

AUTOSTRADA A14: BOLOGNA-TARANTO
TRATTA VASTO SUD-TERMOLI

REALIZZAZIONE DI UNA BRETELLA AUTOSTRADALE
IN LOCALITÀ PETACCIATO
TRA IL km 461+938 E IL km 463+576
(VIADOTTI CACCHIONE E MARINELLA)

PROGETTO DEFINITIVO

COMPATIBILITÀ GEOLOGICA

-	SEZIONE: COMPATIBILITÀ	ELABORATO N. 12.01
---	-------------------------------	---------------------------

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3	PROGETTO DEFINITIVO	MARZO 2009	ANDRIGHETTO	ROCCHI	MAZZONI
2	PROGETTO 2001	OTTOBRE 2001	-	-	-
1	PROGETTO 1996	APRILE 1996	-	-	-

 <p>STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l. ingegneria geotecnica-geologia applicata-ingegneria sismica</p>	<p>IL RESPONSABILE Dott. Paolo Mazzoni Ord. Geologi della Regione Toscana N.301</p>																												
	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">CODICE COMMESSA</th> <th>PROGRESSIVO</th> <th>ELABORATO</th> <th colspan="2">EMISSIONE</th> </tr> <tr> <td>0</td><td>7</td><td>6</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>R</td><td>0</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>	CODICE COMMESSA		PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE		0	7	6	2	2	-	0	1	2	R	0	1	E	0	1				MARZO 2009			
CODICE COMMESSA		PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE																									
0	7	6	2	2	-																								
0	1	2	R	0	1																								
E	0	1																											

<p>autostrade // per l'italia Società per azioni</p> <p>IL RESPONSABILE:</p>	
---	--

AUTOSTRADE S.p.A.
Roma

A14
BOLOGNA-BARI-TARANTO
km 462+340 - km 463+140

Studio di compatibilità geologica

I N D I C E

1.	INTRODUZIONE.....	1
1.1	Oggetto e scopo.....	1
1.2	Prescrizioni del Piano Territoriale Paesistico-Ambientale di Area Vasta	1
2.	CARATTERISTICHE DI RISCHIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO	3
2.1	Inquadramento geologico.....	3
2.2	Situazione geomorfologica dell'area	3
2.3	Caratteristiche di pericolosità dell'area.....	5
3.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE SUE RICADUTE IN TERMINI DI RISCHIO GEOLOGICO.....	7
3.1	Descrizione del progetto.....	7
3.1.1	Opere previste dal progetto	8
3.1.1.1	Opera di sostegno all'imbocco in trincea lato Nord	8
3.1.1.2	Opera di sostegno al piede del rilevato a monte del viadotto Cacchione	9
3.1.1.3	Opera di sostegno al piede del rilevato a monte del viadotto Marinella....	9
3.1.1.4	Opere di sostegno lungo la strada interferente.....	9
3.1.1.5	Opere di regimazione idraulica	10
3.1.2	Risoluzione delle interferenze con opere esistenti.....	10
3.1.2.1	Acquedotto per l'irrigazione del Basso Molise	11
3.1.2.2	Cavi telefonici.....	11
3.1.2.3	Strada vicinale	11
3.2	Impatto del progetto sul rischio geologico dell'area.....	11
4.	ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE.....	15
5.	MISURE DI MITIGAZIONE	16

FIGURE:

Figura 1 – Estensione della frana di Petacciato

Figura 2 – Planimetria con opere di progetto

Figura 3 – Sezioni di riferimento per le analisi di stabilità

1. INTRODUZIONE

1.1 Oggetto e scopo

Il presente elaborato costituisce lo Studio di Compatibilità in termini di Pericolosità – Rischio geologico di cui all'art. 10 della L.R. 1-12-1989 n. 24 ("Disciplina dei piani territoriali paesistico-ambientali") relativo al progetto di realizzazione di una bretella autostradale a monte dei viadotti Cacchione e Marinella dell'autostrada A14, in comune di Petacciato (CB).

