

Consorzio di Bonifica

"VELIA"



84060 PRIGNANO CILENTO (SA) - Complesso
Alento - Località Piano della Rocca
+39 0974 837 206 - 837 225 - +39 0974 837 154 cell. +39 335 7439868
e.mail: segreteria@consorziovelia.com - info@consorziovelia.com
pec: consorziovelia@pec.it - Cod. Fisc. 80021580651

RIPRISTINO VIABILITA' E COLLEGAMENTI DI SERVIZIO DEL BACINO DELLA DIGA DI PIANO DELLA ROCCA

Strada di penetrazione Diga Alento - Prignano - Cicerale- Monteforte - Gioi - Stio (SP 159/b)
Intervento di completamento

PROGETTO DEFINITIVO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA (TRONCO D)

TAVOLA	1.2.1
SCALA	
DATA	aggiornamento marzo 2003

Progettista e D.L.
Dott. Ing. Luciano MONTRONE

Collaboratore
Dott. Ing. Angelo RADANO

Cons. Geotecnico-Strutturale
Dott. Ing. Donato CARDANO

Geologo
Dott. Pantaleone DE VITA

Responsabile del Procedimento
Dott. Ing. Marcello NICODEMO

Impresa

**CONSORZIO “VELIA” PER LA BONIFICA DEL
BACINO DELL’ALENTO
(SALERNO)**

***PS 29/172 DIGA DI “PIANO DELLA ROCCA”
SUL FIUME ALENTO***

PROGETTO COSTRUTTIVO

**RIPRISTINO VIABILITÀ E COLLEGAMENTI DI
SERVIZIO DEL BACINO DELLA DIGA**

***PROBLEMATICHE GEOLOGICHE CONNESSE CON LA
REALIZZAZIONE DELLA STRADA CIRCUMLACUALE.
RISULTATI RELATIVI AL TRATTO COMPRESO
TRA LE SEZIONI STRADALI 102 E 178***

Relazione geologica

Il Geologo

dott. Pantaleone De Vita

MAGGIO 2000

Indice

1.	PREMESSA.....	3
2.	METODOLOGIE DI ANALISI E RISULTATI CONSEGUITI.....	6
2.1	RILEVAMENTO GEOLOGICO.....	6
2.2	RILEVAMENTO GEOMORFOLOGICO-APPLICATIVO	10
2.3	CARATTERIZZAZIONE EVOLUTIVA DEI FENOMENI FRANOSI.....	11
2.4	RICOSTRUZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO-TECNICO	14
2.4.2	<u>Risultati del rilevamento geologico-tecnico: le unità litotecniche</u>	17
2.4.2	<u>Interpretazione delle prove penetrometriche</u>	19
2.4.3	<u>Interpretazione dei sondaggi di sismica a rifrazione</u>	23
3.	DESCRIZIONE DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE RELATIVE A SETTORI STRADALI OMOGENEI.....	25
3.1	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 102 E 105.....	25
3.2	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 105 E 107.....	29
3.3	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 107 E 108E.....	29
3.4	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 108E E 109G.....	32
3.5	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 109G E 111 (+ 20 M).....	33
3.6	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 111 (+ 20 M) E 113.....	36
3.7	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 113 E 117F.....	36
3.8	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 117F E 120.....	42
3.9	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 120 E 121D.....	43
3.10	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 121D E 123.....	44
3.11	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 123 E 128.....	54
3.12	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 128 E 129H.....	55
3.13	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 129H E 130A.....	59
3.14	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 130A E 131A.....	60
3.15	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 131A E 141.....	64
3.16	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 141 E 145.....	66
3.17	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 145 E 148F.....	67
3.18	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 148F E 149D.....	69
3.19	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 149D E 150E.....	70
3.20	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 150E E 152.....	71
3.21	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 152 E 153 (+ 30 M).....	72
3.22	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 153 (+ 30 M) E 156.....	78
3.23	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 156 E 158.....	79
3.24	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONE STRADALI 158 E 161.....	81
3.25	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 161 E 164.....	82
3.26	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 164 E 171.....	83
3.27	TRATTO COMPRESO TRA LE SEZIONI STRADALI 171 E 178.....	84
4.	VERIFICA DELLE RISULTANZE DEL “PIANO STRAORDINARIO PER LA RIMOZIONE DELLE SITUAZIONI A RISCHIO PIÙ ALTO” (D.L. 11/06/98, N° 180 CONVERTITO IN LEGGE 03/08/98, N° 267; D.P.C.M. 29/09/98; D.L. 13/05/99, N° 132 CONVERTITO IN LEGGE 13/07/99, N° 226).....	87
5.	APPENDICE 1: RISULTATI DELLE TRINCEE ESPLORATIVE.....	98
6.	APPENDICE 2: CARTA GEOLOGICO-TECNICA E LEGENDA.....	103
7.	APPENDICE 3: SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO, NOTI DA LAVORI GEOLOGICI PRECEDENTI, UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI PARTICOLARI SITUAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE	106

1. PREMESSA

Lo scrivente è stato incaricato dal Consorzio “Velia” per la Bonifica del Bacino dell’Alento di redigere uno studio di consulenza riguardante le problematiche geologiche connesse con la realizzazione di una strada di servizio (PS 29/172) che, per parte del suo percorso, costeggia il lago artificiale, realizzato dalla diga di Piano della Rocca sul fiume Alento; la suddetta strada dovrebbe connettersi con la strada, già realizzata dal 1963, ma completata solo recentemente, che dall’abitato di Gorga arriva fino alla valle dell’Alento. L’interconnessione di questi due tratti di strada favorirà il collegamento, con la superstrada di fondovalle Alento, dei paesi che ricadono nell’ambito del bacino idrografico sotteso dall’invaso di Piano della Rocca, altrimenti lontani dai principali nodi stradali del Cilento.

La presente relazione geologica segue a valle di studi geologici preesistenti: la relazione geologica di massima fornita dal consulente del Consorzio “Velia”, dott. Geol. Lodovico Calza, e delle relazioni geologico-geotecniche di progetto elaborate dai consulenti dell’Impresa I.C.A.R., dott. Geol. Francesco Peduto e Ing. Donato Cardano. Lo scrivente, pertanto, nella stesura del presente lavoro si è avvalso, oltre che di approfondimenti personali e specifici, anche di tutto il materiale conoscitivo già agli atti e considerati nelle citate relazioni tecniche; il materiale esaminato, tra i vari elementi disponibili, comprende anche i sondaggi geognostici eseguiti dalla ditta S.I.F. – Società Italiana Fondazioni S.r.l. su commissione dell’impresa ICAR (Ottobre 1997). Tale materiale informativo è stato utilizzato, previa verifica dei dati oggettivamente riscontrabili, in particolare delle stratigrafie e dei rilievi geologici. La consulenza dello scrivente riguarda il settore compreso tra le sezioni stradali 102 e 178; la presente relazione, riguarda soltanto il tratto compreso tra le sezioni stradali 102 e 178.

A tale scopo lo scrivente ha condotto nell’area interessata dalla strada, in un intorno della stessa ritenuto rappresentativo del “*volume significativo*” (D.M. 183/1988), ovvero delle problematiche di stabilità dei versanti attraversati, un rilevamento geologico-tecnico, finalizzato alla soluzione delle problematiche costruttive. Tra queste problematiche è stato posto particolare riferimento a tutti quegli aspetti del rilevamento geologico-tecnico che possono fornire dati utili ai fini della analisi della stabilità dei versanti. Sono quindi state

utilizzate le tecniche: del rilevamento geologico-tecnico, esteso al sistema crinale-versante-fondovalle interessato dalla strada; del rilevamento geomorfologico applicativo, mediante l'ausilio dell'analisi stereoscopica di aereofotografie multitemporali e multiscalari e successiva verifica al suolo. Inoltre, lo scrivente ha condotto specifici rilievi geologico-tecnici lungo la pista, realizzata dall'impresa Zangari Costruzioni s.r.l. approssimativamente secondo l'andamento planimetrico dell'asse stradale ipotizzato nel progetto. I risultati di questi rilevamenti di dettaglio sono stati integrati con i dati delle indagini geognostiche, realizzate lungo la pista stessa, di sismica a rifrazione e di penetrometria dinamica (DPM); l'insieme di questi dati ha consentito di ricostruire un profilo stratigrafico corrispondente alla posizione dell'asse stradale ipotizzato nel progetto di massima. Infine, nei settori stradali dove sono stati individuati terreni di copertura caratterizzabili come potenzialmente instabili in base ad evidenze geomorfologiche, sono state effettuate verifiche di stabilità mediante dati geomeccanici desunti dalle indagini penetrometriche, peraltro intensificate localmente per consentire un ulteriore approfondimento delle caratteristiche geomeccaniche e geometriche degli accumuli di frana. Tuttavia, è da precisare che i risultati delle suddette verifiche, pur avendo fornito utili indicazioni riguardo al grado di stabilità delle pendici analizzate, non sono direttamente utilizzabili per le verifiche di stabilità delle opere in progetto, poiché basati su dati geomeccanici estrapolati dalle prove penetrometriche.

L'insieme dei dati del rilevamento geologico-tecnico, è graficamente sintetizzato in una carta geologico-tecnica in scala 1: 2000 (Tav. I) e nel profilo stratigrafico, realizzato montando ed interpretando i dati rilevati lungo la pista (Tav. II). Nel primo elaborato sono visualizzati, oltre alle interpretazioni dei dati geologico-tecnici rilevati in sito, anche uno stralcio del rilievo aereofotogrammetrico in scala 1:10.000 eseguito dall'Aereofotoconsult nel 1984, opportunamente vettorializzato.

Infine, in quest'elaborato sono state considerate le risultanze della perimetrazione delle aree ad elevato rischio idrogeologico individuate nel "Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto" (D.L. 11/06/98, n° 180 convertito in legge 03/08/98, n° 267; D.P.C.M. 29/09/98; D.L. 13/05/99, N° 132 convertito in legge 13/07/99, N° 226), rese pubbliche a partire dall'ottobre 1999. Le suddette risultanze sono state illustrate nel capitolo 4 e nei relativi allegati grafici e confrontate con le conclusioni delle indagini

geologiche, precedentemente elaborate dallo scrivente. Ciò è stato necessario poiché, com'è noto, alla perimetrazione delle aree a rischio di frana sono connesse, nel citato Piano Straordinario, misure di salvaguardia a carattere vincolistico che, ad esempio, nelle aree ritenute ad elevato rischio di frana, fanno divieto della realizzazione di infrastrutture di trasporto.

La presente relazione si riferisce, per quanto riguarda le prove penetrometriche e i sondaggi di sismica a rifrazione, alle indagini realizzate dallo scrivente per conto dell'Impresa Zangari.

Sono allegate all'elaborato le seguenti tavole fuori testo:

- **Tav. I:** *Carta geologico-tecnica dei versanti sottesi dal tracciato stradale tra le sezioni stradali 102 e 178*
- **Tav. II:** *Profilo geologico-tecnico relativo ai rilievi condotti lungo la pista tra le sezioni stradali 102 e 169*

2. METODOLOGIE DI ANALISI E RISULTATI CONSEGUITI

2.1 Rilevamento geologico

Il tratto esaminato della costruenda strada si snoda alla base dei rilievi collinari prospicienti il fondovalle del fiume Alento; esso inizia poco prima del crinale collinare secondario che separa il bacino idrografico del Vallone Aurosazio con quello del Vallone San Martino, entrambi tributari in sinistra idrografica del fiume Alento. Nel suddetto tratto la strada percorre, per circa 3500 m, a mezzacosta i versanti collinari del Monte San Leo, iniziando il suo percorso a circa 300 m s.l.m. e raggiungendo, infine, attraverso piccole variazioni altimetriche, i 250 m s.l.m.

Le indagini condotte in quest'area hanno consentito di definire la natura geologica dei luoghi e di inquadrare l'area in più ampio contesto geologico regionale, importante ai fini di evidenziare i rapporti spaziali tra le varie unità litostratigrafiche e quindi di definire meglio il quadro delle problematiche geologico-tecniche nonché morfoevolutive dei versanti esaminati. Le considerazioni sul contesto geologico regionale sono tratte dai più recenti studi noti nella letteratura scientifica.

Nell'area investigata affiorano alcuni dei termini delle successioni di terreni sedimentari di natura argillo-calcareo-silicoclastica conosciute in letteratura con la generica denominazione di "Flysch del Cilento" *Auct.* che, com'è noto dalla letteratura geologica regionale, affiora estesamente tra la Valle del Sele ed il confine calabro lucano, ed in particolare nel Cilento.

Queste successioni sono state oggetto di numerosi studi che, a partire dall'inizio del secolo fino ad oggi, hanno cercato di inserirle nel quadro più complesso dell'evoluzione della Catena Appenninica, attribuendo ad esse diverse interpretazioni genetiche e collocazioni paleogeografiche. L'elevato numero di studi e di modelli interpretativi è indicativo sia della difficoltà di inserire in un quadro unitario i dati rilevati da diversi ricercatori in aree lontane,

sia della difficoltà di datazione di questi terreni che, essendo per definizione risedimenti, presentano in gran parte faune rimaneggiate.

Tra le interpretazioni che hanno maggiore rilievo nella letteratura scientifica è da menzionare: IETTO A., PESCATORE T. & COCCO E. - *Il flysch mesozoico-terziario del Cilento occidentale* - Boll. Soc. Nat. In Napoli, 74 - 1965; questi Autori proposero un nuovo assetto stratigrafico per l'area del Cilento occidentale, individuando dal basso verso l'alto tre formazioni, in continuità stratigrafica, e definendo l'intera successione come "Flysch del Cilento": Formazioni di Santa Venere, di Pollica e di San Mauro. La formazione di Santa Venere, successivamente venne ridefinita di Ascea nel foglio 209 della Carta Geologica d'Italia. Essa è costituita da calcilutiti marnose, argille ed argille siltose talora con aspetto filladico, calcari arenacei e quarzareniti gradate, calcareniti a cemento spatico; la formazione si presenta notevolmente tettonizzata. Dal punto di vista sedimentologico questa formazione si presenta con facies distali tipiche delle zone centrali dei bacini torbidity; per la presenza di Tintinnidi è stata attribuita ad essa un'età compresa tra il Neocomiano ed il Cenomaniano. Lo spessore è compreso tra i 1000 e i 1300 m.

Le formazioni di Pollica e di San Mauro si presentano in maniera differenziata nelle due sezioni tipo, del Monte della Stella e di Monte Sacro, più rappresentative nel Cilento. La formazione di Pollica è costituita da arenarie a cemento siliceo, alternate a siltiti argillose. Nella sezione del Monte della Stella essa veniva suddivisa in due membri; il membro inferiore, denominato di Cannicchio, costituito da arenarie a grana media e fine in straterelli, notevolmente tettonizzato, come testimonia la presenza di pieghe a zig-zag, ed il membro superiore in cui le arenarie a grana più grossolana si presentano in strati e banchi con una diversa orientazione degli assi di piega. Nella sezione di Monte Sacro la stessa formazione si presenta costituita da conglomerati a matrice prevalentemente arenacea. L'età attribuita a questa formazione è compresa tra il Cenomaniano ed il Paleocene ed il suo spessore complessivo raggiunge gli 800 m.

La formazione di San Mauro, potente 1700 m, è costituita da conglomerati a matrice arenacea prevalente ben stratificati alternati ad arenarie, siltiti e alternanze di arenarie grigie e giallastre con marne siltose biancastre (fogliarina); essa si presenta con notevoli variazioni di facies tanto da permettere di individuare un membro inferiore, che ha un maggiore sviluppo nella sezione del Monte della Stella (1100 m), in cui prevalgono i termini marnoso-arenacei,

ed un membro superiore a carattere arenaceo-conglomeratico che raggiunge uno spessore maggiore al Monte Sacro (1200 m). In entrambe le sezioni si rinvennero due megastrati marnosi, spessi rispettivamente 65 m e 35 m, che per la loro continuità laterale fungono da livelli guida. Solo nella sezione di Monte Sacro al di sopra di questi livelli affiorano conglomerati a struttura fluidale senza stratificazione con alla base caratteristici livelli olistrostromici ad andamento lenticolare che rappresentano (COCCO E. & PESCATORE T. - *Scivolamenti gravitativi (olistostromi) nel Flysch del Cilento (Campania)* - Boll. Soc. Nat. In Napoli, 77 - 1968), in parte materiale di provenienza esterna al bacino.

Tale ricostruzione fu successivamente criticata per l'aver ammesso una continuità stratigrafica tra terreni metamorfici e sedimentari tra i quali esisteva un evidente contatto tettonico (SCANDONE P. - *Studi di geologia lucana: carta dei terreni della serie calcareo-silico-marnosa e note illustrative* - Boll. Soc. Nat. In Napoli, 81 - 1972). Negli stessi anni vi furono una serie di lavori di carattere paleogeografico (HACCARD D., LORENZ C. & GRANDJACQUET C. - *Essai sur l'évolution tectogenetique de la liasion Alpes-Appennins de la Ligurie a la Calabrie* - Mem. Soc. Geol. It., 11 - 1972) che sfociarono nel grande lavoro di sintesi (AMODIO MORELLI L. et alii - *L'arco calabro peloritano nell'orogene appennino-maghrebide* - Mem. Soc. Geol. It., 17 - 1976) in cui si ricostruiva l'evoluzione geodinamica dell'arco calabro interpretandolo come un lembo della Catena eoalpina, a vergenza europea, sovrapposti alle unità appenniniche nel Miocene inferiore. Questo nuovo modello sconvolse i precedenti quadri paleogeografici introducendo un vincolo temporale che contrastava con l'esistenza di un bacino di eugeosinclinale, alimentato da una terra cristallina (complesso calabride), aperto fin dal Cretacico inferiore.

La necessità di ottemperare a questo nuovo vincolo temporale promosse una serie di lavori finalizzati alla revisione cronostatigrafica delle successioni sedimentarie, mediante l'utilizzo di metodologie di datazione più attendibili per i risedimenti torbiditici. Successivamente, in base all'analisi dei coccoliti furono ridatate le Formazioni di Pollica e di San Mauro nel Cilento ritenendole entrambe Terziarie (CIAMPO G. et alii - *Revisione stratigrafica delle formazioni di Pollica e di San Mauro (Flysch del Cilento - Appennino meridionale)* - Boll. Soc. Geol. It., 103 - 1984): fino all'Eocene superiore, la prima, e fino a tutto l'Oligocene, la seconda. In seguito, in uno studio a carattere sedimentologico (ZUPPETTA A. et alii - *Età e significato della Formazione di Albidona in Appennino*

meridionale - Boll. Soc. Geol. It., 103 - 1984), venne proposta per la Formazione di Albidona, sulla base dello studio dei microforaminiferi planctonici, un'età compresa tra l'Oligocene superiore e il Burdigaliano inferiore, molto vicina a quella della Formazione di San Mauro. Questa nuova datazione, tuttavia, apriva una lacuna stratigrafica con la sottostante Formazione del Saraceno, pertanto, ritenendo questo inaccettabile, fu ridatata Burdigaliano-Langhiano sulla base dello studio biostratigrafico del nannoplancton calcareo (BONARDI G., CIAMPO G. & PERRONE V. - *La formazione di Albidona nell'Appennino Calabro-Lucano: ulteriori dati biostratigrafici e relazioni con le unità esterne appenniniche* - Boll. Soc. Geol. It., 104).

