

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA ROMA – VITERBO

RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE

GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA

Relazione di Compatibilità Geomorfologica

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR1J 01 D 69 RG GE0001 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Mancini	Ottobre 2018	R. Briganti	Ottobre 2018	C. Urciuoli	Ottobre 2018	F. Marchese
		M. Arcangeli				Paoletti		F. Arduini

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
Dott. Francesco Marchese
ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Infrastruttura Centro
Dott. Francesco Marchese
UO GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordine Geologi Lazio n. 19 ES

File:....doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DEFINIZIONI	4
3	NORME DI ATTUAZIONE	6
4	INTERFERENZA OPERE CON AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PAI.....	10
4.1	AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO DI FRANA E INONDAZIONE (ARTT. PAI 9 – 19 – 27):.....	10
4.2	AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO DI FRANA (ARTT. PAI 6 – 16 – 17 – 18):.....	11
4.2.1	<i>Quadro geologico dell’area</i>	12
4.2.2	<i>Compatibilità geomorfologica delle opere</i>	14
5	VERIFICHE DI STABILITA’ DEL PENDIO	16
5.1	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	16
5.2	METODOLOGIE DI CALCOLO	16
5.3	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	17
5.4	AZIONE SISMICA	20
5.5	RISULTATI.....	21
6	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE.....	23
6.1	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	23
6.2	VERIFICHE DI STABILITÀ POST-OPERAM.....	24

1 PREMESSA

Nel presente studio sono state analizzate le cartografie di riferimento per il dissesto idrogeologico del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico P.A.I., Autorità dei Bacini Regionali del Lazio (Tavola 2 - Aree sottoposte a tutela per dissesto Idrogeologico – scala 1:25.000), con le relative “Norme Tecniche di Attuazione”.

Nel presente studio, previo inquadramento cartografico delle criticità idrogeologiche individuate, si fornisce evidenza circa l'eventuale interferenza delle opere previste per il raddoppio della tratta Cesano – V. di Valle, itinerario Roma - Viterbo, con i settori di territorio perimetrati e/o classificati nelle cartografie del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali del Lazio.

Verranno, inoltre, fatte valutazioni riguardo la compatibilità geomorfologica (condizioni di stabilità del versante), per un'area sottoposta dal P.A.I. a tutela per pericolo di frana (area a pericolo B).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA ROMA - VITERBO RADDOPPIO TRATTA CESANO – VIGNA DI VALLE					
	Relazione di Compatibilità Geomorfologica	COMMES NR1J	LOTTO 01	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01002	REV. A

2 DEFINIZIONI

Ai fini del presente studio è stata analizzata la Tavola 2 del P.A.I. – Aree sottoposte a tutela per dissesto Idrogeologico – scala 1:25.000.

Nell'areale di studio si riconoscono le seguenti porzioni di territorio che interferiscono con il tracciato:

- Aree sottoposte a tutela per pericolo di frana (AREE A PERICOLO B - aree a pericolo di frana elevato, porzioni di territorio interessate da scarpate o in cui sono presenti frane caratterizzate da volumi modesti e/o movimento da rapido a lento);
- Aree di attenzione per pericolo d'inondazione lungo i corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (tutti i corsi d'acqua ricompresi negli elenchi delle acque di cui al T.U. 1775/33, come individuato nella D.G.R. n° 452 del 01/04/05, nonché per le altre principali linee di drenaggio individuate nella Tavola 2 di cui all'art. 4, ancorché non classificate pubbliche).

In Tabella 1 si riporta la legenda della cartografia consultata, con riferimento alle aree di interesse:

AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER PERICOLO DI FRANA <i>(artt. 6 - 16 - 17 - 18)</i>	AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO DI FRANA E D'INONDAZIONE <i>(artt. 9 - 19 - 27)</i>
 Aree a Pericolo A (c. 2 art. 6 e art. 16)	 Aree di Attenzione Geomorfologica (artt. 9 e 19)
 Aree a Pericolo B (c. 2 art. 6 e art. 17)	 Aree di Attenzione Idraulica (artt. 9 e 27)
 Aree a Pericolo C (c. 2 art. 6 e art. 18)	 Aree di Attenzione per presenza di cavità naturali o artificiali soggette a crolli
 Ambiti territoriali caratterizzati, allo stato delle conoscenze disponibili, dall'assenza di elementi documentali tali da consentirne la definizione della pericolosità	 Corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (artt. 9 e 27)
	 Altri corsi d'acqua principali (artt. 9 e 27)

Tabella 1. Legenda della cartografia tavola 2 - “AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO” del P.A.I. dei Bacini Regionali del Lazio – Aree sottoposte a tutela e di attenzione”.

Relativamente al Rischio idrogeologico (Art 8 – comma 5), per ciascuna categoria di rischio sono definiti tre livelli:

- rischio molto elevato (R4):
quando esistono condizioni che determinano la possibilità di: a) perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; b) danni gravi e collasso di edifici o infrastrutture; c) danni gravi ad attività socio-economiche;
- rischio elevato (R3):

Relazione di Compatibilità Geomorfologica

COMMES	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 69 RG	GE 00 01002	A	5 di 25

quando esiste la possibilità di: a) danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici ed infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; b) interruzione di attività socioeconomiche;

- rischio lieve (R2):
quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni agli edifici e alle infrastrutture senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità.

In Tabella 2 si riporta la legenda dei livelli di rischio in funzione della pericolosità e del valore esposto.

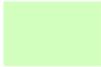
<i>LIVELLI DI RISCHIO IN FUNZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL VALORE ESPOSTO (art. 8 comma 5)</i>		
<i>ELEMENTI AREALI A RISCHIO</i>	<i>ELEMENTI LINEARI A RISCHIO</i>	<i>ELEMENTI PUNTUALI A RISCHIO</i>
 R4	 R4	 R4
 R3	 R3	 R3
 R2	 R2	 R2

Tabella 2. Legenda della cartografia tavola 2 - "AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PER DISSESTO IDROGEOLOGICO" del P.A.I. dei Bacini Regionali del Lazio – Livelli di rischio".

3 NORME DI ATTUAZIONE

Con riferimento alle aree sottoposte a tutela per dissesto Idrogeologico individuate, si applicano le disposizioni di cui alle “Norme Tecniche di attuazione” del Piano Stralcio.

Per coerenza espositiva si riportano gli articoli di diretto interesse: aree sottoposte a tutela per pericolo frana – area B (art. 6 – 16 - 17); aree di attenzione per pericolo inondazione – corsi d’acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05 (art 9 - 27).

Si rimanda al testo completo delle Norme Tecniche per una lettura esaustiva.

Art 6 - Aree a pericolo frana

1. Il presente Piano riporta le situazioni di pericolo connesse alla presenza di frane già rilevate e cartografate (ai sensi del DPCM 29/09/1998) dall’Autorità tramite indagini estese su tutto il territorio di sua competenza.
2. Sulla base delle caratteristiche d’intensità dei fenomeni rilevati (volumi e velocità), il Piano disciplina l’uso del territorio nelle aree in frana in relazione a tre classi di pericolo:
 - *aree a pericolo A:*
aree a pericolo di frana molto elevato, sono indicate nella Tavola 2 di Piano e si riferiscono alle porzioni di territorio che risultano essere interessate da frane caratterizzate da elevati volumi e/o movimento da estremamente rapido a rapido;
 - *aree a pericolo B:*
aree a pericolo di frana elevato, sono indicate nella Tavola 2 di Piano e sono riferite alle porzioni di territorio interessate da scarpate o in cui sono presenti frane caratterizzate da volumi modesti e/o movimento da rapido a lento;
 - *aree a pericolo C:*
aree a pericolo di frana lieve, sono indicate nella Tavola 2 di Piano e sono riferite a quelle porzioni di territorio che risultano interessate da scivolamenti lenti delle coltri superficiali e/o da frane caratterizzate da piccoli volumi e movimento lento.