Lo studio in oggetto è stato richiesto esplicitamente dalla Regione Molise – Direzione Generale IV – Servizio Beni Ambientali mediante lettera prot. 861 del 18/6/2007, in risposta alla nota n° DNPR/PRM/FT/SP/eo del 23-5-2007, nell'ambito della procedura di approvazione del progetto della bretella autostradale.

Lo studio, ai sensi dell'art. 10 comma 2 della citata legge regionale, ha lo scopo di dimostrare la compatibilità della trasformazione territoriale ipotizzata rispetto alla conservazione delle caratteristiche costitutive degli elementi oggetti di tutela.

In base a quanto indicato al comma 4 dell'art. 10 della stessa legge, lo studio contiene:

- una descrizione dello stato attuale del sito, con riferimento alle problematiche di rischio geologico (capitolo 2);
- l'illustrazione delle caratteristiche del progetto e delle modalità realizzative, in rapporto all'incidenza in termini di rischio geologico (capitolo 3);
- l'illustrazione delle alternative localizzative (capitolo 4);
- le misure proposte per l'eliminazione, l'attenuazione e la compensazione degli effetti ineliminabili tramite modalità progettuali, esecutive e di gestione (capitolo 5).

1.2 Prescrizioni del Piano Territoriale Paesistico-Ambientale di Area Vasta

L'area interessata dagli interventi di progetto si sviluppa nell'ambito del corpo di frana di Petacciato. Come tale essa risulta ubicata in buona parte

all'interno di un'area classificata come "MG1 - Aree di eccezionale pericolosità geologica" dal Piano Paesistico-Territoriale di Area Vasta dell'Area n. 1 della Regione Molise.

L'art. 9 delle norme tecniche del P.T.P.A.A.V. include infatti la frana di Petacciato tra gli "elementi areali di eccezionale pericolosità geologica". Tra i criteri che hanno condotto a tale classificazione assume preminente rilievo il suo carattere di frana attiva di notevoli dimensioni.

L'art. 30 delle stesse norme tecniche prevede che ogni operazione di trasformazione del territorio (ivi comprese quelle relative alla realizzazione di opere infrastrutturali) in aree così classificate debba essere preventivamente sottoposta a verifica di ammissibilità, attraverso la predisposizione (da parte del soggetto proponente la trasformazione) di uno studio specialistico di compatibilità.

CARATTERISTICHE DI RISCHIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO

2.1 Inquadramento geologico

L'area interessata dalle opere in progetto è caratterizzata dall'interazione di due litotipi diversi, rappresentati da un termine argilloso e un termine arenaceo/sabbioso, quest'ultimo generalmente in posizione più elevata e forse talvolta in eteropia.

La verifica del limite fra le due unità non è sempre agevole a causa della forte modificazione antropica del versante; il crostone arenaceo, che avanza verso la costa nella parte centrale dell'area in esame è suddiviso in vari blocchi di spessore irregolare e sempre più ridotto verso valle. Soprattutto in prossimità del tracciato autostradale sembra trattarsi di materiale alloctono, scivolato da zone topograficamente più elevate, per frana.

I due litotipi possiedono caratteristiche tecniche differenti, che hanno influenzato le modalità di sviluppo del fenomeno franoso e la sua morfologia ed infatti:

- il crostone arenaceo/sabbioso e conglomeratico si presenta come rigido, ma con zone di minore resistenza meccanica (livelli sabbiosi non cementati e zone fratturate in precedenza);
- la formazione argillosa, che presenta una elevata consistenza, ha un comportamento geotecnico particolare, da cui deriva la possibilità di fenomeni di rammollimento e rottura progressiva, complicato dalla presenza di veli sabbiosi che creano superfici più deboli ed a minor resistenza.

2.2 Situazione geomorfologica dell'area

La costa adriatica compresa fra Pesaro e Termoli è interessata da numerosi fenomeni franosi, alcuni dei quali di notevole estensione e con periodica riattivazione. Su una lunghezza di circa 270 km si riconoscono infatti almeno una dozzina di fenomeni franosi di notevoli dimensioni, la cui esistenza è documentata storicamente a partire dal 1500. Tali fenomeni franosi presentano aspetti geologici,

geometrici, cinematici e di legame con fattori climatici comuni e possono essere ricondotti, in senso generale, a una comune modellistica di riferimento.