Negli anni '80 dunque si incominciavano ad avere gli elementi per capire che la successione silentina non era stratigraficamente continua tanto che, al 74° Congresso della S.G.I. fu proposto un nuovo assetto stratigrafico delle successioni del Cilento e del confine calabro lucano nel quale, tenendo conto di nuovi dati biostratigrafici, venivano ridatate al Burdigaliano-Langhiano anche le Formazioni di Pollica e di Monte Sacro (BONARDI G. et alii - *Complesso Liguride Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sulla sua evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l'arco calabro* - Mem. Soc. Geol. It., 43 - 1988); gli Autori individuavano dal basso: a) le Unità Liguridi s.s. comprendenti l'Unità del Frido e il Mélange di Episcopia-S. Severino, sottoposte tettonicamente alla b e alla c; b) l'Unità Nord-calabrese costituita dalle ofioliti e dalla Formazione di Timpa delle Murge, dalla Formazione delle Crete Nere e dalla Formazione del Saraceno; c) l'Unità dei "Terreni ad affinità Sicilide", contemporanea alla precedente; d) l'Unità o Gruppo del Cilento, comprendente le Formazioni di Pollica, di Torrente Bruca (corrispondente alle Formazioni di Pollica e di San Mauro p.p., nella sezione di Monte Sacro), di San Mauro, di Monte Sacro e di Albidona, considerato come un ciclo sedimentario sinorogeno di età Burdigaliano-Langhiano, discordante sul substrato deformato e che, per affinità litologiche e cronostratigrafiche, è stato assimilato ai depositi miocenici dell'Unità Alburno Cervati corrispondenti al secondo ciclo miocenico individuato nelle Calciruditi di Piaggine (SGROSSO I. - *Il significato delle calciruditi di Piaggine nell'ambito degli eventi del Miocene inferiore nell'Appennino campano-lucano* - Boll. Soc. Geol. It., 100 - 1981), e nella Formazione del Torrente Raganello (SANTO A. & SGROSSO I. - *Alcune precisazioni sulle trasgressioni mioceniche nell'Appennino meridionale* - Mem. Soc. Geol. It., 38 - 1987). In questi lavori, inoltre, veniva istituita la Formazione di Torrente

Bruca, corrispondente agli affioramenti delle Formazioni di Pollica e di San Mauro nell'area di Monte Sacro e di Monte Centaurino, dove non erano più distinguibili litologicamente, e veniva istituita la Formazione dei Conglomerati di Monte Sacro, scorporandola dal resto della Formazione di San Mauro.

I rilevamenti effettuati nell'area, nonché lo studio del materiale bibliografico hanno consentito di definire che essa è caratterizzata dal punto di vista litostratigrafico in parte dai terreni delle Unità Nord-Calabrese, membro pelitico della Formazione del Saraceno (CAMMAROSANO A. *et alii* – *Il substrato del Gruppo del Cilento tra il M. Vesalo e il M. Sacro (Cilento, Appennino Meridionale)* – Boll. Soc. Geol. It., 119 - 2000) che costituiscono il substrato deformato ed in parte dai litotipi della Formazione di Pollica, afferente al Gruppo del Cilento (Bonardi *et alii*, 1988).

2.2 Rilevamento geomorfologico-applicativo

Nell'ambito del settore stradale analizzato sono stati condotti studi finalizzati all'individuazione dei fenomeni franosi con tecniche di indagine geomorfologica. Com'è noto, di norma tali tecniche si basano sul confronto delle analisi effettuate su foto aeree e mediante rilievi in campagna e sono finalizzate all'individuazione di "forme" riferibili a fenomeni gravitativi di versante. Tra le principali evidenze morfologiche dei suddetti fenomeni, sono genericamente da menzionare: la forma concavo-convessa del versante che testimonia di uno spostamento verso valle di un volume discreto dei terreni costituenti il versante originario; l'interazione tra questo movimento di massa ed il reticolo fluviale. Infatti, dall'andamento della rete drenante, e soprattutto dalle sue anomalie (deviazioni del corso d'acqua principale, anomalie dei corsi d'acqua di ordine gerarchico¹ inferiore), è possibile individuare i fenomeni franosi anche laddove l'azione erosiva ha modellato o cancellato

¹Si intende per ordine gerarchico del corso d'acqua la relazione tra il tratto fluviale in esame con quelli che lo precedono verso monte. I primi tratti cioè quelli posti nelle testate degli impluvi sono di I ordine gerarchico, successivamente man mano che tratti di I ordine o di ordine gerarchico superiore si intersecano aumenta l'ordine gerarchico del corso d'acqua; ad esempio il tratto del fiume Alento, passante per località Piano della Rocca, è del VI ordine gerarchico, secondo il criterio di Strahler (1952).

l'evidenza della concavo-convessità. Le evidenze morfologiche, dedotte dall'osservazione in stereoscopia delle foto aeree e dall'analisi delle anomalie topografiche, devono essere attentamente verificate sul terreno con rilevamenti geologici e geomorfologici in quanto queste, soprattutto per fenomeni franosi antichi, possono presentarsi in maniera blanda, a seguito dei processi di modellamento erosivo, e pertanto confondibili con altre forme del territorio (terrazzi fluviali, versanti atipici per morfoselezione² ecc.).

L'individuazione dei fenomeni franosi e la loro cartografazione mediante tecniche geomorfologiche può essere affetta, entro margini ristretti, dalla soggettività dell'operatore; pertanto una carta delle frane elaborata da diversi operatori potrebbe presentare delle differenze. Ovviamente tali differenze sono minime e trascurabili nel caso di frane attive o comunque con una morfodinamica recente, mentre possono essere più marcate per le frane molto antiche, per le quali gli elementi morfologici discriminanti risultano essere più blandi poiché obliterati dall'erosione subaerea.

2.3 Caratterizzazione evolutiva dei fenomeni franosi

La caratterizzazione evolutiva dei fenomeni franosi è di fondamentale importanza per la pianificazione del territorio interessato dai suddetti fenomeni; infatti, dalla lettura ed interpretazione della storia evolutiva passata derivano informazioni applicative molto importanti connesse fondamentalmente con le modalità evolutive future ed alla pericolosità dei fenomeni franosi. In particolare la caratterizzazione dei fenomeni è rivolta alla stima dell'*età geomorfologica*, della *modalità evolutiva* e dello *stato di attività*, da cui deriva la pericolosità degli stessi che quindi può essere sintetizzata nei quesiti: come il fenomeno può evolvere (es. riattivazione parziale o totale) e con quale probabilità in un assegnato periodo (es. quante volte in cento anni)? Gli elementi che consentono tale analisi sono ricavati sia dalla morfologia che indica il grado di maturità del fenomeno che da evidenze, rilevate sul terreno, di deformazioni (fratture al suolo, ondulazioni del suolo ecc.) che testimoniano

²*Effetto dell'erosione differenziato in relazione alla resistenza dei terreni, per cui rocce più resistenti si presentano maggiormente rilevate e con pendenze dei versanti elevate, mentre rocce meno resistenti mostrano morfologie più blande con pendenze dei versanti più basse.*

dell'attività recente dello stesso; di particolare importanza sono le deformazioni che possono essere attribuite a movimenti recenti (ultimi secoli) e tra queste soprattutto quelle che interessano eventuali opere antropiche (manufatti rurali, viabilità ecc.), poiché databili, oppure le deformazioni registrate dalle deformazioni dei tronchi degli alberi.

Gli elementi morfologici che possono consentire, tra gli altri, di determinare l'età geomorfologica del fenomeno franoso sono ravvisabili nei rapporti spaziali con le altre forme del territorio, sicuramente attribuibili ad un regime morfoclimatico³; in questa maniera possono essere individuati fenomeni antichi, se generatisi in condizioni morfoclimatiche diverse dall'attuale (età > 18.000 anni fa, corrispondente all'ultimo picco glaciale Wurm III), recenti, se generatisi nell'attuale regime morfoclimatico (a partire da 18.000 anni fa) e attuali, se generatisi negli ultimi decenni.

Una tra le più recenti sollecitazioni ambientali nella storia naturale dell'area esaminata è attribuibile a una delle ultime variazioni morfoclimatiche che l'hanno interessata, caratterizzata dall'abbassamento del livello di base di erosione connesso al sollevamento tettonico dell'intera area (APRILE F. - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 174 (Ariano Irpino), 186 (S. Angelo dei Lombardi), 198 (Eboli)* - C.N.R. Progetto Finalizzato Geodinamica - 1979); questa fase, non datata per l'assenza di depositi, dovrebbe essere collocata tra il Pleistocene medio e il Pleistocene superiore. Prima del sollevamento, il paesaggio aveva raggiunto un certo grado di maturità con versanti o tratti di versante abbastanza erosi e quindi a debole pendenza. Durante e dopo il sollevamento dell'area, avvenuto in maniera relativamente rapida, si è avuto un approfondimento per erosione dei corsi d'acqua e quindi un isolamento di lembi di antiche morfologie a debole pendenza che prima rappresentavano il raccordo al livello di base d'erosione. Attualmente nell'area sono rinvenibili diffusamente, a quota compresa tra 150 e 200 m s.l.m., lembi di antiche morfologie a debole pendenza che rappresentano l'antico livello di base locale, seguite verso valle da un

³Si intende per regime morfoclimatico l'insieme di quei fattori ambientali che controllano l'intensità e la tipologia dei processi erosivi e quindi la morfoevoluzione del territorio: il clima e l'energia del rilievo. Quest'ultimo fattore è rappresentato dalla posizione relativa del livello di base a cui i fenomeni erosivi tendono a livellare la superficie terrestre (livello del mare). Nel recente passato geologico, in particolare negli ultimi due milioni di anni, entrambi i fattori sono cambiati molte volte in quanto si sono succedute circa sette glaciazioni e si sono verificati sollevamenti tettonici della catena appenninica che hanno indotto la variazione del livello di base e quindi dell'energia di rilievo. Le variazioni climatiche si sono risentite fino alle nostre latitudini, ne sono la prova l'esistenza di forme di erosione e accumulo glaciale sul Monte Cervati, nel Cilento.

generale incremento di pendenza che rappresenta l'incisione dei corsi d'acqua seguita al sollevamento regionale.

Tale fase di sollevamento, e quindi abbassamento relativo del livello di base d'erosione, rappresenta, come tutte le altre ad essa precedenti, una delle principali sollecitazioni a cui sono stati sottoposti i versanti dell'area in esame. Infatti, il rapido approfondimento della rete drenante ha determinato un progressivo incremento negli sforzi di taglio a cui sono soggetti i terreni che costituiscono i versanti. Pertanto, gli effetti di questa fase morfoclimatica sulla morfologia dei versanti possono essere chiaramente letti come un test che esprime la resistenza dei differenti terreni a conservare o meno il loro equilibrio e, a maggior ragione, a valutare il grado di pericolosità dei fenomeni franosi antichi, precedenti a questa fase morfoclimatica. Recenti studi geomorfologici (GUIDA M. & IACCARINO G. - *Evoluzione dei versanti e franosità* - Elementi geologia regionale e tecnica - Formez - 1984) hanno evidenziato un'ereditarietà dei fenomeni per cui le frane recenti ed attuali risultano essere inserite nell'ambito di fenomeni antichi. Ciò è verosimilmente giustificabile con il fatto che il corpo di frana antico sia comunque più favorevole ai processi morfoevolutivi di massa (frane), per le caratteristiche meccaniche dei terreni dell'accumulo più scadenti; quindi le frane antiche sono state per lungo tempo sollecitate dagli agenti della dinamica esogena in differenti regimi morfoclimatici. È evidente che il grado di pericolosità di questi fenomeni, cioè la possibilità che essi si rimobilizzino nel loro insieme e con i cinematismi originari, decresce fortemente con la loro età geomorfologica fino a poter essere considerata nulla per i fenomeni antichi.

Al fine di rendere più significative le considerazioni appena fatte circa la caratterizzazione evolutiva dei fenomeni franosi, verranno discusse alcune osservazioni esemplificative su alcune frane antiche e recenti presenti nelle immediate vicinanze della località Piano della Rocca, ricadenti nel foglio n. 3 della cartografia tecnica in scala 1:10.000 del Bacino dell'Alento. Un esempio della differente risposta morfoevolutiva di fenomeni franosi antichi, poiché ricadenti in terreni a diverse caratteristiche litologiche, può essere rappresentato dai fenomeni franosi della località Derroide, prospiciente alla località Piano della Rocca sul torrente Fiumicello, in litologia arenaceo-pelitica, e da quelli individuati in sinistra idrografica del fiume Alento, appena a monte della diga (frana di Monte e frana Frascio), in litologia prevalentemente pelitica. Entrambi i versanti su cui insistono i fenomeni

hanno uno sviluppo altimetrico simile, con quota massima di circa 300 m s.l.m. e quota minima di circa 90 m s.l.m. e pertanto si può supporre che su di essi le variazioni morfoclimatiche abbiano agito omogeneamente. Nel primo caso, il cumulo della frana antica risulta essere reinciso alla base dall'ultima fase di approfondimento della rete idrografica, mostrando un sensibile incremento di pendenza verso valle (20% a monte e 42% a valle); nel secondo caso, invece, il profilo topografico non presenta la stessa anomalia, anzi mostra una pendenza media abbastanza uniforme con la tendenza alla diminuzione verso valle (valore medio 23 %). Tali evidenze possono fornire delle importanti indicazioni sulla modalità morfoevolutiva dei suddetti fenomeni e quindi sul relativo grado di pericolosità: nel primo, la reincisione alla base del cumulo non ha determinato instabilità, testimoniando quindi lo stato di notevole stabilità raggiunta, dovuto soprattutto alle buone caratteristiche meccaniche dei terreni; risulta quindi evidente che in questi terreni il fenomeno franoso antico si è potuto generare solo in seguito a condizioni ambientali non ripetutesi successivamente. Invece, nel secondo caso, l'approfondimento del reticolo idrografico, conseguente all'ultimo sollevamento regionale, ha comportato un'evoluzione del fenomeno franoso con la formazione di una serie di fenomeni franosi successivi "ereditati", classificabili quindi come recenti e attuali, che hanno rimobilitato parti della frana antica, consentendo un adeguamento della morfologia alle nuove condizioni, in relazione alle caratteristiche dei terreni più scadenti. Lo stato di attività di questi fenomeni può essere considerato quiescente.

2.4 Ricostruzione del modello geologico-tecnico

Il rilevamento geologico-tecnico è stato particolarmente favorito dalla presenza di una pista, realizzata prevalentemente mediante la tecnica dello scavo a monte e del riporto a valle, già aperta lungo il tracciato stradale, che ha consentito in molti casi di stimare lo spessore delle coperture e di misurare le giaciture degli ammassi rocciosi di substrato; in assenza della pista non sarebbe stato possibile effettuare un rilevamento con lo stesso dettaglio.

Il rilevamento geologico-tecnico è stato particolarmente mirato alla dettagliata

caratterizzazione litologica e strutturale dei terreni affioranti, ed alla loro collocazione nel quadro stratigrafico generale. Il grado di definizione acquisito consente di proporre una correlazione preliminare fra le *Unità Litostratigrafiche* riconosciute e le corrispondenti *Unità Litotecniche*.

Il rilevamento geologico-tecnico è stato rivolto all'individuazione di unità litotecniche riguardanti i terreni di copertura ed unità litotecniche riguardanti i terreni di substrato: in ogni caso queste unità sono state individuate mediante un criterio di funzionalità con le problematiche costruttive della strada.

Per ciò che riguarda le unità litotecniche dei terreni di substrato, è stato fatto riferimento alle più recenti proposte di classificazione delle formazioni strutturalmente complesse (ESU F. - *Behaviour of slopes in structurally complex formations* - Proc. Int. Symp. "The Geotechnics of Structurally Complex Formations", Capri - 1977). La classificazione proposta da ESU (1977) (Fig. 1) si riferisce esplicitamente alle formazioni non litoidi e si basa sull'eterogeneità mineralogica e litologica, nonché sull'assetto strutturale dei terreni. La scala di riferimento è quella significativa ai fini delle applicazioni, e cioè compresa tra alcuni centimetri, ovvero la scala dell'"elemento di volume" che viene sottoposto alle prove di laboratorio, ed i metri (la scala di interesse nella maggior parte dei problemi applicativi). In base ai caratteri litologici vengono individuati tre gruppi di terreni, suddivisi in ulteriori classi in funzione dell'assetto strutturale d'insieme. Il primo gruppo (A) comprende materiali a grana fine (argille, argilliti o marne) litologicamente omogenei e caratterizzati dalla presenza di discontinuità singenetiche e strutturali. Alla prima classe (A1) appartengono ammassi poco disturbati, caratterizzati da una struttura d'insieme ordinata (le discontinuità più significative, piani di stratificazione e giunti, sono raggruppabili in famiglie) (es. "argille azzurre"); la scala di riferimento è compresa tra 0.5 m ÷ 5 m. Alla seconda classe (A2) appartengono ammassi sottoposti ad intense sollecitazioni taglienti e perciò suddivisibili in frammenti, o scaglie (es. "black shales"); la scala di riferimento è compresa tra 0.01 m ÷ 1 m. Il gruppo B comprende formazioni originariamente

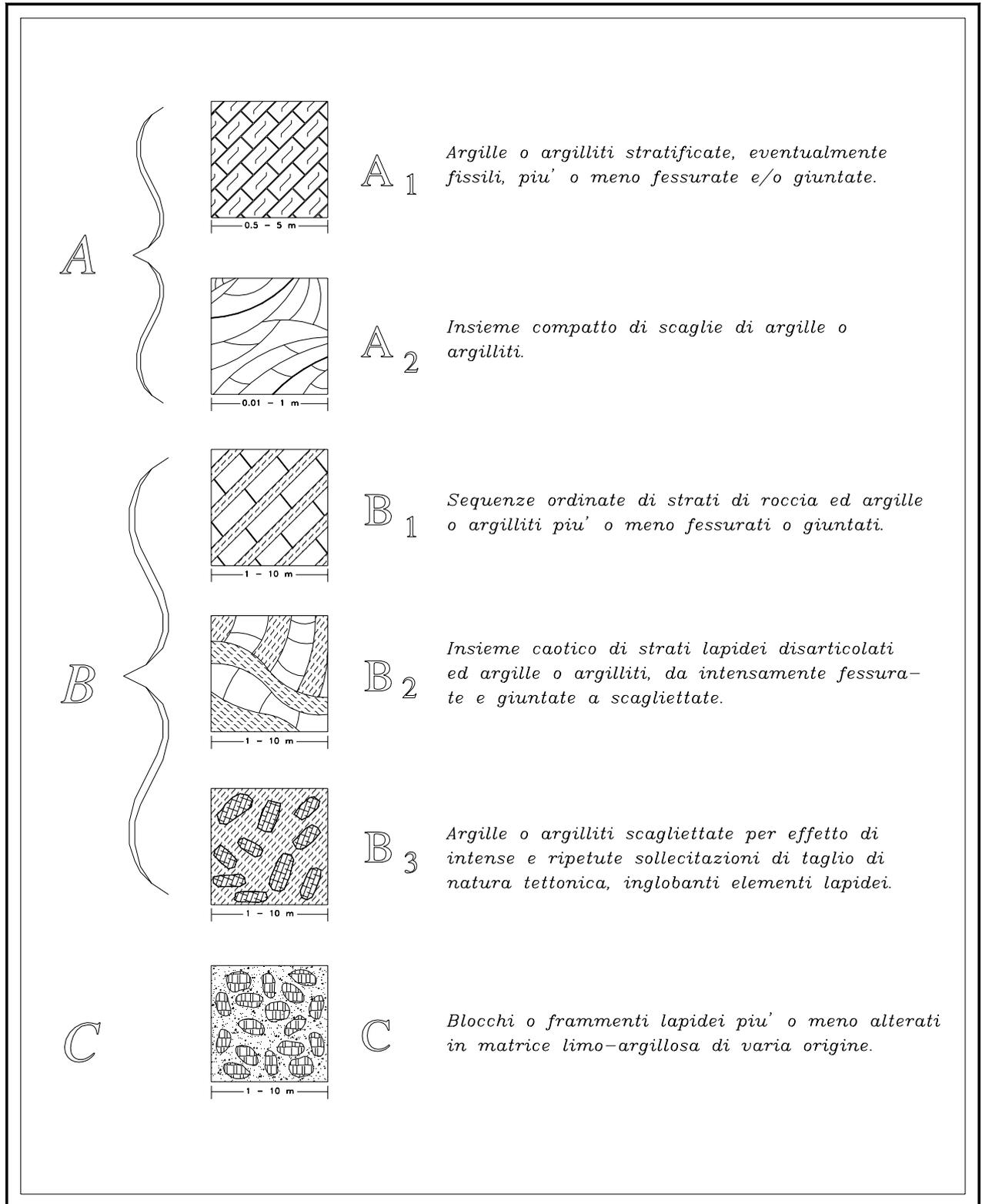


Fig. 1: Classificazione delle formazioni strutturalmente complesse (ESU, 1977).