Art 16 - (Disciplina delle aree a pericolo e/o rischio di frana molto elevato) – aree a pericolo A

1. Nelle aree a pericolo di frana molto elevato non sono consentiti:
 - a) gli invasi d’acqua, gli scavi, i riporti e i movimenti di terra e tutte le attività che possono aumentare il livello di pericolo;
 - b) ogni forma di nuova edificazione;
 - c) la realizzazione di collettori fognari, condotte d’acquedotto, gasdotti o oleodotti;
 - d) le operazioni di decespugliamento ed estirpazione su gruppi di vegetazione matura o in corso di ricostituzione, se costituita da specie di interesse forestale; in ogni caso devono essere sempre salvaguardate dal taglio le piante isolate facenti parte di specie forestali.
2. Nelle aree a pericolosità molto elevata sono consentiti:

- a. gli interventi per la mitigazione del rischio di frana e, in genere, tutte le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
 - b. il taglio e/o l'eliminazione delle essenze arboree ed arbustive e l'utilizzazione dei soprassuoli forestali, qualora specifici studi, asseverati da tecnici abilitati, dimostrino che esse concorrano a determinare stato di pericolo per la pubblica incolumità o siano di intralcio all'esecuzione di opere strutturali finalizzate alla messa in sicurezza dell'area. Tali attività dovranno essere effettuate in coerenza con la normativa vigente in campo forestale;
 - c. gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - d. gli interventi strettamente necessari a ridurre la vulnerabilità dei valori esposti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico urbanistico;
 - e. gli interventi come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art.3 del D.P.R. n.380/2001, di manutenzione ordinaria e straordinaria, senza aumento di volume, e di restauro e risanamento conservativo sugli edifici;
 - f. gli interventi sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità;
 - g. gli interventi volti alla tutela, alla salvaguardia e alla manutenzione dei manufatti e delle aree vincolate ai sensi del D. Lgs 42/04 e ss. mm. ed ii., Parte II e Parte III, nonché quelli classificati di valore storico-culturale negli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti;
 - h. gli interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle normative vigenti nonché interventi di riparazione e di miglioramento antisismico degli edifici danneggiati da eventi sismici qualora gli eventi stessi non abbiano innescato sensibili ed asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto;
3. gli interventi di cui al comma 2 dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità geomorfologica, redatto da un professionista abilitato, che dovrà fornire adeguate valutazioni della stabilità globale dell'area interessata e delle opere nelle condizioni "ante", "post" e in corso d'opera.;
 4. Lo studio di cui al precedente comma 3, dovrà ottenere l'approvazione dell'Autorità e deve inoltre dimostrare che l'intervento proposto è stato progettato rispettando il criterio di non aumentare il livello di rischio ivi registrato e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di rischio;
 5. Sugli edifici già compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto, sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione e quelli volti alla tutela della pubblica incolumità.

Art 17 - Disciplina della aree a pericolo e/o rischio di frana elevato – aree a pericolo B

1. Nelle aree a pericolo di frana elevato riguardo agli interventi non consentiti, in quanto destinati ad aggravare le esistenti condizioni di instabilità, valgono le stesse disposizioni di cui al comma 1 del precedente art.16 relative alle aree a pericolo di frana molto elevato;
2. Nelle aree a pericolosità elevata, sono consentiti:
 - a. tutti gli interventi consentiti nelle aree a pericolosità molto elevata di cui all'art. 16;
 - b. gli interventi di ristrutturazione edilizia, come definiti dalle normative vigenti, sugli edifici, sulle infrastrutture sia a rete che puntuali e sulle attrezzature esistenti, sia private che pubbliche o di pubblica utilità, finalizzati al miglioramento antisismico degli edifici danneggiati da eventi sismici qualora gli eventi stessi non abbiano innescato sensibili ed asseverate riattivazioni del fenomeno di dissesto nonché all'adeguamento ed al miglioramento sismico, alla prevenzione sismica, all'abbattimento delle barriere

- architettoniche, al rispetto delle norme in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro, nonché al miglioramento delle condizioni igienicosanitarie, funzionali, abitative e produttive, comportanti anche modesti aumenti di superficie e volume e cambiamento di destinazione d'uso purché funzionalmente connessi a tali interventi;
- c. gli interventi per reti ed impianti tecnologici, per sistemazioni di aree esterne, recinzioni ed accessori pertinenziali di arredo agli edifici, alle infrastrutture ed alle attrezzature esistenti, purché non comportino la realizzazione di nuove volumetrie e non determinino aumento delle condizioni di rischio;
3. gli interventi di cui al comma 2 dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità geomorfologia, redatto da un professionista abilitato, che dovrà fornire adeguate valutazioni della stabilità globale dell'area interessata e delle opere nelle condizioni "ante", "post" e in corso d'opera;
 4. Lo studio di cui al precedente comma 3 dovrà ottenere l'approvazione dell'Autorità e dimostrare che l'intervento proposto è stato progettato rispettando il criterio di non aumentare il livello di rischio ivi registrato e di non precludere la possibilità di ulteriori interventi volti ad eliminare o ridurre le condizioni di rischio;
 5. Nelle aree, indicate a pericolo di frana elevato, corrispondenti alle scarpate nell'ambito di cave attive regolarmente autorizzate, vale quanto previsto dal piano di coltivazione, approvato dagli organi competenti;
 6. Sugli edifici già compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto, sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione e quelli volti alla tutela della pubblica incolumità.

Art 9 - Aree di attenzioni PAI

Vengono definite aree di attenzione quelle porzioni del territorio in cui i dati disponibili indicano la presenza di potenziali condizioni di pericolo, la cui effettiva sussistenza e gravità potrà essere quantificata a seguito di studi, rilievi e indagini di dettaglio, nonché le aree interessate da opere di mitigazione, anche se non in dissesto, allo scopo di salvaguardarne l'integrità ed efficienza. Sono individuate:

- a) aree d'attenzione geomorfologica suddivise nelle seguenti tipologie:
 - aree d'attenzione per pericolo di frana definite sulla base di studi di dettaglio e tramite l'applicazione di una metodologia statistico-probabilistica in grado di determinare la probabilità di attivazione di nuovi fenomeni;
 - aree d'attenzione individuate allo scopo di salvaguardare l'integrità e l'efficienza delle opere di mitigazione del rischio esistenti.
- b) aree d'attenzione per pericolo d'inondazione suddivise nelle seguenti tipologie:
 - aree di attenzione per pericolo d'inondazione a potenziale pericolosità non ancora sottoposte a studio di dettaglio individuate nella cartografia di piano;
 - aree di attenzione per pericolo d'inondazione lungo i corsi d'acqua principali (tutti i corsi d'acqua ricompresi negli elenchi delle acque di cui al T.U. 1775/33, come individuato nella D.G.R. n° 452 del 01/04/05, nonché per le altre principali linee di drenaggio individuate nella Tavola 2 di cui all'art. 4, ancorché non classificate pubbliche), le aree di attenzione sono delimitate, per ciascun lato del corso d'acqua, dall'intersezione tra il terreno e una retta orizzontale tracciata normalmente all'asse dell'alveo ordinario a una quota superiore di 10 metri dal livello di magra, a una distanza comunque non superiore a 150 metri dalle sponde dell'alveo ordinario;

