nel dettaglio a seguito del rilievo geologico. Si osserva che:

- lo spessore dello strato interessato da instabilità è pari a circa 3-4 m e verrà interamente rimosso dagli scavi per la realizzazione delle fondazioni;
- in fase esecutiva, per la realizzazione delle fondazioni dei viadotti sono previste opere di sostegno degli scavi realizzate mediante paratie di micropali con più ordini di tiranti. Le opere sono state dimensionate in modo da ridurre gli scavi mantenendo le quote dei cordoli prossime al p.c. e valutando l'interferenza dei tiranti con lo strato superiore interessato da instabilità. Per il dettaglio delle opere provvisorie si rimanda agli specifici elaborati di progetto;
- la geometria delle fondazioni è tipo profondo, in modo da garantire la stabilità delle opere anche in presenza di instabilità superficiali;

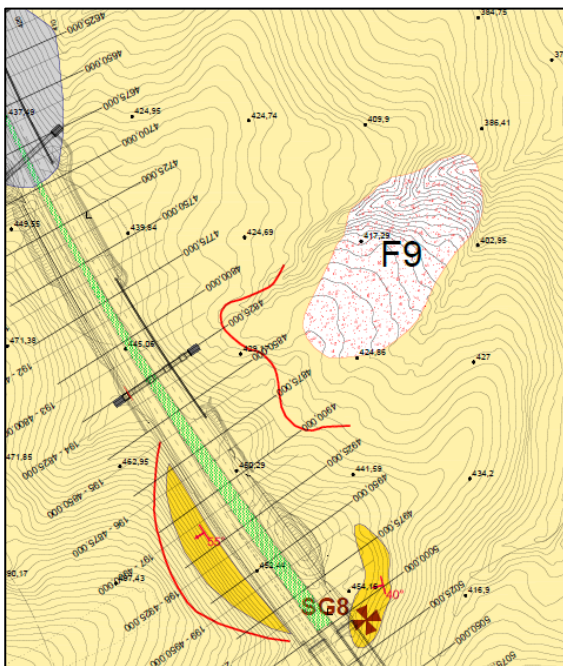
Al fine di evitare la regressione del fenomeno franoso, nella sistemazione finale delle aree di lavoro in corrispondenza del viadotto sono previsti interventi di ingegneria naturalistica costituiti da strutture di fascinate vive, impiegato con lo scopo di favorire la crescita della vegetazione e il drenaggio superficiale dei pendii, creando una serie di gradoni disposti parallelamente alle curve di livello. Tale soluzione consente una rapida rinaturalizzazione dell'area di intervento (elaborato T01IA01AMBRE01 – Relazione sugli interventi di mitigazione paesaggistica ambientale).

16. FRANE 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17

Nelle Tabelle seguenti si sintetizzano le principali informazioni riguardo alle frane 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 17. Questi fenomeni franosi appena elencati, in generale, non intercettano né direttamente né indirettamente il tracciato in progetto e sono posti ad una distanza di sicurezza (rif.: relazione geologica).

Nelle seguenti Tabelle si propongono gli estratti della carta geologica- geomorfologica che inquadrano le frane e si descrive schematicamente la tipologia della frana, lo stato di attività, l'interferenza con le opere in progetto.

Tabella 16-1 Scheda riepilogativa sulla frana 9



FRANA 9

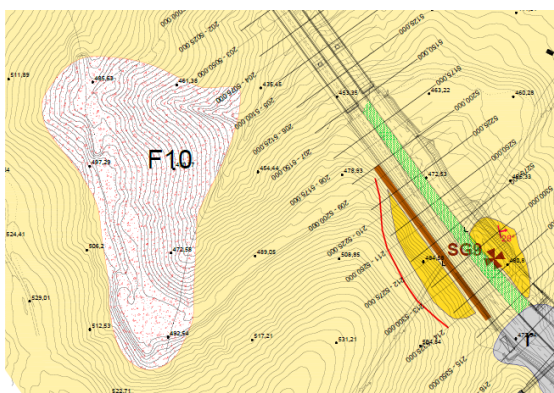
Classificazione frana: cinematica indeterminata.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: non intercetta il tracciato di progetto, la nicchia di distacco è situata 70 m a valle della strada esistente.