Costituite da alternanze più o meno regolari di terreni litologicamente eterogenei (strati lapidei e argillosi, argillitici o marnosi). Vengono individuate tre classi, per le quali la scala di riferimento è $1 \text{ m} \div 10 \text{ m}$. Alla prima, B1, appartengono terreni con struttura regolare ed ordinata caratterizzata da stratificazione regolare; nel caso specifico, questa classe di terreni di substrato, molto rappresentata nell'area rilevata, è stata ulteriormente dettagliata in base ad un criterio litologico⁴. I terreni di tipo B2 presentano una struttura disarticolata da cui è ancora riconoscibile l'assetto originario: si tratta di formazioni flyschoidi tettonicamente disturbate. Il tipo B3 comprende formazioni con struttura completamente caoticizzata es. "Argille Varicolori". Il terzo gruppo, C, include terreni litologicamente eterogenei, costituiti da elementi lapidei immersi in una matrice più o meno argillosa; la scala di riferimento è compresa nell'intervallo $1 \text{ m} \div 10 \text{ m}$. Ad essi appartengono le coltri eluviali e colluviali, i terreni residuali ecc.

Il rilevamento geologico-tecnico dell'area ha consentito di evidenziare le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni affioranti e di correlarli al quadro stratigrafico noto dalla bibliografia.

2.4.2 Risultati del rilevamento geologico-tecnico: le unità litotecniche

In base agli anzidetti principi guida, il rilevamento geologico-tecnico ha consentito di individuare e caratterizzare unità litotecniche riguardanti i terreni di copertura e i terreni di substrato, ciascuna codificata con un simbolo di gruppo. Le unità litotecniche dei terreni di copertura sono state ulteriormente differenziate, in base allo spessore presunto, in tre classi: $1 \text{ m} \div 2 \text{ m}$; $2 \text{ m} \div 4 \text{ m}$; $> 4 \text{ m}$. Tale distintizione è stata rappresentata cartograficamente mediante differenti sovrasimboli vettoriali.

⁴Per le formazioni torbiditiche arenaceo pelitiche di tipo B1 è stato utilizzato un criterio di ulteriore differenziazione, basato sul rapporto arenaria/pelite maggiore o minore a 5.

TERRENI DI COPERTURA

Aa: Alluvioni attuali: ghiaie e sabbie.

Ar: Alluvioni recenti: ghiaie e sabbie.

DTCOa: Depositi di conoide torrenziale attiva stagionalmente: ciottoli, ghiaie e sabbie in matrice sabbioso-limosa.

DTCOq: Depositi di conoide torrenziale attiva sporadicamente: ghiaie, sabbie e ciottoli in matrice sabbioso-limosa.

DT: Depositi detritici: prevalentemente ciottoli arenacei a spigoli vivi, spesso “organizzati” secondo una pseudoclinostratificazione, in matrice ghiaioso-sabbiosa.

DTC: Depositi detritico-colluviali: prevalentemente ciottoli arenacei a spigoli vivi, a luoghi anche “organizzati” secondo una pseudoclinostratificazione, in matrice argilloso-limoso-sabbiosa.

DTCA: Depositi detritico-colluviali argillosi: prevalentemente ciottoli calcarenitici a spigoli vivi, caotici, in matrice argillosa grigio-bluastro con consistenza da semisolida a plastica.

DCT: Depositi colluviali-detritici: prevalentemente argilloso-limosi con trovanti litoidi, arenacei e/o calcarenitici, granulometricamente variabili dai ciottoli alle ghiaie.

DC: Depositi colluviali prevalentemente argilloso-limosi con sporadici livelli di trovanti litoidi, granulometricamente variabili dai ciottoli alle ghiaie, e con tracce di paleosuoli.

Dfan: Depositi di frana nel complesso naturalmente stabilizzata, attribuibili principalmente a frane antiche: ammassi rocciosi di substrato, arenaceo-pelitico o argillitico-arenaceo-calcareo, presumibilmente destrutturati e fratturati.

DFre: Depositi di frana quiescenti di medio o lungo periodo, attribuibili generalmente a frane recenti o attuali: principalmente caratterizzati da mobilitazione di coperture, tra cui anche parte dei cumuli di frane antiche.

Dfat: Depositi di frana da quiescenti nel breve periodo ad attive, attribuibili generalmente a frane attuali o recenti: principalmente caratterizzati da mobilitazione di coperture, tra cui anche parte dei cumuli di frane recenti ed antiche.

TERRENI DI SUBSTRATO

MAP: Membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato $A/P=1-5$. Tipo di complessità strutturale:

B1-B2 (Esu, 1977) (Formazione di Pollica; Gruppo del Cilento – Bonardi *et alii*, 1988)

MAPg: Membro arenaceo-pelitico grossolano $A/P>5$. Tipo di complessità strutturale: B1 (Esu, 1977). (Formazione di Pollica; Gruppo del Cilento – Bonardi *et alii*, 1988)

MAAC: Membro argillitico-arenaceo-calcareo. Tipo di complessità strutturale B2-B3 (Esu, 1977). (Terreni ad “affinità Sicilide”- Bonardi *et alii*, 1988).

2.4.2 Interpretazione delle prove penetrometriche

Per la caratterizzazione stratigrafica e geomeccanica dei terreni di copertura sono state interpretate le prove penetrometriche dinamiche (DPM) realizzate dallo scrivente per conto dell'impresa Zangari Cosruzioni s.r.l. I logs penetrometrici, assieme ai dati derivanti dal rilevamento di superficie, ai dati derivanti dalle trincee esplorative ed ai dati derivanti dall'interpretazione dei sondaggi di sismica a rifrazione, hanno consentito di dettagliare ulteriormente il quadro stratigrafico, fornendo inoltre indicazioni riguardo la resistenza al taglio dei depositi superficiali.

Com'è noto, dal log penetrometrico è possibile dedurre la presenza di livelli stratigrafici a differenti caratteristiche geomeccaniche, eventualmente correlabili stratigraficamente con altri livelli omologhi, riscontrati in prove penetrometriche eseguite nelle immediate vicinanze, o con orizzonti stratigrafici riscontrati direttamente in trincee esplorative, in sondaggi a carotaggio continuo o derivanti dall'interpretazione di sondaggi di sismica a rifrazione.

Nel caso specifico, i sondaggi penetrometrici hanno consentito di caratterizzare i terreni di copertura riscontrati lungo la pista e, in alcuni casi, nell'immediato intorno della

stessa. I terreni di copertura, in base alle indagini dirette effettuate, si configurano nella maggior parte dei casi come terreni eterogenei con una frazione clastica, dispersa in una matrice costituita da terreni coesivi di natura limoso-argillosa. La frazione clastica è globalmente subordinata a quella fine, che costituisce la matrice, presentandosi prevalente solo in alcuni livelli in cui essa si è concentrata prevalentemente (*stone beds*). A tali caratteristiche litologiche, sebbene con differenti contenuti di frazione clastica, sono ascrivibili i depositi colluviali-detritici (DCT) o detritico-colluviali (DTC); i depositi colluviali (DC), invece, per la scarsa presenza della frazione clastica presentano un elevato grado di omogeneità. Dai logs penetrometrici è stato possibile distinguere i livelli caratterizzati prevalentemente dalla presenza della frazione clastica, evidenziati dai valori massimi relativi di N_{10} . Inoltre, è stato possibile individuare i livelli in cui la matrice coesiva prevale sulla frazione clastica, rappresentati da quei minimi relativi del log che si approssimano ad un inviluppo rettilineo; questi punti, evidentemente, sono difficilmente imputabili al contributo della frazione clastica poiché risulterebbe poco probabile che la resistenza al taglio, offerta dall'insieme frazione clastica/matrice, mostri una variazione lineare con l'incremento della profondità. Invece, l'allineamento dei minimi relativi del log penetrometrico può individuare un inviluppo rettilineo crescente o costante con la profondità, ovvero testimoniare rispettivamente l'incremento della resistenza al taglio non drenata della matrice coesiva, dovuto a processi di consolidazione, oppure l'assenza di tali processi per la natura dei depositi a plasticità molto bassa (prevalentemente limoso-sabbiosi).

Come d'uopo in terreni eterogenei come quelli descritti, la caratterizzazione geomeccanica è cautelativamente riferita al terreno che costituisce la matrice; infatti, anche il prelievo di un campione indisturbato da sottoporre ad ordinarie prove meccaniche di laboratorio viene riferito, in questi casi, all'elemento di volume maggiormente omogeneo del terreno, ovvero a quella porzione maggiormente priva di una frazione clastica grossolana; quindi, tale da poter costituire un provino rappresentativo da introdurre nella scatola di taglio o nella cella triassiale. Nel caso specifico, i valori minimi relativi riscontrati nei logs penetrometrici possono essere verosimilmente considerati come espressione della resistenza al taglio della matrice, pertanto possono essere ritenuti cautelativamente rappresentativi della resistenza al taglio dell'intero ammasso.

In base al suddetto principio guida, i valori di minimo relativo di N_{10} sono stati utilizzati per caratterizzare la resistenza al taglio non drenata dei terreni di copertura. A tale proposito sono state utilizzate le relazioni empiriche note in letteratura per correlare i valori di N_{SPT} alla coesione non drenata C_u , differenziate in base al grado di plasticità del terreno; le pubblicazioni prese a riferimento sono: NAVFAC Design Manual 7.1 – *Soil Mechanics* – Depth of the Navy Naval Facil. Engng. – 1982; CESTARI F. – *Prove Geotecniche in sito* – GeoGraph s.n.c. – 1996). Tra le tre possibili ipotesi illustrate negli anzidetti riferimenti bibliografici (terreni di alta, media e bassa plasticità) è stato adottato quello valido per terreni di bassa plasticità (Fig. 2); tale scelta è stata giustificata dalla verifica della validità dei valori di coesione non drenata mediante *back-analysis* su piccoli dissesti generati nei terreni di copertura dall'apertura della pista e dai risultati delle analisi di laboratorio effettuate sui terreni di copertura nello studio geologico-geotecnico citato nella premessa. Al fine di utilizzare la citata relazione empirica, sono stati correlati i valori di N_{10} , determinati sperimentalmente, a quelli equivalenti N_{SPT} mediante la relazione empirica, valida per terreni

coesivi: $\frac{N_{10}}{N_{SPT}} \geq 0.7 \div 0.8$, nell'intervallo $14 \geq N_{10} \geq 8$ (Vannelli F. & Benassi E. -

Penetrometro dinamico SUNDA DL030 – SUNDA s.r.l. – 1983).

I valori di C_u , stimati nel suddetto modo, sono stati normalizzati rispetto alla tensione effettiva verticale σ'_{v0} , esercitata alla profondità di riferimento; infatti, il parametro C_u/σ'_{v0} ha consentito di distinguere i terreni coesivi normalconsolidati (NC) da quelli caratterizzati da un basso grado di sovraconsolidazione (OC), presumibilmente per essiccamento, in base alla relazione proposta in: AAS G., LACASSE S., LUNNE T., & HOEG K. – *Use of in Situ Tests for Foundations Design in Clay* – Proc. Spec. Conf. ASCE IN-SITU '86 – Blacksburg (USA) – 1986 (Fig. 3). L'utilizzazione della suddetta relazione è stata possibile ammettendo un valore dell'indice di plasticità (IP) non superiore al 30%, come tipico dei terreni di bassa plasticità. Tale distinzione ha consentito di trovare un fattore di correzione per quei terreni coesivi, aventi i caratteri di OC, ricavato da una relazione empirica riportata nella citata pubblicazione scientifica (Fig. 4).

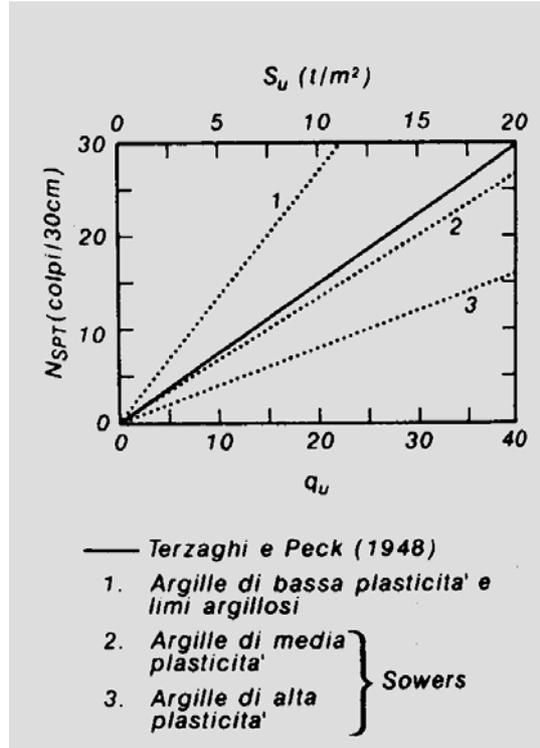


Fig. 2: Relazione tra C_u e N_{SPT} (da NAVFAC Design Manual 7.1).

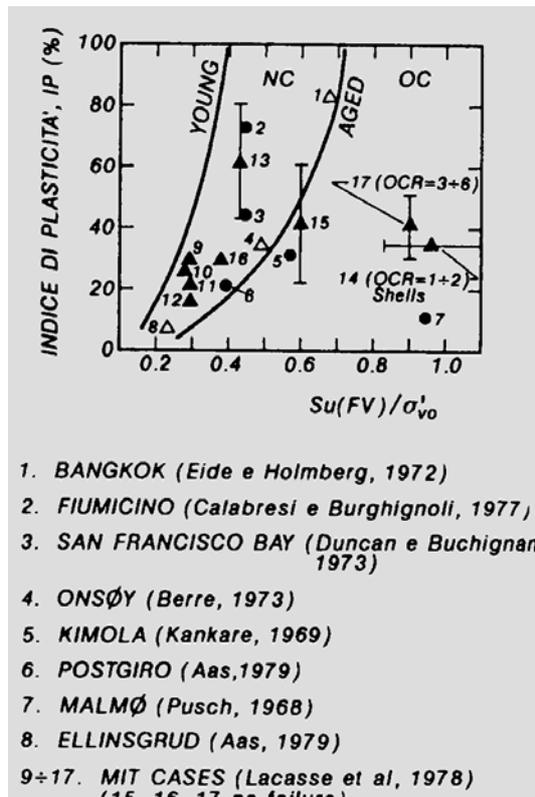


Fig. 3: Caratterizzazione dello stato di sovraconsolidazione delle argille in base alla relazione tra C_u/σ'_{v0} (da AAS G. et alii, 1986)

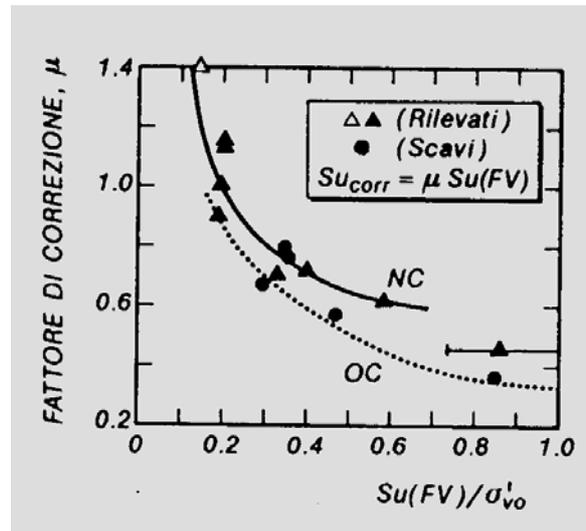


Fig. 4: Fattore di correzione proposto per l'utilizzazione dei valori di C_u ottenuti dalla prova scissometrica, nel caso specifico è stato utilizzato quale fattore di correzione per le argille OC il rapporto OC/NC (da AAS G. et alii, 1986).

2.4.3 Interpretazione dei sondaggi di sismica a rifrazione

I sondaggi di sismica a rifrazione utilizzati per la ricostruzione del modello geologico-tecnico del sottosuolo sono stati eseguiti dallo scrivente per conto dell'impresa Zangari Costruzioni s.r.l. I sondaggi sono stati realizzati prevalentemente con stendimenti condotti sulla pista con orientazione parallela all'asse stradale stesso, e, solo in quei casi che sono apparsi maggiormente problematici, sono stati eseguiti a monte e a valle della pista stessa, ma sempre con sviluppo dello stendimento parallelo all'asse stradale.

I modelli sismostratigrafici interpretativi di ciascun sondaggio di sismica a rifrazione sono stati montati sul profilo geologico-tecnico (Tavola II) e, assieme agli altri dati rilevati lungo la pista, hanno contribuito ad ipotizzare il modello del sottosuolo. Infatti, soprattutto in quei punti dove il rifiuto alla penetrazione dei sondaggi penetrometrici è apparso dubitativamente attribuibile alla presenza dei terreni di substrato, i modelli sismostratigrafici hanno consentito di ipotizzare la profondità alla quale questi ultimi sono verosimilmente

riscontrabili. Tuttavia, poiché le velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali riscontrabili negli orizzonti più profondi e più compatti degli stessi terreni di copertura sono approssimativamente confrontabili con quelle relative alla parte alterata ed allentata degli stessi terreni di substrato, è possibile ritenere che gli spessori dei terreni di copertura, stimati in questo modo, siano da attribuire in parte anche alla porzione alterata ed allentata del substrato. Tale ambiguità, pur giocando apparentemente a favore della cautela, nella pratica, ha consentito, correttamente, di caratterizzare allo stesso modo due terreni aventi caratteristiche geomeccaniche abbastanza equivalenti.

3. DESCRIZIONE DELLE PROBLEMATICHE GEOLOGICO-TECNICHE RELATIVE A SETTORI STRADALI OMOGENEI

Di seguito verranno descritte analiticamente le problematiche geologico-tecniche riscontrate nei rilievi di campagna e dall'analisi di tutti gli altri elementi conoscitivi acquisiti: analisi stereoscopica di aerofotografie, sondaggi geognostici eseguiti dalla Velcom S.c.a.r.l. (citati negli studi geologico-geotecnici precedenti), trincee esplorative, indagini penetrometriche e sondaggi di sismica a rifrazione. La discussione sarà organizzata per settori del tracciato stradale, compresi tra sezioni di progetto successive, in cui le suddette problematiche si presentano omogenee, anche in relazione alle tipologie costruttive ipotizzate. La discussione di tali problematiche è rivolta principalmente alla valutazione della stabilità dei versanti in condizioni naturali, e nella valutazione delle possibili influenze della strada sull'equilibrio dei tratti di versante attraversati; inoltre, si prospetteranno alcuni accorgimenti progettuali che potrebbero favorire la stabilità dei tratti potenzialmente instabili.

