

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

RELAZIONE TECNICA GENERALE

-	SEZIONE: PARTE GENERALE	ELABORATO N. 1.02
---	--------------------------------	--------------------------

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDDATO	VERIFICATO	APPROVATO
3	PROGETTO DEFINITIVO	MARZO 2009	BONIZZONI	ROCCHI	ROCCHI
2	PROGETTO 2001	OTTOBRE 2001	-	-	-
1	PROGETTO 1996	APRILE 1996	-	-	-

 <p>STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l. ingegneria geotecnica-geologia applicata-ingegneria sismica</p>	IL DIRETTORE TECNICO Ing. GianFrancesco Rocchi Ord. Ingg. Milano N.16492													
	<table border="1"> <tr> <th>CODICE</th> <th>COMMESSA</th> <th>PROGRESSIVO</th> <th>ELABORATO</th> <th>EMISSIONE</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>7 6 2 2</td> <td>-</td> <td>0 2 5</td> <td>R 0 2 E 0 3</td> </tr> </table>	CODICE	COMMESSA	PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE	0	7 6 2 2	-	0 2 5	R 0 2 E 0 3	MARZO 2009		
CODICE	COMMESSA	PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE										
0	7 6 2 2	-	0 2 5	R 0 2 E 0 3										

 <p>Società per azioni</p> <p>IL RESPONSABILE:</p>	
---	--

I N D I C E

1.	OGGETTO	1
2.	FINALITÀ ED ITER PROGETTUALE DELLA BRETELLA AUTOSTRADALE.....	2
3.	ORGANIZZAZIONE E LETTURA DEI DOCUMENTI DI PROGETTO	8
4.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
4.1	Normativa generale	11
4.2	Normativa Difesa del Suolo	11
4.3	Normativa Strade ed Opere Complementari.....	11
4.4	Normativa Geotecnica	11
4.5	Normativa Cemento Armato ed Acciaio	12
5.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	13
6.	SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE DELL'AREA.....	15
6.1	Sintesi della situazione tettonico-strutturale	15
6.2	Sintesi dei caratteri litostratigrafici	18
6.3	Sintesi della situazione geologica	25
6.4	Sintesi della situazione geomorfologica	26
6.5	Sintesi della situazione idrogeologica.....	26
6.6	Tipologia del movimento franoso.....	27
6.6.1	Zona del coronamento	27
6.6.2	Parti laterali della frana	28
6.6.3	Zona di piede	29
6.6.4	Sintesi.....	29
7.	SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOTECNICHE DELL'AREA	31
7.1	Profilo stratigrafico	34
7.2	Livelli piezometrici	35
7.3	Caratterizzazione geotecnica	36
7.3.1	Stati iniziali e grado di sovraconsolidazione meccanica	37
7.3.2	Stato tensionale efficace iniziale (geostatico)	37
7.3.3	Coefficienti di compressione	38
7.3.4	Resistenza al taglio non drenata	38

7.3.5	Parametri di resistenza in termini di sforzi efficaci	43
7.3.6	Caratteristiche di deformabilità	45
7.3.7	Velocità delle onde di taglio	46
7.3.8	Coefficienti di permeabilità	50
8.	INQUADRAMENTO SISMICO	52
9.	PROGETTO STRADALE.....	54
9.1	Bretella autostradale	54
9.2	Strada interpodereale	56
10.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	57
10.1	Opera di sostegno all'imbocco Nord della bretella	58
10.2	Setti di diaframmi ai piedi del rilevato zona viadotto Cacchione.....	61
10.3	Strada interpodereale	61
10.4	Setti di diaframmi ai piedi del rilevato zona viadotto Marinella.....	64
11.	PROGETTO IDRAULICO	65
11.1	Elementi alla base del progetto	65
11.2	Individuazione dei bacini idrologici	68
11.3	Tempi di ritorno e portate di progetto	69
11.4	Elementi idraulici	70
12.	SPOSTAMENTO UTENZE ED INTERFERENZE	72
12.1	Acquedotto per l'irrigazione del Basso Molise	72
12.2	Cavi telefonici	72
12.3	Strada interpodereale	72
12.4	Trave tirantata su pali	73
12.5	Diaframmi drenanti in destra sede autostradale esistente	73
13.	ESPROPRI.....	76
14.	TEMPI ESECUTIVI E SUCCESSIONE DEGLI INTERVENTI	77
15.	VALUTAZIONE ED IMPORTO DEL LAVORI	78
16.	QUADRO ECONOMICO	79

1. OGGETTO

Questo documento descrive il progetto di realizzazione della nuova bretella dell'Autostrada A14 "Bologna-Bari-Taranto" in località Petacciato, nel tratto compreso tra le progressive autostradali km.461+938 e km.463+576. Tale bretella si rende necessaria a causa del periodico riattivarsi del movimento franoso che si estende dall'abitato di Petacciato fino oltre la linea di costa; tale movimento franoso interessa più marcatamente il tratto compreso tra il Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) e il Fosso della Torre e coinvolge il corpo autostradale in corrispondenza dei viadotti Cacchione (situato tra le progressive km.462+446 e Km.462+521) e Marinella (situato tra le progressive km.462+761 e km.463+090).

Scopo della presente relazione è di descrivere la finalità della bretella e le opere che la compongono, nonché di fornire i relativi computi metrici e l'importo del lavoro.

Il progetto è stato redatto in accordo alla nuove [Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008](#); secondo tali norme il comune di Petacciato ricade in zona sismica.

Si rileva che il progetto della bretella prevede anche delle somme a disposizione per:

- lo spostamento del tracciato dell'acquedotto presente a monte dell'autostrada, la cui progettazione ed esecuzione rimane a carico dell'autorità competente. 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. Lo spostamento dell'acquedotto dovrà essere effettuato prima o contestualmente ai lavori della nuova bretella autostradale.
- lo spostamento dei cavi Telecom, la cui progettazione ed esecuzione rimane a carico dell'autorità competente.

2. **FINALITÀ ED ITER PROGETTUALE DELLA BRETELLA AUTOSTRADALE**

La bretella autostradale in oggetto viene a collocarsi nell'ambito di un'ampia area franosa che si sviluppa fra l'abitato di Petacciato e la vicina costa adriatica. Come discusso nella [Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica](#) (elaborato [3.01](#)), in tale area periodicamente si riattivano movimenti gravitativi profondi tali da creare problemi all'abitato, alla viabilità di accesso all'abitato e alle infrastrutture di trasporto situate nella parte bassa del versante (autostrada A14, ferrovia e strada statale).

Le ultime importanti riattivazioni dei movimenti gravitativi profondi sono state registrate nel 1979, nel 1991, il 15 marzo 1996 e il 20 febbraio 2009.

In relazione alle notevoli profondità delle superfici di scorrimento, opere di stabilizzazione convenzionali (strutturali o drenanti) risultano non del tutto efficaci; basti pensare che gli interventi progettati ed eseguiti dalle Ferrovie dello Stato e dalla società Autostrade a seguito della riattivazione del 1979 (pozzi di lunghezza 30÷40 m e pali trivellati di grande diametro), non sono stati in grado di evitare gli effetti prodotti dalle successive riattivazioni. In presenza di tali fenomeni gravitativi profondi non resta che procedere con (si veda ad esempio [Melidoro & Mazzabotta, 1996](#)):

- il ricorso al monitoraggio e alla sorveglianza continua dell'area;
- periodici interventi di manutenzione dell'autostrada con totale o parziale interruzione del traffico.

Sotto tali presupposti, al fine di mitigare gli effetti prodotti da una riattivazione del movimento franoso in termini di tempi d'interruzione della viabilità, la società *Autostrade // per l'Italia* si propone di realizzare una bretella autostradale, in affiancamento lato monte all'autostrada esistente, nel tratto che inizia immediatamente prima della spalla Nord del viadotto Cacchione e termina immediatamente a Sud del viadotto Marinella, per complessivi 1650 m circa. Fatta eccezione per il tratto di imbocco lato Nord, di lunghezza 500 m circa, la bretella è costituita principalmente da rilevati che, in caso di riattivazione dei movimenti gravitativi profondi (causata da condizioni idrogeologiche profonde

particolarmente avverse e/o da eventi sismici), sono meno sensibili dei viadotti dell'autostrada esistente agli effetti prodotti dalle deformazioni totali e differenziali, e risultano comunque più rapidamente ripristinabili e comportano meno rischi rispetto all'esercizio dei viadotti (in particolare il viadotto Cacchione).

Il progetto delle opere costituenti la bretella, descritto nel seguito, è stato pertanto sviluppato sulla base dei seguenti criteri:

- Definendo un tracciato plano-altimetrico tale da ridurre al minimo gli effetti prodotti dall'inserimento della bretella sul versante, ovvero limitando le altezze dei rilevati, nonché i tratti e le altezze delle trincee.
- Dimensionando, su gran parte del tracciato, la sezione dei rilevati in modo tale da avere coefficienti di sicurezza in campo statico superiori a 1.3 nei confronti di fenomeni di instabilità locali. Per fenomeni di instabilità locali si intendono quelli connessi con lo scivolamento lungo il piano di appoggio del rilevato e con la capacità portante lungo superfici di rottura che interessano gli strati di terreno più superficiali.

In presenza di riattivazione dei movimenti gravitativi profondi si accetta che i rilevati possano subire spostamenti dell'ordine di quelli già verificati in passato (diversi decimetri), potendo ripristinare la viabilità con interventi di manutenzione relativamente contenuti.

- Introducendo, nei tratti in affiancamento ai viadotti Cacchione e Marinella, opere di presidio al piede dei rilevati, con la finalità di garantire coefficienti di sicurezza in campo statico superiori a 1.3 nei confronti di fenomeni di instabilità locali e rendere più omogenea l'entità degli spostamenti indotti dalle periodiche riattivazioni della frana (sia in condizioni statiche, sia in condizioni sismiche), limitatamente alla fascia di terreno attraversata dai pali di fondazione dei viadotti (25÷30 m di profondità dal p.c.).

Anche in questi tratti si accetta che, in presenza di riattivazione dei movimenti gravitativi profondi, i rilevati possano subire spostamenti dell'ordine di quelli già verificati in passato (dell'ordine di diversi decimetri), potendo ripristinare la viabilità con interventi di manutenzione relativamente contenuti.

Il ricorso a opere di presidio al piede dei rilevati appare particolarmente necessario in corrispondenza del viadotto Cacchione, per i seguenti motivi:

- Nel corso della riattivazione dei movimenti del 1991 le pile e le spalle del viadotto Marinella hanno subito spostamenti relativamente omogenei. È presumibile che spostamenti relativamente omogenei si siano verificati anche nel corso della riattivazione del 1979; in merito all'ultimo evento del 2009 non si hanno ancora dati definitivi a disposizione ma sembra che anche in questo caso gli spostamenti siano stati sostanzialmente omogenei. A seguito degli eventi del 1979 e del 1991 non fu progettato ed eseguito alcun intervento di presidio.
 - Nel corso della riattivazione del 1991 e dell'ultima del Febbraio 2009 le spalle e la pila del viadotto Cacchione hanno subito movimenti differenziati, risultando maggiori quelli in corrispondenza della spalla Sud lato Termoli. È presumibile che spostamenti differenziati si siano verificati anche nel corso della riattivazione del 1979; una riprova di ciò è rappresentata dal fatto che a seguito della riattivazione del 1979 fu progettata ed eseguita l'opera di sostegno a monte della spalla Sud lato Termoli (si veda quanto riportato nella **Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica**, elaborato **3.01**).
 - Causa l'attraversamento del Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione), le altezze di rilevato della bretella assumono valori dell'ordine di 7÷8 m.
- Operando con accorgimenti costruttivi tali da mantenere il piano di posa e il corpo dei rilevati esenti dagli effetti negativi prodotti da fenomeni di filtrazione dell'acqua di falda.
 - Concependo l'opera di sostegno all'imbocco Nord lato Vasto in modo tale che sia stabile con adeguati margini di sicurezza nei confronti di fenomeni di instabilità locali e sufficientemente flessibile da adattarsi ai movimenti totali e differenziali indotti dalle riattivazioni dei fenomeni gravitativi profondi.
 - Verificando che le opere costituenti la bretella autostradale non pregiudichino in alcun modo l'attuale situazione di equilibrio precario del pendio; esse semmai forniscono un contributo positivo alle condizioni di stabilità locale, in ragione anche dell'esecuzione dell'opera di sostegno all'imbocco Nord lato Vasto e delle opere di presidio al piede nei tratti a monte dei viadotti Cacchione e Marinella.

In accordo alle linee generali sopra descritte, il progetto della bretella autostradale si è sviluppato in più fasi.

Una prima versione del progetto è stata redatta con il **Progetto Aprile 1996**; tale progetto prevedeva un'unica carreggiata, con una corsia per ogni senso di marcia; nella zona del viadotto Marinella, oltre alla carreggiata normale, erano previste anche due ampie zone di sosta, di larghezza comparabile con quella della carreggiata stessa. All'epoca del progetto 1996 l'area non era classificata sismica. Con nota n.273/0499/00 del 20 Settembre 1996 (inviata al Dipartimento della Protezione Civile, al Ministero dei LL.PP, alla Regione Molise e al Comune di Petacciato), reiterata con nota n. 354/0949/00 del 13 Ottobre 1997, la Società Autostrade chiedeva al Dipartimento della Protezione Civile (Ministero degli Interni) il nulla osta per la realizzazione della bretella nel tratto in oggetto, sulla base del progetto dell'Aprile 1996.

Il progetto dell'Aprile 1996 ha avuto il parere favorevole della Regione Molise (cfr. nota n. 22183 del 2 Ottobre 1996) ed è stato istruito dalla Commissione Tecnico Scientifica presieduta dai [Proff.V.Cotecchia](#) e [G.Melidoro](#) su incarico del Dipartimento della Protezione Civile. In sintesi, in data 11 Gennaio 2000, anche tale commissione ha espresso un parere favorevole con qualche prescrizione/suggerimento, rilevando quanto segue:

1. "Le caratteristiche geologico-ambientali della zona non consentono soluzioni alternative di tracciato.....La soluzione prescelta è quella di convivere con il movimento franoso, intervenendo sulla sovrastruttura stradale ogni qualvolta si renda necessario a causa della rimobilizzazione della frana".
2. Il sovraccarico indotto dal rilevato nella zona del viadotto Marinella è invero modesto, La bonifica del piano di posa e l'introduzione degli elementi di sostegno locali potrebbe addirittura migliorare le condizioni di stabilità della coltre superficiale. Quanto alla frana profonda, detto sovraccarico di fatto non viene a disturbare le condizioni di stabilità globali del versante".
3. La bretella dovrebbe essere utilizzata solo in caso di riattivazione della frana o di straordinaria manutenzione dei viadotti Cacchione e Marinella; non si ravvisa

pertanto "la necessità di prevedere zone per la sosta lungo la variante stessa"; dette zone di parcheggio andrebbero eliminate, mantenendo l'ordinaria larghezza della carreggiata, eliminando anche la necessità di maggiori sezioni di scavo e quindi il rischio di eventuali rimobilizzazioni della coltre più superficiale (prescrizione).

4. La realizzazione della bretella autostradale implica una variante della strada interpodereale che costeggia il viadotto Marinella, deviando poi verso l'alto del pendio, poco prima della spalla Sud del viadotto Cacchione. Tenuto conto della quota finale della carreggiata della bretella e delle quote topografiche del piano campagna nella zona interessata dalla strada, il ripristino della viabilità esistente implica che la strada interpodereale si abbassi di quota allocandosi in una trincea della profondità di 6 m circa. Qualunque sia la soluzione è indispensabile prevedere lungo detta stradina opere di sostegno laterale delle due scarpate in trincea, dal momento che esse sono scavate in terreno rimaneggiato da frana" (prescrizione).
5. Per quanto riguarda l'opera di presidio al piede del rilevato in corrispondenza del viadotto Cacchione è opportuno che, oltre che assorbire il sovraccarico del rilevato, assuma anche la funzione di sostegno laterale dei corpi franosi più superficiali (prescrizione). È altresì opportuno valutare la possibilità di introdurre una serie di dreni suborizzontali, prevedendo lo scarico delle acque così drenate (suggerimento).
6. È necessario che la Società Autostrade collabori alle indagini geognostiche e geotecniche programmate con riferimento al complesso e ampio movimento franoso in oggetto, continuando a fornire i dati di misure e controlli con la strumentazione già installata, facendosi carico delle altre operazioni concordate.

A seguito del parere della Commissione Tecnico Scientifica è stato redatto il **Progetto Ottobre 2001**; tale progetto recepisce integralmente le prescrizioni di cui ai precedenti punti 3, 4 e 5. Non viene invece recepito il suggerimento in merito alla realizzazione di dreni suborizzontali in corrispondenza dell'opera di presidio al piede del rilevato in prossimità del viadotto Cacchione; gli effetti prodotti da tale intervento sono infatti da ritenersi poco significativi; la modesta differenza di quota

tra testa dell'opera di presidio (+13÷+15 m s.l.m.m.) e quota tubazione di sbocco nel fosso Cacchione (+10 m s.l.m.m.) fa sì che il drenaggio venga ad interessare uno spessore di terreno molto contenuto.

In merito a quanto indicato al punto 6 la Società Autostrade ha contribuito attivamente all'esecuzione di parte dell'indagine geognostica e geotecnica del 2000-2001, effettuata sotto la guida del Comitato Tecnico Scientifico; tale indagine ha indubbiamente ampliato il quadro conoscitivo relativo al movimento franoso in oggetto.

Anche all'epoca della redazione del progetto 2001 l'area non era classificata sismica.

Il **Progetto Marzo 2009**, oggetto della presente relazione, è stato sviluppato tenendo conto delle seguenti ulteriori necessità:

- Una rivisitazione del progetto dell'Ottobre 2001 alla luce:
 - dei risultati della campagna di indagine integrativa 2000-2001 effettuata sotto la guida del Comitato Tecnico Scientifico;
 - dei risultati degli studi effettuati dal Comitato Tecnico Scientifico in merito al fenomeno franoso in oggetto, sulla base dei risultati dell'indagine integrativa 2000-2001;
 - dei risultati aggiornati del monitoraggio piezometrico ed inclinometrico.
- Recepire quanto previsto dalla nuova classificazione sismica del territorio italiano e assicurare che le opere progettate ed eseguite siano caratterizzate da un'adeguata protezione antisismica.
- Prevedere, ferme restando le dimensioni trasversali della strada previste nel progetto 1996 e nell'aggiornamento del 2001, due carreggiate con doppia corsia per ogni senso di marcia.
- Recepire quanto previsto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008.

3. ORGANIZZAZIONE E LETTURA DEI DOCUMENTI DI PROGETTO

Il progetto in oggetto è stato organizzato nelle seguenti sezioni:

1. **PARTE GENERALE**
2. **COMPUTI E STIME**
3. **GEOLOGIA**
4. **GEOTECNICA**
5. **VIABILITÀ**
6. **OPERE D'ARTE**
7. **OPERE D'ARTE - Parafia dal km.0+300.45 al km.0+478.96**
8. **OPERE D'ARTE - Strada interpodereale al km.0+619.42**
9. **OPERE D'ARTE - Fosso Cacchione – Ritombamento e stabilizzazione rilevato**
10. **OPERE D'ARTE - Stabilizzazione rilevati zona viadotto Marinella**
11. **IDRAULICA**
12. **COMPATIBILITÀ**

In breve gli elaborati di ciascuna sezione hanno i seguenti contenuti:

1. PARTE GENERALE:

comprende tutti gli elaborati, grafici e non, di inquadramento generale del progetto, dal rilievo topografico allo stato di fatto, alle planimetrie di progetto e al piano particellare di esproprio, compreso il quadro economico riportato alla fine di questo stesso documento.

2. COMPUTI E STIME:

comprende gli elaborati relativi alla stima economica degli interventi in progetto.

3. GEOLOGIA:

comprende gli elaborati di inquadramento geologico dell'area interessata dal progetto.

4. GEOTECNICA:

comprende gli elaborati di inquadramento geotecnico dell'area interessata dal progetto.

5. VIABILITÀ:

comprende gli elaborati di tracciamento della nuova bretella autostradale e di adeguamento della strada interpoderale con il relativo sottopasso alla bretella in progetto, nonché i profili longitudinali e le sezioni trasversali.

6. OPERE D'ARTE:

comprende gli elaborati di calcolo e dimensionamento geotecnico delle opere d'arte, suddivise in:

- o rilevati e trincee stradali ed opere di stabilizzazione locale;
- o paratia dal Km.0+300.45 al km.0+478.96;
- o strada interpoderale al km.0+619.42.

7. OPERE D'ARTE - Paratia dal km.0+300.45 al km.0+478.96

Comprende gli elaborati di progetto della paratia di imbocco lato Vasto, tra cui lo stato di fatto e di progetto, le fasi esecutive, piante e prospetti, gli elaborati di calcolo e di dimensionamento degli elementi strutturali, le tavole di armatura e tabelle ferri ed il piano di monitoraggio dell'opera.

8. OPERE D'ARTE – Strada interpoderale al km.0+619.42:

comprende gli elaborati di progetto della strada interpoderale e del suo sottopasso alla nuova bretella autostradale, tra cui lo stato di fatto e di progetto, le fasi esecutive, piante e prospetti, gli elaborati di calcolo e di dimensionamento degli elementi strutturali, le tavole di armatura e tabelle ferri ed il piano di monitoraggio dell'opera.