- aree d'attenzione individuate allo scopo di salvaguardare l'integrità e l'efficienza delle opere di mitigazione del rischio esistenti;

art. 27 - Disciplina delle aree d'attenzione idraulica PAI

1. L'Autorità, ai fini dell'aggiornamento del Piano di cui all'art. 14, sulla base delle disponibilità finanziarie, nell'ambito delle aree di attenzione di cui all'art. 9 lett. b), provvede ad effettuare gli studi e le indagini necessarie alla classificazione e alla perimetrazione delle eventuali aree a pericolo d'inondazione ai sensi dell'art. 7;
2. I soggetti interessati possono effettuare di loro iniziativa studi volti alla classificazione della pericolosità nell'ambito delle aree di attenzione. Tali studi verranno presi in considerazione dall'Autorità solo se rispondenti ai requisiti minimi stabiliti dal Piano e indicati nell'Allegato 8;
3. L'Autorità, a seguito degli studi eseguiti come ai precedenti commi 1 o 2, provvede ad aggiornare la perimetrazione delle aree a pericolo d'inondazione secondo la procedura di cui all'art 14;
4. Nelle aree di attenzione (come definite all'art.9 – lettera b) ogni determinazione relativa ad eventuali interventi è subordinata alla redazione di un adeguato studio idraulico rispondente ai requisiti minimi stabiliti dal Piano (Allegato 8), sulla cui base l'Autorità accerta il livello di pericolosità, come definito all'art. 7, sussistente nell'area interessata dall'intervento ed aggiorna conseguentemente la perimetrazione delle aree a pericolo d'inondazione secondo la procedura di cui all'art 14. Saranno quindi assentibili i soli interventi consentiti in relazione all'accertato livello di pericolosità dell'area, secondo quanto disciplinato dagli articoli 23, 23bis, 24, 25 e 26.
5. Le disposizioni di cui al precedente comma 4 non si applicano alle aree di attenzione ricadenti in territori di bonifica, dove il regime idraulico è regolato e gestito mediante canali e/o impianti di sollevamento idrico. Nelle suddette aree, saranno gli stessi Consorzi di Bonifica ad accertare ed a comunicare all'Autorità l'effettivo livello di pericolosità;
6. Nelle aree di cui al comma 5, la realizzazione di interventi di messa in sicurezza dovrà essere preventivamente approvata dall'Autorità.
7. Nelle aree di cui al comma 5, e nelle aree di cui agli articoli 23bis, 25 e 26 ricadenti in territori di bonifica, dove il regime idraulico è regolato e gestito mediante canali e/o impianti di sollevamento idrico, la realizzazione di eventuali opere idrauliche, opere a carattere urbanistico, edilizio, infrastrutturale e impiantistico, dovrà essere preventivamente approvata dall'autorità idraulica competente rappresentata:
 - dall'A.R.D.I.S., per gli aspetti attinenti al dissesto idraulico, relativamente alle aste fluviali di competenza regionale ai sensi dell'art.8 della L.R. 53/98 ed identificate con D.G.R. n.5079 del 12/10/99;
 - dalla Provincia territorialmente competente, acquisito il parere del Consorzio di Bonifica, per gli aspetti attinenti al dissesto idraulico, relativamente alle aste fluviali attribuite ai sensi dell'art. 9 della L.R. 53/98.

L'autorità idraulica competente deve trasmettere all'Autorità, per opportuna conoscenza, copia degli atti assunti.

8. Il parere di cui al precedente comma 7, in assenza di accertato livello di pericolosità dell'area, deve intendersi reso, al richiedente, come sostitutivo e non aggiuntivo dello studio idraulico definito al comma 4.
9. Nelle aree di attenzione (come definite all'art.9 – lettera b), nelle more di quanto disposto nei precedenti commi 1, 2, 3 e 4, sono comunque consentiti, gli interventi di cui al comma 2 dell'art. 23.

10. Non è consentito l'uso abitativo degli scantinati e dei vani interrati o seminterrati nonché lo stoccaggio, negli stessi, di materiali o sostanze pericolose e/o inquinanti eccedenti le minime quantità necessarie per il fabbisogno domestico giornaliero.

4 INTERFERENZA OPERE CON AREE SOTTOPOSTE A TUTELA PAI

4.1 Aree di attenzione per pericolo di frana e inondazione (artt. PAI 9 – 19 – 27):

Come si osserva dallo stralcio della planimetria di progetto sotto riportata, il tracciato è intersecato e lambito da corsi d'acqua principali classificati pubblici con D.G.R. n° 452 del 01/04/05, su cui vigono i riferimenti degli articoli 9 e 27 del P.A.I., riportati nel paragrafo sulle Norme di Attuazione (cap3).