3.1 Tratto compreso tra le sezioni stradali 102 e 105

In questa parte del suo percorso, la strada passa dal bacino idrografico del Vallone Aurosazio a quello del Vallone San Martino, attraversando il crinale collinare secondario in sotterraneo, mediante una galleria naturale lunga circa 100 m. In particolare l'imbocco della galleria sul lato del Vallone Aurosazio avviene tra le sezioni stradali 102c e 103a; il percorso in sotterraneo, lungo circa 100 m avviene tra le sezioni stradali 103a e 103b; l'imbocco della galleria sul lato del Vallone Molinello avviene tra le sezioni stradali 103b e 104.

In questo settore stradale sono state condotte indagini di superficie di tipo geologico-tecnico e geomorfologico applicativo che, integrate con esplorazioni del sottosuolo dirette ed indirette, hanno consentito di ricostruire il modello geologico tecnico, necessario per la realizzazione della suddetta opera. I rilievi di superficie hanno evidenziato che i terreni del substrato sono ascrivibili all'unità litotecnica del membro arenaceo-pelitico sottilmente

straterellato (MAP) il cui assetto giaciturale è a traversopoggio-reggipoggio, in sinistra idrografica del Vallone Aurosazio [MAP(re)], ed a traversopoggio-franapoggio, in destra idrografica del Vallone San Martino [MAP(fra)]. Al disopra di detti terreni sono stati rinvenuti terreni di copertura ascrivibili all'unità litotecnica dei depositi colluviali-detritici (DCT) che ammantano i suddetti versanti a partire da quote di poco superiori a quelle di imbocco della galleria, in particolare per quello relativo alla sezione stradale 103b, nel Vallone San Martino. Tale evidenza ha indotto lo scrivente ad approfondire la caratterizzazione tipologica e geometrica di detti terreni di copertura mediante indagini del sottosuolo, dirette ed indirette. In particolare sono state realizzate le trincee esplorative T102a, T102d e T104a, i sondaggi penetrometrici P1, P2, P3 e P4, distribuiti su entrambi gli imbocchi della galleria, e le indagini di sismica a rifrazione SS1, SS2, SS3, SS4 e SS5, distribuite su entrambi gli imbocchi della galleria ed in corrispondenza del crinale. Nell'ambito dei dati acquisiti, sono stati considerati anche i risultati della perforazione a carotaggio B4 eseguita dalla ditta S.I.F. – Società Italiana Fondazioni S.r.l. in corrispondenza della sezione stradale 103b.

Dall'insieme dei suddetti dati è stato ricostruito il modello geologico-tecnico, sintetizzato nelle sezioni geologico-tecniche 1 e 2 (Fig. 5), contraddistinto da differenti problematiche differenziabili in quelle strettamente riguardanti gli imbocchi da quelle riguardanti il percorso in sotterraneo.

L'imbocco della galleria sul lato del Vallone Aurosazio, tra le sezioni stradali 102c e 103a, è contraddistinto dalla presenza di terreni colluviali-detritici (DCT) e subordinatamente verso il basso detritico-colluviali (DTC) per uno spessore complessivamente non superiore a 4 m. I terreni colluviali detritici si caratterizzano con una velocità di propagazione delle onde sismiche compresa tra 485 m/s e 539 m/s (SS1 e SS2) e da valori di N_{10} mediamente inferiori a 20 (P1 e P2); i terreni di copertura detritico-colluviali si caratterizzano per una velocità di propagazione delle onde sismiche di 937 m/s (SS1). Al disotto di detti terreni di copertura sono rinvenibili i terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura relativamente al versante presumibilmente a traversopoggio-reggipoggio [MAP(re)], così come sembrano indicare i dati rilevati in superficie; essi sono contraddistinti da una velocità di propagazione delle onde sismiche compresa tra 1823 m/s e

2603 m/s (SS1 e SS2), per ciò che riguarda la parte più profonda, meno alterata, mentre di 1443 m/s (SS2) per la parte relativamente alterata, più superficiale.

Il tratto sotterraneo in senso stretto, compreso tra le sezioni stradali 103a e 103b, è contraddistinto, simmetricamente rispetto al crinale collinare attraversato, dal passaggio, dai terreni di copertura, alla parte alterata e allentata del substrato, con velocità di propagazione delle onde sismiche di circa 1287 m/s, alla parte più profonda dello stesso, con velocità di propagazione delle onde sismiche di 2795 m/s (SS3). La parte alterata dei terreni di substrato costituisce, come tipico di questi casi, un “*cappellaccio*” che raggiunge il maggiore spessore proprio in corrispondenza della linea di crinale, dove si registra in corrispondenza con l’asse della galleria uno spessore della parte alterata della formazione, stimato in circa 14 m. Pertanto la galleria interesserà per un tratto limitato la parte integra del substrato e, comunque, con uno spessore in volta non superiore a 2.5 m.

L’imbocco della galleria sul lato del Vallone San Martino, tra le sezioni stradali 103b e 104 è contraddistinto da spessori notevolmente superiori di terreni di copertura, che però presentano una significativa variazione laterale di spessore; ciò ha fatto ritenere opportuna una variazione del percorso originario mediante una rotazione di circa 8° in senso antiorario dell’asse della galleria attorno alla sezione stradale 102b. Detta modifica ha comportato una traslazione verso Nord dell’imbocco della galleria, corrispondente alla sezione stradale 104, in una posizione contraddistinta da minore spessore dei terreni di copertura; pertanto, le seguenti considerazioni si riferiscono a questa nuova posizione. In questa zona è stato evidenziato uno spessore complessivo delle coperture notevole, che da monte a valle ha una geometria lenticolare, caratterizzata da uno spessore variabile da 9.5 m in corrispondenza della sezione stradale 103b e di circa 7 m in corrispondenza della sezione stradale 104.

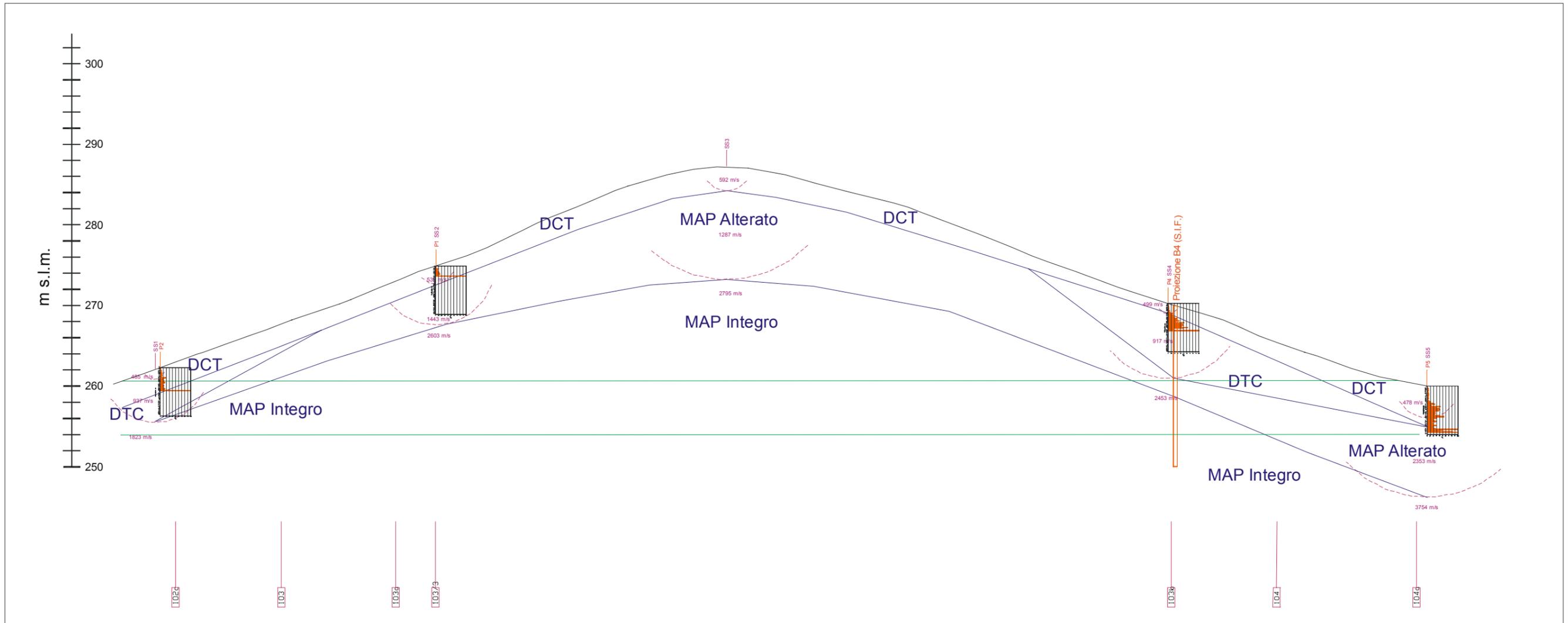


Fig. 5: Sezioni geologico-tecniche 1 e 2. Le sezioni geologico-tecniche, da intendersi in riferimento agli imbocchi della galleria, sono allineate con l'asse della galleria stessa.

3.2 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 105 e 107.*

In questo tratto la strada, subito dopo aver superato un piccolo impluvio, attraversa un crinale collinare secondario. In questo settore i rilievi di superficie, condotti tra il crinale collinare principale ed il fondovalle, hanno evidenziato la presenza in affioramento, soprattutto lungo il taglio della pista, dei terreni del substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato la cui giacitura risulta essere variabile da reggipoggio [MAP(re)] a franapoggio [MAP(fra)], in relazione ad una deformazione plicativa a scala decametrica alla quale esso è soggetto. Al disopra di detti terreni sono stati rinvenuti terreni di copertura ascrivibili all'unità litotecnica dei depositi colluviali-detritici (DCT) per uno spessore non superiore ad 1 m, così come si è evinto dal taglio della pista e dalla trincea esplorativa T107. Tali evidenze non hanno fatto ritenere necessarie altri tipi di indagini nel sottosuolo, dirette o indirette.

La strada attraverserà questo settore mediante la realizzazione di una scarpata che raggiungerà la massima altezza, pari a circa 10 m, in corrispondenza della sezione stradale 106. Per la significativa altezza di tale scarpata nonché per la giacitura a franapoggio dei terreni di substrato, questa dovrà essere realizzata con angolo di pendio medio non superiore a 45°, e, comunque, mediante la realizzazione di bancate intermedie; in alternativa alla realizzazione di tale angolo di pendio, appare opportuna la realizzazione di opere di contenimento al piede di detta scarpata. La sistemazione definitiva di tale pendice dovrà prevedere la protezione dall'erosione, esercitata dall'acqua di ruscellamento, mediante messa in opera di rete di protezione e piantumazione di essenze vegetali idonee.

3.3 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 107 e 108e*

La strada in questo settore, proseguendo il suo percorso in destra idrografica del Vallone San Martino attraversa un tratto di versante con profilo longitudinale concavo-convesso. Le indagini di superficie condotte in questo settore hanno consentito di evidenziare che in questo tratto di versante non affiorano terreni di substrato lungo la pista, bensì questi

ultimi affiorano lungo il crinale e nel fondovalle. Tale constatazione ha indotto ad effettuare delle indagini dirette ed indirette nel sottosuolo della pista che hanno consentito di accertare la natura dei terreni di copertura il loro assetto geometrico, fino a 25 m a valle dell'asse stradale. In particolare, le indagini condotte sono: la trincea esplorativa T108; i sondaggi penetrometrici P7 e P8; l'indagine di sismica a rifrazione SS6; il sondaggio a carotaggio continuo B21 fatto eseguire dall'Impresa Velcom S.C.A.R.L. L'insieme di questi dati ha consentito la ricostruzione della sezione geologico-tecnica 3 (Fig. 6).

Il modello geologico-tecnico derivato dalle suddette indagini è caratterizzato dalla presenza al disotto della pista di depositi colluviali-detritici (DCT) e colluviali (DC) per uno spessore complessivo di circa 5.5 m, mentre a valle della pista tale spessore cresce leggermente, caratterizzandosi inoltre per la presenza dei depositi detritico-colluviali (DTC), posti sempre al disotto dei depositi colluviali-detritici (DCT). Circa 25 m a valle della pista, dove è stato realizzato il sondaggio penetrometrico P8, l'insieme dei terreni di copertura poc' anzi descritto ha uno spessore di circa 6 m.

Alla luce di questi risultati, la morfologia concavo-convessa del versante può essere giustificata mediante la presenza, circa in corrispondenza della quota alla quale passa la pista, di antichi depositi colluviali (DC) e detritico-colluviali (DTC), sottoposti a reincisione successiva alla loro deposizione, che ha messo in affioramento, in corrispondenza dell'impluvio, il substrato arenaceo-pelitico. La coltre dei terreni di copertura è attualmente soggetta a lenti fenomeni di deformazione plastica indotti dagli eventuali occasionali apporti pluviometrici di entità notevolmente al valore medio, ascrivibili a fenomeni di soliflussione; la fascia di sottosuolo interessata da detti fenomeni è da ritenersi inferiore a 4 m di profondità.

SEZIONE N. : 108
 DIST.PROG. : 5162,000
 DIST.PREC. : 43,000
 DIST.SUCC. : 66,000

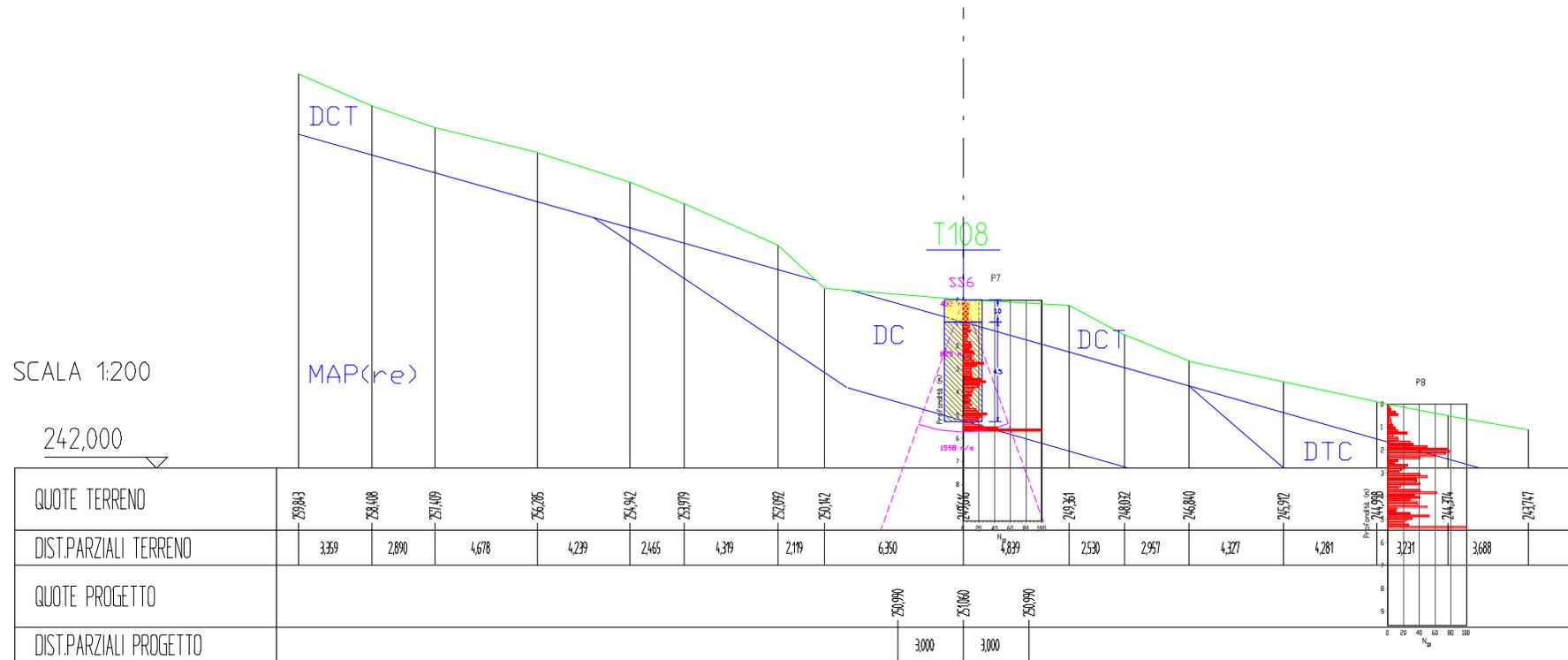


Fig. 6: Sezione geologico-tecnica 3.

3.4 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 108e e 109g*

In questo settore la strada attraversa a mezza costa un versante caratterizzato da un profilo longitudinale blandamente concavo-convesso nel quale non sono stati rinvenuti in affioramento i terreni di substrato lungo il taglio della pista, ma solo sul crinale e nel fondovalle. Tuttavia è possibile ritenere, in questo settore come negli altri limitrofi, che i terreni di substrato siano rappresentati dall'unità litotecnica del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP) che, in corrispondenza dell'asse stradale, dovrebbe verosimilmente avere una giacitura a reggipoggio [MAP(re)].

Al fine di caratterizzare tipologicamente e definire le geometrie dei depositi di copertura sono state eseguite le seguenti indagini dirette ed indirette: le trincee esplorative T108e, T109 e T109g; il sondaggio penetrometrico P9; il sondaggio di sismica a rifrazione SS7.

Dall'insieme dei dati raccolti, è possibile confermare la presenza dei terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio [MAP(re)] così come si è evinto dalla trincea esplorativa T109g. I terreni di copertura sono differenziabili, superiormente, in colluviali-detritici (DCT) ed, inferiormente, in detritico-colluviali (DTC); lo spessore complessivo di detti terreni varia da 8.8 m in corrispondenza della sezione stradale 108e, a 11.3 m in corrispondenza della sezione stradale 109, a 4.8 m in corrispondenza della sezione stradale 109g.

Alla luce dei suddetti risultato questo tratto di versante si può ritenere caratterizzato dalla presenza di un'antica coltre di terreni detritico-colluviali, successivamente reincisa da un'asta drenante passante per la sezione stradale 109g. Tale coltre, per la natura dei terreni che la costituiscono è da considerarsi interessata da lenti fenomeni di deformazione plastica del tipo solifluzione che possono interessare occasionalmente una parte del suo spessore non superiore a 3 m.

3.5 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 109g e 111 (+ 20 m)*

Anche in questo settore, la strada, dopo aver superato la piccola asta drenante in corrispondenza della sezione stradale 109g, attraversa un tratto di versante a profilo longitudinale concavo-convesso. Analogamente al tratto precedentemente descritto, i rilievi di superficie non hanno evidenziato l'affioramento del substrato lungo la pista, bensì la presenza di terreni di copertura e, fra questi, di blocchi di substrato, presumibilmente mobilitati gravitativamente. Mentre, sul crinale e nel fondovalle, affiorano i terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio rispetto all'asse stradale [MAP(re)].

Le indagini dirette ed indirette eseguite nel sottosuolo di questo tratto di pista e immediatamente a valle di essa sono: trincee esplorative T109g e T111; sondaggi penetrometrici P10, P11 e P12; indagini di sismica a rifrazione SS8, SS9 e SS10; il sondaggio a carotaggio continuo B22 realizzato dalla ditta S.I.F. – Società Italiana Fondazioni S.r.l. L'insieme di questi dati ha consentito di ricostruire la sezione geologico-tecnica 4 (Fig. 7).