9. OPERE D'ARTE – Fosso Cacchione – Ritombamento e stabilizzazione rilevato:

comprende gli elaborati di progetto del ritombamento del fosso Cacchione e di stabilizzazione del rilevato autostradale, tra cui lo stato di fatto e di progetto, le fasi esecutive, piante e prospetti, gli elaborati di calcolo e di dimensionamento degli elementi strutturali, le tavole di armatura e tabelle ferri ed il piano di monitoraggio dell'opera.

10. OPERE D'ARTE – Stabilizzazione rilevati zona viadotto Marinella:

comprende gli elaborati di progetto della stabilizzazione del rilevato autostradale nella zona del viadotto Marinella, tra cui lo stato di fatto e di progetto, le fasi esecutive, piante e prospetti, gli elaborati di calcolo e di dimensionamento degli elementi strutturali, le tavole di armatura e tabelle ferri ed il piano di monitoraggio dell'opera.

11. IDRAULICA:

comprende gli elaborati del progetto idraulico per lo smaltimento delle acque di piattaforma autostradale e di versante tra cui stato di fatto e di progetto, planimetrie, profili idraulici e particolari costruttivi.

12. COMPATIBILITÀ:

comprende la relazione di compatibilità geologica e la relazione di compatibilità idrogeologica secondo quanto richiesto da:

- o 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.
- o Delibera del Comitato Istituzionale n.103 del 29 settembre 2006, pubblicato sulla gazzetta Ufficiale della Regione Molise n.29 parte seconda.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

4.1 Normativa generale

- Legge 109/'94 e s.m.i. ("Legge Merloni") e il D.P.R. 554/99 (Regolamento di Attuazione).
- Decreto Ministeriale del 14 febbraio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.

4.2 Normativa Difesa del Suolo

- Legge 18 maggio 1989, n. 183, Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo.
- DD. LL. 11 giugno 1998, n. 180, Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania.
- Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, Comitato Istituzionale, Seduta del 29 Settembre 2006, Deliberazione n° 103.
- Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione. Allegato 1 delle Norme di Attuazione (assetto idraulico e assetto di versante) del Progetto di Piano Stralcio per per l'Assetto Idrogeologico per il Bacino Regionale del Fiume Biferno e Minori.

4.3 Normativa Strade ed Opere Complementari

- Società Autostrade – Roma - Norme Tecniche di Appalto.
- D.M. 18 Febbraio 1992, Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza.
- D.M. 21 Giugno 2004, Dispositivi di ritenuta.
- Ministero dei trasporti, Prot. n.000104862/RU/U del 15-11-2007 - Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004.
- D.M. 10 Luglio 2002, Disciplinare tecnico relativo agli schemi segnaletici, differenziati per categoria di strada, da adottare per il segnalamento temporaneo, Supplemento Straordinario alla G.U. n.226 del 26 Settembre 2002 – Serie generale.

4.4 Normativa Geotecnica

- D.M. 11.03.1988 e s.m.i. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e le scarpate, i criteri generali, e le

prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".

- o Circ. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483 "Norme tecniche per terreni e fondazioni – Istruzioni applicative".
- o Raccomandazioni AICAP (1993).
- o USS Steel Sheet Piling Design Manual, February 1974.
- o British Steel Corporation, Piling Handbook 1981.

4.5 Normativa Cemento Armato ed Acciaio

- o Decreto Ministeriale del 14 febbraio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- o CNR_UNI 10011/97, "Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione".

5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [Al-Tabbaa A., Wood M.D. \(1989\)](#) "An experimentally based "bubble" model for clay" Proc. of Numerical Models in Geomechanics. NUMOG III, eds. Pande G. N. & Pietruszczak S., pp. 91-98, London, Elsevier.
- [Atkinson J.H., Bransby P.I.](#) "The Mechanics of Soils - An Introduction to Critical State Soil Mechanics" University Series in Civil Engineering, Mc Graw-Hill.
- [Bardet, J.P., ICHII, K. e Lin C.H. \(2000\)](#) "EERA A Computer Program for Equivalent-linear Earthquake site Response Analyses of Layered Soil Deposits", University of Southern California.
- [Burland J.B. \(1990\)](#) "On the compressibility and shear strength of natural clays" Géotechnique 40, n° 3, p. 329.
- [Burland J.B., Rampello S., Georgiannou V.N., Calabresi G. \(1996\)](#) « A laboratory study of the strength of four stiff clays" Géotechnique 46, n° 3, p. 491.
- [Bustamante M., Doix B., \(1985\)](#), "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injecté" Bull. Liaison Labo. P. et Ch., 140, nov-dec, pp. 75-90.
- [Cancelli A., Pellegrini M., Tonnetti \(1984\)](#) "Geological of landslides along the Adriatic coast (Central Italy)" Proc. Int. Symposium on Landslides, Toronto 2, 7-12.
- [Caquot A., Kerisel J. \(1948\)](#) "Tables for the calculation of passive pressure, active pressure and bearing capacity of foundations" Gautiers-Villars, Paris.
- [Carrara et al. \(1983\)](#) "A multivariate model for landslide hazard evaluation" Mathematical Geology, v.15, 403-426.
- [Feng, T. W. \(1991\)](#) "Compressibility and permeability of natural soft clays and surcharging to reduce settlements" Ph.D. Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [Casnedi R., Crescenti U., D'Amato C., Mostardini F., Rossi U. \(1981\)](#) "Il Plio-Pleistocene del sottosuolo molisano" Geologica Romana, XX, 1-41.
- [Dennehy, K.T. \(1985\)](#), "Seismic Vulnerability, Analysis, and Design of Anchored Bulkheads" Ph.D. Dissertation, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, New York.
- [Esu F., Grisolia M. \(1991\)](#) "La stabilità dei pendii costieri adriatici tra Ancona e Vasto" Università degli Studi di Roma "La Sapienza", C.N.R., G.N.D.C.I., Pubbl. n. 464 (U.O. 2.18), 55-79.
- [Gazetas, G. Dakoulas, P., and Dennehy, K. \(1990\)](#) "Empirical Seismic Design Method for Water-Front Anchored Sheetpile Walls" Proceedings, ASCE Specialty Conference on Design and Performance of Earth Retaining Structures, Geotechnical Specialty Publication 25, pp.232-250.
- [Georgiannou V.N., Burland J.B. \(2001\)](#) "A laboratory study of post-rupture strength" Géotechnique 51, n° 8, p. 665.
- [Georgiannou V.N., Burland J.B. \(2006\)](#) "A laboratory study of slip surface formation in an intact natural stiff clay" Géotechnique 56, n° 8, p. 551.

- o [Gori U., Mezzabotta M. \(1995\)](#) "Sul cinematismo della frana costiera dell'abitato di Petacciato (CN)" 1° Convegno Gruppo Nazionale Geol. Appl., La Città Fragile in Italia, Gardini Naxos (ME).
- o [Guerricchio A., Melidoro G., Simeone V. \(1994\)](#) "Le grandi frane di Petacciato sul versante costiero Adriatico (Molise)" Atti 77° Congresso Soc. Geol. It. Di Bari, Mem. Soc. It., LI, Roma, 607-632.
- o [Guerricchio A., Melidoro G. \(1996\)](#) "Deformazioni gravitative dei versanti costieri di Vasto (Abruzzi)" Convegno Internazionale, La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della Ricerca Scientifica, 369-381.
- o [Jibson, R.W. and Jibson, M.W. \(2003\)](#) "Java Programs For Using Newmark's Method And Simplified Decoupled Analysis To Model Slope Performance During Earthquakes", United States Department Of The Interior and United States Geological Survey. Web site:
http://earthquake.usgs.gov/resources/software/slope_perf.php.
- o [Kitajima, S. and Uwabe, T. \(1979\)](#) "Analysis of Seismic Damage in Anchored Sheet-Piling Bulkheads" Report of the Japanese Port and Harbour Research Institute, Vol. 18, No. 1, pp. 67-130 (in Japanese).
- o [Kramer S.L. \(1996\)](#) "Geotechnical Earthquake Engineering" Prentice-Hall International Series in Civil Engineering and Engineering Mechanics, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
- o [Melidoro G., Mezzabotta M. \(1996\)](#) "Monitoraggio ultrasecolare delle deformazioni gravitative costiere adriatiche" Convegno Internazionale, La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della Ricerca Scientifica, 343-356.
- o [Mononobe, N. and Matsuo, H. \(1929\)](#) "On the Determination of Earth Pressures During Earthquakes" Proceedings, World Engineering Congress
- o [Newmark N.M. \(1965\)](#) "Effects of earthquakes on dams and embankments" Géotechnique 15, n° 2, 139-160.
- o [Okabe, S. \(1926\)](#) "General Theory of Earth Pressures" Journal of the Japan Society of Civil Engineering, Vol. 12, No.1.
- o [Padfield C.J. e Mair, R.J. \(1984\)](#) "Design of retaining walls embedded in stiff clays". CIRIA Report n.104.
- o [Skempton A.V. \(1985\)](#) "Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratori" Géotechnique 35, n° 1, p.3.
- o [Tavenas, F., Jean, P., Leblond, P., Leroueil, S. \(1983\)](#) "The permeability of natural soft clays. Part II: Permeability characteristics". Canadian Geotechnical Journal 20, n°4, 645-660.
- o [Varnes, D. J. \(1978\)](#) "Slope movement types and processes" In: Landslide Analysis and Control: In Schuster, R. L., Krizak, eds. Transportation Research Board Special Report No. 176, National Academy of Sciences, Washington, D. C., P. 11-33.
- o [Viggiani G., Atkinson J.H. \(1995\)](#) "Stiffness of fine-grained soil at very small strains" Géotechnique 45, n° 2, p.249.

6. SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOLOGICHE DELL'AREA

6.1 Sintesi della situazione tettonico-strutturale

Le caratteristiche geologiche dell'area sono largamente condizionate dalle conseguenze del sollevamento orogenico dell'edificio sud-appenninico, con la definizione di elementi strutturali allungati in direzione NO-SE.

Se si considera il territorio compreso fra l'Abruzzo e le Puglie, si possono schematicamente distinguere tre grandi zone a differente assetto strutturale:

- una zona di sollevamento orogenico vera e propria ("Appennino Calcareo"), caratterizzata da scaglie tettoniche a vergenza orientale; si tratta della dorsale appenninica in senso stretto rappresentata in questa regione dai complessi montuosi della Maiella, del Morrone e della Porrata;
- una zona a tettonica distensiva ad oriente della precedente, rappresentata dal tavolato calcareo pugliese, con uno stile tettonico a faglie dirette ("horst e graben");
- una zona intermedia, che consiste sostanzialmente in una depressione tettonica caratterizzata da una forte subsidenza e da una complessa evoluzione, riempita da unità sedimentarie terrigene di età prevalentemente pliocenica-pleistocenica.

In quest'ultima zona, dove è ubicata l'area in esame, sono riconoscibili due diversi bacini, separati fra loro da un alto strutturale: a Nord il bacino di Pescara, con un asse orientato NO-SE e a Sud il bacino molisano, con asse N-NO/S-SE.

Il primo si sviluppa nel Pliocene Inferiore, in concomitanza con la fase parossistica dell'orogenesi appenninica; con il passare del tempo si verifica una rotazione del suo asse ed il suo progressivo riempimento, mentre comincia a svilupparsi la fossa molisana, interessata dall'accumulo di grossi depositi di sedimenti terrigeni torbiditici. E' in questo periodo (Pliocene medio e superiore) che si verifica anche una imponente traslazione tettonica gravitativa dei sedimenti accumulati nella fossa da SO verso NE, come conseguenza del sollevamento appenninico e dei relativi scivolamenti innescati (colata gravitativa dell'Aventino-Sangro).

Nel Quaternario, il prodursi di un'ulteriore serie di faglie dirette con orientamento N-S o NO-SE origina nuove depressioni tettoniche; la forte subsidenza, caratteristica di queste fosse, permette l'accumulo di una notevole quantità di sedimenti, che sono prevalentemente di età pleistocenica.

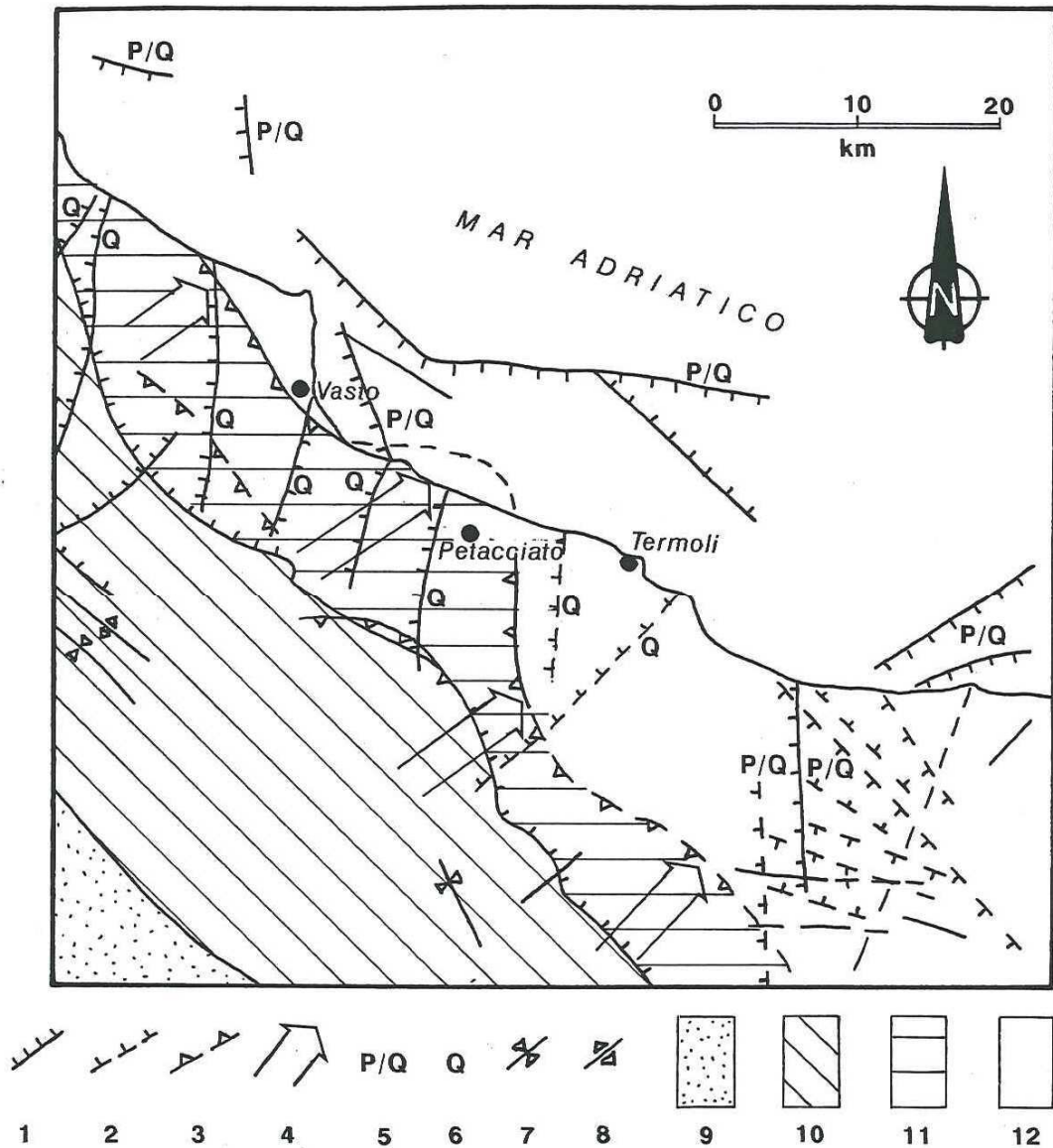
Nella **Figura 4.1** è riportato lo schema neotettonico dell'area; si può osservare come la zona in frana sia delimitata a Sud da una linea di sovrascorrimento con direzione approssimativa N-S e con vergenza NE. Questa linea divide una zona più meridionale, caratterizzata da faglie normali con modesti rigetti sia negativi sia positivi per ragioni di equilibrio isostatico, da una zona più settentrionale con abbassamenti più consistenti e recenti, seguiti da sollevamenti che hanno portato le formazioni di deposito marino, d'ambiente litorale, del periodo Calabriano, agli attuali 200 metri d'altezza circa sul livello del mare.

Oggi, le varie unità litostratigrafiche affioranti, descritte al successivo paragrafo, si presentano con assetto monoclinale e giacitura suborizzontale o immergente verso N e NE, con inclinazione variabile e direzione obliqua alla linea di costa.

Le deformazioni tettoniche più recenti sono dovute all'azione di faglie principali normali o inverse, con un andamento da S a N passante a SSO-NNE e da faglie secondarie normali; in particolare è degna di nota la principale di queste dislocazioni, all'incirca coincidente con il percorso del torrente Tecchio, che delimita l'area storica della frana di Petacciato verso Ovest.

Questo sistema di dislocazioni recenti è responsabile, fra l'altro, dell'attività sismica che colpisce periodicamente le coste adriatiche.

É inoltre possibile osservare una certa correlazione geografica fra le zone maggiormente colpite da fenomeni tettonici recenti e le principali aree in frana della costa adriatica; nell'individuazione dei fattori che determinano l'instabilità del pendio su cui sorge l'abitato di Petacciato, si deve quindi tener adeguato conto del ruolo giocato dalle caratteristiche tettoniche della regione.



1. FAGLIE NORMALI - 2. FAGLIE NORMALI PRESUNTE - 3. SOVRASCORRIMENTI -
4. VERGENZA DEL SOVRASCORRIMENTO - 5. ETA' PLIOCENICA E QUATERNARIA DELLE FAGLIE - 6. ETA' QUATERNARIA DELLE FAGLIE - 7. ASSE DI SINCLINALE -
8. ASSE DI ANTICLINALE - 9. AREE IN INNALZAMENTO NEL PLIOCENE E NEL QUATERNARIO - 10. AREE A GENERALE INNALZAMENTO FINO AL TARDO PLIOCENE E INIZIO PLEISTOCENE - 11. AREE IN ABBASSAMENTO FINO ALL'INIZIO DEL PLIOCENE SEGUITO DA INTENSO SOLLEVAMENTO FINO AL MEDIO PLIOCENE ED A MODERATA DEFORMAZIONE - 12. ABBASSAMENTO FINO ALL'INIZIO PLEISTOCENE E INNALZAMENTO NEL PLEISTOCENE INFERIORE

Figura 4.1: Schema neotettonico (da Neotectonic map of Italy, 1983)

All'origine delle precarie condizioni di stabilità dell'area in esame si riconoscono i recenti fenomeni tettonici cui si è fatto riferimento sopra.

A sostegno di questa tesi, si noti in particolare l'esistenza di un alto strutturale, quello su cui sorge Petacciato, attraversato da faglie in direzione N-S, coincidenti circa con quella degli impluvi e dell'asse della frana. Il legame tra struttura tettonica e fenomeni geomorfologici non rappresenta un caso isolato e relativo alla sola zona in esame, ma si osserva stabilmente lungo tutta la costa adriatica nel tratto fra Pesaro e Termoli.

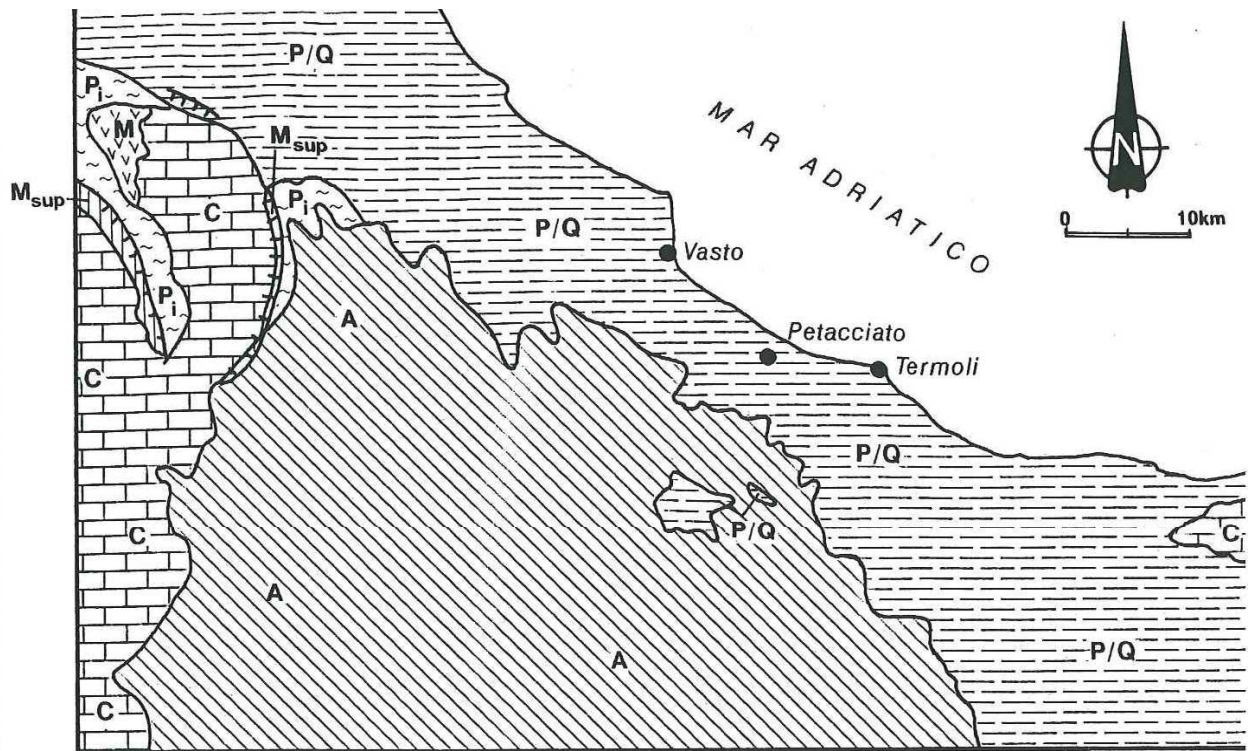
Un secondo elemento degno di nota è rappresentato dalla giacitura monoclinale delle varie unità litostratigrafiche, che immergono di norma verso ENE, con una certa obliquità rispetto alla linea di costa; l'inclinazione è debole e costante, come confermato dalle indagini geognostiche, e questo elemento ha sicuramente influenzato la direttrice del movimento franoso.