La frana di Petacciato, come storicamente accertato e verificabile dall'analisi e confronto delle foto aeree, è, nel suo complesso, la più estesa della regione, con una lunghezza di circa 2 km, un dislivello superiore ai 200 m ed una larghezza del fronte di circa 7 km.

I limiti storici della frana, compresi fra la foce del Torrente Tecchio a Ovest e la stazione ferroviaria di Coppella a Est, da un lato, e fra l'abitato di Petacciato e il mare Adriatico dall'altro, sono riscontrabili sulla base delle evidenze geomorfologiche osservabili sul territorio.

La catena appenninica, che si sviluppa parallelamente alla linea di costa, è rappresentata in quest'area dai Monti Frentani, costituiti da depositi di età miocenica. Fra questa catena e il mare sono presenti sedimenti plio-pleistocenici, che si presentano come un tavolato degradante dolcemente verso la costa; in accordo alla geologia dell'area ed ai risultati delle indagini geognostiche, il corpo di frana è prevalentemente formato dai terreni argillosi.

Il tavolato è interrotto dal citato gradino morfologico (la falesia su cui sorge l'abitato di Petacciato), circa parallelo alla costa. Il suo margine settentrionale ha un andamento arcuato, con nicchie di distacco che testimoniano il progressivo arretramento del ciglio di scarpata.

Dall'abitato verso il mare, il versante si presenta dapprima come suddiviso in terrazzi discontinui, spezzettati longitudinalmente; acquista poi una caratteristica blanda morfologia mammellonare, degradante verso la spiaggia. La pendenza media del versante assume valori dell'ordine di $5^{\circ}\div 7^{\circ}$, raggiungendo solo eccezionalmente i 10° .

Sono evidenti e numerose le contropendenze; in alcune di queste aree esistono piccoli ristagni d'acqua, a volte di origine naturale, a volte creati artificialmente. La presenza di queste contropendenze con pozze, insieme agli altri elementi citati (morfologia mammellonare, nicchie di distacco arcuate) denuncia la naturale vocazione alla franosità di tutta l'area in oggetto.

In particolare, nella parte più settentrionale dell'area, si può notare la presenza di terrazzi morfologici con andamento all'incirca parallelo alla linea di costa; questi

terrazzi assumono a volte un profilo circolare, tipico di zone di distacco, oppure una morfologia a gradini giustapposti dovuti alla rottura del pendio per movimenti gravitativi.

Nelle aree dove affiorano le formazioni sabbioso-arenacee e conglomeratiche, possono essere individuate zone tipicamente suddivise in blocchi; questi blocchi formano contropendenze caratteristiche, su alcune delle quali si sono formati degli stagni di circa 50-80 m di diametro, probabilmente alimentati anche artificialmente per uso irriguo. Procedendo verso la parte bassa del versante si registra una diminuzione dello spessore del materiale arenaceo, che si presenta in crostoni più sottili e discontinui, spesso in grossi blocchi isolati e trasportati nelle zone a litologia argillosa da precedenti episodi franosi.

Nella parte bassa del versante si passa poi alle zone di affioramento delle unità litostratigrafiche argillose, dove si osserva il riflesso del controllo litologico sulla morfologia, che è blandamente ondulata e mammellonare. Su tutta questa zona sono presenti evidenze riferibili a movimenti del versante e molte sono le abitazioni, le recinzioni e le strade che presentano lesioni minori e fessurazioni.

E' indicativa anche l'osservazione della posizione assunta dai tronchi delle piante, in particolare ulivi, che sono tipicamente arcuati ed inclinati a sottolineare lenti movimenti gravitativi con direzioni anche differenti.

La rete idrografica si presenta poco sviluppata, dendritica, con vallecole incise nei tratti più cementati ed arenacei, con un andamento da S a N passante a SSO-NNE.

Nel corpo di frana esistono alcune sorgenti di contatto che si sviluppano al passaggio fra la formazione detritica sabbioso-arenacea e la sottostante unità argillosa.