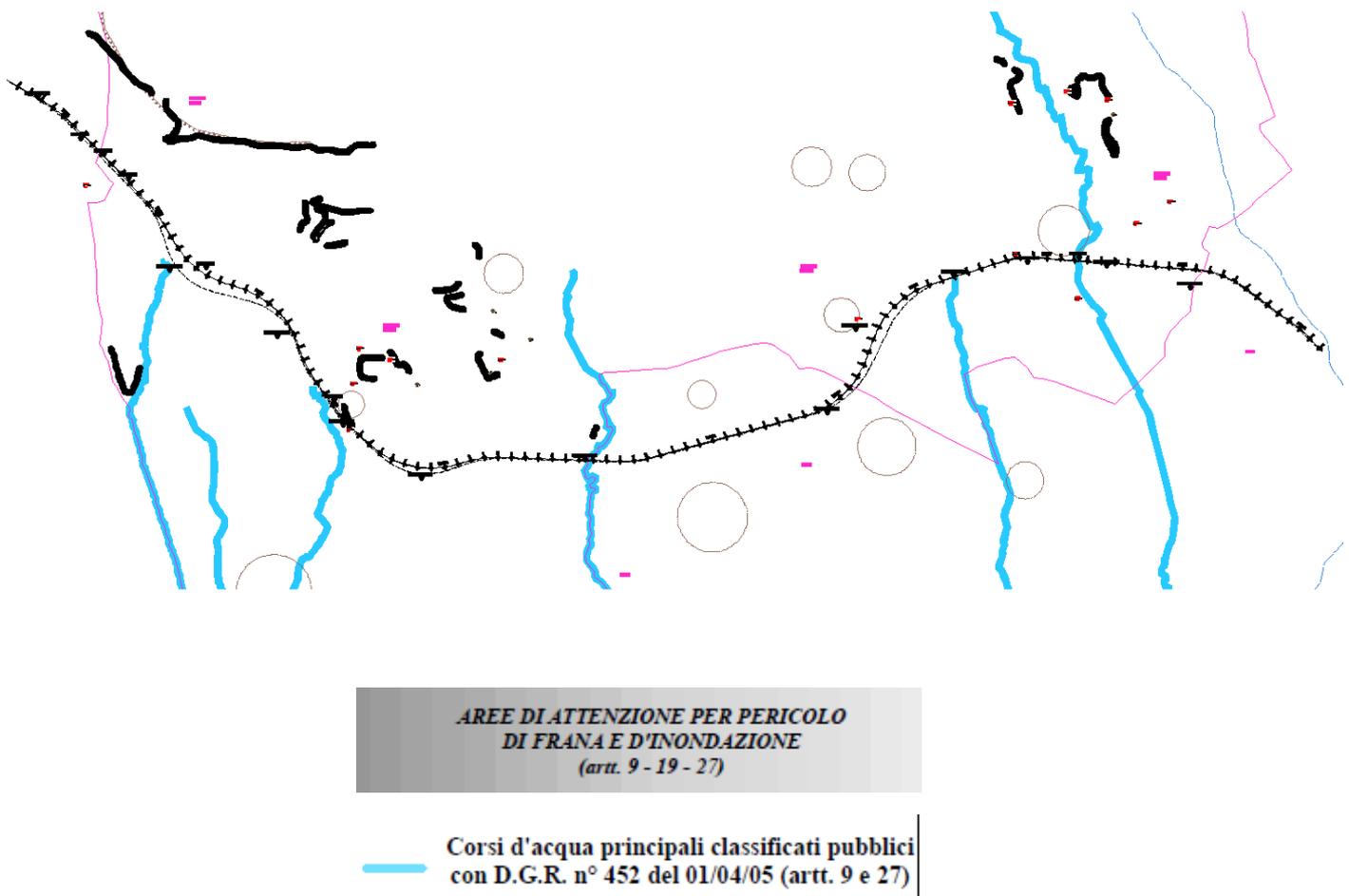


Figura 1. Stralcio planimetria di progetto con individuati i corsi d'acqua principali classificati pubblici con DGR n 452 del 01-04-2005 (AREE DI ATTENZIONE PER PERICOLO D'INONDAZIONE).

4.2 Aree sottoposte a tutela per pericolo di frana (artt. PAI 6 – 16 – 17 – 18):

L'area della stazione Crocicchie (pk 35 + 900 circa) è interessata verso monte da una porzione di territorio cartografata nel P.A.I. come **Area a pericolo di frana B**: “aree a pericolo di frana elevato, sono riferite alle porzioni di territorio interessate da scarpate o in cui sono presenti frane caratterizzate da volumi modesti e/o movimento da rapido a lento”.

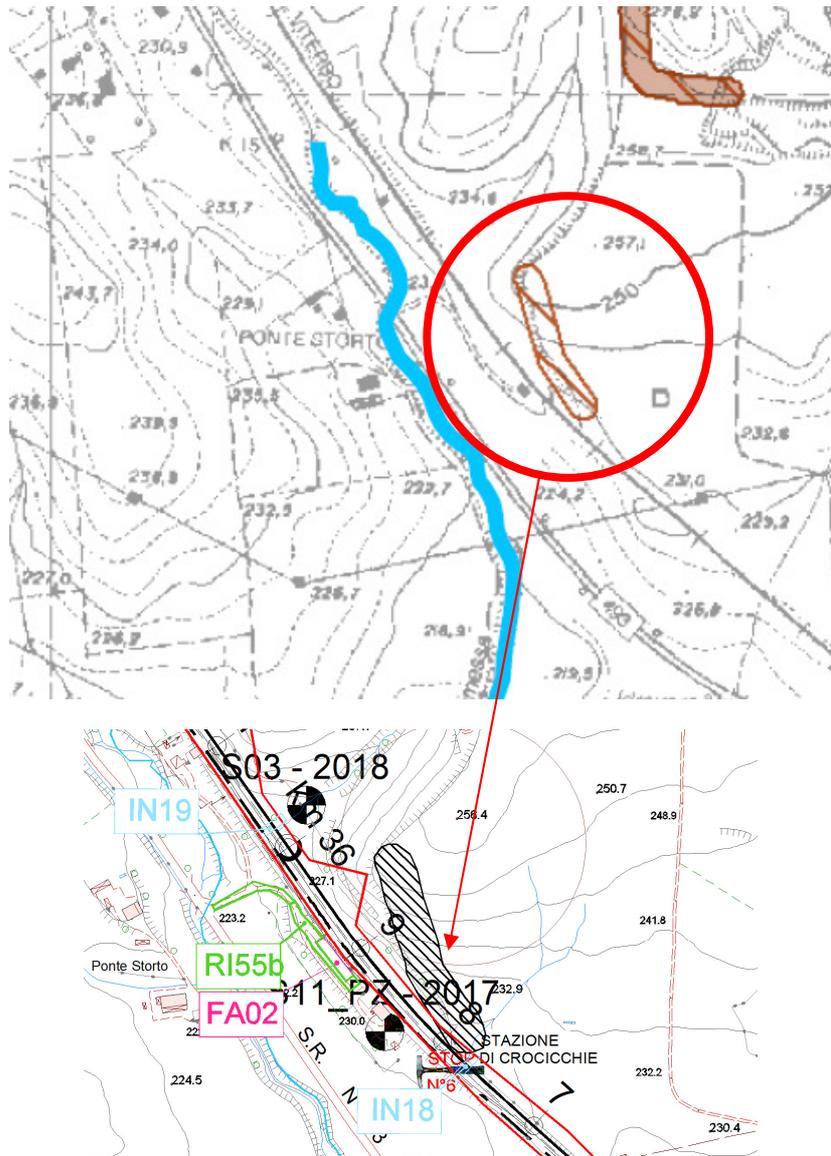


Figura 2. Stralcio planimetrico con individuata l'area in interferenza a pericolo frana B.

4.2.1 Quadro geologico dell'area

Nell'area esaminata è presente una scarpata di altezza significativa (probabilmente connessa agli scavi eseguiti per la realizzazione della linea esistente e della stazione di interscambio Crocicchie) su cui si riconoscono depositi piroclastici da caduta, semicoerenti, lapillosi e cineritici, in strati di spessore 10-15cm, con in sommità *facies* di basalto leucititico.

I depositi stratificati sono riconducibili ai Depositi piroclastici da caduta del centro emissivo di Sacrofano “Tufo stratificato varicolori de La Storta” - Depositi piroclastici di ricaduta, lapillosi e cineritici, in strati contenenti scorie e litici lavici di dimensioni centimetriche, intercalati a livelli vulcanoclastici rimaneggiati e sedimenti lacustri; Colore da marrone a giallo ed a grigio. Costituiti prevalentemente da lapilli e ceneri con intercalati livelli di pomici bianco giallastre. Scorie e Leuciti – Tefriti fino a Leuciti intercalate).



Figura 3. Stop geologico presso la stazione di Crocicchie (pk 35+900 – Novembre 2017)

Di seguito si riporta una sezione geologica rappresentativa dell'area esaminata.