Interventi proposti: nessun intervento proposto.

Tabella 16-2 Scheda riepilogativa sulla frana 10



FRANA 10

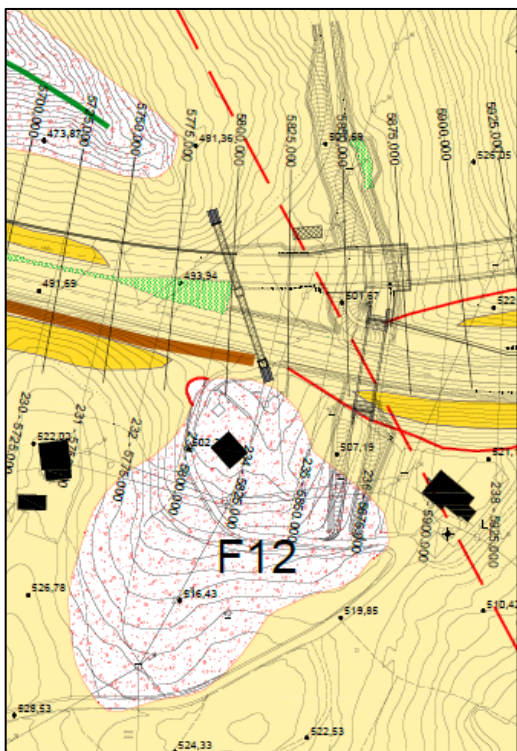
Classificazione frana: frana "relitta" stabilizzata.

Stato di attività: quiescente.

Interferenza con le opere in progetto: non intercetta il tracciato di progetto.

Interventi proposti: nessun intervento proposto.

Tabella 16-3 Scheda riepilogativa sulla frana 12



FRANA 12

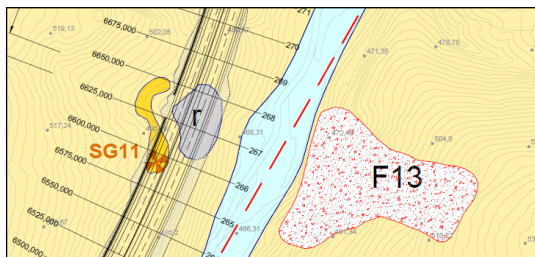
Classificazione frana: cinematica indeterminata.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: non intercetta il tracciato di progetto, in corrispondenza circa delle pk. 5+800 e 5+850.

Interventi proposti: nessun intervento proposto

Tabella 16-4 Scheda riepilogativa sulla frana 13



FRANA 13

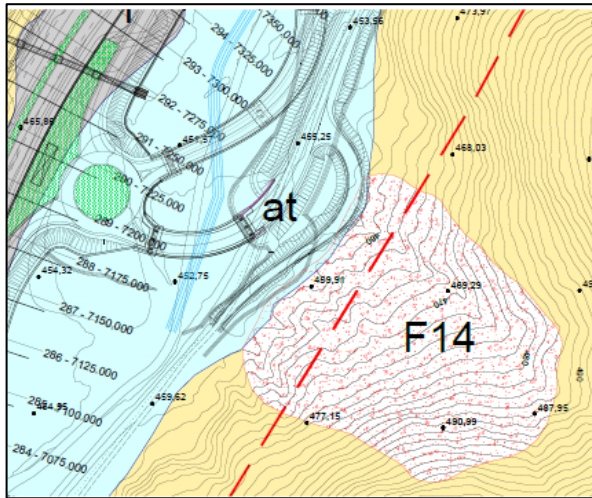
Classificazione frana: cinematica indeterminata.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: Nessuna interferenza, situato a distanza di sicurezza dal tracciato di progetto.

Interventi proposti: nessun intervento proposto.