6.2 Sintesi dei caratteri litostratigrafici

L'attuale assetto lito-stratigrafico dell'area si può considerare suddivisibile in zone orientate approssimativamente in forma parallela alla costa. La **Figura 4.2** riporta uno schema semplificato, che descrive sinteticamente l'attuale distribuzione di tali elementi.

Dall'interno verso il mare si possono distinguere tre zone:

- una prima zona con formazioni carbonatiche e terrigene di età precedente al piano Messiniano del Miocene, che costituiscono la dorsale appenninica in senso stretto;
- una seconda area con unità litostratigrafiche più recenti, a composizione prevalentemente terrigena, rappresentate in massima parte dai depositi alloctoni della colata gravitativa dell'Aventino Sangro (appennino esterno);
- una terza zona lungo la costa, rappresentata dalle unità litostratigrafiche costituite dai sedimenti che hanno riempito la fossa abruzzese-molisana, nel Pliocene e nel Quaternario.



FOSSA ABRUZZESE-MOLISANA

P/Q  ARGILLE E SABBIE (PLIOCENE MEDIO-SUP. E QUATERNARIO)

APPENNINO MERIDIONALE ESTERNO

P_i  ARGILLE E SABBIE (PLIOCENE INF.)

M  FORMAZIONE GESSOSO SOLFIFERA (MESSINIANO)

A  COLATA GRAVITATIVA DELL'AVENTINO SANGRO (ALLOCTONO)

APPENNINO CENTRO MERIDIONALE INTERNO

M_{sup}  LEMBI TERRIGENI FLYSCHOIDI (MIocene SUP.)

C  MASSICCI CARBONATICI (GIURASSICO-CRETACEO)

 FRONTE DEGLI ACCAVALLAMENTI

Figura 4.2: Schema geologico semplificato

Nella **Figura 4.3** è visibile una correlazione stratigrafica a grande scala dei termini litologici più recenti sulla base delle stratigrafie di alcuni pozzi per idrocarburi perforati da AGIP e Montedison negli ultimi decenni, la quale spiega in dettaglio i rapporti stratigrafici fra le varie unità e definisce i loro spessori. In particolare, nella **Figura 4.4** è osservabile uno schema relativo ai depositi pleistocenici, da cui si evince che, nell'area in oggetto, i loro spessori sono compresi fra i 250 m e 500 m.

Ne consegue che i litotipi interessati al fenomeno franoso in oggetto appartengono esclusivamente a successioni pleistoceniche o oloceniche.

Litologicamente, questi termini sono rappresentati da argille e subordinatamente da sabbie o ghiaie; l'accumulo dei sedimenti pleistocenici ha riempito costantemente la depressione che si andava formando per ragioni tettoniche. Le argille derivano dall'erosione e dal rideposito degli stessi termini litologici più antichi già presenti in zona (Argille del Pliocene); i termini sabbiosi sono connessi alle ultime fasi della regressione marina, prima della definitiva emersione dalle acque, e in parte ai depositi deltizi dei corsi d'acqua che scorrevano sull'adiacente terraferma.

Di seguito si riporta una descrizione delle principali unità litostratigrafiche presenti nell'area, dalla più antica alla più recente; le suddivisioni sono conformi a quelle operate dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 148 - Vasto, 1971, della quale si conservano anche le sigle di identificazione (si veda anche l'elaborato grafico **3.2**, ripreso, e leggermente modificato, dallo studio dei [Proff. V.Cotecchia e G.Melidoro](#)).

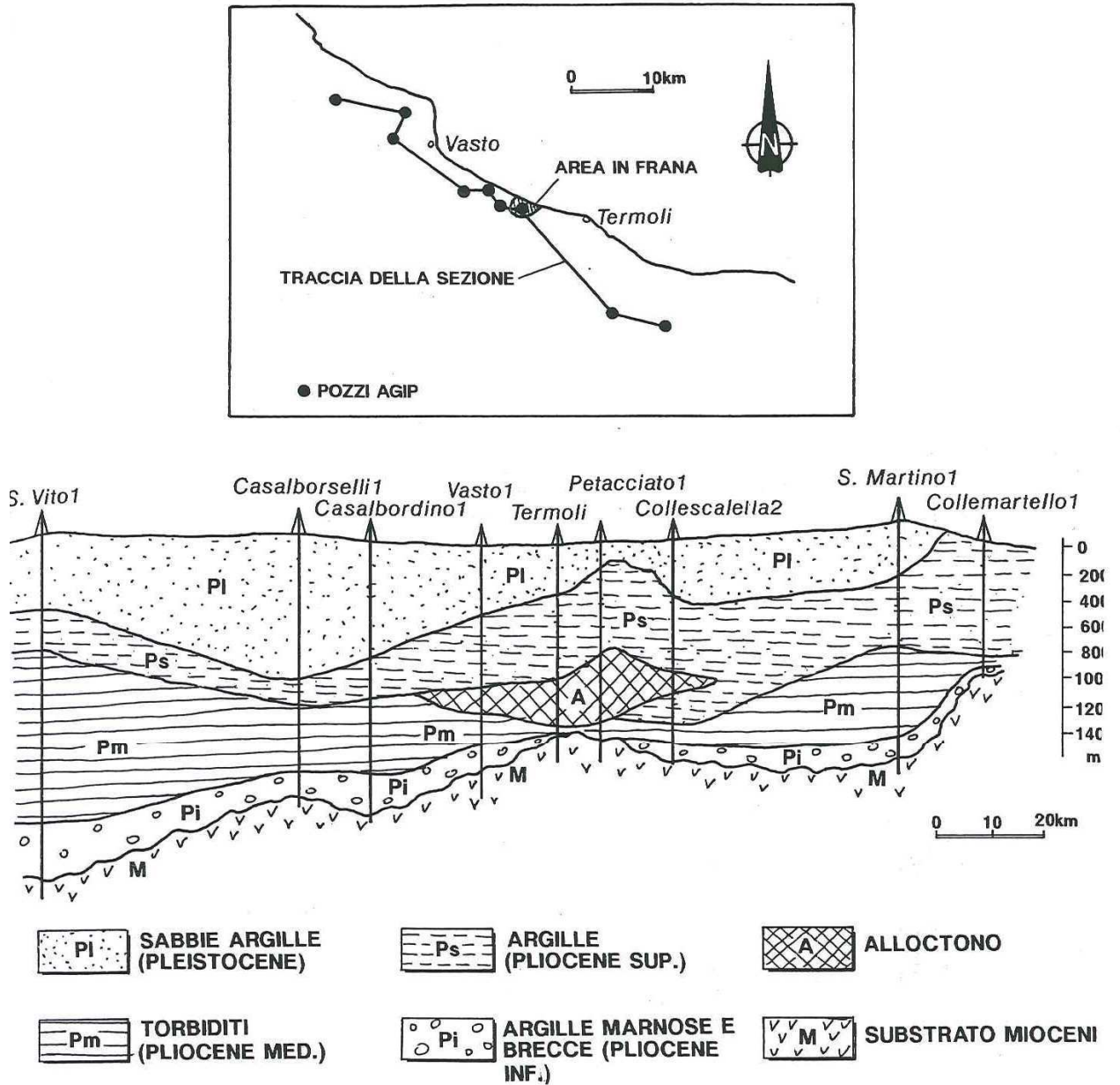


Figura 4.3: Sezione geologico-strutturale schematica

(da stratigrafie pozzi AGIP – da Casnedi R., Crescenti V., D'Amato C., Mostardini F., Rossi V., 1981-modificato)

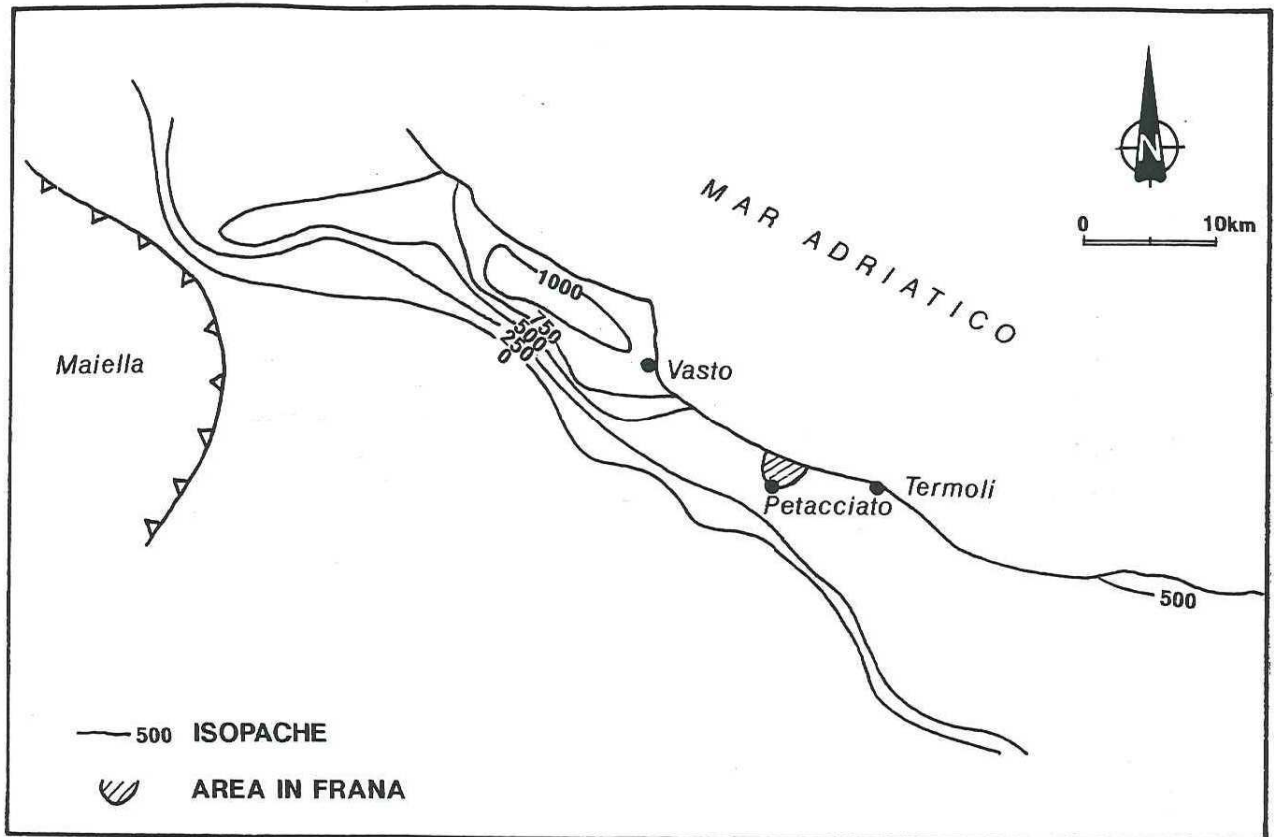


Figura 4.4: Schema relativo agli spessori dei depositi pleistocenici

(da Casnedi R., Crescenti V., D'Amato C., Mostardini F., Rossi V., 1981)

- **Argille marnose, di colore grigio azzurro - CALABRIANO (Qc-a)**

Si tratta di argille limose, più o meno siltose, a volte intercalate da sottili veli e/o strati di sabbia, più frequenti verso l'alto. I veli sabbiosi hanno spessori che vanno dal millimetro a 2÷3 cm. Gli strati sabbiosi possono raggiungere i 10 cm di spessore; eccezionalmente, per la maggiore frequenza o per l'aumento del proprio spessore, le fasce a prevalenza di sabbia possono raggiungere anche spessori metrici.

In più livelli sono presenti resti di bivalvi, orizzonti di piccoli lamellibranchi e frustoli carboniosi.

I sedimenti argillosi presentano un'immersione generale verso est, con inclinazioni intorno ai 5÷10 gradi. Lo spessore della serie è superiore a 250 metri.

Le argille sono compatte; come evidenziato dalle stratigrafie dei sondaggi, in alcuni tratti possono tuttavia avere una consistenza inferiore, oppure una stratificazione contorta, oppure fessure oblique con duperfici levigate. Tali disturbi sono molto probabilmente attribuibili a scorrimenti gravitativi piuttosto che alla tettonica.

- **Alternanze argilloso-sabbiose - CALABRIANO (Qc-as)**

Costituiscono il termine di passaggio fra la formazione argillosa e quella sabbiosa; sono formate da sottili alternanze di argille variamente sabbiose di colore da grigio-giallastro a verdognolo e di sabbie giallastre. Le sabbie diventano prevalenti verso l'alto. Tali alternanze sono state rinvenute nei sondaggi SCP1, SCP2 e SCP3 eseguiti dal terrazzo di Petacciato.

- **Sabbia giallastra - CALABRIANO (Qc-s)**

Sabbie a grana media o fine, di colore giallastro, con livelli di arenarie e calcareniti a scarsa cementazione, più diffusi nella parte alta dell'unità, di spessore sottile fino a 30 cm; localmente sono presenti anche livelli di limi sabbiosi. Nella parte alta del deposito sono intercalati grossi corpi lenticolari di conglomerati, a volte sciolti in matrice limoso-sabbiosa, a volte legati da cemento calcareo, come quelli affioranti in località Vaccareccia al coronamento della frana. Nella parte sommitale dei conglomerati si può avere la presenza di calcite evaporitica bianca in grossi noduli e vene che superano il

decimetro. Giacciono in continuità geometrica sulle sottostanti unità e costituiscono il rilievo su cui sorge l'abitato di Petacciato.

- **Puddinghe variamente cementate - CALABRIANO SUP. (Qc-cg)**

Depositi di transizione all'ambiente continentale, testimoniano la chiusura del ciclo sedimentario.

Gli elementi clastici sono ben arrotondati, petrograficamente eterogenei e fortemente cementati. Il grado di cementazione diminuisce verso l'alto, dove il deposito si presenta alterato dagli agenti esogeni.

Si presenta in crostoni di limitato spessore, con distribuzione irregolare e con immersione e inclinazione uguali a quelle delle sottostanti unità.

- **Detrito di falda, materiali di frana e depositi eluvio-colluviali - OLOCENE (dta, dtb).**

Alla base della scarpata di rottura principale, e nel bacino di frana sono presenti sabbie gialle talora rossastre con argille grigie, calcareniti e arenarie dislocati da fenomeni gravitativi. Gli spessori massimi di tali materiali, rilevati ad esempio nei sondaggi SC3, SC6 e SC9 sono al massimo 20÷30 m; spessori inferiori a 15 m sono stati rinvenuti ad esempio nei sondaggi SC1, SC4, SC5, SC12, SC14.

Le deformazioni gravitative del versante hanno prodotto depressioni e conche ubicate in corrispondenza di superfici ruotate contromonte che sono state successivamente colmate da depositi eluvio-colluviali, da materiali di frane secondarie più superficiali e da riporti vari a composizione argilloso-limosa-sabbiosa.

- **Sabbie fluvio-litorali - QUATERNARIO (Fm)**

Sono depositi legati all'ultima ingressione marina, e sono prevalentemente formate da sabbie di origine alluvionale riprese dall'azione del moto ondoso litorale, con depositi di duna costiera.

Sono disposti lungo l'attuale linea di costa, appena alle spalle della spiaggia attuale; formano un rilievo di alcuni metri di altezza.

- **Sabbie e ghiaie del litorale attuale - OLOGENE (s)**

Depositi recenti ed attuali legati all'evoluzione della linea di costa; nel settore in esame sono costituiti quasi esclusivamente da sabbie di colorazione giallastra.

Dalle stratigrafie dei sondaggi geotecnici, finalizzati a scopi progettuali, si sono potuti ricavare numerosi elementi utili ai fini della comprensione delle modalità del movimento franoso, di seguito riassunti:

- a ridosso dell'asse autostradale, i terreni sono formati esclusivamente dalle argille azzurre pleistoceniche, con intercalati sottili veli e/o livelletti di limo sabbioso e di sabbie fini;
- in genere, tali argille hanno andamento monoclinale, con debole inclinazione verso NE. In alcuni tratti l'andamento monoclinale appare disturbato e si può assistere anche a una verticalizzazione della stratificazione, molto probabilmente per motivi post-deposizionali, in conseguenza di traslazioni verso valle del materiale;
- le zone con evidenze di deformazione post-deposizionale sono in corrispondenza di intervalli di profondità che tendono a ripetersi: circa 15-20 m da p.c., circa 30÷40 m da p.c. e circa 65-75 m da p.c.. Queste zone coincidono spesso con livelli a maggior concentrazione di veli sabbiosi, con presenza di acqua in pressione.

6.3 Sintesi della situazione geologica

Nell'area in esame interagiscono 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. In località Morgetta questo crostone assume la "facies" di un conglomerato fortemente cementato, a comportamento rigido, probabilmente con una forma lenticolare e spessore di pochi metri.

I due diversi 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, ampiamente studiato nella letteratura, caratterizzato da "strain softening", 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.

6.4 Sintesi della situazione geomorfologica

La frana di Petacciato riattivatasi nel 1991 è formata da una coalescenza di fenomeni più o meno profondi, soggetti ciclicamente a movimenti ed interagenti fra loro secondo una complessa dinamica spazio-temporale; essa rientra in un'area franosa più ampia che ha un'estensione superiore a 10 km².

Schematicamente si può considerare il versante in esame come soggetto a movimenti parziali la cui entità è legata a periodi di ritorno; la zona più critica sembrerebbe quella compresa tra il fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) ed il Fosso dei Lupi; la presenza di fenomeni morfologici in stasi apparente è spesso presupposto di nuovi movimenti.

6.5 Sintesi della situazione idrogeologica

In conseguenza della situazione litostratigrafica precedentemente descritta, il quadro idrogeologico è riconducibile:

- ad un acquifero superficiale di limitato spessore e sviluppo irregolare che scorre al tetto della formazione argillosa, all'interno dei conglomerati e delle arenarie, con una quantità d'acqua discretamente abbondante. Prova di questo è l'esistenza, in tutta l'area di affioramento dell'arenaria, di pozzi a uso agricolo; questi pozzi

raggiungono la base della formazione e danno fra l'altro un'indicazione diretta del suo spessore;

- ad un'acquifero in pressione profondo, nei livelletti più sabbiosi o nelle fasce di argilla disturbate.

In accordo allo studio effettuato dai [Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro](#) risulterebbe possibile stabilire che *“le precipitazioni prolungate nel tempo esercitano molto probabilmente un ruolo importante sulla rimobilitazione del movimento franoso del pendio in esame, con eventi idrometeorici non eccezionali, come si deduce dai modesti tempi di ritorno associati ai movimenti di massa. Il periodo poi in cui detti movimenti si sono verificati (Gennaio-Marzo) farebbe ritenere che tra le cause concomitanti ci sarebbe l'innalzamento del livello della superficie della falda”* (profonda).

6.6 Tipologia del movimento franoso

Sulla base delle risultanze delle indagini geognostiche e delle considerazioni effettuate in precedenza è possibile schematizzare un modello descrittivo ed evolutivo della frana, tale da spiegare l'insieme delle evidenze morfologiche riscontrate a seguito dell'evento franoso del 1991.

Per la terminologia adottata nella descrizione dei fenomeni si farà riferimento alla classificazione di [Varnes \(1978\)](#) e allo schema di questo metodo classificativo nella traduzione proposta da [Carrara et al. \(1983\)](#).

Per l'estensione del fenomeno e per la molteplicità delle cause concomitanti che lo hanno influenzato, il modello risultante è di tipo complesso (“compound slide”), con una successione di movimenti spazio-temporali differenti.

Per maggior chiarezza occorre distinguere aree a diverso comportamento.

6.6.1 Zona del coronamento

Coincide con il ciglio della falesia su cui sorge Petacciato. In quest'area si riconoscono elementi tipici (terrazzi morfologici, fratture) che possono essere collegati con quanto avviene nella parte sommitale di uno scorrimento rotazionale,

con scivolamento di blocchi ("juxtaposed slide blocks"); ciò spiega la presenza di terrazzamenti nel versante al di sotto della falesia.

Al disopra di questo si sono avuti crolli di roccia veri e propri ("rock fall"), responsabili, fra l'altro, dei dissesti all'abitato.

A partire da quest'area sono presenti fenomeni di espansione laterale ("rock lateral spread") dovuti allo scorrimento delle argille basali, con il frazionamento del più rigido crostone arenaceo soprastante.

6.6.2 Parti laterali della frana

Nell'evento del 1991 è particolarmente riconoscibile il bordo sinistro della frana, che delimita lo scorrimento rotazionale o traslativo con superficie profonda ("rotational o translational slide"). Si tratta di fratture che arrivano a interessare il viadotto Cacchione e che probabilmente sono la diretta conseguenza della rottura di tipo progressivo che ha interessato in profondità la formazione argillosa. Non è da escludere che i livelli di argilla molto disturbata rinvenuti nei sondaggi siano direttamente collegabili a questa stessa superficie di rottura.