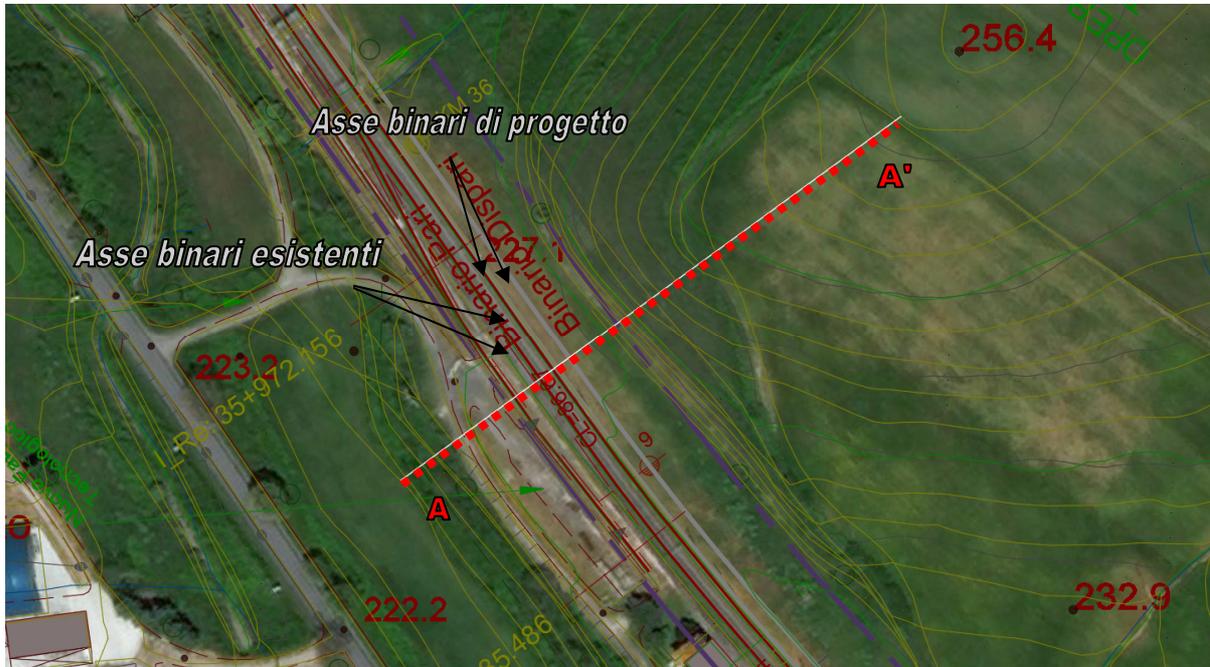
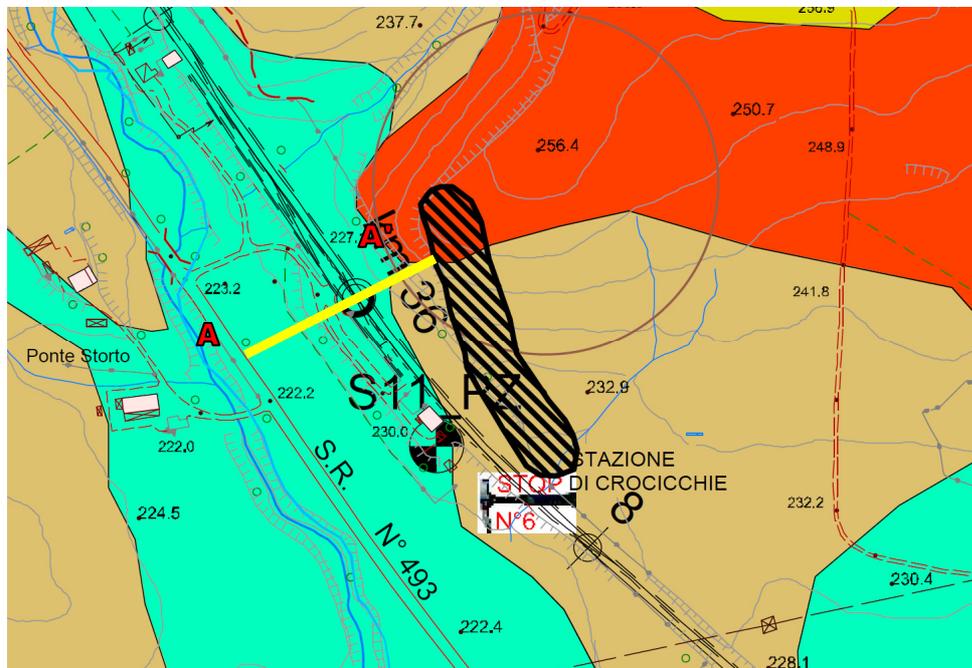


Figure 4 e 5. Traccia della sezione Geologica, area stazione di Crocicchie



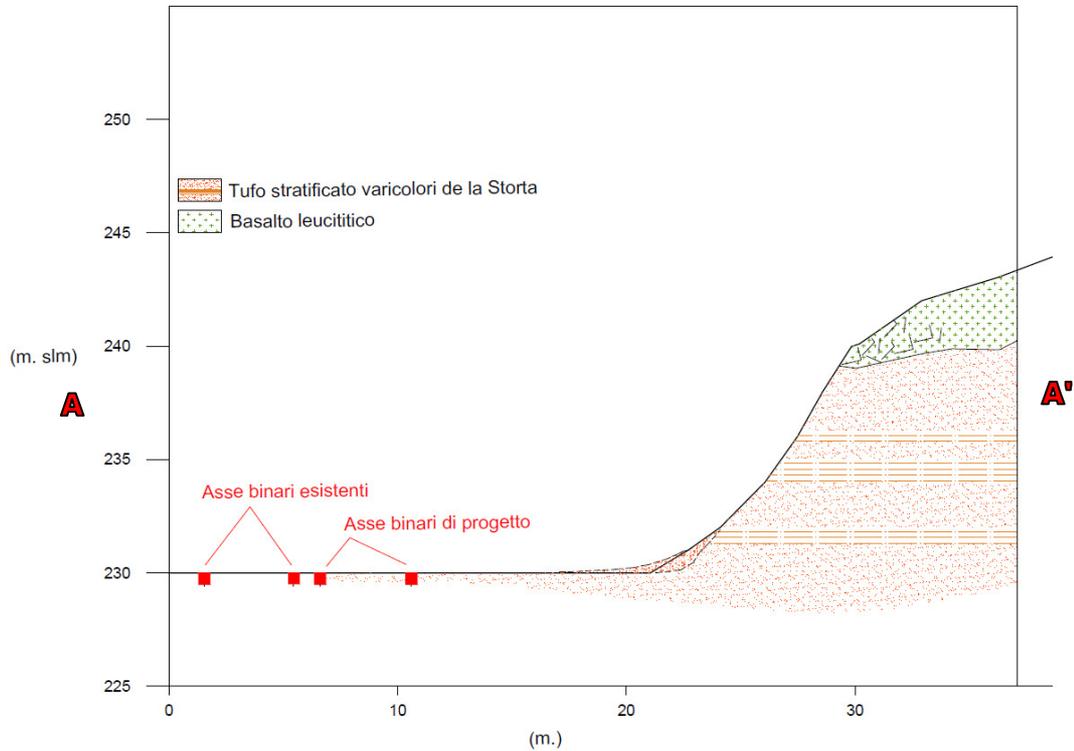


Figura 6. Sezione Geologica rappresentativa, area stazione di Crocicchie

4.2.2 Compatibilità geomorfologica delle opere

Dai sopralluoghi eseguiti a ridosso del versante lato monte si sono evidenziati i seguenti aspetti:

- Taglio nelle bancate di tufo ad elevata pendenza;
- Assenza di detrito alla base (o comunque ricoperto da vegetazione);
- Profilo regolare del versante;
- Assenza di selle e contropendenze.