Alla luce dei dati acquisiti è possibile schematizzare il tratto stradale in questione come caratterizzato da una coltre di terreni di copertura ascrivibili a depositi di frana recente (DFre) con spessore variabile da circa 7 m, a 25 m a monte della pista, a 4 m, al disotto della pista, a 8.7 m 25 m a valle della pista stessa. L'analisi morfologica del fenomeno franoso attraversato dalla strada in questo settore indica, che lo stesso è caratterizzabile come recente e con un cinematismo complesso, del tipo scorrimento-colamento. Appare verosimile ritenere che la genesi di tale fenomeno possa essere ricondotta ad un disequilibrio degli antichi terreni di copertura detritico-colluviali (DTC) presenti su questo tratto di pendio, indotto dall'erosione incanalata esercitata al piede del versante. In base alle evidenze raccolte, appare prudentiale ritenere che detti depositi di copertura possano essere soggetti, nel medio-lungo periodo, ad un cinematismo di colamento che si potrebbe verificare in concomitanza di apporti pluviometrici eccezionalmente elevati, soprattutto se considerati nel lungo periodo.

SEZIONE N. : 110
 DIST.PROG. : 5280,000
 DIST.PREC. : 52,000
 DIST.SUCC. : 22,000

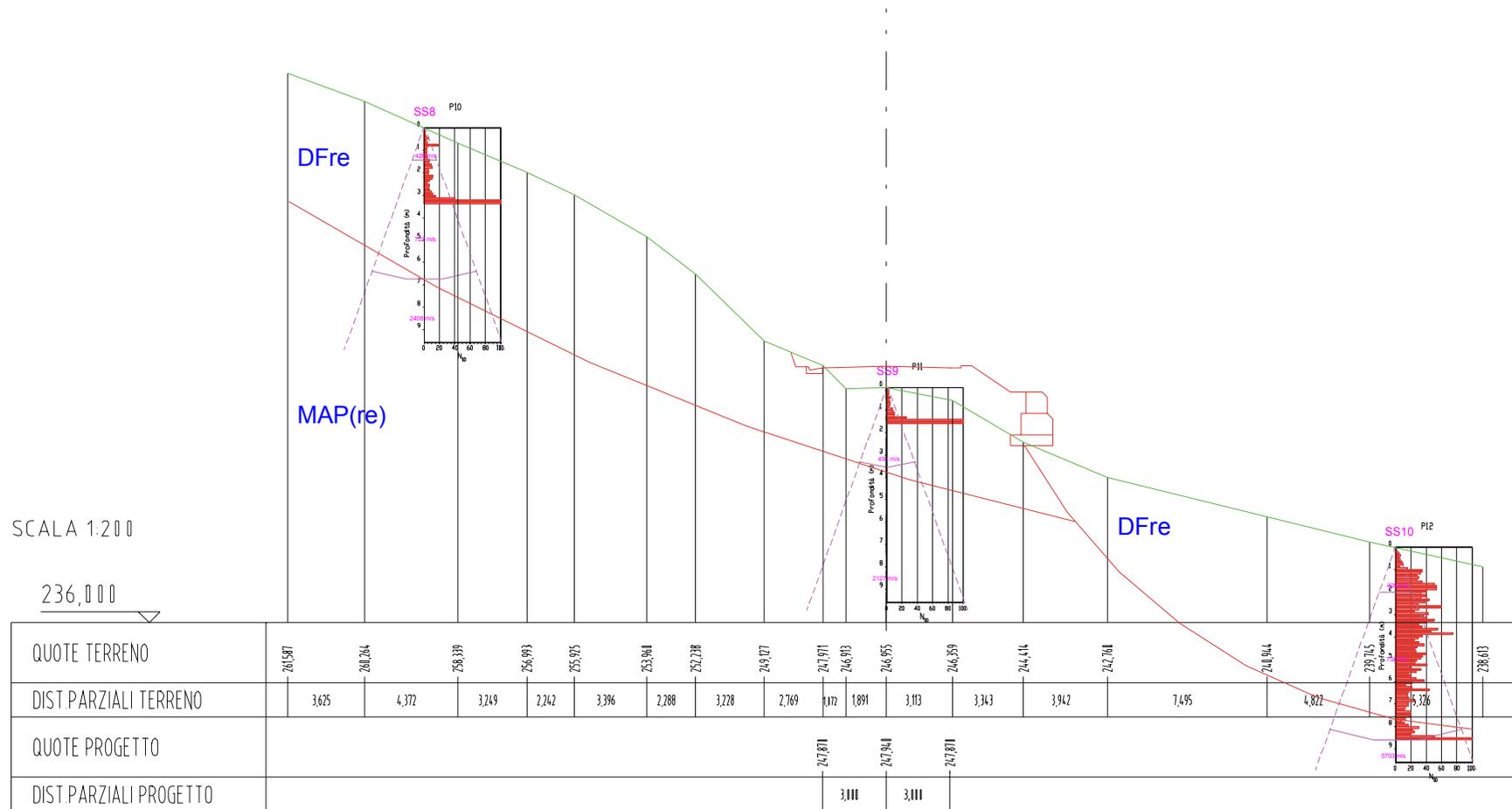


Fig. 7: Sezione geologico-tecnica 4.

3.6 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 111 (+ 20 m) e 113*

In questo tratto la strada attraversa l'asta drenante principale del Vallone San Martino, secondo le ipotesi progettuali riportate nel progetto preliminare, mediante un rilevato. Per la presenza in affioramento in questo breve tratto del substrato, costituito anche in questo caso dai terreni del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a traversopoggio-franapoggio [MAP(fra)] in destra idrografica e traversopoggio-reggipoggio [MAP(re)] in sinistra idrografica, non sono state condotte altre indagini dirette o indirette. In definitiva, in questo settore le problematiche geologico-tecniche appaiono poco rilevanti per le buone caratteristiche dei terreni di substrato.

3.7 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 113 e 117f*

In questo tratto la strada attraversa a mezza costa un settore di versante in sinistra idrografica del Vallone San Martino. Il rilevamento geologico-tecnico di superficie ha consentito di caratterizzare i terreni che costituiscono il substrato del versante e di ascriverli al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP); questa unità litotecnica presenta localmente, e subordinatamente a quelle tipiche, anche litologie marnose e calcareo-marnose in strati di spessore inferiore ad 1 m. L'assetto strutturale dei terreni di substrato è variabile in relazione alle deformazioni plicative, a scala decametrica, a cui sono stati sottoposti i terreni in esame durante le fasi orogenetiche mioceniche; pertanto, i terreni del substrato, nel tratto di versante in esame hanno una giacitura prevalentemente orientata verso i quadranti settentrionali, quindi a reggipoggio, ma in tratti limitati, presentano una giacitura orientata verso i quadranti meridionali, quindi a franapoggio. I terreni di substrato affiorano in condizioni naturali solo lungo la linea di crinale di detto versante, mentre sono stati messi a giorno solo in pochi punti dall'apertura della pista; da tale osservazione si è dedotta in questo tratto stradale, già dalle indagini preliminari, la presenza di cospicui spessori di terreni di copertura di cui è stata approfondita la natura geomorfologica e le caratteristiche geologico-tecniche.

Dal punto di vista morfologico, il versante si sviluppa approssimativamente tra 175 m s.l.m. e 375 m s.l.m., presentando un profilo generalmente concavo-convesso; infatti, si evidenzia una variazione dell'angolo di pendio medio, a partire dal crinale, da circa 28° a circa 20° nella parte intermedia dove passa il tracciato stradale, per raggiungere, infine, circa 35° in corrispondenza del tratto finale prospiciente al fondovalle. L'andamento blandamente articolato del profilo trasversale del versante, caratterizzato da una serie di depressioni e rilievi poco accentuati, unitamente alla presenza di terreni di copertura, indica l'esistenza di lente deformazioni degli stessi, del tipo colamento, indotte sia dall'imbibizione dei terreni durante stagioni invernali eccezionalmente umide che stimolate dall'accentuata azione di erosione di sponda esercitata dal corso d'acqua nel Vallone San Martino.

Le suddette evidenze, derivanti dai rilievi di superficie, sono state approfondite e dettagliate mediante l'esecuzione e l'interpretazione delle seguenti indagini geognostiche: trincee esplorative T113, T113b, T113c, T113d, T114, T114b, T115, T115g, T116, T116g, T117 e T117b; indagini penetrometriche dinamiche P13, P14, P15, P16 e P17; indagini di sismica a rifrazione SS11, SS12, SS13 ed SS14. Le suddette indagini hanno consentito di caratterizzare la tipologia, gli spessori e, indicativamente, le proprietà geomeccaniche dei terreni di copertura.

Nel settore esaminato il substrato si riscontra, al disotto dei terreni di copertura, a profondità variabile da circa 1.2 m fino a circa 9 m dal piano di campagna originario. In particolare, tra le sezioni stradali 113 e 114, la profondità cresce all'incirca progressivamente da 1.6 m fino a 8.9 m; successivamente, tra le sezioni stradali 114 e 115g, la profondità decresce regolarmente fino a raggiungere un valore di circa 1.3 m; successivamente, a partire da quest'ultima sezione stradale e fino alla 116f, lo spessore dei terreni di copertura aumenta fino a circa 5.6 m per poi ridursi, infine, fino ad 1.2 m in corrispondenza della sezione stradale 117f. Le profondità anzidette derivano dall'analisi integrata di tutte le indagini geognostiche. In particolare, per quei tratti dove le trincee esplorative ed i sondaggi penetrometrici non hanno raggiunto o hanno raggiunto dubitativamente il substrato, sono stati utilizzati i dati derivanti dalle indagini di sismica a rifrazione; in questi tratti, pertanto, gli spessori stimati per le coperture potrebbero essere comprensivi anche della parte alterata dei

terreni di substrato. I terreni di substrato, in base alle evidenze emerse dalle trincee esplorative, si riscontrano a reggipoggio [MAP(re)], relativamente allo sviluppo dell'asse stradale, tra le sezioni stradali 113 e 116, mentre a franapoggio [MAP(fra)], tra le sezioni stradali 116 e 117f.

I terreni di substrato, integri o parzialmente alterati, presentano velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali variabili da 1055 m/s e 3359 m/s; i valori più bassi si riscontrano nelle zone dove questi terreni sono a franapoggio. Invece, i terreni di copertura sono contraddistinti da velocità delle onde sismiche comprese tra 476 m/s e 571 m/s.

I terreni di copertura sono stati differenziati e caratterizzati mediante le trincee esplorative ed i logs penetrometrici. L'insieme di queste indagini ha consentito di definire l'esistenza di una tipologia di terreno di copertura, più superficiale, attribuibile all'unità litotecnica dei depositi colluviali-detritici (DCT) con spessore variabile da circa 1.6 m, in corrispondenza della sezione stradale 113, fino ad annullarsi in corrispondenza della sezione stradale 113b per poi riprendere a partire all'incirca dalla sezione stradale 113d; in seguito, fino alla fine di questo tratto, lo spessore varia mediamente attorno a circa 2 m. Questi terreni, bene evidenziabili dai logs penetrometrici, si caratterizzano con valori di $N_{10min} = 3$ e valore medio pari $N_{10} = 12$. Utilizzando le note relazioni empiriche è possibile attribuire ad essi un valore minimo della coesione non drenata pari a $C_u = 0.8 \text{ t/m}^2$. Al disotto del precedente, è stata riscontrata la presenza di un'altra tipologia di terreno di copertura ascrivibile all'unità litotecnica dei depositi detritico-colluviali (DTC), caratterizzati da spessori compresi tra 0 m e 6.9 m, in corrispondenza della sezione stradale 114; questi terreni sono contraddistinti da caratteristiche meccaniche migliori dei precedenti, con valori di N_{10min} crescenti con la profondità. In particolare, considerando il valore di $N_{10} = 21$ registrato nella prova penetrometrica P15 alla profondità di 3.9 m, è stato possibile stimare $C_u/\sigma'_v = 0.72$. Per tale valore, ammettendo che in questo intervallo stratigrafico la resistenza al taglio del terreno sia completamente attribuibile alla matrice argillosa del deposito, è possibile caratterizzare quest'ultima come soggetta ad un certo grado di consolidazione; ciò induce a sottostimare il gradiente di C_u per un fattore pari a 0.66 (AAS G. *et alii*, 1986), pertanto a considerare $C_u/\sigma'_v = 0.48$.

L'applicazione dei suddetti dati stratigrafici e geotecnici ad una verifica di stabilità della sezione 114 evidenzia, anche se solo a titolo indicativo, un coefficiente di sicurezza prossimo all'unità e pertanto un precario stato di stabilità delle coperture; ciò è in accordo con le indicazioni geologico-tecniche e geomorfologiche anzidette.

I terreni di copertura presenti dopo la sezione stradale 115g in spessori significativi presentano una singolare differenziazione stratigrafica, ben evidenziata dalle indagini penetrometriche, oltre che dalle trincee esplorative. Infatti, in questo tratto si evidenzia la sovrapposizione dei depositi colluviali-detritici (DCT) a quelli detritico-colluviali (DTC). Prescindendo dai depositi superficiali, di minore importanza per le problematiche della fondazione delle opere stradali, quelli più profondi si contraddistinguono per le caratteristiche geomeccaniche relativamente migliori, rappresentate da un valore medio di $N_{10} = 44$ ed $N_{10min} = 27$.

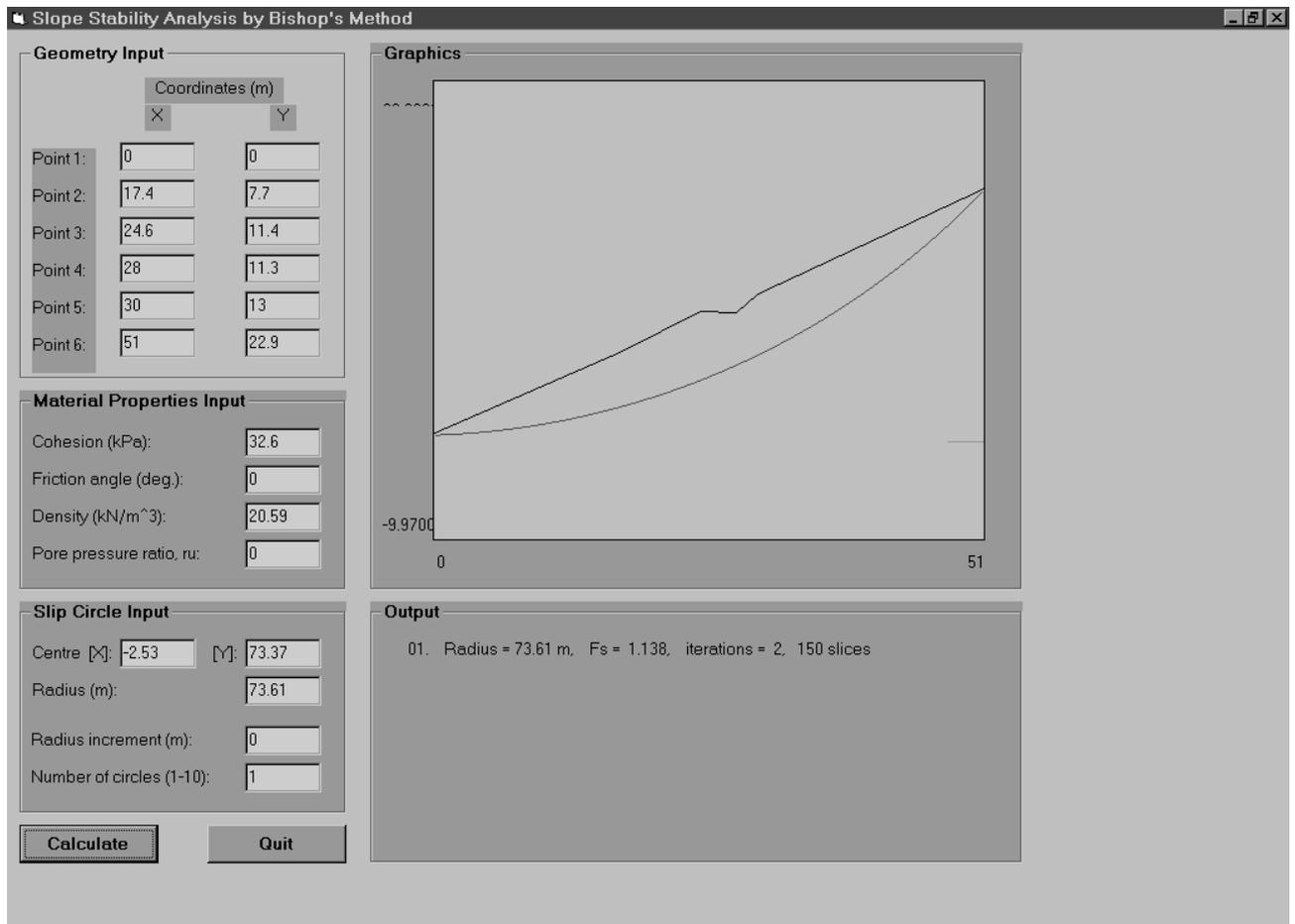
L'interpretazione dei dati raccolti, e soprattutto di quelli geomorfologici, lasciano supporre che i terreni di copertura presenti tra le sezioni stradali 113c e 115c sono interessati da fenomeni gravitativi, ascrivibili dal punto di vista cinematico alla categoria dei colamenti, la cui velocità è da considerarsi lenta. L'attività di tale fenomenologie franose è da ritenersi stagionale, ovvero conseguente alle stagioni invernali caratterizzate da piogge ingenti; in ogni caso, l'attività dei fenomeni franosi è stimolata dall'erosione incanalata esercitata al piede del versante.

Per ciò che attiene alle problematiche costruttive, la strada attraversa questo settore con tipologie che partono dalla sezione stradale 113 con un profilo in scavo, producendo una scarpata alta circa 2.3 m, che successivamente si riduce rapidamente per essere poi seguita dalla tipologia del rilevato; quest'ultimo raggiunge l'altezza massima di circa 8.3 m in corrispondenza della sezione stradale 113c. Successivamente, la strada procede con tipologie all'incirca neutre rispetto al profilo del versante, mediante modeste scarpate e rilevati di altezza non superiore ad 1 m, fino alla sezione stradale 116g. Invece, dopo quest'ultima sezione, e fino alla sezione stradale 117f, la strada procede con un rilevato di altezza massima di 2.3 m. Alla luce degli elementi finora considerati, le opere stradali dovrebbero avere caratteristiche conformi a quanto descritto di seguito.

Nel tratto ricadente nell'intorno della sezione stradale 113, laddove si ravvisa l'esistenza di una scarpata significativamente elevata, sebbene i terreni di substrato presentino delle buone caratteristiche anche giacitureali [MAP(re)], dovrebbero essere realizzate opere di protezione e di contenimento dei terreni di copertura ivi presenti che, per la pendenza del versante, tenderebbero a destabilizzarsi. Nel tratto compreso tra le sezioni stradali 113c e 115c, la presenza di cospicui spessori di terreni di copertura con evidenze di lenta deformazione per colamento, induce a suggerire l'ammorsamento delle opere stradali al substrato mediante opere strutturali finalizzate al miglioramento della stabilità dei terreni di copertura, almeno laddove per l'elevata profondità del tetto del substrato non sia possibile realizzare una bonifica profonda. Ciò appare essere una delle poche soluzioni praticabili, in quanto l'eventuale stabilizzazione della parte bassa di questo tratto di versante, con eventuali opere che partendo dal fondovalle potrebbero costituire un piede della pendice stessa, sembra difficile per l'elevato dislivello esistente e per la particolare condizione morfologica locale. Nel breve tratto successivo, compreso tra le sezioni stradali 115c e 115f, i ridotti spessori delle coperture rendono sufficiente una bonifica ordinaria del piano di fondazione del corpo stradale tale da garantire ad esso un buon ammorsamento con il substrato. Infine, nel tratto terminale, fino alla sezione stradale 117f, si ripropone la problematica del tratto compreso tra le sezioni stradali 113 e 115c, sebbene mitigata dagli spessori inferiori dei terreni di copertura, dalla minore pendenza di questo tratto di versante, dalle caratteristiche geomeccaniche relativamente migliori dei terreni di copertura detritico-colluviali (DTC) e dalle caratteristiche geomorfologiche di questo settore di versante; queste ultime lasciano supporre al più una lenta deformazione dei terreni di copertura per fenomeni di solifluzione che interessa solo la parte più superficiale limitata all'unità litotecnica DCT. Ciò fa ipotizzabile come sufficiente, se non per tutto il tratto, ma per gran parte di esso, la realizzazione di una bonifica profonda per l'ammorsamento delle opere stradali al substrato.