La vergenza dello scorrimento è approssimativamente verso NE, in concordanza con l'immersione della stratificazione; questa orientazione del movimento non è più riconoscibile nel settore orientale della frana (tra il Fosso dei Lupi ed il Fosso della Torre), probabilmente perché nascosta dal crostone arenaceo conglomeratico presente in località Morgetta, che, fra l'altro, ha assorbito le tensioni imposte dalla massa in movimento, proteggendo i manufatti soprastanti, grazie alla sua naturale rigidità. Non sono invece osservabili movimenti di "lateral spread" di entità significativa.

Alcune evidenze superficiali, soprattutto lungo la strada vicinale che sottopassa l'autostrada all'altezza della spalla lato Pescara del viadotto Marinella, suggeriscono una particolare accentuazione del movimento in questa zona laterale, con fenomeni di colamento allo stato fluido dei primi metri del terreno ("flows in soil"). Questi movimenti, guidati dalla morfologia del terreno, hanno a volte una vergenza riconoscibile e sono responsabili di alcuni spostamenti corticali che hanno danneggiato alcuni manufatti. Si può quindi ipotizzare, sulla base di certi

elementi di osservazione (lesioni e fessure nelle abitazioni, torsione dei tronchi degli ulivi) la presenza di lenti movimenti superficiali di colamento ("soil creep").

6.6.3 Zona di piede

Nell'area dal viadotto Marinella verso il litorale si osservano evidenze di rigonfiamento con fratture longitudinali ("transverse cracks") e berme in sollevamento ("transverse ridges"), tipiche della zona al piede di frana, responsabili di alcune lesioni nei manufatti stradali e ferroviari.

L'affioramento argilloso sulla battigia può essere considerato come l'estrema propaggine della frana riattivatasi nel 1991, a circa 2 km dal coronamento, a meno di eventuali zone di affioramento sul fondo marino che sfuggono ad ogni possibile osservazione da terra.

6.6.4 Sintesi

Da quanto descritto ed evidenziato in precedenza, si deduce che, analogamente ad altre riattivazioni avvenute negli ultimi 100 anni, la frana del 1991 può essere ricondotta a 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, 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 progettuale si sono quindi distinti i fenomeni franosi relativamente superficiali (spessori non superiori a 12÷15 m) ove si potrà intervenire con opere di stabilizzazione locali (diaframmi, pali, dreni superficiali etc.), da fenomeni franosi profondi, per i quali gli interventi di stabilizzazione tradizionali non sono risolutivi (si vedano ad esempio quelli realizzati a seguito dell'evento del 1979).

Per i fenomeni franosi profondi non resta che procedere con (si veda ad esempio [Melidoro & Mazzabotta, 1996](#)):

- il ricorso al monitoraggio e alla sorveglianza continua dell'area;
- periodici interventi di manutenzione delle opere con totale o parziale interruzione del traffico.

7. **SINTESI DELLE CONDIZIONI GEOTECNICHE DELL'AREA**

La caratterizzazione stratigrafica e geotecnica, di supporto alle relazioni di dimensionamento e verifica delle opere costituenti la suddetta bretella e la viabilità interferente è stata sviluppata sulla base:

- dei risultati delle campagne di indagine disponibili per l'area; si è fatto in particolare riferimento alle seguenti campagne di indagine:

- **Campagna di indagine GEOTEST 1981:**

La prima campagna di indagine risale al 1981; essa è stata eseguita da GEOTEST (Roma) per conto delle Ferrovie dello Stato, a seguito dell'evento franoso del 1979. Tale campagna è consistita nella realizzazione di n.6 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 40 m di profondità (denominati A, C, D, F, G, I), con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installazione di tubi inclinometrici e in n.3 sondaggi a distruzione di nucleo spinti fino a 30 m di profondità (denominati B, E, H), con esecuzione di prove di permeabilità tipo Lefranc e prove dilatometriche ed installazione di piezometri tipo Casagrande.

- **Campagna di indagine GEOTEST 1983**

La seconda campagna di indagine è del 1983; essa è stata eseguita da GEOTEST (Roma) per conto delle Ferrovie dello Stato. Tale campagna è consistita nella realizzazione di n.18 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 40÷60 m di profondità (denominati 1A→6A, 1B→6B, 1C→6C), con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installazione di piezometri tipo Casagrande (sondaggi 1B→6B) o tubi inclinometrici (sondaggi 1A→6A e 1C→6C).

- **Campagna di indagine Autostrade 1991**

La terza campagna di indagine è del 1991; essa è stata eseguita per conto della società Autostrade a seguito dell'evento franoso del Gennaio 1991 da SIPES (Pescara) per quanto concerne i sondaggi e da ISMES (Bergamo) per quanto concerne le prove penetrometriche statiche. Tale campagna è consistita nella realizzazione di n. 8 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 60÷100 m di profondità (denominati S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8), con prelievo di campioni indisturbati per le prove geotecniche di laboratorio ed

installazione di tubi inclinometrici o piezometri elettropneumatici, di n.7 sondaggi a distruzione di nucleo spinti fino a 60 ÷80 m di profondità (denominati S2bis, S3bis, S4bis, S5bis, S6bis, S7bis, S8bis), con installazione di piezometri elettropneumatici e tubi inclinometrici e n.2 prove penetrometriche statiche spinte fino a circa 35 m di profondità con misura delle pressioni interstiziali (denominate CPTU01 e CPTU02).

o **Campagna di indagine 2000-2001**

La quarta campagna di indagine è stata effettuata negli anni 2000-2001 (con il contributo dalla Regione Molise, della società Autostrade e delle Ferrovie dello Stato), nell'ambito degli studi commissionati dalla [Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile](#) alla [Commissione tecnico-scientifica presieduta dai Proff.Vincenzo Cotecchia e Gregorio Melidoro](#). Senza togliere granché alla completezza dello studio, in fase progettuale si è fatto riferimento alle indagini eseguite per conto della Regione Molise e della società Autostrade.

La campagna di indagine Autostrade, effettuata da GEOTRIVELL (Teramo) è consistita nella realizzazione di n.7 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 60÷120 m di profondità (denominati AI1, AI2, AI4, AI5, AI7, AI9, AI10), con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installazione di tubi inclinometrici e di n.3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 40÷90 m di profondità (denominati AP3, AP6, AP8), con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installazione di piezometri elettrici.

La campagna di indagine della Regione Molise, effettuata da GEOTRIVELL (Teramo), è consistita nella realizzazione di n.8 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 70 ÷200 m di profondità (denominati SC1, SC2, SC5, SC7, SC8, SC9, SC17, SC18), con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per prove geotecniche di laboratorio ed installazione di tubi inclinometrici e di n.12 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 50÷150 m di profondità (denominati SCP1, SCP2, SCP3, SC3, SC4, SC6, SC10, SC11, SC12, SC13, SC14, SC15, SC16), con prelievo di campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio, installazione di piezometri elettrici (sondaggi SC3, SC4, SC6, SC10,

SC11, SC12), tipo Casagrande (sondaggio SC13), a tubo aperto (sondaggio SC14) e, in alcuni fori di sondaggio, con installazione sia piezometri a tubo aperto che piezometri Casagrande (sondaggi SCP1, SCP2 e SCP3).

- dei risultati del monitoraggio geotecnico (inclinometri e piezometri);
- dell'inquadramento geologico, idrogeologico, geomorfologico e sismico;
- dei principali risultati degli studi a carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico commissionati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione Civile alla Commissione Tecnico-Scientifica presieduta dai Proff. Vincenzo Cotecchia e Gregorio Melidoro; si fa in particolare riferimento ai seguenti elaborati:

➤ Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza della Regione Molise, Movimenti Franosi nel Comune di Petacciato (Provincia di Campobasso), Studi, Rilevamenti dell'Area in Frana, Indagini e Orientamenti Progettuali – Studi, Rilevamenti dell'Area In Frana e Indagini (Giugno 2002):

- All.00 – Relazione Generale
- All.02/a – Carta Geologica e Geomorfologica
- All.02/b – Andamento Livelli Piezometrici nel versante in Frana
- All.02/f – Deformate Inclinometriche
- All.04 – Stratigrafie dei Sondaggi Geognostici (Regione Molise)
- All.07 – Rilievi Inclinometrici e Piezometrici
- All.11 – Relazione Geotecnica
- All.12 – Relazione sulle Verifiche di Stabilità.

Tali risultati hanno già costituito una base di dati per il progetto di ricerca finanziato dalla Comunità Europea LessLoss (www.lessloss.org) e sono raccolti in una monografia dedicata al sito di Petacciato inclusa tra gli elaborati del progetto Lessloss (conclusosi ad Agosto 2007);

- degli studi effettuati dalla società Autostrade nell'ambito del progetto ANIDRO.

7.1 Profilo stratigrafico

Il profilo stratigrafico nell'area di frana è caratterizzato principalmente dalla presenza delle argille plio-pleistoceniche che, nella parte più superficiale sono di colore avana (spessori dell'ordine di 2÷8 m), mentre in profondità assumono colorazione grigia; lo spessore delle argille avana diminuisce (2÷3 m) in corrispondenza delle aree di maggior erosione (Fosso degli Ulivi, altrimenti denominato Fosso Cacchione). Soprattutto nella parte medio alta del versante, le argille plio-pleistoceniche possono essere ricoperte da materiali sabbioso-limosi di varia origine. Negli elaborati grafici **3.02** e **3.03** sono riportate due sezioni stratigrafiche caratteristiche e la carta geomorfologica dell'intero versante, tratte dallo studio a carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico del Giugno 2002 commissionato dalla *Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione Civile* alla *Commissione Tecnico-Scientifica presieduta dai Proff. Vincenzo Cotecchia e Gregorio Melidoro*. Nell'elaborato grafico **3.06** si riporta il piano quotato di dettaglio (rilievo del Gennaio 2008) della parte bassa del versante (rilevante ai fini del progetto e della costruzione della bretella a monte dei viadotti Cacchione e Marinella e della viabilità della strada interpodereale con essa interferente) con l'ubicazione delle indagini geognostiche e la traccia di cinque sezioni ritenute significative per lo studio delle opere.

Nelle sezioni geotecniche (elaborati grafici **4.03** e **4.04**) sono riportati i profili stratigrafici in corrispondenza di cinque sezioni:

- sezione n.1, significativa per l'opera di sostegno nel tratto iniziale lato Vasto della bretella;
- sezione n.2, significativa per l'opera di sostegno al piede del rilevato della bretella a monte del viadotto Cacchione;
- sezione n.3 e n.5, significative per le opere di sostegno della strada interpodereale interferente con la bretella;
- sezione n.4, significativa per l'opera di sostegno al piede del rilevato della bretella a monte del viadotto Marinella.

In ciascuna sezione sono riportate le seguenti informazioni:

- Le colonnine stratigrafiche dei sondaggi con l'indicazione sulla tipologia di strumentazione installata nei sondaggi (piezometri o inclinometri);
- La posizione della falda rilevante ai fini del dimensionamento delle opere.
- Ove ritenuto rilevante per il dimensionamento delle opere, il limite tra le argille di colore avana (strato 1) e le argille di colore grigio (strato 2).
- Le potenziali superfici di scorrimento.
- La posizione e il tipo dell'opera in progetto.

7.2 Livelli piezometrici

I dati di monitoraggio piezometrico indicano la presenza in profondità di livelli piezometrici superiori al p.c.. In conseguenza di ciò l'area in esame è interessata da moti di filtrazione verso l'alto e da gradienti di pressione superiori a quelli idrostatici determinati con livelli di falda prossimi al p.c.. La differenza tra livelli piezometrici reali e livelli piezometrici idrostatici determinati invece assumendo la falda prossima al p.c. cresce con l'aumentare della profondità, ma può essere considerata non rilevante negli strati più superficiali. Poiché il dimensionamento delle opere costituenti la bretella e la strada interpoderale interferente (è sviluppato sulla base di considerazioni di stabilità locale (che riguardano cioè solo gli strati più superficiali) è stata considerata ragionevolmente cautelativa l'assunzione di gradienti di pressione idrostatici determinati con falda prossima al piano campagna dal p.c., come indicato nelle tavole. Livelli piezometrici più gravosi vengono assunti solo nelle analisi di stabilità globali del versante in frana, che interessano superfici di scorrimento poste a profondità maggiori di 15-20 m dal p.c., finalizzate:

- a spiegare dal punto di vista geotecnico i motivi delle periodiche riattivazioni dei movimenti franosi profondi;
- a valutare quali possono essere le conseguenze indotte da eventi sismici sul comportamento di tali masse di terreno;
- a supporto dello Studio di Compatibilità Geologica richiesto dalla Regione Molise.

7.3 Caratterizzazione geotecnica

Ai fini delle verifiche geotecniche delle opere costituenti la bretella e la viabilità interferente in oggetto, assume particolare importanza la caratterizzazione geotecnica delle argille plio-pleistoceniche. Tale caratterizzazione è stata effettuata sulla base principalmente dei risultati delle indagini geognostiche descritte in precedenza (con particolare riferimento a quelle condotte dalla società Autostrade nel 1991 e nel 2000-2001), inquadrandola tuttavia anche nell'ambito di considerazioni sull'assetto macrostrutturale indotto dai movimenti di natura tettonica e gravitativa avvenuti nella fase post-deposizionale, quale risulta dalla descrizione riportata nelle colonnine dei sondaggi e nei certificati di laboratorio (elaborati **3.07** e **3.08**), nonché da quanto discusso nell'elaborato **3.01**.

Le prove di classificazione effettuate sulle argille plio-pleistoceniche sono consistite in determinazioni delle caratteristiche di umidità e peso di volume naturale, di plasticità (limiti di Atterberg), di composizione granulometrica, di peso specifico dei grani. I risultati conseguiti possono essere così sintetizzati:

- Pesì di volume naturale γ_n leggermente crescenti con la profondità da 20.5 kN/m³ (in superficie) a 21 kN/m³ (> 80 m dal p.c.);
- Contenuti d'acqua naturale w_n leggermente decrescenti con la profondità da 22% (in superficie) a 20% (> 80 m dal p.c.);
- Argille sature;
- Indici dei vuoti iniziali e_o , calcolati a partire dai pesi di volume naturale e dai contenuti d'acqua naturale, eggermente decrescenti con la profondità da 0.65 (in superficie) a 0.55 (> 80 m dal p.c.);
- Limiti liquidi LL leggermente crescenti con la profondità da 50÷55% (in superficie) a 60÷65% (> 80 m dal p.c.);
- Limiti plastici LP pari a 18÷20%;
- Indici plastici IP leggermente crescenti con la profondità da 35% (in superficie) a 45% (> 80 m dal p.c.).
- Attività "A" variabile tra 0.8 e 1.2.
- Argille di media e alta plasticità.

7.3.1 Stati iniziali e grado di sovraconsolidazione meccanica

Le argille plio-pleistoceniche in esame sono da considerare preconsolidate meccanicamente per fenomeni di erosione; ciò, oltre che da considerazioni di carattere geologico, è dimostrato dal fatto che gli stati iniziali del materiale, definiti dall'indice dei vuoti normalizzato I_{vo} (si veda [Burland, 1990](#)) e dalla pressione verticale efficace geostatica σ_{vo}' , risultano collocati al di sotto della linea di compressibilità intrinseca in condizioni edometriche IC_{Led} . Si possono tuttavia rinvenire situazioni tali per cui gli stati iniziali si discostano significativamente dalla linea di tendenza generale, venendosi a collocare in posizioni più prossime alla IC_{Led} ; ciò è caratteristico di materiali posti in corrispondenza di fasce di disturbo a cavallo dello superfici di scorrimento indotte da fenomeni di natura gravitativa e tettonica; in conseguenza delle rilevanti deformazioni volumetriche e deviatoriche plastiche, tali materiali hanno subito un aumento dell'indice dei vuoti e una conseguente sensibile perdita del grado di preconsolidazione meccanico sviluppato nelle precedenti fasi di deposizione e di erosione. In considerazione del fatto che le curve edometriche tendono a raccordarsi alla IC_{Led} è ragionevole ipotizzare che i materiali in esame non siano dotati di legami di cementazione e che la pressione di preconsolidazione sia determinata solo da fenomeni di precompressione meccanica. Il profilo di progetto del grado di sovraconsolidazione meccanica è riportato nella **Figura 7.1**.

7.3.2 Stato tensionale efficace iniziale (geostatico)

Lo stato tensionale efficace iniziale (geostatico) della formazione delle argille plio-pleistoceniche è caratterizzato da coefficienti di spinta a riposo K_{oSC} superiori a 1. Una stima di K_{oSC} e della tensione efficace orizzontale geostatica σ_{ho}' in condizioni di piano campagna orizzontale, presumibilmente cautelativa nel caso in esame rappresentato da un versante con pendenza media non nulla, può essere fatta sulla base delle seguenti equazioni:

$$\sigma_{ho}' = K_{oSC} \cdot \sigma_{vo}'$$

$$K_{oSC} \cong (1 - \text{sen} \varphi_{cv}') \cdot \sqrt{GSC}$$

$$\varphi_{cv}' \cong 25^\circ \div 26^\circ = \text{angolo di attrito a volume costante}$$

$$GSC = \frac{\sigma'_{v\max}}{\sigma'_{vo}}$$

I valori del grado di sovraconsolidazione meccanica ottenuti sono riportati nella **Figura 7.2**.

7.3.3 Coefficienti di compressione

I coefficienti di compressione nel tratto normal-consolidato C_c ottenuti dalle prove edometriche della campagna 1991 condotte ad elevate pressioni risultano variabili tra 0.25 e 0.30. Gli stessi coefficienti ottenuti utilizzando la correlazione empirica di [Burland \(1990\)](#) risultano superiori a quelli sperimentali; ciò in ragione del fatto che si riferiscono ad intervalli di pressione decisamente inferiori, ovvero tra 100 kPa e 1000 kPa, invece che a pressioni superiori a 1000 kPa.

I valori del coefficiente di compressione ottenuti sono riportati nella **Figura 7.3**.

7.3.4 Resistenza al taglio non drenata

La resistenza al taglio non drenata c_u è stata ottenuta dai risultati delle prove triassiali TX-UU e dall'applicazione di formule empiriche (si vedano ad esempio [Atkinson & Bransby, 1978](#)). In particolare i risultati ottenuti dalle prove TX-UU risultano comparabili con quelli ottenuti dall'applicazione delle formule empiriche a riprova che i materiali in esame non sono dotati di particolari legami di cementazione. Inoltre i valori della resistenza al taglio non drenata sono da intendersi rappresentativi di condizioni di materiale intatto, ovvero non interessato dalla presenza di discontinuità macrostrutturali.

L'andamento con la profondità della resistenza al taglio non drenata è riportato nella **Figura 7.4**.