Per quanto riportato sopra, allo stato attuale nelle condizioni di fatto, non si notano elementi di dissesto e/o instabilità di versante.



Figura 7. Stazione di Crocicchie (Ottobre 2018)

5 VERIFICHE DI STABILITA' DEL PENDIO

5.1 Normativa e raccomandazioni di riferimento

- Circ. LL.PP. 24 settembre n. 30483. “Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. 2004.
- Norme Tecniche per le Costruzioni. DM 17 gennaio 2018.

5.2 Metodologie di calcolo

Le verifiche di stabilità del pendio sono state svolte sia in condizioni statiche che sismiche in accordo a quanto previsto dalla normativa vigente.

L’esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell’equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il codice di calcolo denominato GEOSLOPE 2018, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni.

In accordo con le NTC2018 la valutazione del coefficiente di sicurezza dei pendii naturali, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la tensione di taglio agente lungo la superficie di scorrimento, è stata eseguita impiegando sia per i parametri geotecnici sia per le azioni il loro valore caratteristico. Le verifiche di sicurezza sono state eseguite lungo le superfici di scorrimento che meglio approssimano quelle riconosciute con le indagini.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}}$$

5.3 Modello geotecnico di riferimento

I parametri del terreno da utilizzare nelle verifiche sono stati stimati a partire dalla sezione geologica riportata in Figura 6 e dai risultati dei sondaggi effettuati in prossimità del pendio.

In particolare, per stimare le caratteristiche del basalto si è fatto riferimento alle prove di resistenza effettuate sui campioni di roccia prelevati nelle vicinanze del pendio. Rielaborando i risultati ottenuti mediante il software RocLab (Rocscience), considerando un valore medio di $\sigma_c = 70$ kPa, si ottengono i seguenti valori di coesione e angolo d'attrito:

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 40^\circ$$

Hoek-Brown Classification

intact uniaxial comp. strength (σ_{ci}) = 70 MPa
GSI = 62 $m_i = 20$ Disturbance factor (D) = 0.1
intact modulus (Ei) = 12000 MPa

Hoek-Brown Criterion

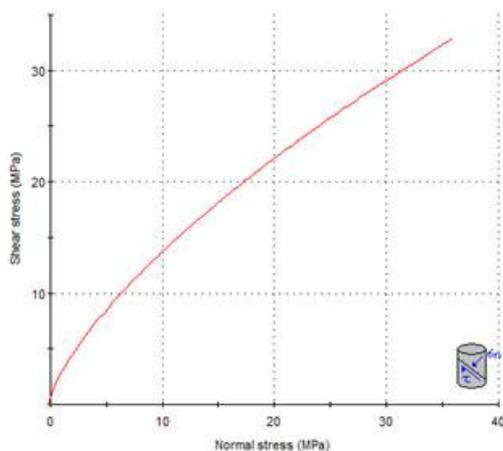
$m_b = 4.793$ $s = 0.0127$ $a = 0.502$

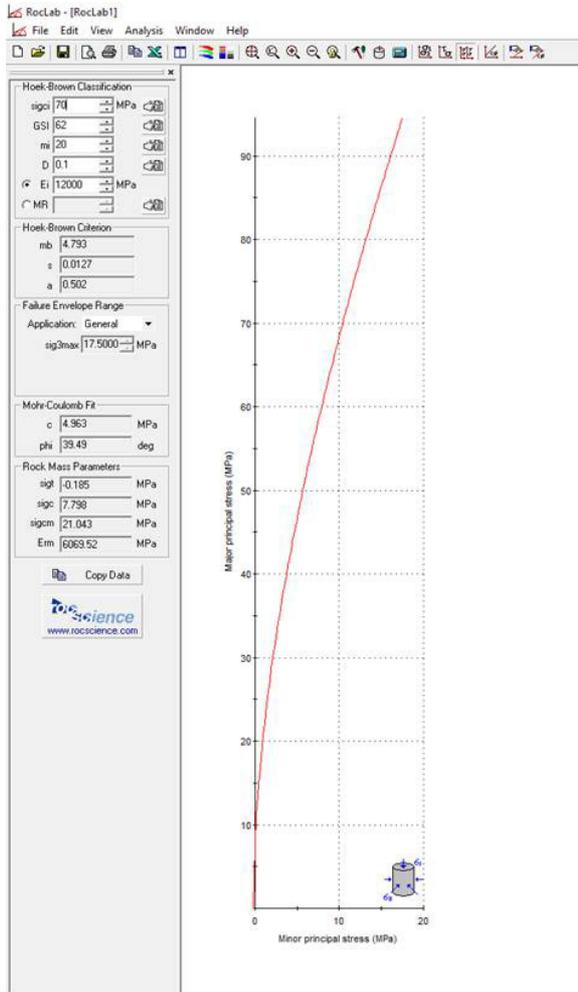
Mohr-Coulomb Fit

cohesion = 4.963 MPa friction angle = 39.49 deg

Rock Mass Parameters

tensile strength = -0.185 MPa
uniaxial compressive strength = 7.798 MPa
global strength = 21.043 MPa
deformation modulus = 6069.52 MPa





Attraverso una back analysis sono stati stimati i parametri di coesione e angolo d'attrito "ideali" del tufo sottostante con i quali il pendio risulta essere in sicurezza:

$$c' = 8 \text{ kPa}$$

$$\phi' = 30.5^\circ$$

tali valori sono coerenti con le risultanze delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nel vicino sondaggio geognostico (S11).

Il modello geotecnico utilizzato viene schematizzato nella figura seguente:

Relazione di Compatibilità Geomorfologica

COMMES	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 69 RG	GE 00 01002	A	19 di 25



5.4 Azione sismica

L'analisi delle condizioni di stabilità del pendio è stata eseguita mediante metodi pseudostatici in cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Le componenti orizzontale e verticale di tale forza sono:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

$$k_v = \pm k_h / 2$$

dove:

k_h = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

k_v = coefficiente sismico in direzione verticale;

a_{\max} = accelerazione massima attesa al sito; g = accelerazione di gravità;

β_s = coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito.

I valori di β_s sono riportati nella Tab. 7.11.I delle NTC2018 al variare della categoria di sottosuolo e dell'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

L'accelerazione massima al sito:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = (S_s \cdot S_T) \cdot a_g$$

dove:

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_T)