Dai caratteri morfodinamici del versante si deduce chiaramente che l'attuale configurazione della scarpata principale di rottura è stata raggiunta con la coalescenza di diverse rotture più localizzate.

2.3 Caratteristiche di pericolosità dell'area

I più importanti movimenti della frana di Petacciato di cui si hanno informazioni sono quelli avvenuti nel 1916, nel 1932, nel 1938, nel 1953, nel 1954, 1955,

1956 e 1960, nel 1966, nel 1979, nel 1991, nel 1996 e nel Febbraio 2009; si è trattato in tutti i casi di rimobilizzazioni parziali, che hanno interessato soprattutto il settore occidentale.

Ciascuno dei suddetti fenomeni può essere ricondotto ad un modello di frana composta, nel quale prevalgono movimenti di scorrimento o scivolamento rotazionali con superfici di rottura profonde e con vergenza verso NE.

La zona più critica, ovvero con più frequenti riattivazioni, sembrerebbe riguardare il tratto compreso tra il Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) ed il Fosso dei Lupi. Sulla base degli studi effettuati non si può tuttavia escludere che in futuro possano verificarsi fenomeni di entità superiore, ovvero tali da interessare aree più ampie se non addirittura l'intera superficie della frana storica illustrata in figura 1, coinvolgendo con rotture tipo "lateral spread" anche il crostone arenaceo-conglomeratico di località Morgetta e le aree ad ovest del Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione).

Da un punto di vista dei possibili interventi di stabilizzazione va evidenziata, data la notevole estensione, sia areale che in termini di profondità del fenomeno franoso, l'irrealizzabilità di sistemazioni risolutive.

Per i fenomeni franosi profondi gli unici interventi possibili consistono nel ricorso al monitoraggio ed alla sorveglianza continua dell'area ed in periodici interventi di manutenzione delle infrastrutture presenti (compresa in particolare l'autostrada, con totale o parziale interruzione del traffico).

Per quanto riguarda l'autostrada, oggetto degli interventi di progetto, si rileva che movimenti di qualche decina di centimetri del corpo franoso, analoghi a quelli che si sono verificati nel passato, possono comportare danneggiamenti ai viadotti esistenti (strutture più sensibili agli spostamenti dei tratti in rilevato) e di conseguenza determinare la necessità di chiusura al traffico del tratto interessato per un periodo di tempo anche significativo. L'attraversamento della frana costituisce quindi un elemento di particolare criticità per il regolare esercizio dell'infrastruttura autostradale.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE SUE RICADUTE IN TERMINI DI RISCHIO GEOLOGICO

3.1 Descrizione del progetto

Il progetto in esame ha come obiettivo la realizzazione di una bretella di una porzione della lunghezza di circa 1 km dell'autostrada A14, Bologna-Bari-Taranto, nel tratto dove essa attraversa il corpo della frana di Petacciato. Tale bretella ha lo scopo di garantire l'esercizio autostradale nell'eventualità di riattivazione dei periodici movimenti del grande corpo franoso che coinvolge i viadotti Cacchione e Marinella situati rispettivamente alle progressive km 462+476 e km 462+915 della stessa Autostrada A14.

Considerata la profondità delle superfici di scorrimento, l'estensione planimetrica del movimento franoso e la conseguente quantità di materiale in frana, appare irrealistico ipotizzare un intervento atto al consolidamento del corpo di frana. A riprova di ciò si evidenzia come gli interventi di stabilizzazione eseguiti a cura delle Ferrovie dello Stato e della Società Autostrade a seguito dei movimenti del corpo di frana del 1979, e consistenti in pali trivellati di grande diametro e pozzi di 30-40 m di lunghezza, non sono stati in grado di evitare gli effetti prodotti dalla successiva riattivazione del 1991.

La soluzione progettuale proposta al fine di contenere gli effetti che una riattivazione dei movimenti potrebbe generare sull'infrastruttura autostradale, consiste quindi nella realizzazione di una bretella autostradale, in affiancamento alla sede esistente, nel tratto che inizia immediatamente prima della spalla Nord del viadotto Cacchione e termina immediatamente a Sud del viadotto Marinella.