Infine è da segnalare, tra le sezioni stradali 113 e 114, l'attraversamento dello sbocco di un impluvio non canalizzato con una superficie complessiva di circa 2.6 ha; le opere stradali in questo tratto dovranno prevedere la realizzazione di un tombino di luce adeguata.

SEZIONE		114		
Terreno		DTC		
$h_m = \text{profondità media superficie di scorrimento}$	(m)	3.3		
$\gamma_n = \text{peso di volume}$	(gr/cm ³)	2.1	(kN/m ³)	20.59
$C_u = C_u/\sigma'_v * (h_m * \gamma_n) = 0.48 * (3.3 * 2.1)$	(t/m ²)	3.32	(kPa)	32.56
Fs		1.138		



3.8 Tratto compreso tra le sezioni stradali 117f e 120

In questo tratto la strada attraversa un crinale collinare secondario, la cui posizione planimetrica è identificata all'incirca dalla sezione stradale 118, quindi essa passa dal tratto di versante precedente a quello successivo, ricadente nell'ambito della località Laurielli, sempre afferente idrograficamente al Vallone San Martino. I settori di versante, separati dalla suddetta linea di displuvio, presentano notevoli similitudini morfologiche, ma si differenziano soprattutto per la maggiore acclività del tratto successivo alla sezione stradale 118, in questo, infatti, l'angolo di pendio medio è di circa 34°, contro i 21° del settore precedente.

I rilievi di superficie, integrati con le osservazioni derivate dalle trincee esplorative T118, T119, T119c, T119h e T119q hanno consentito di evidenziare una condizione differenziata per ciò che riguarda i terreni di substrato; in entrambi i settori sono presenti terreni ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP), ma nel settore precedente alla sezione stradale 118 esso è si presenta a franapoggio rispetto all'asse stradale [MAP(fra)], mentre nel settore successivo è a reggipoggio rispetto a questo [MAP(re)]. I terreni di copertura sono tutti ascrivibili all'unità litotecnica dei depositi colluviali detritici (DCT) con spessori esigui che, solo in corrispondenza della sezione stradale 119, raggiungono uno spessore massimo di 2.1 m.

In questo settore stradale per la facile lettura delle caratteristiche geologico-tecniche, dai rilievi di superficie e dalle trincee esplorative, non sono state eseguite altre indagini geognostiche.

Per ciò che attiene alle problematiche costruttive, la strada attraversa questo settore con differenti tipologie costruttive, quindi, iniziando con un modesto rilevato in corrispondenza della sezione stradale 117f per poi raggiungere, in scavo, la sezione stradale 118 con una scarpata che localmente raggiunge l'altezza massima di circa 7 m. Successivamente, la scarpata riduce progressivamente la sua altezza fino ad annullarsi sulla sezione stradale 119q; infine, si ripresenta la tipologia del rilevato che raggiunge una modesta altezza in corrispondenza della sezione stradale 120.

Per l'assetto giaciturale dei terreni di substrato, a franapoggio [MAP(fra)] tra le sezioni stradali 117f e 118 (con inclinazione compresa tra 20° e 30°), la costruenda scarpata potrebbe causare l'instabilità di parti cospicue dell'ammasso strutturalmente complesso di substrato; pertanto, è da prescrivere, soprattutto in questo settore, opere di contenimento e di salvaguardia dalla degradazione meteorica. Per il settore successivo alla sezione stradale 118, invece, la giacitura a reggipoggio del substrato [MAP(re)] e le buone caratteristiche meccaniche di questi terreni, peraltro già "testate" dalle severe condizioni di pendenza, lascerebbero supporre essere sufficienti solo la risagomatura del ciglio superiore della scarpata, al fine di evitare lo scivolamento di pacchi di strato isolati da piani di fratturazione, e la protezione dalla degradazione meteorica. Tuttavia, la presenza di depositi colluviali detritici (DCT) in spessore non trascurabile nell'intorno della sezione stradale 119, rendono prescrivibile una bonifica degli stessi e/o un contenimento della loro spinta.

3.9 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 120 e 121d*

In questo breve settore la strada attraversa l'impluvio principale della località Laurielli, tributario in sinistra idrografica del Vallone San Martino, mediante un rilevato che dovrebbe raggiungere nel suo punto di maggiore elevazione, in asse con il suddetto corso d'acqua, un'altezza di circa 15 m.

Il rilievo di superficie ha consentito di definire i termini geologico-tecnici essenziali per la soluzione delle problematiche progettuali, differenziandoli per la parte in destra e per quella in sinistra idrografica. Per la parte in destra idrografica dell'impluvio della località Laurielli, i terreni del substrato sono rappresentati dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio rispetto all'asse stradale [MAP(re)], con copertura di terreni colluviali detritici (DCT) inferiore a 0.5 m di spessore. Invece, per la parte in sinistra idrografica i terreni di substrato non affiorano, essendo invece presenti in affioramento terreni di copertura contraddistinti da spessori cospicui e da condizioni di dubbia stabilità.

Nel primo tratto, la realizzazione del rilevato non appare essere caratterizzata da alcuna problematica di stabilità. Neanche nel secondo tratto il rilevato appare presentare particolari problematiche, anzi la sua mole e la sua orientazione rispetto al pendio consentirebbero una stabilizzazione di questo tratto di pendice contraddistinto da coperture instabili per scadenti caratteristiche geomeccaniche e per erosione al piede. L'unica prescrizione è quella di realizzare il piede del rilevato in maniera tale che esso non possa essere scalzato dai fenomeni erosivi che potrebbero riguardare le zone immediatamente circostanti.

3.10 Tratto compreso tra le sezioni stradali 121d e 123

In questo breve tratto la strada, dopo aver oltrepassato l'impiuvio principale della località Laurielli, procede in sinistra idrografica dello stesso mediante una curva avente raggio di circa 60 m.

Il tratto di versante interessato dalle opere stradali si presenta con una morfologia composita, schematizzabile con un profilo concavo-convesso, caratterizzato da pendenze medie di circa 28°, nella parte più alta del versante, di circa 14°, nella parte intermedia, e di circa 34° nella parte bassa, in corrispondenza del fondovalle. Le indagini di superficie non hanno evidenziato la presenza di terreni di substrato in affioramento, apparendo evidente l'esistenza di una cospicua coltre di terreni di copertura. Dall'esame complessivo della morfologia del versante, esso appare caratterizzato da fenomeni di instabilità, quiescenti di lungo periodo, che interessano i suddetti depositi di copertura, a partire dal tratto intermedio a bassa pendenza fino al fondovalle. In particolare, la suddetta coltre di terreni di copertura è attualmente interessata da fenomeni di instabilità, ascrivibili cinematicamente a meccanismi di rototraslazione, con stato di attività *sospeso*. L'innescò di tali instabilità avviene in corrispondenza del fondovalle, laddove il corso d'acqua incide i depositi al piede. Invece, nella zona a monte la suddetta coltre di terreni di copertura è interessata solo da lente deformazioni per solifluzione per una fascia di profondità non superiore ai 4 m; tali deformazioni per la bassa permeabilità dei terreni possono avvenire solo a seguito di stagioni

invernali particolarmente piovose. Le indagini e le ricostruzioni condotte sono state rivolte all'approfondimento di tali problematiche.

Al fine di dettagliare i caratteri stratigrafici e geologico-tecnici di tali terreni sono state eseguite le trincee esplorative T122, T122e e T123 lungo la pista; le prove penetrometriche P18, P19, P20, P21 e P22 lungo la pista ed in altre parti della zona a debole pendenza; le indagini di sismica a rifrazione SS15 e SS16, nella zona a debole pendenza parallelamente alle isoipse.

Da tale ricostruzione si evince che i terreni di copertura sono caratterizzati da un quadro stratigrafico composito; infatti, già solo le trincee esplorative hanno rispettivamente evidenziato: T122, al disotto di un esiguo spessore di depositi colluviali detritici (DCT), depositi detritico-colluviali (DTC) con un elevato stato di imbibizione, fino a fondo scavo; T122e, depositi colluviali (DC) fino alla profondità di 3.2 m e poi depositi detritico-colluviali (DTC), fino a fondo scavo; T123, al disotto di 0.8 m di depositi colluviali-detritici (DCT) i terreni di substrato, rappresentati dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura relativa all'asse stradale traversopoggio-franapoggio [MAP(fra)]. Alla luce di questi dati appare evidente che i depositi colluviali (DC) sono stratigraficamente sovrapposti a quelli detritico-colluviali (DTC).

L'insieme dei dati (vedi planimetria allegata) ha consentito la ricostruzione dello schema stratigrafico di quest'area e la realizzazione delle sezioni geologico-tecniche 5 e 6 (Figg. 9 e 10), rispettivamente A-A' e B-B' dell'allegata planimetria (Fig. 8).

La sezione geologico-tecnica 5, sulla planimetria allegata A-A', passa ortogonalmente all'asse stradale per la trincea esplorativa T122; essa si basa sui dati ottenuti dai sondaggi penetrometrici P18, P19 e P20 e sulle indagini di sismica a rifrazione SS15 e SS16. In base a questa ricostruzione, i terreni di substrato [MAP(fra)] si riscontrano a profondità variabili da 3.5 m, a monte, fino ad un massimo di circa 9 m alla fine della zona a debole pendenza; essi sono caratterizzati da velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali variabili tra 1885 m/s e 2810 m/s. I sondaggi penetrometrici hanno permesso la caratterizzazione e la differenziazione dei terreni detritico-colluviali (DTC), in due orizzonti sovrapposti. Il primo, più superficiale, è scarsamente addensato e con resistenza alla penetrazione non crescente con

la profondità; esso è contraddistinto da $N_{10\text{medio}} = 8$ e $N_{10\text{min}} = 4$ (tale valore è stato riscontrato a varie profondità nel sondaggio P19); da questi dati può essere attribuita una resistenza al taglio non drenata in base alla citata relazione empirica di $C_u = 1.1 \text{ t/m}^2$. Il secondo orizzonte più profondo, maggiormente addensato e meccanicamente più resistente, è stato individuato con il sondaggio penetrometrico P20 e l'indagine di sismica a rifrazione SS16; il sondaggio penetrometrico P20 lo ha attraversato per una modesta profondità nella quale si è registrato il valore di $N_{10\text{min}} = 18$ a 2 m di profondità, mentre, in base all'indagine di sismica a rifrazione, si identifica con una velocità di propagazione delle onde sismiche di $V_p = 1005 \text{ m/s}$ (non è escluso che tale orizzonte sismostratigrafico possa comprendere anche la parte alterata della formazione arenaceo-pelitica di substrato). In base al citato dato penetrometrico, può essere indicata una resistenza al taglio non drenata pari a circa $C_u = 5.1 \text{ t/m}^2$. Nella sezione geologico-tecnica 5 i due orizzonti sono separati da una linea tratteggiata.

Al fine di acquisire ulteriori indicazioni circa la stabilità dei terreni di copertura, soprattutto per quelli più superficiali, è stata effettuata una verifica di stabilità sulla sezione geologico-tecnica 5 (sezione stradale 122), prendendo in considerazione solo l'orizzonte superficiale dei depositi detritico-colluviali (DTC), maggiormente allentato, quindi con un cerchio di scorrimento compatibile con i dati penetrometrici e passante per una profondità massima di circa 3.5 m al disotto dell'asse stradale. La verifica di stabilità, effettuata sulla base del valore minimo di resistenza al taglio non drenata ($C_u = 1.1 \text{ t/m}^2$), evidenzia un precario stato di equilibrio di questa porzione di terreni di copertura con un coefficiente di sicurezza $F_s = 0.805$.

La sezione geologico-tecnica 6, obliqua rispetto al pendio e all'asse stradale, è stata ricostruita in base alla trincea esplorativa T122e; ai sondaggi penetrometrici P18, P21 e P22; all'indagine di sismica a rifrazione SS15 e SS16. In essa si evidenzia la sovrapposizione stratigrafica dei depositi colluviali (DC) su quelli detritico-colluviali (DTC). Le due tipologie di deposito, sebbene ben differenziabili dalle osservazioni effettuate nella citata trincea esplorativa, non si distinguono in termini di resistenza meccanica, presentando in entrambi i casi valori comparabili, che è stato possibile caratterizzare in base al sondaggio penetrometrico P21 con un valore medio di $N_{10} = 13$ e $N_{10\text{min}} = 6$; lo spessore di entrambi i depositi ammonta a poco più di 6 m. Non sono state effettuate verifiche di stabilità su questa sezione poiché non allineata con la linea di massima acclività del pendio.

In base alle indicazioni del progetto preliminare, la strada dovrebbe attraversare questo tratto con la tipologia di rilevato di altezza variabile tra circa 5.5 m sulla sezione stradale 122, a circa 3.2 m sulla sezione stradale 122e e infine a circa 0.6 m sulla sezione stradale 123. Alla luce dei dati finora discussi, tale tipologia costruttiva appare fortemente incompatibile con le caratteristiche geologico-tecniche locali se non abbinata ad altri interventi. Appare evidente, infatti, che i suddetti terreni di copertura, non possono essere soggetti a sovraccarico per il loro già precario stato di equilibrio. Di contro, le opere stradali dovrebbero affrontare il problema della stabilità dei terreni di copertura, perseguendo due differenti obiettivi. Primo, garantire la stabilizzazione della porzione di terreni detritico-colluviali (DTC) maggiormente allentati, mediante bonifica profonda o altre opere strutturali che consentirebbero l'ammorsamento del corpo stradale al substrato. Secondo, garantire, in un'ottica di medio-lungo periodo, la stabilità della porzione profonda dei terreni detritico-colluviali (DTC), evitando gli effetti dell'erosione di sponda esercitata dal sottostante corso d'acqua e stabilizzando la pendice stessa; ciò potrebbe essere realizzato mediante una serie di opere di protezione del piede della pendice, abbinata alla costituzione di un sovraccarico del piede stesso e/o al rimodellamento della parte terminale della tratto a debole pendenza del versante. In definitiva, appare non escludibile l'ipotesi di effettuare uno spostamento dell'asse stradale più a monte della posizione prevista nel progetto preliminare, in una posizione dove, per il minore spessore dei terreni di copertura e per la maggiore distanza dall'asse dell'impluvio, le suddette problematiche geologico-tecniche, e le relative opere di mitigazione, sarebbero meno gravose.

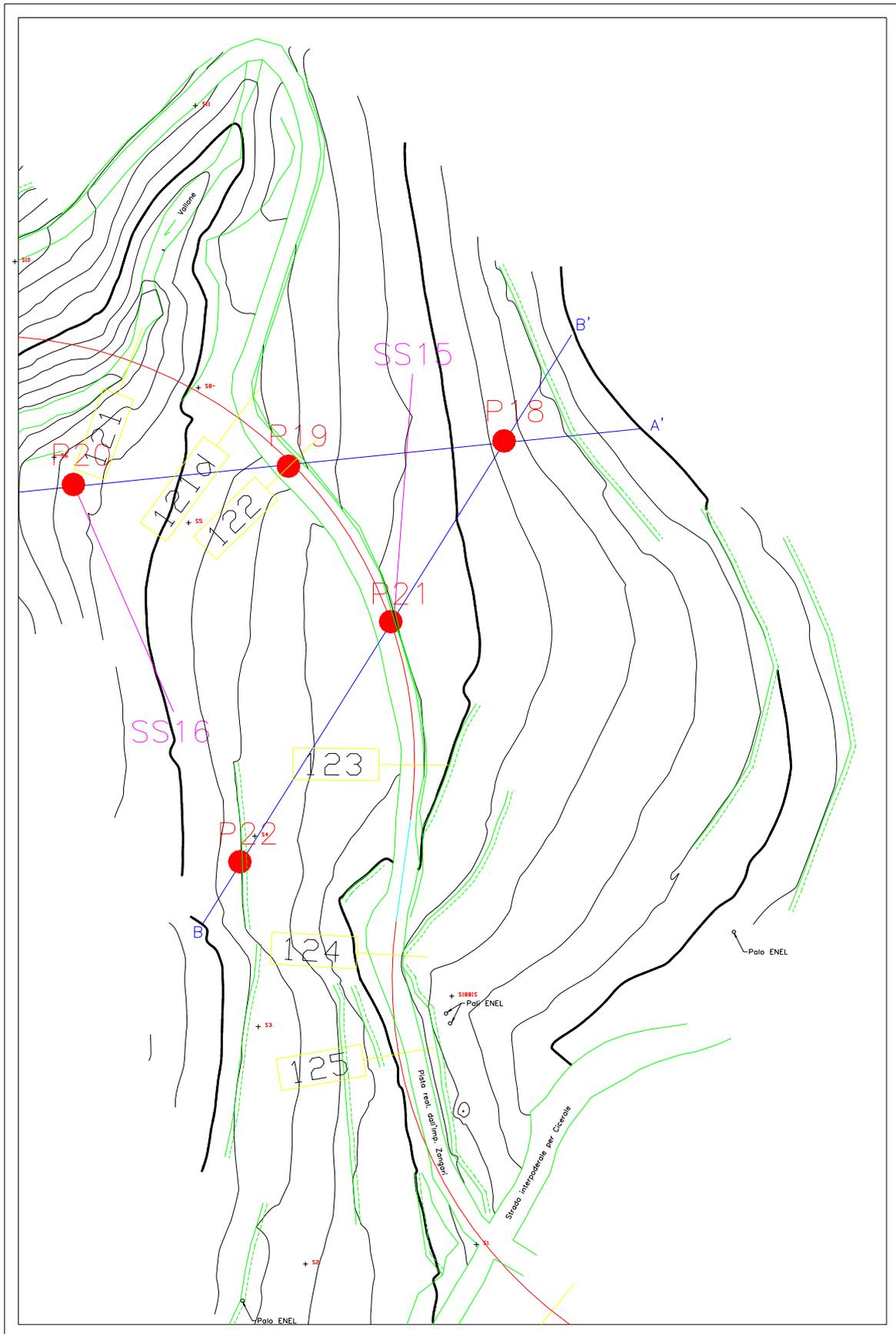


Fig. 8: Ubicazione delle indagini geologico-tecniche condotte tra le sezioni stradali 121d e 123 ed ubicazione delle sezioni geologico-tecniche 5 (A-A') e 6 (B-B') riportate di seguito.