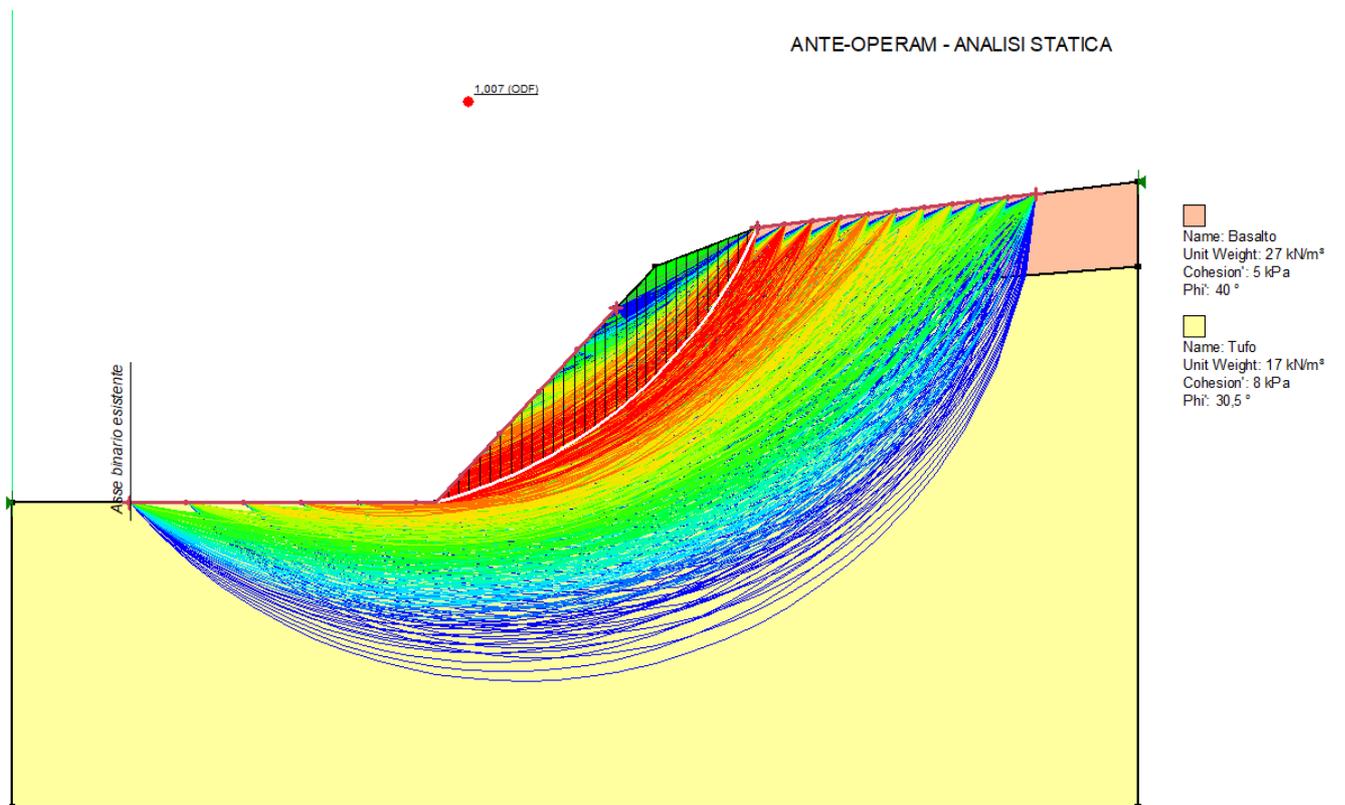
a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

$a_g = 0,071g$
$S_s = 1,6$ (categoria di sottosuolo E)
$S_T = 1,2$ (categoria topografica T2 - Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$)
$a_{\max} = 0,136 g$
$\beta_s = 0,20$
$k_h = 0,027$ $k_v = \pm 0,014$

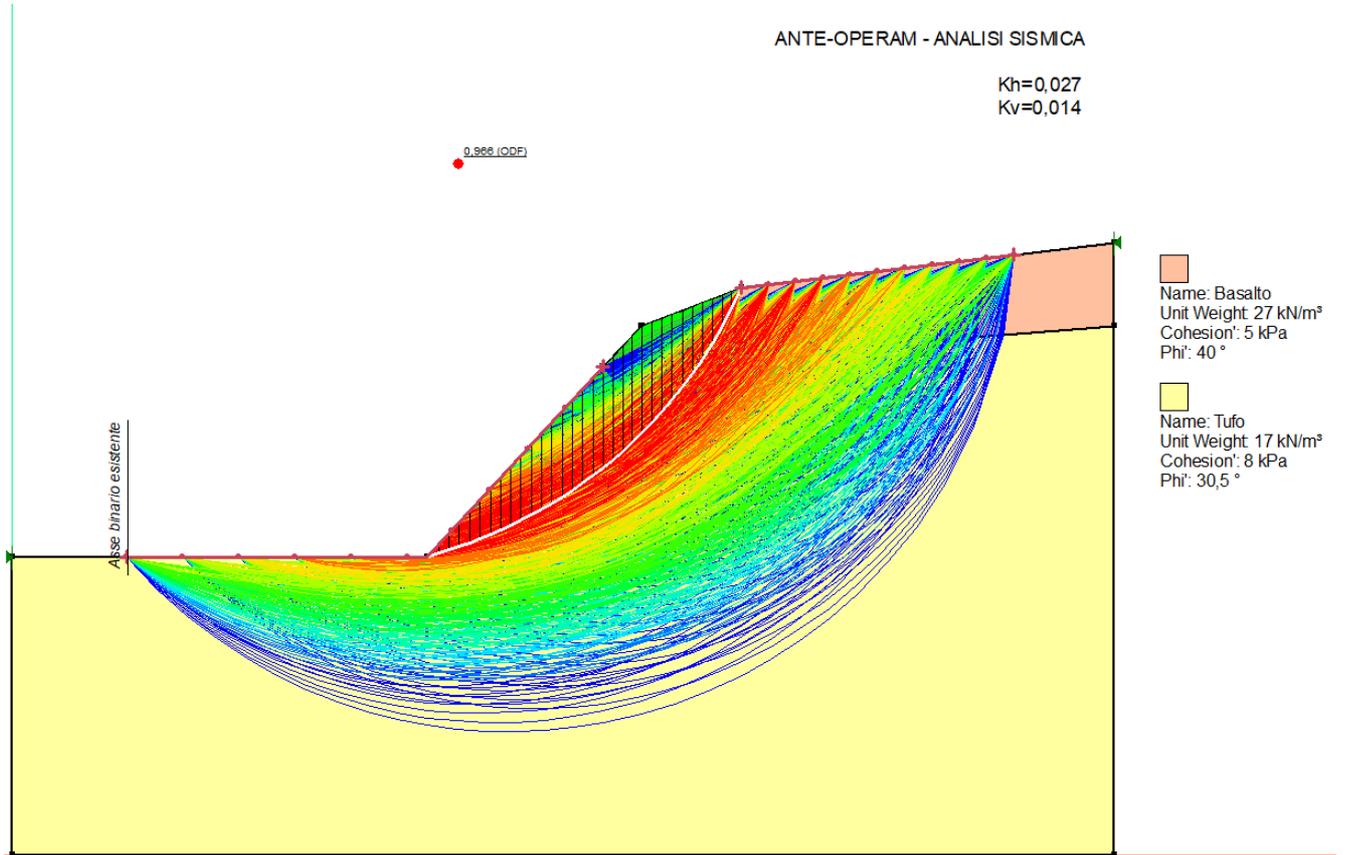
5.5 Risultati

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità della scarpata sia in condizioni statiche che sismiche. I tabulati di calcolo sono riportati in Appendice A.

Per le analisi statiche il fattore di sicurezza risulta di poco superiore all'unità mentre in condizioni sismiche risulta minore dell'unità.