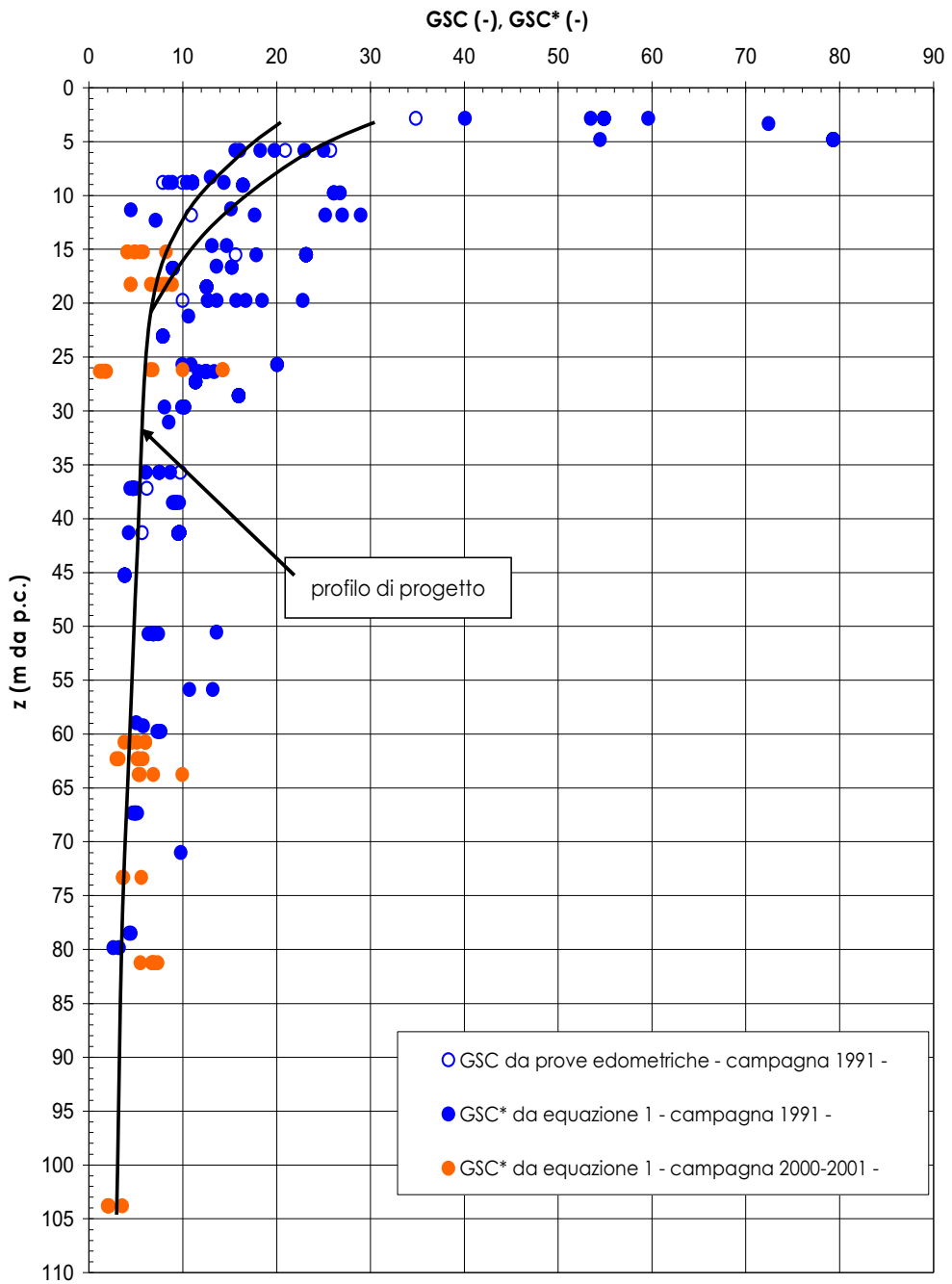


Figura 7.1: Grado di sovraconsolidazione

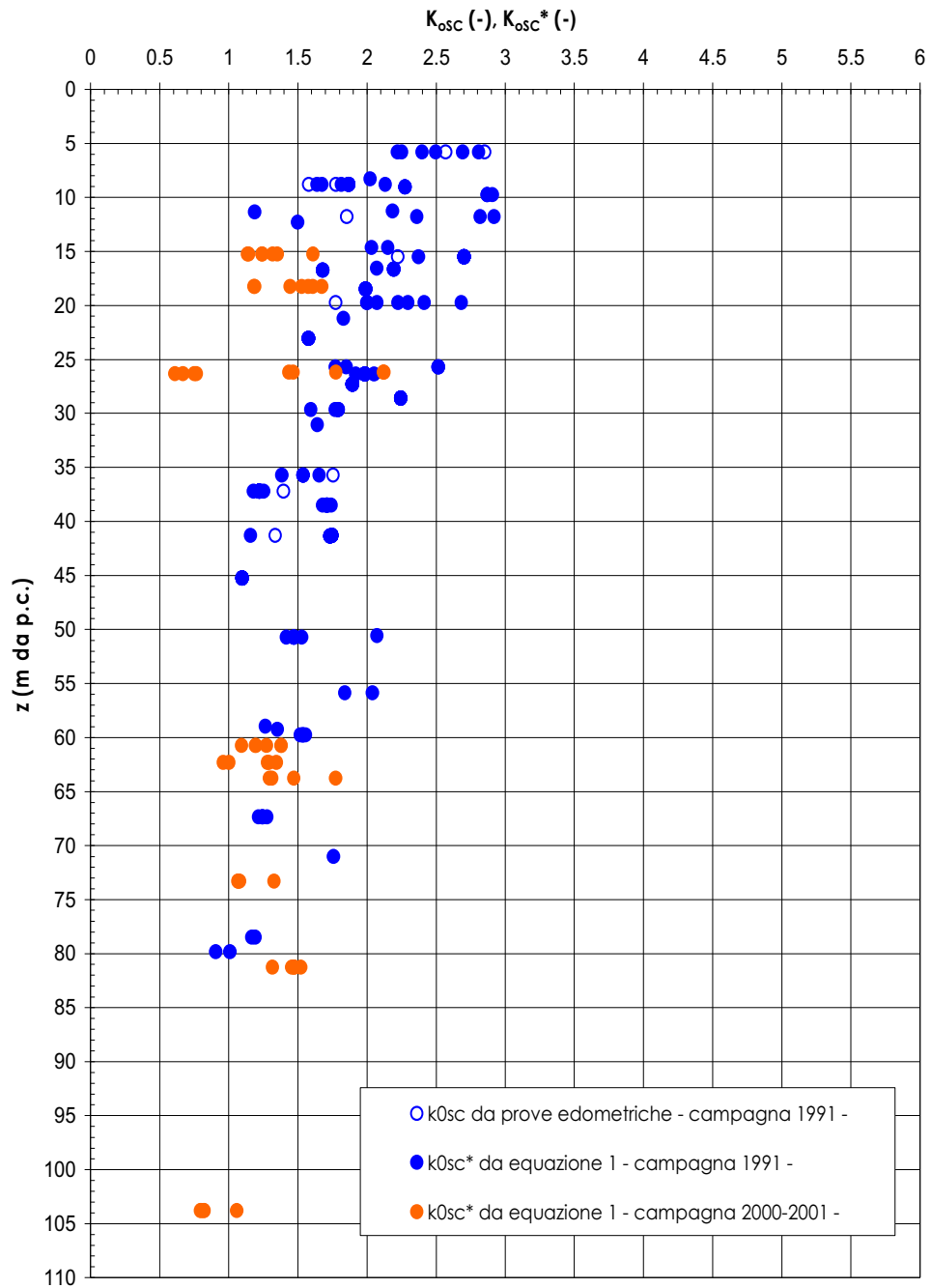


Figura 7.2: Coefficiente di spinta a riposo

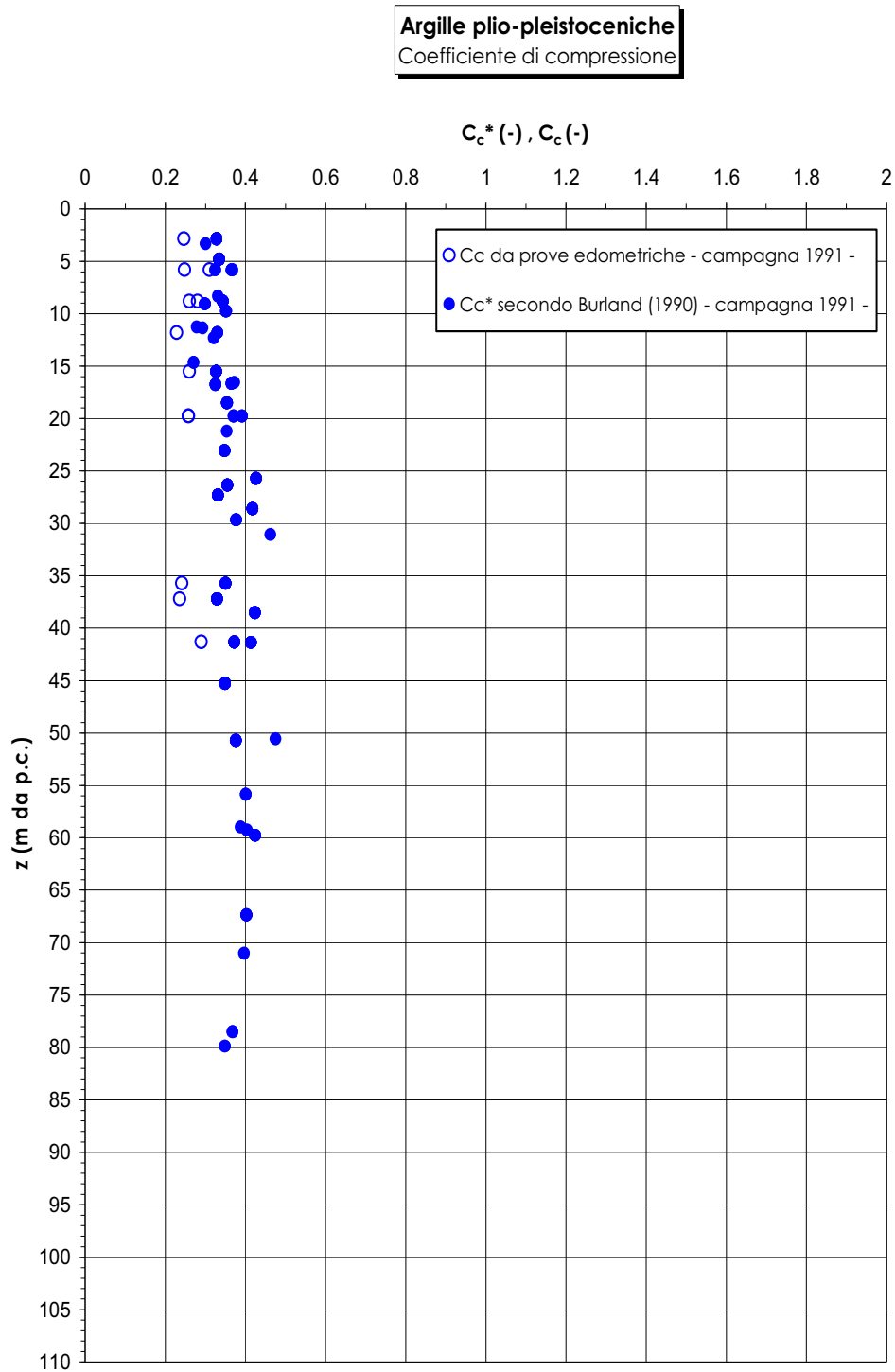
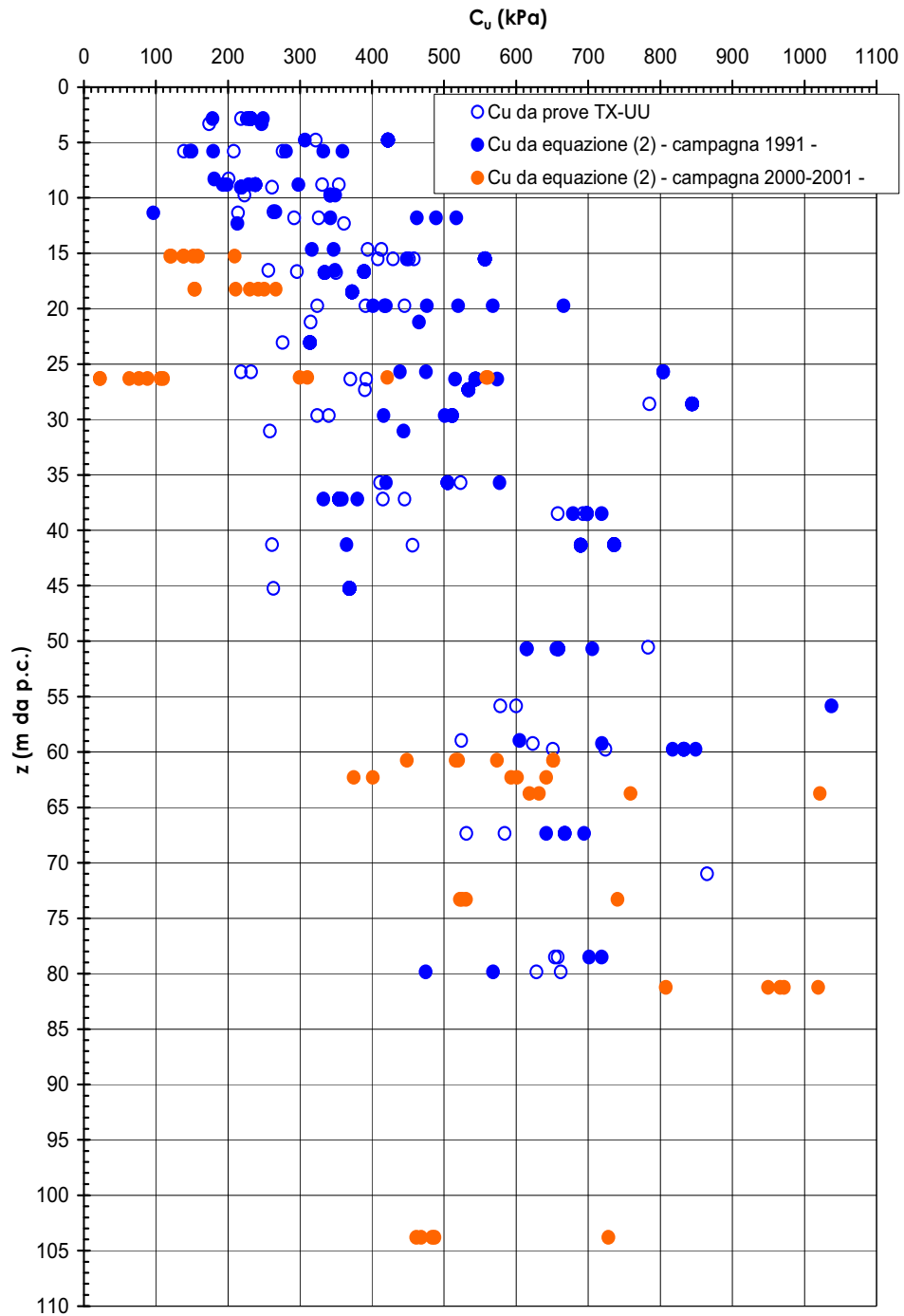


Figura 7.3: Coefficiente di compressione

**Figura 7.4: Resistenza al taglio non drenata**

7.3.5 Parametri di resistenza in termini di sforzi efficaci

La definizione dei parametri di resistenza al taglio in termini di sforzi efficaci risulta particolarmente complessa per i seguenti motivi:

1. Il comportamento delle argille in esame, nel caso più semplice rappresentato da provini omogenei e intatti, è del tipo "strain softening", ovvero caratterizzato da una sensibile riduzione della resistenza al taglio una volta raggiunte le condizioni di incipiente rottura. Le resistenze post-rottura tendono rapidamente a decadere dapprima verso quelle caratteristiche delle condizioni di stato critico e successivamente, in presenza di rilevanti scorrimenti lungo la superficie di rottura, verso quelle di stato residuo (si veda ad esempio [Skempton, 1985](#)).
2. I parametri di resistenza di picco di provini omogenei e intatti non sono univoci, ma vengono a dipendere dal tipo e dalle modalità di conduzione delle prove di laboratorio. Ad esempio i parametri ottenuti con prove di taglio diretto TD possono risultare inferiori a quelli ottenuti con prove triassiali TX-CID; ciò in ragione del fatto che lo stato tensionale nella scatola di Casagrande risulta, come noto, non omogeneo, favorendo fenomeni di rottura progressiva.
3. Non è facile definire in prove triassiali il comportamento post-rottura di provini omogenei e intatti; infatti, una volta raggiunta la condizione di incipiente rottura, nei provini tendono a formarsi superfici di scorrimento; in conseguenza di ciò sia lo stato di sforzo, sia gli indici dei vuoti diventano non omogenei (vedi ad esempio [Burland, 1990](#)).
4. I materiali presenti nell'area di frana possono essere caratterizzati dalla presenza di discontinuità strutturali più o meno rilevanti.

In accordo alla letteratura tecnica, il limite superiore dei parametri di resistenza di materiali aventi caratteristiche micro e macrostrutturali comparabili a quelle in esame, non è molto diverso (leggermente superiore) da quello associabile alle condizioni di stato critico (si vedano ad esempio [Burland et al., 1996](#); [Georgiannou & Burland, 2001](#); [Georgiannou & Burland, 2006](#)); il limite inferiore dei parametri di resistenza, applicabile lungo le superfici di scorrimento dei corpi franosi

individuate dal monitoraggio inclinometrico, è invece dato da quello associabile alle condizioni di stato residuo.

Alla luce di tali considerazioni la caratterizzazione geotecnica delle argille in esame è stata sviluppata come segue.

La resistenza al taglio di stato critico è stata definita sulla base dei risultati delle prove triassiali TX-CIU di compressione e delle prove triassiali TX-CID di compressione (queste ultime condotte su provini consolidati a pressioni elevate), prendendo in considerazione la condizione di raggiungimento della tensione deviatorica massima. Infatti:

- In materiali sovraconsolidati meccanicamente, non cementati, i percorsi di sollecitazione efficace delle prove triassiali TX-CIU tendono a posizionarsi molto prossimi alla linea M nel piano q - p' , essendo $q = (\sigma_1' - \sigma_3')$ e $p' = (\sigma_1' + 2\sigma_3')/3$ (si veda ad esempio [Atkinson & Bransby, 1978](#)).
- Le prove triassiali TX-CID effettuate su provini consolidati ad elevate pressioni raggiungono ragionevolmente condizioni associabili a quelle di stato critico, ovvero $q = q_{max} = cost$; $p' = cost$ e $\Delta e = cost$.

I risultati conseguiti portano ad un valore dell'angolo di attrito a volume costante o di stato critico $\varphi_{cv}' \geq 25^\circ$. Si rileva che risultati comparabili sono stati ottenuti dalle prove di taglio diretto. Il fatto che le resistenze di picco ottenute dalle prove di taglio diretto su provini sovraconsolidati meccanicamente siano risultati comparabili a quelle di stato critico è, come già evidenziato, presumibilmente imputabile a fenomeni di rottura progressiva indotti dallo stato di sforzo non omogeneo nella scatola di Casagrande.

La resistenza al taglio residua è stata definita sulla base dei risultati di prove di taglio anulare e di prove di taglio diretto "reversal" (piano $\tau - \sigma_n'$). Si rileva che, nel caso delle argille in esame, i risultati delle prove di taglio anulare forniscono resistenze inferiori rispetto a quelle delle prove di taglio diretto "reversal"; tali risultati appaiono più compatibili con quelli che derivano dalle analisi di stabilità del versante riportate negli elaborati grafici [6.01](#), [6.02](#) e [6.03](#). In accordo agli studi effettuati nell'ambito

del progetto ANIDRO i risultati delle prove di taglio anulare possono essere ragionevolmente rappresentati dalla seguente equazione:

$$\varphi_r' = 8.5 + \frac{11}{\left(1 + \frac{\sigma_n'}{200}\right)} \text{ (}^\circ\text{)}$$

essendo σ_n' la pressione normale alla superficie di scorrimento in kPa.

Gli involuipi delle resistenze al taglio caratteristici dei materiali intatti sono stati definiti ricorrendo a un modello costitutivo elasto-plastico con doppia superficie di plasticizzazione, ad incrudimento volumetrico e cinematico, sviluppato dagli scriventi sulla base di quanto descritto in [Al Tabbaa & Muir Wood \(1989\)](#), applicabile a terreni sovraconsolidati meccanicamente, non cementati.

Per tenere conto della possibile presenza di discontinuità strutturali, gli involuipi delle resistenze al taglio rappresentativi dei materiali costituenti i corpi di frana, delimitati dalle superfici di scorrimento individuate dal monitoraggio inclinometrico, sono stati definiti ricorrendo al modello costitutivo elasto-plastico, assegnando in questo caso un angolo di attrito ridotto (fattorizzato) φ' pari a 20° .

7.3.6 Caratteristiche di deformabilità

Il comportamento tensio-deformativo delle argille in esame risulta altamente non lineare anche in condizioni lontane dalla rottura; nella definizione dei parametri di progetto è opportuno tenere conto dei seguenti aspetti principali.

- I moduli elastici iniziali (applicabili fino a livelli di deformazione inferiori a $1 \cdot 10^{-5}$) vengono a dipendere dalle pressioni efficaci medie di confinamento. Una stima del modulo di taglio elastico iniziale G_0 , associabile alle condizioni tensionali efficaci geostatiche, può essere effettuata sulla base della correlazione empirica proposta da [Viggiani & Atkinson \(1995\)](#) per materiali ricostituiti, non cementati, sovraconsolidati meccanicamente. Si rileva che la correlazione empirica proposta da [Viggiani & Atkinson \(1995\)](#) conduce a valori di G_0 più bassi di quelli ottenibili ad esempio applicando la correlazione empirica suggerita ad esempio da [Kramer \(1996\)](#). Il profilo del modulo di taglio a piccole deformazioni di progetto è riportato nella **Figura 7.5**.

- Normalmente il livello di deformazione indotto nell'intorno delle opere, anche se lontano da quello caratteristico di condizioni prossime alla rottura, è superiore a $1 \cdot 10^{-5}$; ne consegue che i valori dei moduli iniziali devono essere abbattuti secondo opportune curve di degrado, in funzione del livello di deformazione atteso, al fine di ottenere moduli elastici "operativi". In analisi condotte con modelli costitutivi elasto-plastici avanzati, tipo quello citato nel paragrafo precedente, la problematica connessa con la definizione dei moduli "operativi" viene superata; infatti, lungo percorsi di sollecitazione che si collocano all'interno della superficie di plasticizzazione che delimita il dominio elastico, nel modello costitutivo vengono utilizzati i moduli elastici iniziali; l'aumento della deformabilità del materiale (degrado dei moduli rispetto ai valori elastici iniziali) che si verifica lungo percorsi di sollecitazione esterni alla superficie di plasticizzazione che delimita il dominio elastico viene messo automaticamente in conto dal fatto che alle deformazioni elastiche vengono a sommarsi le deformazioni plastiche. La curva di degrado del modulo è stata ottenuta simulando prove triassiali consolidate isotropicamente e portate a rottura in condizioni di p' costante; la curva di degrado ottenuta, riporta nella **Figura 7.6**, è abbastanza in linea con quelle proposte per materiali argillosi dal codice di calcolo EERA ([Bardet et al., 2000](#)) e da [Kramer \(1996\)](#).

7.3.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio V_s è stato ricavato da quello del modulo di taglio iniziale G_o , applicando la seguente equazione:

$$V_s = \sqrt{\frac{9.81 \cdot G_o}{\gamma_n}}$$

Il profilo delle velocità delle onde di taglio è riportato nella **Figura 7.7**.