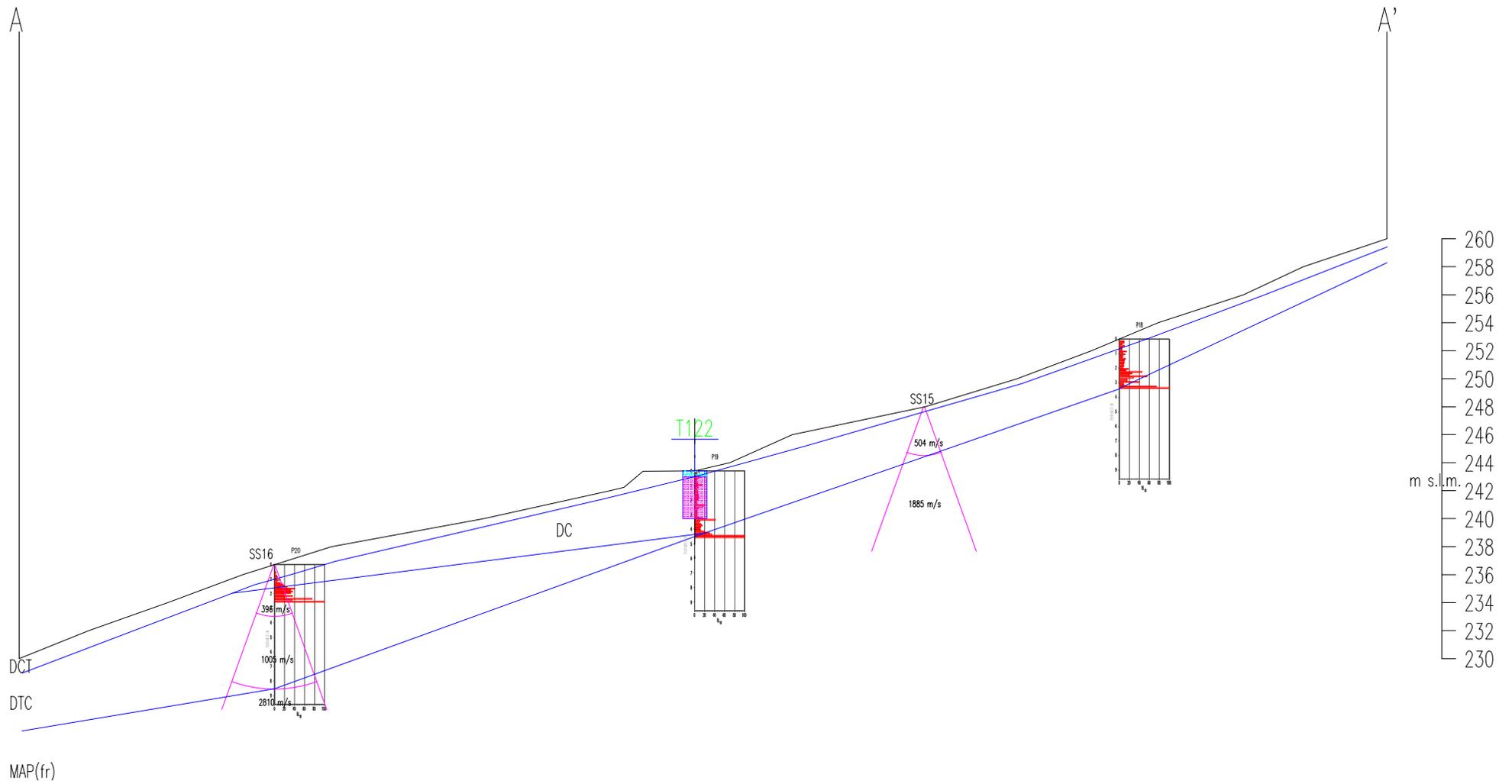


Fig. 9: Sezione geologico-tecnica 5 (A-A').

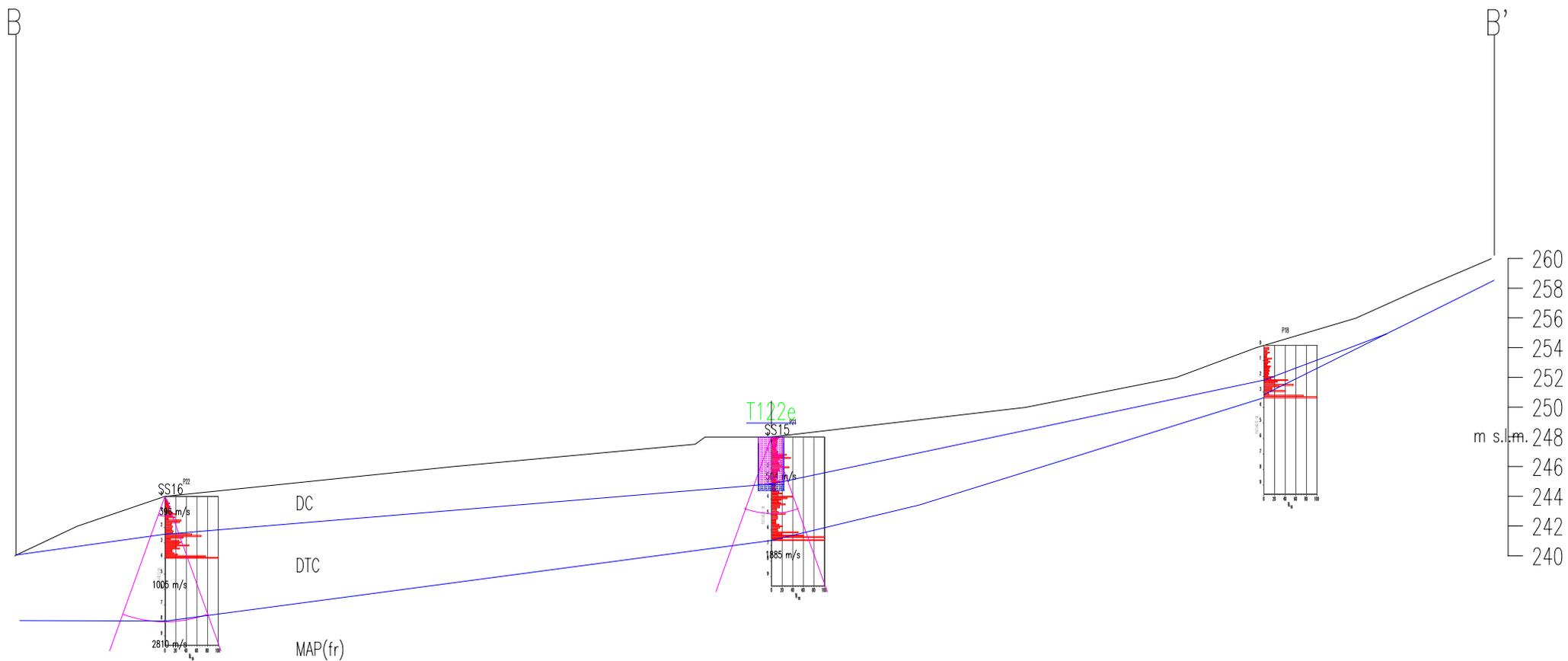


Fig. 10: Sezione geologico-tecnica 6 (B-B').

<i>SEZIONE</i>		<i>122</i>		
Terreno		DTC		
$\gamma_n = \text{peso di volume}$	(gr/cm^3)	2.1	(kN/m^3)	20.59
Cu	(t/m^2)	1.1	(kPa)	11.03
Fs		0.805		

Slope Stability Analysis by Bishop's Method

Geometry Input

	Coordinates (m)	
	X	Y
Point 1:	0	230
Point 2:	22.7	238
Point 3:	50	243.7
Point 4:	55.5	246
Point 5:	70.6	249.7
Point 6:	98.4	259.9

Material Properties Input

Cohesion (kPa):

Friction angle (deg.):

Density (kN/m³):

Pore pressure ratio, ru:

Slip Circle Input

Centre X: Y:

Radius (m):

Radius increment (m):

Number of circles (1-10):

Graphics

Output

01. Radius = 184.74 m, Fs = .8050, iterations = 2, 126 slices

3.11 Tratto compreso tra le sezioni stradali 123 e 128

In questo tratto la strada attraversa un crinale collinare secondario che divide la località Laurielli da quella denominata Case Voira, anch'essa afferente idrograficamente al Vallone San Martino; la posizione planimetrica della linea di displuvio coincide con la sezione stradale 126. I settori di versante, separati dalla suddetta linea di spartiacque, si presentano morfologicamente molto simili, avendo entrambi un profilo quasi rettilineo ed acclività media di circa 19°.

Il rilevamento di superficie, integrato con le osservazioni derivate dalle trincee esplorative T123, T124, T125, T126, T126d, T127d e T128 ha consentito di definire le caratteristiche dei terreni di substrato, ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato, che si presenta con giacitura relativa all'asse stradale a traversopoggio-franapoggio [MAP(fra)] tra le sezioni stradali 123 e 125 e a traversopoggio-reggipoggio [MAP(re)] tra le sezioni stradali 125 e 128. I terreni di copertura, evidenziati dal taglio della pista e dalle citate trincee esplorative, sono in ogni caso ascrivibili all'unità litotecnica dei depositi colluviali-detritici (DCT); essi hanno spessori variabili tra 0.5 e 2 m in corrispondenza della sezione stradale 125. In questo settore stradale per la facile lettura delle caratteristiche geologico-tecniche, dai rilievi di superficie e dalle trincee esplorative, non sono state eseguite ulteriori indagini geognostiche.

Per ciò che attiene alla tipologia delle opere stradali previste in questo settore, la strada procede in questo tratto in scavo, mediante una scarpata che progressivamente cresce in altezza fino a raggiungere circa 4.7 m tra le sezioni stradali 125 e 126, per poi annullarsi progressivamente sulla sezione stradale 128. In base all'assetto giaciturale dei terreni di substrato è da indicare il tratto compreso tra le sezioni stradali 123 e 125, come maggiormente soggetto alla destabilizzazione di porzioni discrete di ammasso di substrato (*wedge*) con componente a franapoggio; pertanto, è da prescrivere, soprattutto in questo settore, opere di contenimento e di salvaguardia dalla degradazione meteorica. Mentre, per il settore successivo alla sezione stradale 125, appare sufficiente solo la risagomatura del ciglio superiore della scarpata, al fine di evitare lo scivolamento di pacchi di strato isolati da piani di fratturazione, e la protezione dalla degradazione meteorica. Infine, la presenza di depositi

colluviali detritici (DCT) in spessore non trascurabile nell'intorno della sezione stradale 125, rende prescrivibile una bonifica degli stessi e/o un contenimento della loro spinta anche mediante solo l'impiego di gabbionate; infatti, per la posizione morfologica, queste coperture sembrano non avere una grande continuità verso monte. In ogni caso, per la natura dei terreni, dotati di un rapporto arenaria/pelite non elevato, sembra opportuno non realizzare la suddetta scarpata con un angolo superiore a 45°.

3.12 Tratto compreso tra le sezioni stradali 128 e 129h

La strada in questo tratto, dopo aver superato un piccolo fosso immediatamente successivo alla sezione stradale 128, attraversa un tratto di versante caratterizzato da un profilo longitudinale con doppia concavo-convessità e da un profilo trasversale blandamente convesso. In questo settore di versante non affiorano terreni di substrato se non agli estremi del tratto indagato dal taglio della pista, nonché sul crinale sommitale. Tale osservazione, unitamente alle caratteristiche morfologiche del versante, evidenzia la presenza in questo settore di uno spessore significativo di terreni di copertura. È interessante notare che i suddetti terreni mostrano la loro presenza già a quote molto prossime al crinale principale, dove si manifesta la prima concavo-convessità; ciò lascia supporre che essi non siano il prodotto di processi geomorfologici verificatisi nell'attuale regime morfoclimatico, bensì che si tratti di depositi precedenti a questo, ovvero antichi. I terreni di substrato, sebbene non evidenziati in affioramento, sono rappresentati dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura relativa all'asse stradale a reggipoggio [MAP(re)].

Al fine di dettagliare le caratteristiche geologico-tecniche e geometriche dei depositi di copertura sono state effettuate le trincee esplorative T128e, T129 e T129h; il sondaggio penetrometrico P23. In base alle suddette indagini è stata accertata la presenza di depositi colluviali-detritici (DCT) per uno spessore massimo di 2 m sovrapposti a depositi detritico-colluviali (DTC); lo spessore complessivo dei suddetti terreni di copertura non è inferiore a 5 m, come è stato evidenziato dal sondaggio penetrometrico P23. Tra le particolarità del

deposito, evidenziate dall'apertura delle trincee esplorative, in corrispondenza delle sezioni stradali 128e e 129h, è da segnalare nella parte superficiale la presenza di un antico drenaggio sepolto; questo, al momento del sopralluogo (17/02/2000) ha manifestato una significativa portata idrica, stimata in circa 1 l/s.

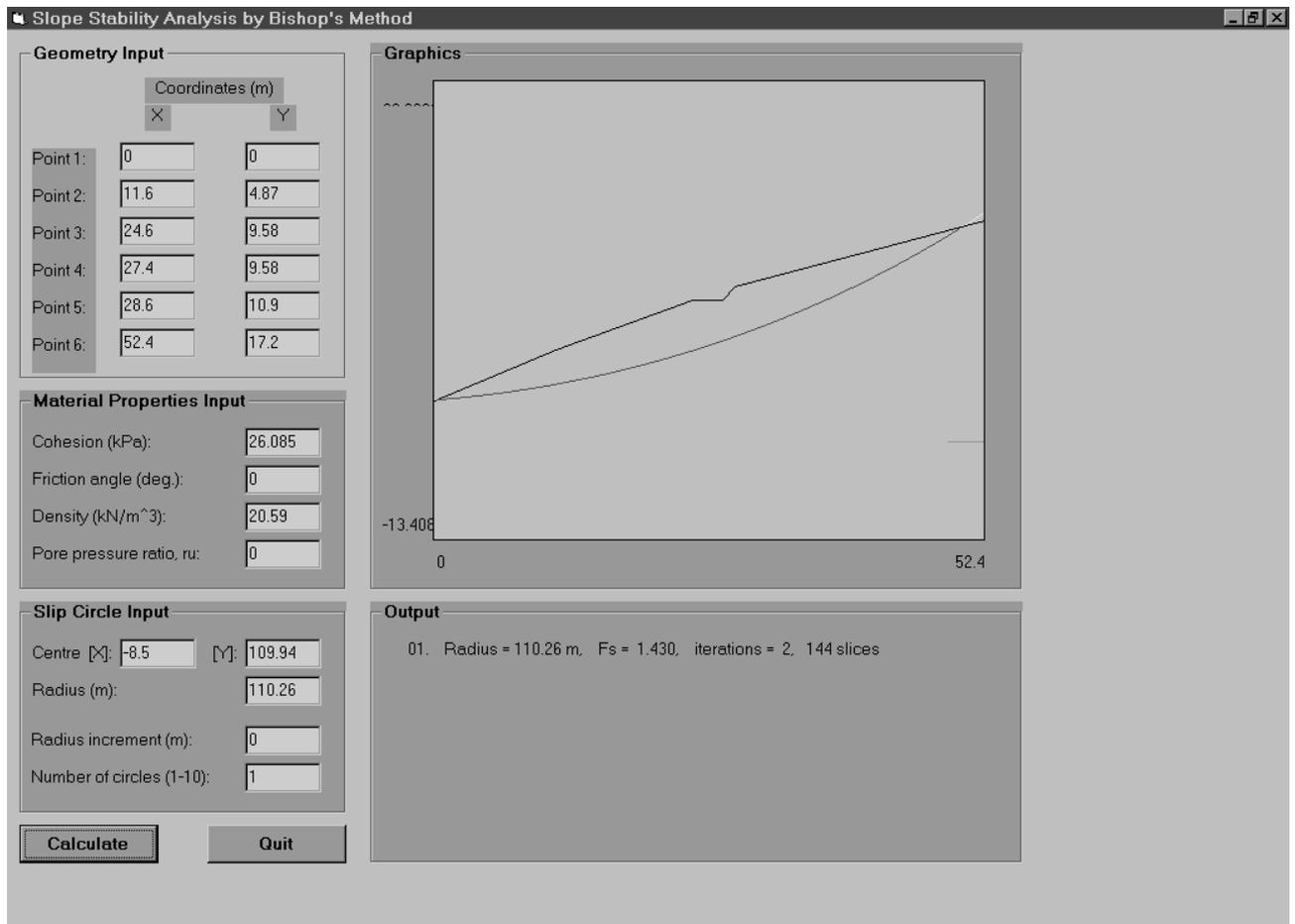
In base ai risultati del log penetrometrico P23 è stato possibile caratterizzare geomeccanicamente i terreni di copertura detritico-colluviali (DTC), sebbene in termini indicativi. Dal suddetto log penetrometrico si ricava un valore medio di $N_{10} = 20$ e $N_{10\min} = 11$ alla profondità di 3.4 m; i valori di N_{10} risultano essere poco dispersi rispetto alla media, tuttavia i valori minimi presentano un trend crescente con la profondità che lascia supporre una progressiva consolidazione della matrice argillosa. In base al citato valore minimo, alla profondità di rilevazione ed alle citate relazioni empiriche tra N_{10} e C_u è possibile stimare $C_u/\sigma'_v = 0.43$, tipico di argille NC. Sulla base di questo valore è stata condotta una verifica di stabilità delle coperture per la sezione stradale 129; il cerchio di scorrimento ipotizzato è compatibile con i dati del log penetrometrico e con le caratteristiche morfologiche del pendio. La verifica ha mostrato un coefficiente di sicurezza pari a $F_s = 1.43$.

I risultati dei rilievi geomorfologici, unitamente ai riscontri geologico-tecnici, consentono di caratterizzare i suddetti terreni come ascrivibili ad antiche coperture di origine detritico-colluviale che attualmente possono essere considerate stabili in uno scenario di breve-medio periodo. Infatti, la morfodinamica di questo tratto di versante, controllata dall'erosione incanalata esercitata da parte del citato fosso, lascia supporre possibile la mobilitazione per frana degli stessi solo in uno scenario di lungo periodo. Sono tuttavia riconoscibili processi geomorfologici in atto stagionalmente, attribuibili a deformazioni plastiche estremamente lente per solifluzione.

Per ciò che attiene alle problematiche costruttive, la strada attraversa questo tratto di versante, prima, tra le sezioni stradali 128 e 128e, a raso; successivamente, la strada procede in scavo con una scarpata che raggiunge l'altezza massima 2 m in corrispondenza della sezione stradale 129, per poi annullare la sua altezza fino alla sezione stradale 129h. In questo tratto appare cautelativo che le opere stradali vengano ammorsate ai terreni di substrato mediante bonifica profonda, praticabile in gran parte del tratto, e/o mediante altre opere

strutturali, nelle restanti parti. Inoltre, appare necessario garantire la stabilità di lungo periodo dei suddetti terreni di copertura mediante opere di regimazione del corso d'acqua sottostante, eventualmente associate al rimodellamento parziale della pendice sottostante alla strada. Infine, particolare attenzione deve essere prestata al ripristino e miglioramento degli antichi drenaggi, in corrispondenza delle sezioni stradali 128e e 129h, e al contrasto della spinta dei terreni di copertura in corrispondenza della sezione stradale 129, laddove la strada produce la scarpata.

SEZIONE		129		
Terreno		DTC		
$h_m = \text{profondità media superficie di scorrimento}$	(m)	2.9		
$\gamma_n = \text{peso di volume}$	(gr/cm ³)	2.1	(kN/m ³)	20.59
$C_u = C_u/\sigma'_v * (h_m * \gamma_n) = 0.43 * (2.9 * 2.1)$	(t/m ²)	2.66	(kPa)	26.08
Fs		1.430		



3.13 Tratto compreso tra le sezioni stradali 129h e 130a

In questo tratto la strada attraversa un settore di versante contraddistinto da un profilo complessivamente concavo il cui punto di flesso ricade approssimativamente in corrispondenza dell'asse stradale; nella parte alta del versante la pendenza media è di circa 18°, mentre nella parte bassa è di circa 13°. I dati del rilevamento di superficie hanno evidenziato che tale differenza morfologica è imputabile alla presenza di significativi spessori di terreni di copertura nel tratto più basso; infatti, nel tratto superiore i terreni di substrato sono ricoperti da terreni di copertura per uno spessore non superiore a 2 m.