Analisi statica ante-operam – FS = 1,007

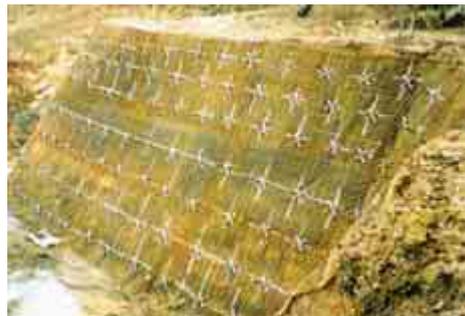


Analisi sismica ante-operam – FS = 0,966

6 INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE

6.1 Descrizione degli interventi

Dalle verifiche di stabilità svolte risulta che il pendio è stabile in condizioni statiche (con $FS=1,001$) mentre in condizioni sismiche il fattore di sicurezza risulta inferiore all'unità ($FS=0,966$). Si è proceduto quindi a prevedere interventi per la messa in sicurezza del versante con il sistema denominato "Soil Nailing". L'obiettivo del soil nailing è migliorare la stabilità del terreno quando si manifestano condizioni di stabilità sfavorevoli. La stabilità è raggiunta inserendo nel terreno barre di rinforzo che sono iniettate e rese solidali al terreno per tutta la loro lunghezza (chiodature). Le chiodature mobilizzano forze attrittive lungo l'intera lunghezza e contribuiscono a migliorare le condizioni di stabilità. Le forze attrittive stabilizzanti sono quindi generate passivamente con l'inizio della rottura nel terreno. Si prevedono barre $\phi 24$ di lunghezza 4 m in acciaio B450C ad aderenza migliorata e testa filettata disposte a maglia quadrata 3m x 3m.



Stabilizzazione mediante soil nailing

La protezione della superficie esposta del terreno rinforzato dai chiodi è ottenuta mediante un rivestimento con una biostuoia e una rete metallica che svolgono la funzione di contenere il terreno tra i chiodi e prevenire fenomeni di erosione. Si prevede quindi un rivestimento vegetativo realizzato con rete metallica a doppia torsione a maglie esagonali tipo 8x10 protetta con un rivestimento in lega zinco-alluminio e sottostante biostuoia in fibra di paglia o juta. La posa della biostuoia e della rete metallica avviene in maniera differenziata, pertanto è possibile rendere la biostuoia ben aderente alla scarpata. La rete preme sulla scarpata migliorando l'aderenza della stuoia ed impedendo i piccoli rilasci gravitativi tipici delle scarpate molto ripide.



Rivestimento antierosivo mediante biostuoia e rete metallica a doppia torsione

Per l'inerbimento della scarpata si prevede una idrosemina a spessore. Questo tipo di idrosemina, in cui alla miscela dell'idrosemina base si aggiunge mulch di fibre di legno, è adatto alle situazioni in cui il substrato è particolarmente povero di materiale organico, sassoso, o costituito da rocce tenere alterate.



Inerbimento della scarpata mediante idrosemina

Viene prevista una ulteriore protezione contro gli eventuali distacchi di materiale dal versante sulla sede ferroviaria. L'opera consiste in un muro in c.a. fondato su micropali con duplice funzione:

- protezione dall'eventuale distacco di materiale non trattenuto dalla rete metallica e dal rivestimento vegetativo;
- stabilizzazione del piede della scarpata.

Per i dettagli sugli interventi di stabilizzazione descritti riferirsi all'elaborato grafico specifico.

6.2 Verifiche di stabilità post-operam

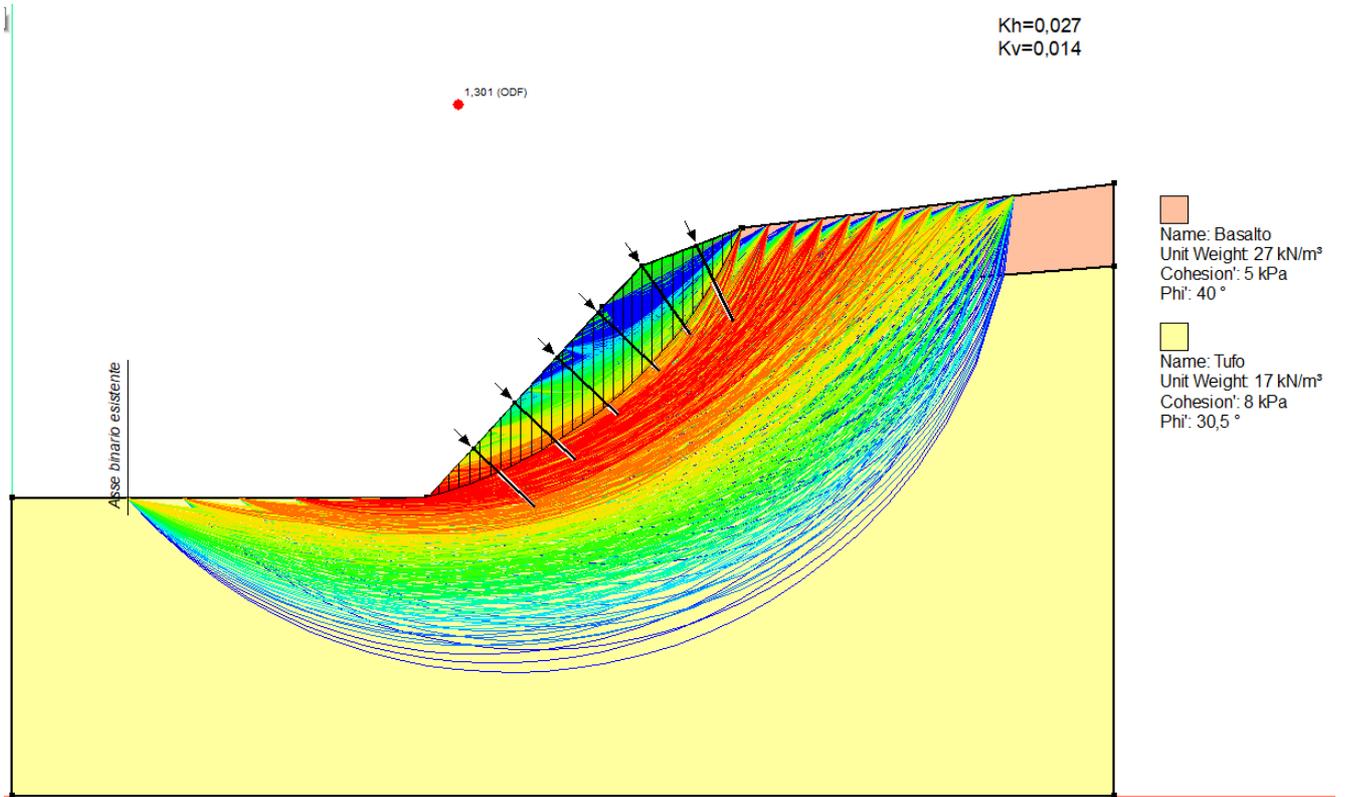
Di seguito si riportano le verifiche di stabilità del pendio dopo la realizzazione del soil nailing per evidenziare l'incremento di sicurezza indotto dall'intervento di stabilizzazione.

Come richiesto dalla normativa vigente, NTC2018, oltre alla valutazione dell'incremento di sicurezza indotto dagli interventi di stabilizzazione nei confronti del meccanismo di collasso più critico, sono state verificate le condizioni di sicurezza connesse anche agli altri meccanismi di collasso, compatibili con gli interventi ipotizzati.

Il calcolo della stabilità dei pendii pre e post intervento è riportato integralmente nella relazione geotecnica NR1J00D29GEGE0005001A.

Relazione di Compatibilità Geomorfológica

COMMES	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01	D 69 RG	GE 00 01002	A	25 di 25



Analisi sismica post-operam – FS = 1,301