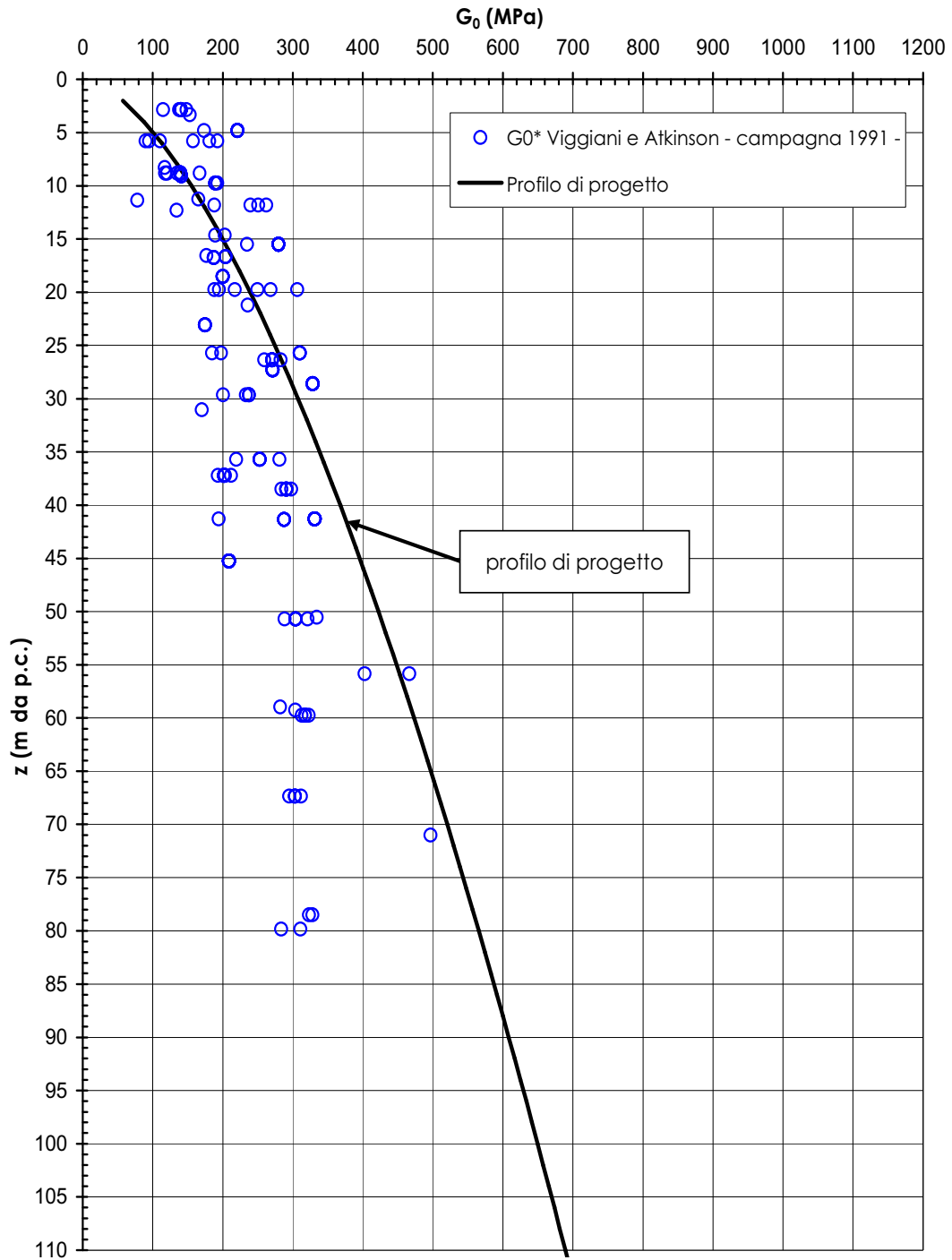


Figura 7.5: Modulo di taglio iniziale (Viggiani & Atkinson, 1995)

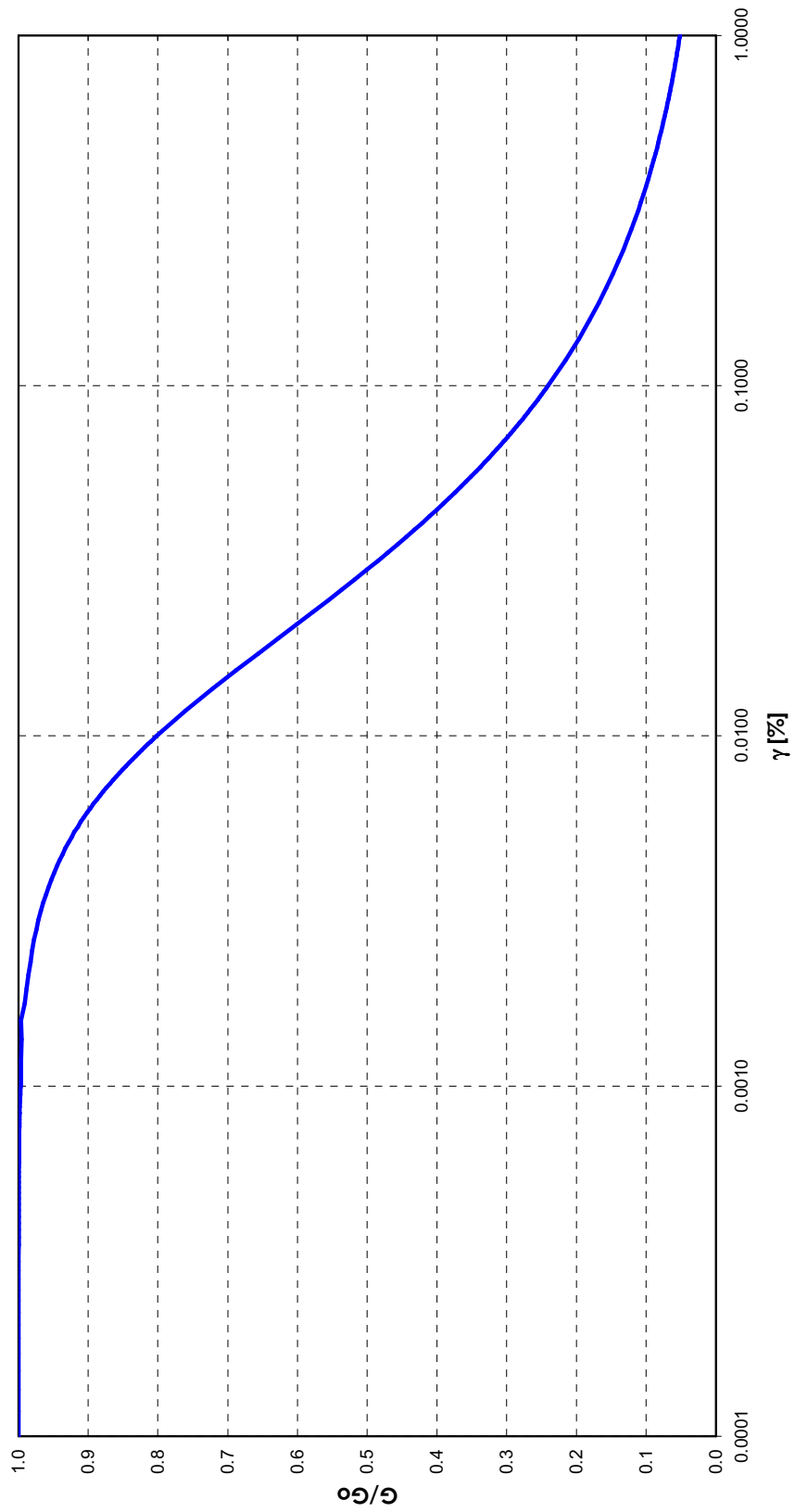


Figura 7.6: Curva di degrado del modulo di taglio

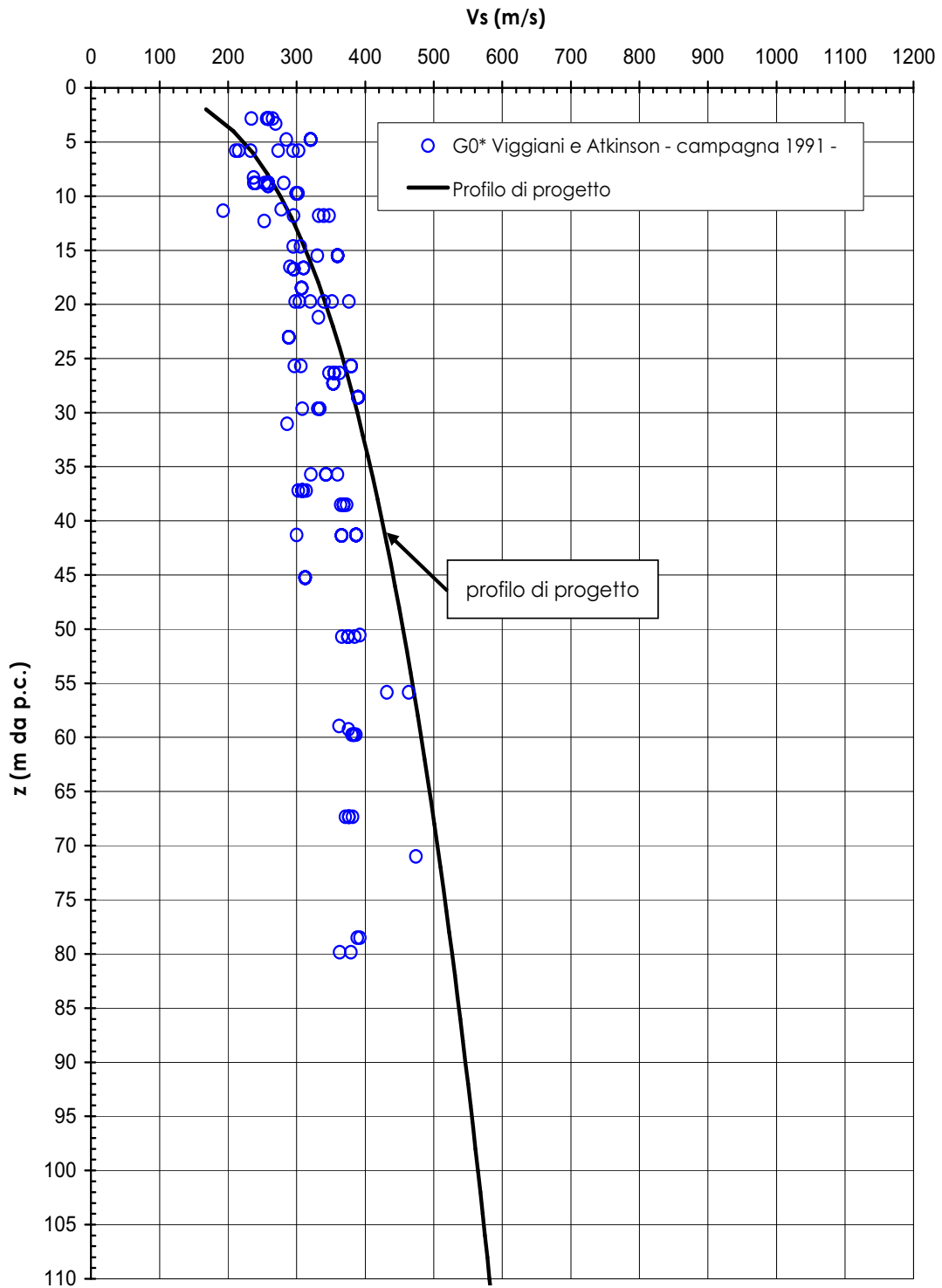


Figura 7.7: Velocità delle onde di taglio (Viggiani & Atkinson, 1995)

7.3.8 Coefficienti di permeabilità

I coefficienti di permeabilità del materiale intatto sono stati determinati applicando la correlazione empirica di [Feng \(1991\)](#) o quella sviluppata dagli scriventi per argille caratterizzate da indici di attività compresi tra 0.8 e 1.2. La correlazione empirica di [Feng \(1991\)](#) è data dalla seguente equazione:

$$k_o = 6.54 \cdot 10^{-11} \cdot \left(\frac{e_o \cdot A}{IP} \right)^4 \text{ m/s}$$

essendo:

A = attività

IP = indice di plasticità

Al materiale intatto può essere assegnato, come limite inferiore, un coefficiente di permeabilità decrescente con la profondità tra $1 \cdot 10^{-10}$ ÷ $1 \cdot 10^{-11}$ m/s; non si può escludere che, data la presenza di discontinuità strutturali più o meno rilevanti e la presenza di livelli/veli di sabbia, in condizioni di scarico (scavo) i valori dei coefficienti di permeabilità dell'ammasso possano diventare anche uno-due ordini di grandezza superiori a quelli del materiale intatto.

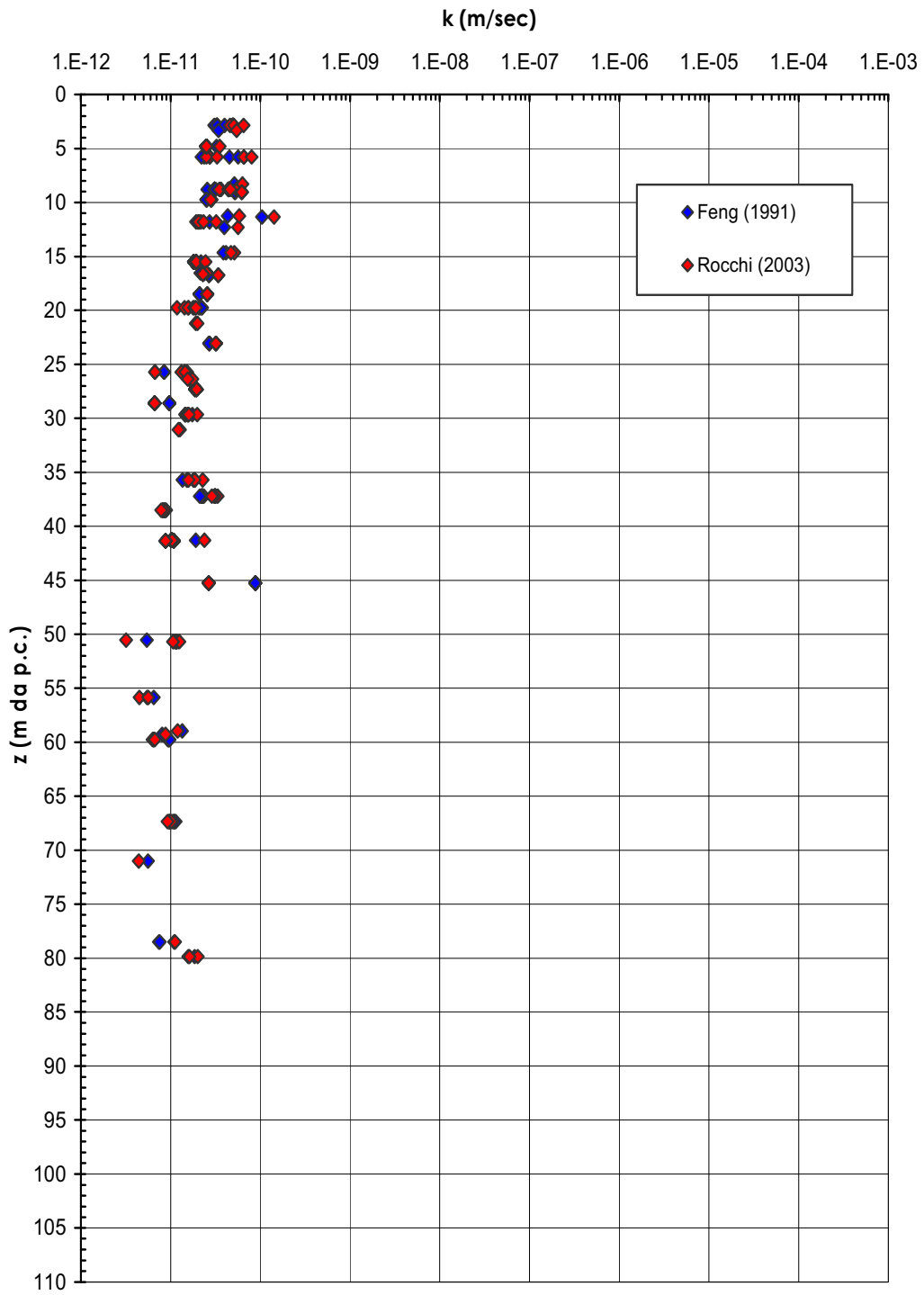


Figura 7.8: Coefficiente di permeabilità da correlazioni empiriche

8. INQUADRAMENTO SISMICO

In accordo alle nuove **Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008** il comune di Petacciato è classificato sismico.

La pericolosità sismica di base, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di suola A, quale definita nel seguito) è ricavabile, in funzione del periodo di ritorno T_R o della probabilità di eccedenza P_{VR} , dall'Allegato B della norma o dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Nel caso specifico della bretella oggetto della progettazione viene stabilito quanto segue:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni (per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali, e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale);
- Classe d'uso dell'opera = IV e coefficiente d'uso $C_U = 2$ (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Reti viarie di tipo A o B, di cui al **D.M. 5 Novembre 2001 n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade"** e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A e B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico.....).
- Periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.
- Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $P_{VR} = 10\%$ (Stato Limite di salvaguardia della Vita (SL, V) (a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni alle componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali).
- Periodo di ritorno T_R associabile ai valori di V_R e P_{VR} sopra indicati pari a circa 950 anni.

Ne consegue che, in accordo all'Allegato B della norma o dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/>, $a_g \approx 0.125 \cdot g$, essendo g l'accelerazione di gravità.

Vengono definiti in categoria di sottosuolo A ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. La velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità è valutabile con la seguente formula:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ (m/s)}$$

essendo:

h_i = spessore dello strato i-esimo compreso nei primi 30 m di profondità in metri

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nello strato i-esimo

N = numero degli strati compresi nei primi 30 m di profondità.

L'area in oggetto appartiene alle categorie di sottosuolo tra B e C; l'azione sismica di progetto andrà pertanto valutata considerando opportuni coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s .

Risultando la pendenza del p.c. inferiore a 15°, dal punto di vista delle condizioni topografiche l'area in esame può essere considerata di categoria T1, ovvero caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1$.

9. **PROGETTO STRADALE**

9.1 **Bretella autostradale**

La bretella autostradale è costituita da due carreggiate, ciascuna a due corsie di marcia aventi larghezza pari a 3.4 m. La zona spartitraffico, costituita da una barriera New-Jersey monofilare, ha un ingombro di 0.9 m; l'ingombro pavimentato complessivo delle due carreggiate autostradali è pertanto pari a 15 m ($0.25+3.40+3.40+0.90+3.40+3.40+0.25$).

La pavimentazione stradale è conformata a schiena d'asino con pendenza pari al 2.5%.

La velocità massima di percorrenza della bretella autostradale è fissata in 60 km/ora, anche se nel suo tratto centrale è stata verificata per una velocità di 80 km/ora; la limitazione a 60 km/ora si rende necessaria a seguito dei possibili avvallamenti della sede autostradale che si potrebbero creare a seguito di riattivazioni del corpo di frana.

Si ipotizza che in caso di riattivazione dei movimenti gravitativi profondi la bretella autostradale rimarrà aperta al traffico per un periodo di tempo comunque non superiore ad 1 anno; sotto tale ipotesi la pavimentazione autostradale, di spessore complessivamente pari a 56 cm, sarà costituita da:

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

In corrispondenza del passaggio sopra lo scatolare del sottopasso della strada interpodereale, la pavimentazione autostradale, poggiante direttamente sul manufatto in c.a., sarà costituita da:

Al ciglio

- conglomerato bituminoso di base: 10 cm
- binder: 6 cm
- strato di usura: 5 cm

In asse bretella

- fondazione in misto granulare: 18 cm
- conglomerato bituminoso di base: 10 cm
- binder: 6 cm
- strato di usura: 5 cm

Lo spessore della fondazione in misto granulare in asse bretella deriva dallo spessore della pavimentazione al ciglio e dalla pendenza del 2.5% conferita al piano scorrevole autostradale.

La planimetria di progetto del tracciato della bretella autostradale è riportata negli elaborati grafici **1.11 – 1.12 – 1.13 – 1.14**; su tale planimetria sono riportate anche le tracce delle sezioni trasversali, delle quali n.86 sono relative alla bretella autostradale e n.17 riguardano la strada interpoderale che sottopassa il costruendo tratto autostradale alla progressiva km.00+619 della bretella.

Il profilo longitudinale del tracciato della bretella autostradale è riportato negli elaborati grafici **5.03 – 5.04 – 5.05 – 5.06**.

Le sezioni tipo stradali della bretella autostradale sono illustrate negli elaborati grafici **5.09 – 5.10 – 5.11**; le sezioni trasversali sono riportate sugli elaborati grafici **5.12 – 5.13 – 5.14 – 5.15 – 5.16 – 5.17 – 5.18 – 5.19**.

In merito alle barriere di sicurezza si è previsto quanto segue:

- *lungo i cigli superiori dei rilevati*
→ barriere tipo H2 bordo rilevato;
- *sullo scatolare della strada interpoderale*
→ barriere tipo H3 bordo ponte;
- *lungo il ciglio sinistro dei tratti a mezza costa dove sono presenti a bordo strada manufatti in c.a. per il convogliamento delle acque di versante*
→ barriere tipo H3 bordo ponte.

La recinzione autostradale è di altezza pari a 1.22 m tranne che nei tratti a monte della paratia ed in corrispondenza del passaggio sullo scatolare della strada interpoderale dove risulta pari a 2.12 m.