La bretella autostradale, avendo un tracciato sostanzialmente in rilevato e trincea, in caso di una riattivazione dell'evento franoso risulta molto meno sensibile dei viadotti esistenti agli effetti delle deformazioni e comunque assai più rapidamente ripristinabile.

Nella figura 2 si riporta una planimetria dell'intervento di progetto.

La soluzione progettuale prevista contempla una carreggiata stradale larga 15 m con una pendenza trasversale della pavimentazione pari al 2.5%.

La pavimentazione stradale sarà composta dai seguenti spessori di materiale:

- fondazione in misto granulare: 35 cm
- conglomerato bituminoso di base: 10 cm
- binder: 6 cm
- strato di usura: 5 cm

3.1.1 Opere previste dal progetto

Il progetto della bretella prevede l'esecuzione delle seguenti opere:

1. un'opera di sostegno costituita da una paratia di pali $\Phi 1200$ tirantata su più ordini (fino ad un massimo di tre ordini), in corrispondenza dell'imbocco in trincea lato Nord;
2. un'opera di sostegno totalmente interrata al piede lato valle del rilevato della bretella in corrispondenza del fosso Cacchione con funzione stabilizzante; l'opera è costituita da setti di diaframma disposti a "coltello", collegati in testa da una trave di coronamento;
3. un'opera di sostegno totalmente interrata al piede lato valle del rilevato della bretella in corrispondenza del viadotto Marinella con funzione stabilizzante; l'opera è costituita da setti di diaframma disposti a "coltello" o pali trivellati di grande diametro, collegati in testa da una trave di coronamento;
4. un'opera di sostegno costituita da paratie di pannelli di diaframma a sostegno degli scavi per la realizzazione del sottovia e delle rampe di accesso della strada interpodereale che sottopassa il rilevato della bretella, immediatamente a sud della spalla lato Bari del viadotto Cacchione;
5. gabbionate di contenimento del versante a monte del tracciato della bretella;
6. opere di regimazione idraulica sul fosso degli Ulivi (o fosso Cacchione).

L'ubicazione delle opere è riportata nella stessa planimetria di figura 2.

3.1.1.1 Opera di sostegno all'imbocco in trincea lato Nord

L'opera, necessaria per sostenere il taglio della scarpata conseguente all'ampliamento della carreggiata, è costituita da una paratia di pali trivellati $\Phi 1200$ mm, tirantata su più ordini. I pali costituenti la paratia (di altezza massima rispetto al piano stradale di circa 6 m) hanno lunghezze massime di circa 20 m; i tiranti sono tutti a 5, hanno un tratto reagente pari a circa 15 m e una lunghezza complessiva

pari a 35, 29 e 25 m rispettivamente per il primo, secondo e terzo ordine, avendo numerato l'ordine dei tiranti per quote assolute decrescenti. A circa 1 m dal piano viabile è prevista anche la realizzazione di dreni suborizzontali microfessurati.

3.1.1.2 Opera di sostegno al piede del rilevato a monte del viadotto Cacchione

Al fine di garantire la stabilità del rilevato della bretella autostradale sul fosso Cacchione e di impedire che lo stesso possa interagire negativamente con le fondazioni delle spalle e della pila del viadotto esistente, si prevede un'opera di presidio interrata al piede consistente in setti di diaframma 1.00x3.00 m disposti a "coltello" ad interasse di 2.25 m e collegati in testa da una trave di coronamento.

3.1.1.3 Opera di sostegno al piede del rilevato a monte del viadotto Marinella

Al fine di garantire la stabilità del rilevato della bretella autostradale nel tratto in affiancamento al viadotto Marinella e di impedire che lo stesso possa interagire negativamente con le fondazioni delle spalle e delle pile del viadotto esistente, si prevede un'opera di presidio interrata al piede consistente in pali trivellati di grande diametro o setti diaframma 0.80x2.50 m disposti a "coltello" ad interasse di 2.25 m. I setti o pali sono collegati in testa da una trave di coronamento.