Tabella 16-5 Scheda riepilogativa sulla frana 14



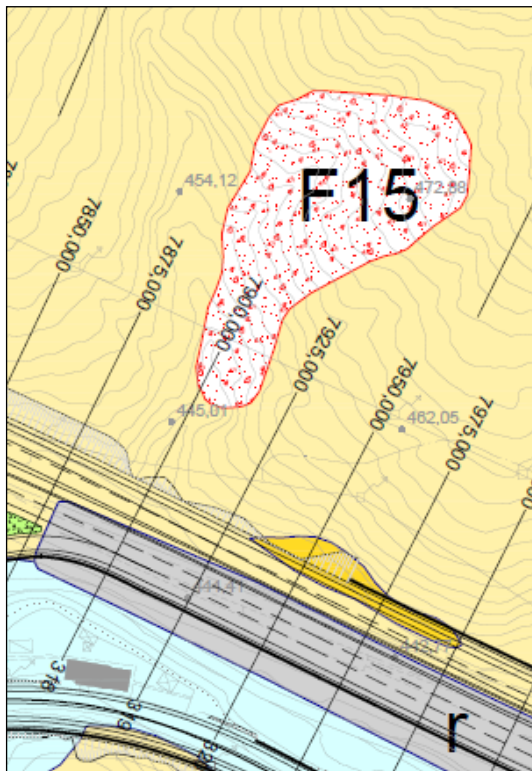
FRANA 14

Classificazione frana: frana complessa.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: Non interferisce con il tracciato, se non limitatamente ad un tratto in rilevato della viabilità secondaria, al piede della frana.

Tabella 16-6 Scheda riepilogativa sulla frana 15



FRANA 15

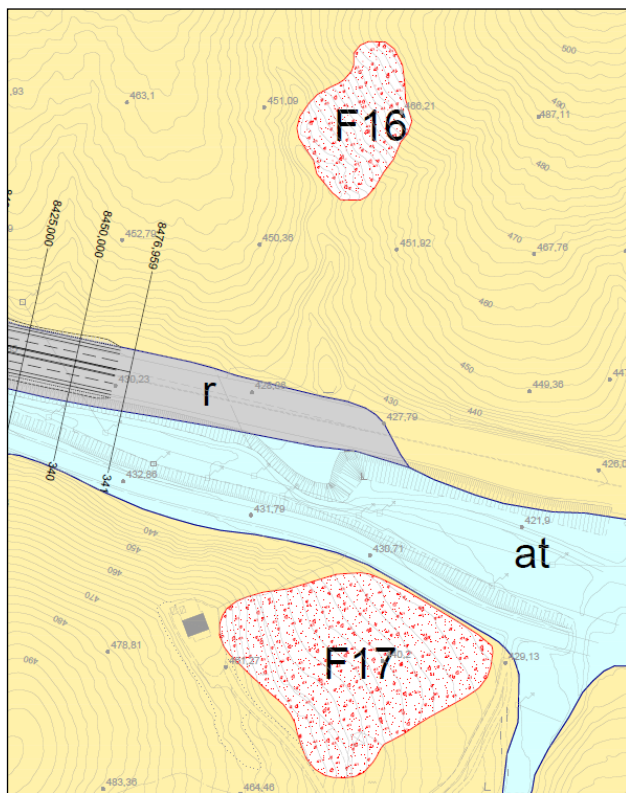
Classificazione frana: frana complessa.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: Nessuna interferenza, dista circa 560 m ed è collocato circa presso la pk. 7+900.

Interventi proposti: nessun intervento proposto.

Tabella 16-7 Scheda riepilogativa sulle frane 16 e 17



FRANA 16

Classificazione frana: Cinematica indeterminata.

Stato di attività: quiescente.

Interferenza con le opere in progetto: Nessuna interferenza, dista circa 100 m.

Interventi proposti: nessun intervento proposto.

FRANA 17

Classificazione frana: frana stabilizzata con gradoni.

Stato di attività: attiva.

Interferenza con le opere in progetto: Nessuna interferenza. Notevole distanza dal tracciato di progetto.

Interventi proposti: nessun intervento proposto