In fase di esercizio ordinario del traffico autostradale ("viabilità ordinaria su autostrada"), la nuova bretella sarà interdetta al transito veicolare e alla sosta; in particolare gli innesti Nord (lato Vasto) e Sud (lato Termoli) della bretella sull'autostrada esistente saranno chiusi con barriere metalliche tipo H2. In caso di

attivazione della deviazione del traffico sulla nuova bretella (“viabilità su bretella”) verranno aperti due varchi nello spartitraffico esistente sull'autostrada (demolizione delle 2 barriere H3) per 120 m al fine di permettere la deviazione della carreggiata Nord sugli innesti lato Vasto (varco a Nord) e Termoli (varco a Sud) della bretella. Le condizioni di “viabilità su autostrada” e “viabilità su bretella” sono descritte negli elaborati grafici **5.07 – 5.08**.

9.2 Strada interpoderale

La strada interpoderale, che sottopassa la nuova bretella autostradale alla sua progressiva km.00+619, è costituita da due corsie di marcia di larghezza pari a 2.5 m; complessivamente l'ingombro pavimentato della strada interpoderale è pari a 5 m (2.50+2.50). La pavimentazione stradale è conformata a schiena d'asino con pendenza pari al 2.0%.

Il profilo longitudinale del tracciato della strada interpoderale è riportato nell'elaborato grafico **5.21**.

Le sezioni tipo stradali della strada interpoderale sono illustrate nell'elaborato grafico **5.22**; le sezioni trasversali sono riportate sull'elaborato grafico **5.23**.

La pavimentazione della strada interpoderale, di spessore complessivamente pari a 33 cm, sarà costituita da:

- fondazione in misto granulare: 20 cm
- binder riciclato: 10 cm
- strato di usura: 3 cm

Sulla sommità della trave di coronamento dei diaframmi nei tratti in trincea sono state previste barriere tipo H2 bordo ponte ed una recinzione di altezza pari a 2.12 m. Nel tratto ove ad oggi è presente una recinzione è stato previsto il ripristino della stessa con recinzione di altezza pari a 1.22 m.

10. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le principali opere che caratterizzano la realizzazione della nuova bretella autostradale sono:

- Paratia dal Km.0+300.45 al km.0+478.96: si tratta di una paratia di pali $\Phi 1200$ mm multi-tirantata (fino a tre ordini di tiranti).
- Ritombamento del fosso Cacchione e stabilizzazione del rilevato: il ritombamento del fosso Cacchione viene conseguito tramite la realizzazione di una vasca di raccolta acque e loro canalizzazione in una tubazione di acciaio al di sotto del rilevato della nuova bretella autostradale fino a rimettersi, a valle del rilevato, nuovamente nell'attuale sede del fosso Cacchione; la stabilizzazione del rilevato viene conseguita tramite la realizzazione di setti di diaframma disposti a coltello rispetto allo sviluppo della sede autostradale.
- Strada interpoderale al km.0+619.42: la stradina esistente viene riadeguata per permetterne il passaggio al di sotto della nuova bretella autostradale. La necessità di sottopassare la nuova bretella comporta la realizzazione di un sottopasso scatolare con trincee di approccio realizzate tra diaframmi.
- Stabilizzazione dei rilevati nella zona del viadotto Marinella: la stabilizzazione dei rilevati viene conseguita tramite la realizzazione di setti di diaframma disposti a coltello rispetto allo sviluppo della sede autostradale.

Ciascuna realizzazione delle opere di cui sopra è stata studiata come un singolo "cantiere", indipendente dal resto del progetto, analizzando e computando tutte le fasi esecutive necessarie alla sua realizzazione; questa impostazione è stata adottata per lasciare libera la possibilità di iniziare con la realizzazione di un'opera piuttosto che di un'altra od anche di procedere in parallelo con tali realizzazioni. Lo stato finale di tali cantieri è stato poi considerato come un nuovo stato di fatto del territorio a partire dal quale è stato studiato il completamento della bretella autostradale. Le sezioni trasversali facenti parte della sezione VIABILITÁ riportano il profilo originario del terreno, lo stato di fatto successivo all'ultimazione della realizzazione delle singole opere di cui sopra e la configurazione geometrica della bretella ultimata; i computi relativi alla voce "realizzazione della bretella autostradale" considerano le sole lavorazioni necessarie al suo completamento a partire dallo stato finale dei cantieri di cui sopra.

Il progetto della bretella prevede infine delle somme a disposizione per:

- lo spostamento del tracciato dell'acquedotto presente a monte dell'autostrada, la cui progettazione ed esecuzione rimane a carico dell'autorità competente. 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. Lo spostamento dell'acquedotto dovrà essere effettuato prima o contestualmente ai lavori della nuova bretella autostradale.
- lo spostamento dei cavi Telecom, la cui progettazione ed esecuzione rimane a carico dell'autorità competente.

L'ubicazione delle opere è riportata è riportata negli elaborati grafici [1.11](#) – [1.12](#) – [1.13](#) – [1.14](#).

10.1 Opera di sostegno all'imbocco Nord della bretella

L'opera, che ha uno sviluppo pari a 180 m circa, è stata progettata per garantire la stabilità locale degli scavi, sia in fase di costruzione che in fase di esercizio, necessari alla realizzazione dell'innesto lato Vasto della nuova bretella sull'autostrada esistente.

L'opera è costituita da n.126 pali trivellati $\Phi 1200\text{mm}$ posti a interassi di 1.4 m, collegati in testa da una trave di coronamento (di altezza 1.0 m e larghezza 1.8 m) e tirantati su più ordini (fino a un massimo di 3 ordini in corrispondenza delle sezioni di altezza di scavo massima). I pali hanno lunghezze nette variabili tra 12 e 19 m, in relazione all'altezze di scavo locale; complessivamente la lunghezza netta dei pali è pari a 1974 m.

I tiranti, in numero di 130, tutti inclinati di 20° rispetto al piano orizzontale, sono a 5 trefoli, hanno una lunghezza del tratto libero pari a 21 m (1° ordine), 14 m (2° ordine) e 10 m (3° ordine) ed una lunghezza del tratto di fondazione sempre pari a 15 m. I tiranti sono disposti ad interassi costanti di 2.8 m. L'iniezione del tratto attivo dei tiranti avverrà seguendo la tecnica delle iniezioni ripetute in pressione, in accordo al punto 14.7.2 delle [Norme Tecniche di Appalto](#). La tesatura è fissata a 560 kN, il massimo carico di esercizio è previsto pari a circa 650 kN circa; il collaudo sarà eseguito sino al raggiungimento di un carico pari a 765 kN. Prima dell'esecuzione dell'opera, dovranno essere effettuati tiranti preliminari di prova, non utilizzabili per l'impiego successivo, con lo stesso sistema costruttivo di quelli definitivi, nello stesso sito e nelle stesse condizioni ambientali di quelli definitivi (lunghezza libera, lunghezza di fondazione, inclinazione, profondità della fondazione dal piano campagna). Il numero di prove preliminari sarà almeno pari a 7. Le prove preliminari dovranno essere dimensionate in modo tale che possa essere applicato un tiro massimo dell'ordine di 1605 kN. Ai sensi della norma i risultati delle prove dovranno fornire un tiro ultimo non inferiore a 1205 kN. Delle 7 prove minime previste, 5 prove (tipo 1) avranno lo scopo di determinare il valore del tiro ultimo dei tiranti e 2 prove (tipo 2) avranno lo scopo di controllare il comportamento nel tempo e di stabilire i criteri di accettazione delle prove di collaudo dei tiranti definitivi; il percorso di carico della prima parte della prova sarà pertanto identico a quello prescritto per il collaudo dei tiranti definitivi. Qualora i risultati ottenuti da queste due prove non confermassero le valutazioni tratte dalle 5 prove precedenti, dovranno essere realizzati altri tiranti di prova, da considerare in soprannumero rispetto al numero totale di 7. Sia le prove di tipo 1, sia le prove di tipo 2 saranno effettuate con tiranti aventi armatura costituita da almeno 6 trefoli, in modo da potere applicare un tiro massimo di prova non inferiore a 1600 kN.

A circa 1.0 m dalla quota del piano stradale è altresì prevista l'esecuzione di n.20 dreni suborizzontali microfessurati 2", di lunghezza complessiva pari a 15 m e con tratto fessurato di lunghezza 13.5 m; saranno installati in una perforazione di 80 mm con una inclinazione di 3° rivolta verso l'alto rispetto al piano orizzontale e saranno rivestiti con calza in geotessile.

La paratia di pali sarà rivestita da un muro in c.a. gettato in opera. Nelle travi di ripartizione dei tiranti saranno predisposti ad interassi 2.8 m, sfalsati rispetto a quello dei tiranti in progetto, tubi $\phi \geq 160$ mm, utili nell'eventualità di dovere ricorrere, sulla base dei dati di monitoraggio dell'opera, alla realizzazione di tiranti integrativi. Nel muro di rivestimento in c.a. sono previsti sia "barbacani" in corrispondenza dei dreni suborizzontali microfessurati, sia tubi $\phi > 160$ mm, a proseguimento di quelli alloggiati nelle travi di ripartizione.

L'opera di sostegno descritta non ha alcun effetto (né positivo, né negativo) sulle condizioni di stabilità dei corpi franosi profondi; sotto tali presupposti si accetta che, in presenza delle periodiche riattivazioni e/o di eventi sismici, possa subire spostamenti pluridecimetrici, oltre a quelli relativamente contenuti conseguenti unicamente agli effetti locali indotti dagli scavi.

In relazione al fatto che gli spostamenti indotti dai movimenti gravitativi profondi possono risultare differenziali (la zona in oggetto si colloca infatti ai bordi dell'area risultata più critica nel corso delle riattivazioni del 1979 e del 1991), è previsto che le travi di ripartizione dei tiranti ed il muro di rivestimento siano giuntati ogni 8.4 m.

Le armature metalliche dei pali e del muro sono costituite da barre in acciaio B450C (FeB44k ad aderenza migliorata controllato in stabilimento, $\sigma_{amm} = 260$ N/mm²), mentre per il getto è previsto calcestruzzo C25/30 avente $R_{ck} \geq 30$ MPa. La disposizione delle armature è illustrata nell'elaborato grafico **7.12** per i pali, nell'elaborato grafico **7.13** per la trave di coronamento e negli elaborati grafici **7.14** – **7.15** – **7.16** – **7.17** per i muri di rivestimento.

È prevista l'installazione di una serie di strumenti per il monitoraggio dell'opera in corso di costruzione e dopo la fine della sua costruzione. Il dettaglio del monitoraggio previsto è riportato nell'elaborato grafico **7.23**.

10.2 Setti di diaframmi ai piedi del rilevato zona viadotto Cacchione

Nel tratto dove la nuova bretella autostradale scavalca il fosso Cacchione, per evitare l'instaurarsi di fenomeni di instabilità dovuti al sovraccarico del rilevato ed impedire che lo stesso possa interagire negativamente con le pile del viadotto esistente, è prevista la realizzazione di n.16 setti di diaframma aventi sezione costante di 3.0 m x 1.0 m e lunghezza pari a 25 m, con l'esclusione di n.2 setti aventi lunghezza pari a 20 m. I setti sono disposti "a coltello" (asse maggiore perpendicolare rispetto all'asse stradale) con interasse di 2.25 m e sono intestati alla quota +11.5 m s.l.m.m. circa. I setti sono collegati in sommità da un trave alta 1.0 m e larga 7.0 m.

Contestualmente alla realizzazione del rilevato nell'area in oggetto, il fosso Cacchione sarà ritombato incanalandolo in una condotta passante sotto il rilevato; tale operazione richiede la realizzazione di una nicchia in c.a. a valle del rilevato (sul lato su cui sono disposti anche i diaframmi) da cui fuoriuscirà la condotta permettendo la reimmissione delle acque nell'attuale sede rivestita del fosso; la nicchia in c.a. sarà impostata alla quota di estradosso dei due diaframmi lunghi 20 m. A monte del nuovo rilevato autostradale è prevista invece la costruzione di una vasca di accumulo delle acque del fosso Cacchione che permetta di incanalare le stesse nella condotta che passa sotto il rilevato.

Le armature metalliche dei pali e del muro sono costituite da barre in acciaio B450C (FeB44k ad aderenza migliorata) controllato in stabilimento ($\sigma_{amm} = 260 \text{ N/mm}^2$), mentre per il getto è previsto calcestruzzo C25/30 avente $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$. La disposizione delle armature è illustrata nell'elaborato grafico [9.11](#).

È prevista l'installazione di una serie di strumenti per il monitoraggio dell'opera. Il dettaglio del monitoraggio previsto è riportato nell'elaborato grafico [9.14](#).

10.3 Strada interpoderale

La strada interpoderale che sottopassa il viadotto Marinella e lo costeggia immediatamente a monte per un tratto, per poi deviare verso il pendio

lungo la linea di massima pendenza, viene a interferire con la costruenda nuova bretella. Il progetto prevede la deviazione dell'attuale tracciato planimetrico e l'approfondimento della livelletta per consentire il sottopasso della bretella. In corrispondenza dell'asse della bretella la nuova livelletta della strada interpoderale viene a posizionarsi a circa 3 m dal p.c. attuale. La necessità di raccogliere e convogliare verso il Fosso Cacchione le acque di filtrazione (il livello di falda è infatti prossimo al p.c. attuale) e le acque meteoriche richiede altresì la realizzazione di opere di drenaggio (trincee drenanti) lungo i due lati del tratto di strada ribassato rispetto alle condizioni attuali, con un approfondimento massimo degli scavi dall'attuale p.c. dell'ordine di 5.5 m. Per garantire la stabilità degli scavi, sia in fase di costruzione sia in fase di esercizio, il progetto prevede l'esecuzione lungo i due lati della strada interpoderale di una paratia costituita da pannelli di diaframma collegati in testa da una trave di coronamento; i pannelli di diaframma hanno sezione 0.8 m x 2.5 m e lunghezza, dall'intradosso della trave di coronamento, variabile tra 9 e 16 m in funzione dell'altezza di scavo. In fase di scavo le paratie saranno puntellate in testa; i puntoni saranno costituiti da profilati HEB240 o HEB280 in acciaio disposti ad interassi variabili in funzione delle geometrie degli scavi e dell'opera. L'impiego di puntelli provvisori è stato preferito a quello di tiranti attivi per il motivo principale che essi sarebbero andati a occupare un'area facente parte del corpo franoso nell'ambito della quale potrebbe risultare necessario in futuro procedere con interventi di stabilizzazione integrativi. Una volta raggiunto il fondo scavo, nel tratto caratterizzato da altezze di scavo superiori a 2.5 m, verrà gettata una soletta in c.a di spessore 0.6 m con la funzione di puntello definitivo in fase di esercizio; nella soletta saranno predisposti dei fori di diametro 5 cm con la funzione di sfogo delle pressioni interstiziali. Al di sopra della soletta verrà predisposto il sistema di smaltimento delle acque meteoriche e di filtrazione, nonché il pacchetto stradale. A circa 1.5 m dalla sommità della trave di coronamento dei diaframmi è altresì prevista l'esecuzione di dreni suborizzontali microfessurati da 2", di lunghezza pari a 5 m; essi saranno installati in perforazioni di 80 mm aventi un'inclinazione di 3° verso l'alto rispetto al piano orizzontale e saranno rivestiti con calza in geotessile.

In corrispondenza del sottopasso della nuova bretella autostradale, tra le sezioni di progetto n.7 e n.8 del nuovo tracciato della strada interpoderale, all'interno dello scavo sostenuto dai pannelli di diaframma verrà alloggiato uno scatolare avente sezione interna di 6.20 m x 6.00 m.

Lo smaltimento delle acque di piattaforma raccolte avverrà tramite un sistema passivo a gravità costituito da tubo collettore $\Phi 300$ mm in grado di recapitare le acque raccolte nel fosso Cacchione. Il tubo collettore $\Phi 300$ mm verrà messo in opera con la tecnica della perforazione guidata.

Il progetto idraulico della strada interpoderale prevede anche l'intercettazione e risistemazione di un tratto del collettore $\Phi 300$ mm costituente l'attuale recapito delle acque raccolte dalla trincea drenante presente a monte dell'attuale sede autostradale.

L'opera descritta non ha alcun effetto (né positivo, né negativo) sulle condizioni di stabilità dei corpi franosi profondi; sotto tali presupposti si accetta che, in presenza delle periodiche riattivazioni e/o di eventi sismici, possa subire spostamenti pluridecimetrici verso valle, oltre a quelli relativamente contenuti conseguenti alle deformazioni locali indotte dagli scavi.

Le armature metalliche dei pali e del muro sono costituite da barre in acciaio B450C (FeB44k ad aderenza migliorata) controllato in stabilimento ($\sigma_{amm} = 260$ N/mm²), mentre per il getto è previsto calcestruzzo C25/30 avente $R_{ck} \geq 30$ MPa. Come acciaio per carpenteria si prevede l'utilizzo di acciaio S275JR. La disposizione delle armature è illustrata negli elaborati grafici **8.06 – 8.07 – 8.08 – 8.09**.

È prevista l'installazione di una serie di strumenti per il monitoraggio dell'opera in corso di costruzione e dopo la fine della sua costruzione. Il dettaglio del monitoraggio previsto è riportato nell'elaborato grafico **8.12**.

10.4 Setti di diaframmi ai piedi del rilevato zona viadotto Marinella

Nel tratto dove la nuova bretella autostradale corre in affiancamento al viadotto Marinella, per evitare l'instaurarsi di fenomeni di instabilità dovuti al sovraccarico del rilevato, è prevista la realizzazione di n.112 setti di diaframma aventi sezione costante di 2.5 m x 0.8 m e lunghezza di 19 m. I setti sono disposti "a coltello" (asse maggiore perpendicolare rispetto all'asse stradale) con interasse di 2.25 m ed intestati alla quota -3.0 m s.l.m.m. circa.

Le armature metalliche dei pali e del muro sono costituite da barre in acciaio B450C (FeB44k ad aderenza migliorata) controllato in stabilimento ($\sigma_{amm} = 260 \text{ N/mm}^2$), mentre per il getto è previsto calcestruzzo C25/30 avente $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$. La disposizione delle armature è illustrata nell'elaborato grafico **10.09**.

È prevista l'installazione di una serie di strumenti per il monitoraggio dell'opera in corso di costruzione e dopo la fine della sua costruzione. Il dettaglio del monitoraggio previsto è riportato nell'elaborato grafico **10.10**.

11. **PROGETTO IDRAULICO**

Il progetto delle opere di regimazione idraulica comprende tutti i sistemi idraulici atti ad intercettare le acque di piattaforma e di versante, canalizzarle e sversarle in punti di recapito già esistenti a valle della nuova bretella.

11.1 **Elementi alla base del progetto**

L'obiettivo del progetto idraulico è quello di rendere la nuova bretella "permeabile" ai normali deflussi delle acque, sia superficiali che sotterranei, evitando la creazione di qualsiasi sorta di barriera fisica. Per raggiungere l'obiettivo posto alla base del progetto si è previsto:

1. Il mantenimento dell'attuale distribuzione delle acque nei recapiti fisici già presenti sul territorio dei punti di recapito idraulici (fossi, canali, canalette, collettori, tombini etc), prevedendo ove indispensabile un loro riadeguamento alle esigenze di smaltimento acque derivante dalle verifiche idrauliche effettuate con i tempi di ritorno richiesti nel *Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino regionale del Fiume Biferno e Minori ("Legge 18 maggio 1989 n.183 – art.17, comma ter", "Legge 3 agosto 1998 n.267 modificata con Legge 13 luglio 1999 n.226" e "Legge 11 Dicembre 2000 n.365")*.

Nel dettaglio, lungo il tratto di sviluppo della nuova bretella autostradale sono stati individuati tre principali punti di recapito (già esistenti):

A. Fosso Cacchione.

È stato necessario progettare nuovi sistemi idraulici di smaltimento delle acque nel Fosso Cacchione.

- #### **B. Canaletta presente a lato delle pile del viadotto Marinella, sulla destra dell'attuale sede autostradale, che convoglia le acque raccolte, attraverso ulteriori canalette, ad un tombino idraulico che, sottopassando sia la sede ferroviaria che la sede della Strada Statale, permette lo sversamento delle acque a mare.**

È stato necessario progettare una riqualificazione dell'asta idraulica che porta le acque al tombino idraulico, sia in relazione all'attuale stato delle canalette sia in relazione alle portate che esse dovranno smaltire.

- C. Tombino presente sulla destra dell'attuale sede autostradale, dopo la fine del viadotto Marinella, che colletta le acque in una condotta di fognatura $\Phi 800$; successivamente le acque vengono recapitate in una condotta di fognatura $\Phi 1000$ che corre lungo l'attuale spartitraffico autostradale per poi essere sversate, a valle dell'A14, in un sistema di canalette che portano al poco lontano Fosso dei Lupi.**

Lo stato di fatto e di progetto idraulico sono riportati negli elaborati grafici **11.03 – 11.04 – 11.05.**

2. La predisposizione di passaggi idraulici trasversali ai nuovi rilevati autostradali per evitare l'accumulo eccessivo di acqua a monte della sede autostradale della bretella.

Nel dettaglio sono stati progettati n.3 attraversamenti trasversali all'asse stradale mediante collettori $\Phi 1000$ ubicati alle seguenti progressive: km.0+640 ca., km. 0+920 ca. e Km. 1+030 ca..

Inoltre, in corrispondenza del Fosso Cacchione è stata progettata una vasca di raccolta acque a monte del rilevato della nuova bretella autostradale che permetta di collettare le acque all'interno di un tubo di acciaio liscio $\Phi 1670$ mm al di sotto del rilevato e di sversarle, a valle del rilevato stesso, nuovamente nella sede esistente del Fosso Cacchione.