3.1.1.4 Opere di sostegno lungo la strada interferente

La realizzazione della bretella richiede una variante della strada interpodereale che costeggia il viadotto Marinella per poi deviare verso l'alto del pendio, poco prima della spalla lato Bari del viadotto Cacchione.

In considerazione dei livelli altimetrici del piano viabile della bretella, per il ripristino della viabilità esistente è necessario un abbassamento di quota di quest'ultima per sottopassare la bretella autostradale; tale abbassamento comporterebbe la realizzazione di un tratto in trincea di altezza massima pari a 3.5 m circa; Il livello di falda prossimo al piano campagna, nonché la necessità di smaltire le acque di piattaforma, richiede altresì la realizzazione di opere di drenaggio lungo i due lati del tratto in trincea, con un approfondimento degli scavi dall'attuale piano campagna fino a circa 5.5 m.

Per garantire la stabilità degli scavi in materiale rimaneggiato dai movimenti della frana, sia in fase di costruzione che di esercizio, si prevede l'esecuzione lungo i due lati di un'opera di sostegno, costituita da pannelli di diaframma 0.80x2.50 m. In fase provvisoria i pannelli di diaframma saranno puntellati in testa; in fase definitiva i pannelli troveranno contrasto in una soletta in c.a. gettata in opera a fondo scavo, di spessore 0.6 m. A circa 1.5 m ca. dall'estradosso della trave di coronamento è altresì prevista l'esecuzione di dreni suborizzontali microfessurati.

L'opera di sottopasso della bretella sarà costituita da uno scatolare in c.a. alloggiato tra le paratie di cui sopra, la cui soletta farà contrasto alle paratie stesse.

3.1.1.5 Opere di regimazione idraulica

A completamento dell'intervento è prevista una sistemazione idraulica superficiale dell'area realizzata tramite canalette e pozzetti di raccolta; la rete esistente verrà infatti in parte demolita e ripristinata per tener conto della nuova morfologia.

Dove il rilevato della bretella attraversa il Fosso Cacchione (o Fosso degli Ulivi) è prevista la tombinatura dello stesso per un tratto pari a 50 m ca. al di sotto del rilevato; il tombino è previsto realizzato con tubo esterno in lamiera di acciaio ondulata e tubo interno in lamiera di acciaio liscia; il raccordo tra la tombinatura esistente e la tombinatura in progetto è previsto mediante una canalizzazione a sezione aperta di forma trapezoidale, con larghezza di fondo pari a 2.0 m, larghezza in sommità di circa 7.3 m e profondità totale pari a 2.0 m.

Alle due estremità della paratia multi-tirantata all'imbocco della bretella saranno realizzati dei pozzetti di raccolta delle acque della trincea drenante esistente, delle acque superficiali, provenienti dalla cunetta a ciglio della carreggiata e delle acque provenienti dal drenaggio a tergo del muro.

3.1.2 Risoluzione delle interferenze con opere esistenti

Nell'area interessata dalla bretella autostradale sono presenti alcune opere che interferiscono con la nuova costruzione.

Di seguito si illustrano gli interventi previsti per la risoluzione di tali interferenze.

3.1.2.1 Acquedotto per l'irrigazione del Basso Molise

A monte e a distanza di circa 70 m dall'asse dell'autostrada corre, pressochè parallelamente alla stessa, la tubazione dell'acquedotto per l'irrigazione del Basso Molise con le acque del fiume Biferno.

Prima della realizzazione del rilevato della bretella è prevista la deviazione della condotta di interconnessione a partire dall'attraversamento del fosso Cacchione.

Contestualmente con lo spostamento dell'acquedotto si ritiene necessario che vengano progettati e messi in opera adeguati sistemi di sicurezza in grado di consentire il sezionamento automatico dell'acquedotto in caso di cadute di pressioni dovute a rotture.

3.1.2.2 Cavi telefonici

Lungo il tratto autostradale interessato dalla costruzione della bretella sono presenti cavi telefonici a fibre ottiche, che corrono lungo la carreggiata Sud; si dovrà quindi, prima di dare inizio a qualsiasi lavorazione, provvedere ai necessari spostamenti e/o alla protezione dei cavi.

3.1.2.3 Strada vicinale

La strada interpodereale, che sottopassa il corpo autostradale in corrispondenza del viadotto Marinella, interferisce con il rilevato della bretella.

Il progetto prevede una leggera deviazione del tracciato planimetrico e l'approfondimento della livelletta per consentire il sottopasso della nuova arteria.

3.2 Impatto del progetto sul rischio geologico dell'area

La bretella autostradale, che sarà realizzata principalmente in rilevato, attraversa l'area di frana in corrispondenza del piede della stessa; sebbene il rilevato non presenti dimensioni tali da potere rappresentare una vera banca stabilizzante, è intuitivo pensare che esso non sia in grado di pregiudicare la situazione di equilibrio precario del pendio (legata a meccanismi di scala ben più ampia), ma che possa fornire un minimo contributo alla stabilità di parte della frana. Per quanto concerne

la stabilità locale questa risulta assicurata dalle opere di presidio previste al piede del rilevato (setti di diaframma).

Al fine di definire in maniera analitica le condizioni di equilibrio del corpo di frana e di confrontare lo stato attuale con la situazione conseguente all'inserimento degli interventi di progetto, sono state eseguite apposite verifiche geotecniche di stabilità, presentate nell'elaborato progettuale "Verifiche di stabilità del versante".

Le verifiche consistono in calcoli geotecnici finalizzati a valutare il bilancio delle forze agenti sulla massa instabile.

Confrontando i risultati di tali verifiche di stabilità, condotte con riferimento a differenti scenari di quota della falda e alle due sezioni trasversali più significative per l'area della bretella, si ottengono i valori dei fattori di sicurezza riportati nella tabella seguente.

Sezione geotecnica	Superficie di scorrimento	Fattore di sicurezza attuale	Fattore di sicurezza in presenza della bretella
1	1-a	1.05 ÷ 1.42	1.05 ÷ 1.42
	1-b	1.00 ÷ 1.35	1.00 ÷ 1.33
4	4-a	1.04 ÷ 1.49	1.04 ÷ 1.49
	4-b	1.05 ÷ 1.12	1.06 ÷ 1.13

Le sezioni e le superfici di scorrimento assunte come riferimento per i calcoli sono illustrate nella figura 3.

Per dettagli sulle modalità di calcolo e sui criteri seguiti per l'individuazione delle superfici di scorrimento si rimanda al documento di progetto citato.

Il fattore di sicurezza F_s indica quanto il pendio è prossimo al raggiungimento di condizioni di instabilità, precisamente:

- un valore di F_s minore di 1 caratterizza un pendio instabile;
- un valore di F_s uguale ad 1 caratterizza una situazione di equilibrio limite, potenzialmente instabile;
- un valore di F_s maggiore di 1 caratterizza un pendio stabile; quanto maggiore è il valore, tanto maggiori sono le condizioni di stabilità.

La condizione di stabilità del pendio, e di conseguenza il valore di F_s , può essere tipicamente alterata da variazioni del livello della falda o da variazioni morfologiche, ovvero da eventi che alterano il bilancio delle forze agenti sul corpo della frana.

La variabilità dei valori di F_s riportati in tabella per una stessa sezione è legata a diverse ipotesi sulla quota della falda. Si osserva che la situazione attuale del pendio è al limite dell'instabilità: il valore del fattore di sicurezza sulle diverse sezioni assume infatti valori molto prossimi all'unità, rappresentativi di una situazione di equilibrio limite. Ciò conferma la pericolosità dell'area della frana; il corpo di frana risulta come detto quiescente per lunghi periodi, ed i suoi movimenti vengono riattivati quando si manifestano modifiche dell'equilibrio di forze agenti tali da fare diminuire il valore di F_s al di sotto di 1.

Gli interventi di realizzazione della bretella non modificano se non in maniera trascurabile le azioni agenti sul pendio, e di conseguenza non determinano sostanziali cambiamenti del valore del fattore di sicurezza. Lo stesso sviluppo di tali interventi è estremamente ridotto quando confrontato con le dimensioni del corpo di frana; come precedentemente indicato essi introducono sostanzialmente una limitata modifica morfologica, oltre ad alcune opere di presidio e di sostegno che hanno effetti benefici unicamente sulla stabilità locale.