3. Opere di stabilizzazione dei rilevati nella zona del Fosso Cacchione e del viadotto Marinella costituiti da setti di diaframma disposti a coltello rispetto alla nuova sede autostradale; tale disposizione, allineata secondo la pendenza del versante, non crea alcun effetto barriera sul deflusso delle acque sotterranee, preservando quindi la "permeabilità" della bretella.
4. la risoluzione, per quanto possibile, delle interferenze con i diaframmi drenanti realizzati in destra sede autostradale durante la costruzione dell'A14. In particolare si hanno due punti di interferenza:
- La prima interferenza si ha in corrispondenza del km.0+400 ca., dove la realizzazione della paratia di pali $\Phi 1200$ a più ordini di tiranti intercetta il

diaframma drenante esistente (di larghezza pari a 1.2 m come da contabilità lavori Dis.114). Le quote a cui risulterebbe posizionato il tubo collettore $\Phi 300$ microfessurato sono ben al di sotto del piano stradale futuro; pertanto, per ovviare all'interruzione del diaframma drenante a causa della realizzazione della paratia si è previsto in progetto:

- o La realizzazione di un pozzetto a monte della paratia di intercettazione del diaframma drenante con posizionamento in trincea, eseguita con scavo a sezione obbligata, di un tubo collettore $\phi 500$ per il recapito delle acque provenienti dal diaframma nel tubo collettore presente a valle della paratia al di sotto del ciglio del piano stradale; tale soluzione, sulla base delle quote riportate nella contabilità lavori dell'autostrada A14, dovrebbe poter intercettare le acque che si dovessero accumulare nel diaframma drenante per battenti d'acqua superiori a 2 m ca. (valutate rispetto al fondo diaframma).
- o La realizzazione di microdreni sub-orizzontali nel primo tratto della paratia per cercare di intercettare il diaframma drenante e dare sfogo all'eventuale accumulo di acque.
- La seconda interferenza si ha in corrispondenza del km.0+619 ca., dove i diaframmi della trincea di approccio al sottopasso scatolare della strada interpodereale intercettano il diaframma drenante esistente (di larghezza pari a 1.5 m come da contabilità lavori Dis.114). Il tubo collettore $\phi 300$ microfessurato si verrebbe a trovare a 3 m ca. al di sotto del fondo scavo di progetto tra diaframmi; pertanto, per ovviare all'interruzione del diaframma drenante a causa dell'esecuzione dei diaframmi si è previsto in progetto:
 - o La prescrizione di eseguire delle perforazioni preliminari all'avvio di qualsiasi attività al fine di individuare correttamente l'andamento plano-altimetrico del diaframma drenante e del tubo collettore rispetto al tracciamento dei diaframmi in progetto.
 - o La realizzazione del diaframma che interferisce con il tubo collettore prevedendo, alla quota del tubo $\phi 300$ (rilevata prima di dare inizio ai

- lavori attraverso le perforazioni di cui sopra), l'inserimento nella gabbia di armatura di un tubo in acciaio $\phi 500$ dotato di tappi alle estremità per evitare l'ingresso di cls durante il getto del diaframma.
- o Uno scavo di approfondimento a sezione obbligata sbatacchiato all'interno della trincea di approccio al sottopasso scatolare al fine di intercettare il diaframma drenante, demolire i tappi del tubo $\phi 500$ inglobato nell'armatura dei diaframmi e ripristinare con tubo collettore $\phi 300$ e materiale granulare selezionato la continuità del diaframma drenante.

Il sistema idraulico è stato progettato cercando di contenere l'entità degli scavi necessari alla posa dei tubi collettori; questo vincolo di carattere geotecnico ha condizionato le scelte tecniche che hanno portato alla configurazione finale del sistema idraulico stesso.

Considerata la funzione emergenziale a cui è preposta la nuova bretella in progetto, il sistema idraulico è stato concepito come un sistema misto, ossia le acque di piattaforma e di versante vengono raccolte da un unico sistema di canalette e collettori che le trasportano fino ai punti di recapito presenti a valle della nuova bretella; non sono stati pertanto previsti in progetto sistemi di trattamento delle acque prima del loro sversamento nei punti di recapito individuati.

11.2 Individuazione dei bacini idrologici

I bacini idrologici principali considerati nel dimensionamento del sistema idraulico sono evidenziati nell'elaborato grafico **11.02**. I bacini suddetti afferiscono ai seguenti tre fronti idraulici principali:

- Fronte idraulico n.1 → Paratia di imbocco lato Vasto
Area del bacino = 0.013 km²
Portata di progetto = 0.75 m³
- Fronte idraulico n.2 → Impluvio Fosso Cacchione

Area del bacino = 0.83 km²

Portata di progetto = 14.86 m³

- Fronte idraulico n.3 → Fronte dei rilevati a mezza costa dall'intersezione con la strada interpoderale a fine bretella
Area del bacino = 0.23 km²
Portata di progetto = 5.90 m³

Il bacino idrologico n.3 è stato ulteriormente suddiviso in n.4 bacini idrologici secondari a loro volta ulteriormente partizionati in aree più piccole. A ciascuna di queste aree è stata associata una frazione della portata calcolata per il bacino principale pari al rapporto tra la superficie areale in oggetto e la superficie areale del bacino principale a cui essa appartiene. Il dettaglio del calcolo delle portate di progetto di ciascuna area è riportato nell'elaborato **11.01**.

11.3 Tempi di ritorno e portate di progetto

Il dimensionamento di tutto il sistema idraulico è stato effettuato sulla base di portate calcolate con i seguenti tempi di ritorno:

- Acque di piattaforma stradale → $T_R = 50$ anni
- Acque di versante → $T_R = 200$ anni

Il tempo di ritorno per il calcolo delle portate delle acque di versante recepisce quanto contenuto nel *Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino regionale del Fiume Biferno e Minori* ("Legge 18 maggio 1989 n.183 – art.17, comma ter", "Legge 3 agosto 1998 n.267 modificata con Legge 13 luglio 1999 n.226" e "Legge 11 Dicembre 2000 n.365"). La curva inviluppo utilizzata nel calcolo delle portate fa riferimento alla tabella riportata nel sopra citato *Piano Stralcio* e di seguito riproposta.

Tempo di ritorno (anni)	Curva inviluppo (m ³ /s)
30	$Q = 10 \cdot A^{0.72}$
100	$Q = 14 \cdot A^{0.72}$
200	$Q = 17 \cdot A^{0.72}$
500	$Q = 22 \cdot A^{0.72}$
A = Area del bacino sotteso in km ²	

Pertanto, per un periodo di ritorno di 200 anni, le portate sono state calcolate utilizzando la seguente formula:

$$Q = 17 \cdot A^{0.72}$$

essendo:

Q = portata espressa in m³/s

A = Area del bacino sotteso espressa in km²

Il progetto idraulico, sulla base di un tempo di ritorno di 200 anni, prevede le seguenti portate sversate nei punti di recapito individuati nel progetto:

- A. Punto di recapito A (Fosso Cacchione)
 - Q= 17.34 m³/s (=0.75+14.86 m³/s)
- B. Punto di recapito B (Pozzetto F.S.)
 - Q= 3.11 m³/s (=1.08+2.03 m³/s)
- C. Punto di recapito C (Tombino fognatura A14)
 - Q= 1.10 m³/s

11.4 Elementi idraulici

Per quanto concerne le caratteristiche del sistema idraulico nelle sezioni correnti della bretella autostradale il progetto prevede:

- arginelli con embrici di scarico acque di piattaforma ogni 25 m nei tratti in rilevato;
- cunettoni di base per la raccolta delle acque convogliate dagli embrici a valle dei tratti in rilevato; i cunettoni di base possono avere sezione trapezoidale o rettangolare a seconda delle esigenze;
- fossi di guardia a monte dei tratti in trincea o a mezza costa per la raccolta delle acque di versante; i fossi di guardia possono avere sezione trapezoidale o rettangolare a seconda delle esigenze;
- cunette alla francese per la raccolta delle acque di piattaforma al ciglio stradale nei tratti in trincea, a mezza costa e a raso;

- un fosso di guardia rettangolare per la raccolta delle acque di versante a monte della paratia di ingresso lato Vasto;
- una canaletta a sezione rettangolare per la raccolta delle acque di piattaforma a valle delle travi di coronamento dei diaframmi del rilevato di scavalco del Fosso Cacchione e dei diaframmi dei rilevati della zona viadotto Marinella;
- una trincea drenante in destra tra il km.0+523.55 ed il km.0+545.55, subito dopo l'attraversamento del Fosso Cacchione, per permettere la captazione delle acque di infiltrazione ad evitare il ristagno d'acqua all'interno del materiale di rilevato che crea nella zona, per la conformazione morfologica attuale dell'area, una sacca;
- una canala in adiacenza alla sede autostradale tra il km.00+860 ca. ed il km.01+105 ca. protetta da una barriera H3 Bordo ponte;
- collettori a bordo strada $\phi 300$, $\phi 500$, $\phi 600$ e $\phi 800$ per il convogliamento, tramite tombini, delle acque di piattaforma e di versante raccolte dalle cunette alla francese, dai cunettoni di base, dai fossi di guardia e dalle canale.

Per quanto concerne il sistema di raccolte acque di piattaforma della strada interpodereale, la presenza di un punto di minimo in corrispondenza del sottopasso e l'esigenza della Committente di non avere sistemi di sollevamento delle acque attivi, comporta la necessità di recapitare le acque raccolte con un tubo collettore $\phi 300$ fino ad un opportuno punto di recapito individuato nel Fosso Cacchione. La necessità di contenere l'entità degli scavi a sezione obbligata a pochi metri di profondità ha fatto propendere nel caso in esame la scelta di ricorrere alla tecnica della perforazione guidata; in relazione alla tecnica di installazione prescelta il tubo sarà in HDPE.

Il dettaglio del sistema di regimazione delle acque è riportato nelle planimetrie idrauliche di cui agli elaborati di progetto **11.03**, **11.04** ed **11.05**, nei profili idraulici dell'elaborato **11.06** e nei dettagli delle opere idrauliche degli elaborati **11.07**, **11.08** e **11.09**.

12. SPOSTAMENTO UTENZE ED INTERFERENZE

Nell'area interessata dalla costruzione della nuova bretella autostradale sono presenti alcune opere che interferiscono con essa; negli elaborati **1.06 – 1.07 – 1.08 – 1.09 – 1.10** si riportano le informazioni ad oggi note in merito allo stato di fatto attuale dell'area di intervento.

12.1 Acquedotto per l'irrigazione del Basso Molise

A monte e a distanza di circa 70 m dall'asse dell'autostrada corre, pressoché 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.

12.2 Cavi telefonici

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

12.3 Strada interpoderale

La strada interpoderale, che sottopassa il corpo autostradale in corrispondenza del viadotto Marinella, interferisce in maniera evidente con il rilevato della nuova bretella autostradale. Il progetto prevede la deviazione del tracciato planimetrico con inizio 150 m circa a monte della bretella e l'approfondimento della livelletta per consentire il sottopasso della nuova stradina.

12.4 Trave tirantata su pali

Tra il fosso Cacchione e la strada interpoderale è presente una paratia di pali tirantati, di notevoli dimensioni. L'opera, la cui posizione planimetrica è visibile nell'elaborato grafico [1.09](#), non interferisce col progetto della nuova bretella autostradale.

12.5 Diaframmi drenanti in destra sede autostradale esistente

Contestualmente alla costruzione dell'Autostrada A14 sono stati realizzati tre tratti di diaframmi drenanti in destra alla sede autostradale che interferiscono con la realizzazione della nuova bretella in progetto.

- **Tratto 1: Da Km.462+085 ca. a Km.462+450 ca., corrispondente al tratto compreso tra la sez.219 e la sez.230 (zona Fosso Cacchione) del progetto esecutivo dell'Autostrada A14.**

Il diaframma drenante in questo tratto è largo 1.2 m ed ha un'altezza media ponderale di 4 m ca.; al suo interno è sempre presente un tubo collettore microfessurato $\phi 300$ poggiato su una soletta in cls di 20 cm (assente nei primi 65 m ca.); il diaframma risulta riempito a tutta altezza con materiale drenante. In sommità è presente una canaletta trapezoidale. Più nel dettaglio il *Fondo Drenaggio* si trova ad una profondità, rispetto al *Fondo Canaletta*, mediamente pari a 4-5 m ca., tranne che nel tratto finale in cui tale differenza si riduce a 2-1 m ca. in corrispondenza dell'immissione nel Fosso Cacchione.

Tra la sez.223 e la sez.224 è presente un dreno di scarico $\phi 300$ che convoglia a valle dell'autostrada le acque raccolte, sino a tali sezioni, a monte della stessa; l'altezza media ponderale del dreno che sottopassa l'autostrada è pari a 3 m ca..

Questo primo tratto di diaframma drenante viene interferito dalla realizzazione dei pali della paratia di innesto lato Vasto.

- **Tratto 2: Da Km.462+495 ca. A Km.462+755 ca., corrispondente al tratto compreso tra la sez.234 (zona Fosso Cacchione) e la sez.244 del progetto esecutivo dell'Autostrada A14.**

Il diaframma drenante in questo tratto è largo 1.5 m ed ha un'altezza media ponderale variabile tra 2 e 5 m ca. a seconda del tratto preso in considerazione; al suo interno è sempre presente un tubo collettore microfessurato $\phi 300$ poggiato su una soletta in cls di 20 cm; il diaframma risulta riempito a tutta altezza con materiale drenante. In sommità sono presenti diversi tipi di canaletta (trapezoidale, rettangolare, con tubo), tranne che nel tratto di sottopasso dell'attuale sede della strada interpoderale dove manca, ovviamente, la canaletta. Più nel dettaglio il *Fondo Drenaggio* si trova ad una profondità, rispetto al *Fondo Canaletta*, mediamente pari a 3-4 m ca., tranne che nel tratto iniziale in cui tale differenza si riduce a 1 m ca. in corrispondenza dell'immissione nel Fosso Cacchione.

Questo secondo tratto di diaframma drenante viene interferito dalla realizzazione dei setti di diaframma della trincea di approccio al sottopasso scatolare della strada interpoderale.

- **Tratto 3: Da Km.463+090 ca. A Km.463+380 ca., corrispondente al tratta compreso tra la sez.258 e la sez.297 del progetto esecutivo dell'Autostrada A14.**

Nel primo tratto, compreso tra la sez.258 e la sez.271, il diaframma drenante è largo 1.2 m ed ha un'altezza media ponderale di 3.5 m ca.; al suo interno è sempre presente un tubo collettore microfessurato $\phi 300$ poggiato su una soletta in cls di 20 cm; il diaframma risulta riempito a tutta altezza con materiale drenante. In sommità è presente una canaletta trapezoidale. Più nel dettaglio il *Fondo Drenaggio* si trova ad una profondità, rispetto al *Fondo Canaletta*, mediamente pari a 3-3.5 m ca..

All'inizio di questo tratto, tra la sez.259 e la sez.272, è presente una sistemazione idraulica risalente ai lavori per la costruzione dell'Autostrada A14; tale sistemazione consiste in due tratti di fognatura $\phi 800$ che colleghino le acque di monte e di valle dell'autostrada in un tratto di fognatura $\phi 1000$ che si estende per 100 m ca. in asse autostrada e successivamente sversa le acque raccolte in una canale

esterna, posta a valle della sede autostradale, che raggiunge poi il Fosso dei Lupi.

I pozzetti di collettamento delle acque nei due tratti di fognatura $\phi 800$ sono ubicati in corrispondenza della sez.265; essi hanno dimensioni interne utili pari a 1.5x1.5 m e un'altezza utile rispettivamente pari a 3.3 m (tombino in destra) e 1.6 m ca. (tombino in sinistra).

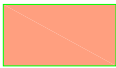





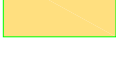

La primissima parte di questo terzo tratto di diaframma drenante viene interferita in superficie (canaletta trapezoidale) dalla realizzazione del nuovo corpo di rilevato autostradale.

Il pozzetto in destra ubicato in corrispondenza della sez.265 costituisce uno dei recapiti delle acque di versante e piattaforma raccolti dal sistema idraulico della nuova bretella autostradale.

La traccia dei tratti in cui sono presenti i diaframmi drenanti è riportata negli elaborati grafici **1.07**, **1.08** e **1.09**.

13. **ESPROPRI**

Le aree di esproprio sono riportate nell'elaborato grafico **1.17**; l'elenco delle ditte interessate dagli espropri è riportato nell'elaborato **1.18**. Di seguito si riporta la legenda utilizzata nella redazione dell'elaborato grafico **1.17** con indicazione delle aree di esproprio (Sede autostradale, pertinenze autostradali, ecc), delle aree di occupazione temporanea e delle servitù per i tiranti della paratia multi-tirantata di imbocco lato Vasto).

	Sede Autostradale, pertinenze autostradali, ecc
	Reliquato
	Occupazione Temporanea, cantiere, area di deposito (ipotesi da verificare in sede di progetto di cantierizzazione)
	Servitù di Drenaggio
	Servitù di passo U.T./U.P., di viadotto, di galleria, di servizio di drenaggio, per tiranti chiodature
	Area Demaniale soggetta ad Occupazione Permanente
	Area Demaniale soggetta ad Occupazione Temporanea
	Sede Autostradale

14. TEMPI ESECUTIVI E SUCCESSIONE DEGLI INTERVENTI

Per l'esecuzione dei lavori descritti nei capitoli precedenti é previsto un tempo complessivo di 540 giorni naturali consecutivi. Non é previsto alcun vincolo particolare nella successione della esecuzione dei lavori.

15. VALUTAZIONE ED IMPORTO DEI LAVORI

La valutazione dei lavori è stata eseguita sulla base delle lavorazioni previste dal Progetto degli interventi in oggetto facendo riferimento:

- **al prezzario ANAS:**
ANAS spa – Direzione Centrale Programmazione e Progettazione – Direzione Centrale Lavori – Compartimento per la viabilità per il Molise – Campobasso – Elenco dei Prezzi Unitari per Lavori Straordinari anno 2005.
- **al prezzario AUTOSTRADE (quando non presente il prezzo ANAS):**
Autostrade – Concessioni e costruzioni Autostrade S.p.A. – Elenco prezzi – Opere di ampliamento, potenziamento, manutenzione straordinaria e ordinaria eccezionale – Funzione Gestione Tecnica – M001/01.
- **al prezzario della Regione Molise (quando non presente il prezzo ANAS e AUTOSTRADE):**
Listino Prezzi Opere Edili della Regione Molise – 5ª Edizione – Aggiornamento Gennaio 2005.
- **al prezzario della Regione Abruzzo (quando non presente il prezzo ANAS, AUTOSTRADE e della Regione Molise):**
Prezzi Opere Edili della Regione Abruzzo – Edizione 2007.
- **all'Analisi Nuovi Prezzi (quando non presente il prezzo nei prezzari precedenti.**

Il Computo Metrico Estimativo è riportato nell'elaborato **2.01**.

La Stima Lavori è riportata nell'elaborato **2.02**.

L'Appendice all'Elenco Prezzi Unitari è riportata nell'elaborato **2.03**.

L'Analisi dei Nuovi Prezzi è riportata nell'elaborato **2.04**.

La Stima dei Costi effettuata ed il relativo Quadro Economico non tengono conto degli Oneri per la Sicurezza.

16. QUADRO ECONOMICO

(aggiornato al 2014)

N.	Descrizione	Euro	Importi
A	- LAVORI A BASE D'ASTA:		
A.1	PARATIA DAL KM 0+300 AL KM 0+478,96	€	1.719.539,08
A.2	RITOMBAMENTO E STABILIZZAZIONE RILEVATO FOSSO CACCHIONE	€	627.801,17
A.3	STABILIZZAZIONE RILEVATI IN ZONA VIADOTTO MARINELLA	€	2.049.697,32
A.4	STRADA INTERPODERALE AL KM 0+619,42	€	1.848.656,63
A.5	RILEVATO STRADALE BRETTELLA	€	2.048.366,50
A.6	PREDISPOSIZIONE NUOVI BY-PASS	€	166.970,77
A.7	OPERE DI REGIMAZIONE BRETTELLA	€	982.872,43
A.8	DEMOLIZIONE RECINZIONI	€	26.059,86
A.9	SEGNALETICA e BARRIERE DI SICUREZZA	€	300.616,41
A.10	OPERE IN VERDE E DI INSERIMENTO AMBIENTALE	€	133.845,08
	TOTALE LAVORI A BASE D'ASTA (AL NETTO DEGLI ONERI PER LA SICUREZZA)	€	9.904.425,25
	S - Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso	€	693.309,77
	A) TOTALE - LAVORI A BASE D'ASTA	€	10.597.735,02
B	- SOMME A DISPOSIZIONE:		
B.1	Espropri ed Indennizzi	€	913.470,00
B.2	Eliminazione interferenze	€	424.000,00
B.3	Bonifica ordigni bellici e picchettamento aree espropriate	€	175.228,42
B.4	Monitoraggio strutturale / geotecnico (letture)	€	22.500,00
B.5	Demolizione e ricostruzione muri, canalette e riadeguamento canale smaltimento acque	€	60.420,00
B.6	Monitoraggio ambientale	€	80.000,00
B.7	Imprevisti (5% di A+ B.1+B.2+B.3+B.4+B.5)	€	609.667,67
B.8	Accordi bonari (3% di A+B.5)	€	319.744,65
B.9	Prove di laboratorio (1% di A+B.5)	€	106.581,55
B.10	Spese generali (9% di A+B1+B.9)	€	1.197.841,26
	B) Totale Somme a disposizione	€	3.909.453,55
	Importo totale dei lavori lordo	€	14.507.188,57