I calcoli analitici confermano dunque l'adeguatezza dell'approccio impiegato nello sviluppo del progetto della bretella, che è stato concepito in maniera da non alterare significativamente la morfologia e quindi le condizioni di stabilità del versante nei confronti di fenomeni gravitativi profondi come quelli che si riattivano periodicamente.

A seguito dell'analisi svolta si può evidenziare che:

- l'opera non modifica il livello di pericolosità geologica del territorio; essa non modifica infatti il livello di equilibrio del corpo di frana e quindi la probabilità di occorrenza di movimenti del corpo di frana, non essendo in grado, date le sue caratteristiche, di influenzare i meccanismi scatenanti i fenomeni di instabilità;
- al contrario la sua realizzazione incrementa la possibilità di garantire la funzionalità dell'autostrada o quanto meno di contenere i tempi necessari

per il ripristino dell'esercizio qualora si verificano dei movimenti del corpo di frana, ed in tal modo consente di diminuire la vulnerabilità dell'infrastruttura autostradale a fronte di un evento di frana, intesa come potenziale "grado di perdita" risultante dal verificarsi di un fenomeno di una data "magnitudo", espressa in una scala di danno. Di conseguenza l'opera consente di ridurre il livello di rischio per il territorio circostante, definito analiticamente come prodotto della pericolosità, della vulnerabilità e dell'esposizione.

4. ALTERNATIVE DI LOCALIZZAZIONE

La bretella autostradale di progetto costituisce un'opera finalizzata a funzionare in condizioni di emergenza e a garantire l'esercizio dell'autostrada A14 nel caso in cui si manifestino movimenti importanti del corpo di frana di Petacciato che potrebbero compromettere i viadotti Cacchione e Marinella.

La soluzione progettuale proposta consiste in un tracciato meno sensibile di quello esistente a movimenti che possono essere dell'ordine delle decine di centimetri.

Dal momento che essa funge da "bypass" del tratto autostradale dei due viadotti citati, la sua localizzazione è obbligata: essa inizia e termina poco dopo le spalle dei citati viadotti. L'opera è stata mantenuta il più possibile aderente alla sede dell'autostrada. Non si ravvisano alternative progettuali realizzabili:

- uno spostamento dell'opera più a monte determinerebbe la necessità di maggiori occupazioni di territorio e comporterebbe un maggiore impatto in termini di scavi sul pendio in frana;
- uno spostamento dell'opera a valle dell'autostrada comporterebbe la necessità di realizzare un viadotto più lungo dei due esistenti, che non risulterebbe accettabile in quanto le pile dello stesso non potrebbero essere fondate che sul corpo in frana.

5. MISURE DI MITIGAZIONE

Il progetto della bretella autostradale costituisce esso stesso una misura per il contenimento del rischio geologico connesso ad una riattivazione del movimento della frana di Petacciato. La sua realizzazione infatti consente di prevenire gli effetti disastrosi che potrebbero essere causati da una messa fuori esercizio dell'infrastruttura autostradale nel caso in cui lo spostamento della frana determini danneggiamenti importanti ai viadotti Cacchione e Marinella, e quindi di ridurre la vulnerabilità dell'autostrada stessa, e, più indirettamente, del territorio.

Un movimento significativo del corpo franoso, del tipo di quelli che si sono manifestati nel passato, potrebbe determinare danni a tutte le infrastrutture di trasporto che corrono allineate lungo la costa: l'autostrada, la ferrovia e la strada statale. La possibilità di mantenere comunque la funzionalità dell'autostrada tramite la bretella di bypass, o quanto meno di poterla ripristinare in un tempo molto ridotto, data la semplicità delle opere che costituiscono la sede stradale, costituisce una misura di riduzione del rischio sul territorio di area vasta, inteso in un senso più ampio di quello direttamente coinvolto dal corpo franoso, come precedentemente evidenziato.

Come sopra illustrato inoltre, l'opera non determina variazioni del livello di pericolosità del territorio: come tale non richiede specifici interventi di mitigazione.