In questo settore sono state eseguite le trincee esplorative T129m, T130 e T130a che hanno mostrato, in ogni caso, la presenza dei terreni di substrato a breve profondità al disotto della pista; in particolare, questi sono localmente rappresentati dall'unità litotecnica del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio rispetto all'asse stradale [MAP(re)]. I terreni di copertura intagliati dalle trincee esplorative sono caratterizzabili come colluviali-detritici (DCT); essi sono presenti con uno spessore massimo di circa 2 m in corrispondenza della sezione stradale 129m. Non è stato ritenuto opportuno eseguire ulteriori indagini geognostiche, vista la chiarezza del quadro stratigrafico locale.

La strada attraversa questo settore, dapprima con la tipologia del piccolo rilevato, di altezza massima di 1 m, per poi proseguire in scavo con una scarpata di altezza inferiore ad 1 m. Per l'assetto stratigrafico locale, le opere stradali appaiono ammorsabili ai terreni di substrato con un'opera di bonifica ordinaria. L'unica prescrizione che appare necessaria è quella di garantire la stabilità del piede esterno del rilevato stradale da eventuali dissesti che potrebbero interessare le coperture a valle della strada, mediante adeguate opere di protezione; infatti, il tratto di pendio a valle della strada, è delimitato inferiormente da due fossi in erosione che, in un'ottica di lungo periodo, potrebbero favorire l'instabilità delle citate coperture.

3.14 Tratto compreso tra le sezioni stradali 130a e 131a

In questo settore la strada attraversa un tratto di versante a profilo concavo-convesso, schematizzabile in una parte sommitale con angolo di pendio medio di circa 20°, in una parte intermedia con angolo di pendio medio di circa 13° ed una parte terminale con angolo di pendio medio di circa 19°. La strada attraversa la parte medio-superiore del settore intermedio a debole pendenza. I rilievi di superficie hanno consentito di appurare l'assenza di affioramenti dei terreni di substrato se non nella zona di crinale dove vengono a giorno i terreni del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP) con immersione orientata verso NW; tuttavia, dai dati relativi agli altri settori di versante e da quelli riscontrati nelle trincee esplorative, è plausibile ritenere che al disotto della strada i suddetti terreni di substrato si riscontrano con giacitura a traversopoggio con una debole componente a reggipoggio [MAP(re)].

In questo tratto stradale sono state eseguite le trincee esplorative T130a, T131 e T131a; i sondaggi penetrometrici P24 e P25; l'indagine di sismica a rifrazione SS17. Solo la trincea esplorativa T131 non ha raggiunto il substrato, pertanto in corrispondenza della sezione stradale 131 sono state realizzate le suddette prove geognostiche; queste hanno consentito la ricostruzione della sezione geologico-tecnica 7 (Fig. 11), passante per la sezione stradale 131. Dall'insieme di questi dati si evince, lungo la citata sezione, la presenza di una coltre di terreni di copertura detritico-colluviali (DTC) la cui potenza aumenta da monte verso valle; con uno spessore presunto di circa 2.6 m, 25 m a monte dell'asse stradale, di circa 5.3 m, in corrispondenza dell'asse stradale, e di circa 6.2 m, 25 m a valle dell'asse stradale. Il substrato si caratterizza con una spiccata variabilità delle velocità delle onde sismiche longitudinali, tra il tiro diretto e quello inverso, soprattutto per lo strato intermedio (1538 m/s contro 690 m/s); ciò lascia supporre un differente grado di alterazione di questo orizzonte sismostratigrafico. Sulla base dei sondaggi penetrometrici P24 e P25 è stato possibile caratterizzare indicativamente il comportamento meccanico dei terreni detritico-colluviali (DTC), ravvisando nei rispettivi logs penetrometrici una parte confrontabile, rilevata al disotto dei 3 m di profondità, in cui si evidenzia, concordemente, un valore minimo relativo pari a $N_{10\min} = 14$ (a 4.8 m di profondità). Nel dettaglio, il log penetrometrico P24 si differenzia dal P25 per avere una prima parte, fino alla profondità di circa 3 m, con valori di

N_{10} mediamente inferiori a 10; il secondo, invece, è contraddistinto in questo intervallo di profondità da valori di N_{10} mediamente superiori a 10. Ciò può chiaramente essere interpretato con una minore resistenza al taglio dei terreni superficiali nell'immediato sottosuolo della pista. In base al citato valore di minimo relativo ed all'evidenza di una crescente consolidazione della matrice argillosa è stato stimato $Cu/\sigma'_v = 0.39$, caratteristico di argille NC. Con tale valore è stata effettuata una verifica di stabilità per una superficie di scorrimento circolare, passante per la sezione stradale 131, compatibile con i dati penetrometrici e quelli morfologici di superficie; tale superficie di scorrimento interessa prevalentemente la parte maggiormente consolidata dei terreni detritico-colluviali (DTC), posta al disotto della profondità di 3 m. L'analisi mostra un coefficiente di sicurezza $F_s = 1.362$, quindi, sebbene solo in termini indicativi, un certo grado di stabilità dei suddetti terreni di copertura.

I risultati dei rilievi geomorfologici, unitamente ai riscontri geologico-tecnici, consentono di caratterizzare i suddetti terreni, analogamente a quelli attraversati nel tratto compreso tra le sezioni stradali 128 e 129h, come ascrivili ad antiche coperture di origine detritico-colluviale che attualmente possono essere considerate stabili in uno scenario di breve-medio periodo. Infatti, la morfodinamica di questo tratto di versante, controllata dall'erosione incanalata esercitata da parte del citato fosso e dallo stato di imbibizione dei terreni di copertura, lascia supporre la possibile mobilitazione, almeno parziale, degli stessi solo in uno scenario di lungo periodo. Per la natura dei terreni di copertura, l'unico processo morfoevolutivo attivo può essere individuato in lente deformazioni plastiche per solifluzione dei terreni di copertura in una fascia di profondità non superiore a 4 m.

Per ciò che attiene alle problematiche costruttive, la strada attraversa questo tratto con un rilevato che dovrebbe crescere progressivamente di quota tra le sezioni stradali 130a e 131a, fino a raggiungere in quest'ultima sezione un'altezza di circa 2.5 m. In questo tratto appare necessario che le opere stradali vengano ammorsate ai terreni di substrato mediante bonifica profonda, praticabile in gran parte del tratto, e/o mediante altre opere strutturali in corrispondenza della sezione stradale 131 dove gli spessori dei terreni detritico-colluviali (DTC) sono più elevati. Inoltre, appare necessario garantire la stabilità di lungo periodo dei suddetti terreni di copertura, a valle della strada, mediante opere di regimazione del corso d'acqua sottostante, eventualmente associate al rimodellamento parziale della pendice.

SEZIONE N. : 131
 DIST.PROG. : 6242,700
 DIST.PREC. : 64,321
 DIST.SUCC. : 4,996

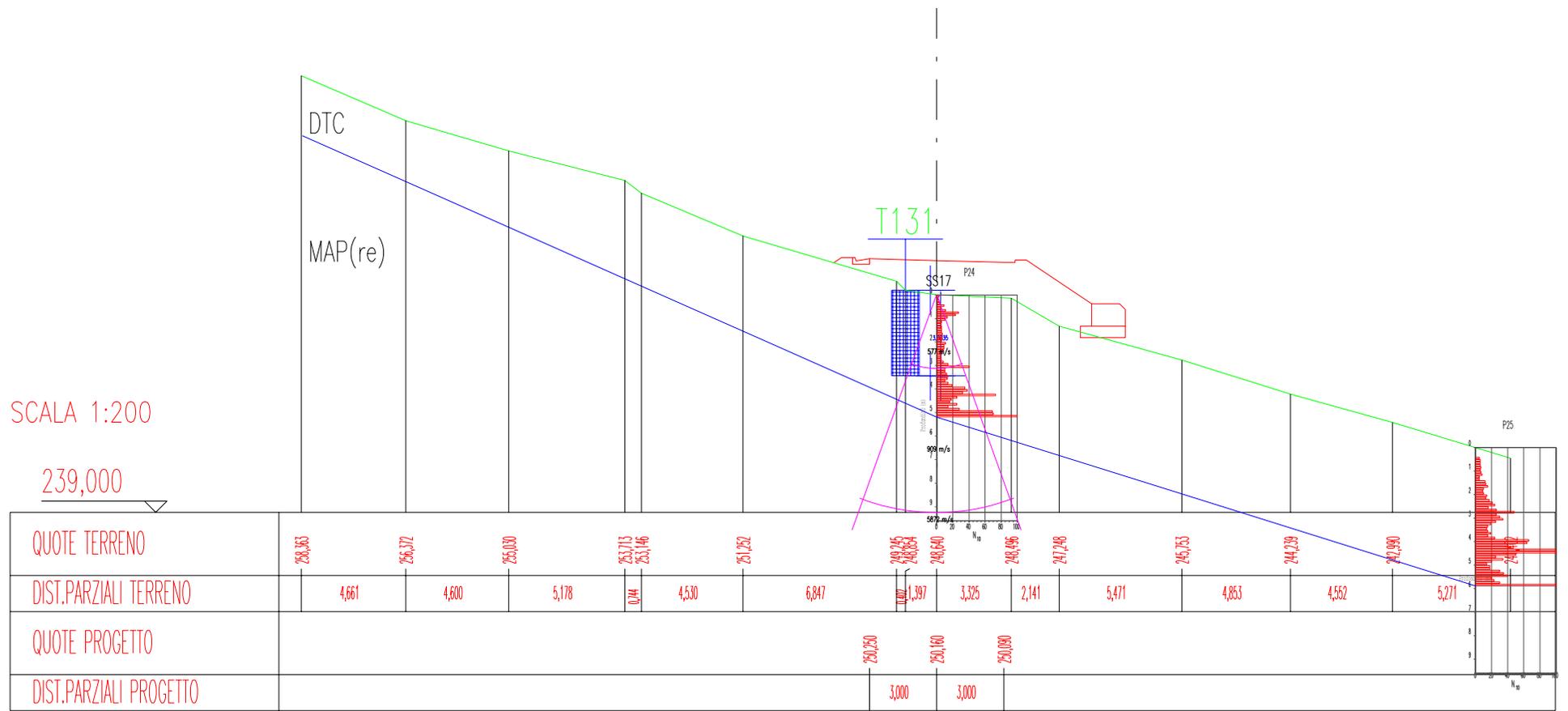


Fig. 11: Sezione geologico-tecnica 7.

<i>SEZIONE</i>		<i>131</i>		
Terreno		DTC		
$h_m = \text{profondità media superficie di scorrimento}$	(m)	3.1		
$\gamma_n = \text{peso di volume}$	(gr/cm ³)	2.1	(kN/m ³)	20.59
$C_u = C_u/\sigma'_v * (h_m * \gamma_n) = 0.39 * (2.9 * 2.1)$	(t/m ²)	2.55	(kPa)	25.01
Fs		1.362		

Slope Stability Analysis by Bishop's Method

Geometry Input

	Coordinates (m)	
	X	Y
Point 1:	0	0
Point 2:	38.3	11.1
Point 3:	40.4	12.5
Point 4:	45.5	12.8
Point 5:	57.8	17.6
Point 6:	71.9	22.3

Material Properties Input

Cohesion (kPa):

Friction angle (deg.):

Density (kN/m³):

Pore pressure ratio, ru:

Slip Circle Input

Centre X: Y:

Radius (m):

Radius increment (m):

Number of circles (1-10):

Graphics

Output

01. Radius = 110.32 m, Fs = 1.362, iterations = 2, 134 slices

3.15 Tratto compreso tra le sezioni stradali 131a e 141

La strada, poco dopo l'inizio di questo tratto, lungo circa 600 m, supera un crinale secondario posizionato in corrispondenza della sezione stradale 132a, e, dopo aver quasi invertito direzione, percorre un versante che afferisce idrograficamente al corso principale del fiume Alento; in questo segmento la strada aumenta progressivamente di quota fino a culminare nella sezione 140a con l'altitudine di 268.93 m s.l.m.).

In questo tratto sono state effettuate indagini di superficie sia lungo la pista che lungo i versanti attraversati; da tali indagini si è evinta la frequente presenza in affioramento del substrato, costituito dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP), che, nonostante la quasi inversione della direzione dell'asse stradale, si presenta costantemente con una prevalente componente a reggipoggio rispetto all'asse stesso [MAP(re)], con angoli di inclinazione degli strati compresi tra 20° e 35°. Tale variabilità dell'assetto giaciturale può essere spiegata con l'esistenza di una deformazione a grande scala dei terreni di substrato, ravvisabile in una piega sinclinale il cui asse è orientato N-S, ovvero quasi coincidente con il suddetto crinale. Il substrato arenaceo-pelitico, già dall'esame del taglio della pista, appare ricoperto da modesti spessori di terreni di copertura colluviali-detritici (DCT); tale evidenza è stata pienamente confermata dai risultati delle trincee esplorative T131a, T132, T132a, T132d, T133, T133e, T133i, T134, T135, T136, T136f, T137, T137c, T138, T138h, T139, T139a, T140, T140a e T141 che in ogni caso hanno raggiunto i terreni di substrato. La continua presenza dei terreni di substrato a breve profondità ha reso non necessaria la realizzazione di altre prove geognostiche per la caratterizzazione geometrica dei depositi di copertura.

Dall'esame morfologico, i versanti che afferiscono idrograficamente al corso principale del fiume Alento appaiono caratterizzati da un profilo longitudinale approssimativamente rettilineo e da un angolo di pendio medio di circa 20°. Essi appaiono contraddistinti da blande rientranze e sporgenze, connesse alla ripetuta presenza di linee di impluvio e di interfluvio. Le linee di impluvio, nei punti in cui sono attraversate dalla strada, sottendono bacini idrografici di modesta estensione (sempre inferiori ad 1 ha). Nelle

concavità si ha l'evidenza di una maggiore presenza di accumuli colluviali-detritici (DCT) la cui morfoevoluzione, in ogni caso, non appare problematica per le opere stradali.

I terreni di copertura, colluviali-detritici (DCT), sono presenti con uno spessore minimo di 0.5 m, medio di 1.3 m, e massimo di 3.8 m (in corrispondenza della sezione stradale 138h dove esiste, per un breve tratto, un terrazzamento antropico). I terreni di copertura solo in uno stretto intorno della sezione stradale 137c presentano una tipologia differente dai depositi colluviali-detritici, essendo localmente costituiti da un accumulo di detriti (DT) ciottolosi, di origine antropica, di circa 1.9 m di spessore.

La strada attraversa questo settore stradale, variando ripetutamente la tipologia costruttiva dal rilevato allo scavo, rispettivamente in relazione all'attraversamento di una linea di impluvio o di interfluvio. Per le caratteristiche geologico-tecniche discusse in precedenza, le opere stradali possono essere facilmente ammorsate al substrato. In ogni caso, sia i rilevati e sia le scarpate si sviluppano su altezze modeste. Infatti, il rilevato di massima altezza raggiunge l'altezza di 2.3 m in corrispondenza della sezione stradale 135; mentre, la scarpata di massima altezza raggiunge circa 4.7 m in corrispondenza della sezione stradale 140a. Quindi, in corrispondenza di quest'ultima scarpata si prescrive l'adozione di adeguate misure di contrasto della spinta dei terreni di copertura colluviali-detritici; infatti, essi potrebbero essere soggetti ad instabilità (indotta dallo scavo) proprio in questo tratto dove raggiungono uno spessore non trascurabile (circa 2 m). Analogamente, anche in corrispondenza della sezione stradale 138h, laddove i terreni di copertura raggiungono i 3.8 m di spessore circa, una parte dei quali sono costituiti da terreni di riporto antropico, si prescrive l'adozione di adeguate misure di contrasto alla spinta dei terreni. Per quest'ultimo caso, in particolare, è anche da tenere presente che lo stretto intorno della citata sezione stradale costituisce il recapito del deflusso subsuperficiale, raccolto da un piccolo bacino idrografico a monte di essa, che dovrà essere drenato e convogliato in un recapito posto a valle della strada stessa.

Infine, in corrispondenza della sezione stradale 132d, il tracciato attraversa per un breve tratto il limite superiore di un accumulo di terreni colluviali-detritici (DCT), con spessore compreso tra 2 e 4 m, che possono essere ritenuti sede di occasionali lente deformazioni per solifluzione, in concomitanza di stagioni invernali molto piovose;

comunque, la posizione della strada rispetto a questo accumulo potrebbe consentire, anche con opere di bonifica ordinaria, l'annullamento degli effetti di lungo periodo di detto fenomeno.

3.16 Tratto compreso tra le sezioni stradali 141 e 145

In questo breve tratto la strada attraversa la testata di un impluvio che afferisce idrograficamente al corso principale del fiume Alento; l'attraversamento avviene con una curva avente un raggio di circa 60 m.

In questo segmento stradale le indagini di superficie hanno confermato il precedente quadro geologico-tecnico per ciò che riguarda i terreni di substrato, mentre hanno evidenziato localmente la presenza di un accumulo di terreni di copertura di spessore non trascurabile, attribuibili ai processi di denudazione che interessano la testata del piccolo impluvio attraversato. Al fine di approfondire questa evidenza, sono state realizzate le trincee esplorative T141f, T142, T142e, T143, T144 e T145; il sondaggio penetrometrico P26; l'indagine di sismica a rifrazione SS18. Il quadro stratigrafico derivato da queste prove evidenzia una differenziazione tipologica dei terreni di copertura con un assetto stratigrafico composito: all'inizio del tratto, i depositi colluviali-detritici (DCT) si ritrovano sovrapposti sui depositi detritico-colluviali (DTC); nella parte centrale del tratto, i depositi colluviali-detritici (DCT) si ritrovano sottoposti a depositi detritici (DT); nella parte finale si rinvennero solo i depositi colluviali-detritici (DCT). Lo spessore complessivo delle coperture è in alcuni punti cospicuo, raggiungendo il valore massimo di circa 4.5 m in corrispondenza della sezione stradale 143, laddove sembra esistere anche un antico accumulo di terreni di riporto.

La presenza di almeno due piccole emergenze sorgentizie, effimere, comprese tra le sezioni stradali 141 e 142, con portata complessiva di circa 0.5 l/s (stimata nel febbraio 2000, dopo un periodo piovoso), evidenzia come questo tratto rappresenti il recapito della

circolazione idrica subsuperficiale che ha sede nei terreni di copertura che mantellano la testata del citato impluvio.

La strada dovrebbe attraversare questo tratto con un rilevato di altezza modesta che, partendo da 1.5 m andrebbe progressivamente ad annullarsi sulla sezione stradale 142, per poi continuare in scavo fino poco dopo la sezione stradale 143; successivamente, e fino al termine di questo tratto stradale, la tipologia riprende ad essere quella del rilevato che raggiunge l'altezza massima di circa 2.9 m in corrispondenza della sezione stradale 145.

Nella situazione stratigrafica anzidetta, le opere stradali potrebbero essere ammorsate ai terreni di substrato mediante una bonifica profonda; tale bonifica, soprattutto tra le sezioni stradali 141 e 142, dovrebbe garantire il drenaggio delle acque sotterranee e lo smaltimento delle stesse verso un recapito posto a valle delle opere stradali. Le opere stradali, nel complesso, dovrebbero migliorare la stabilità dei citati terreni di copertura che per loro natura e spessore, in un'ottica di lungo periodo, non possono essere ritenuti esenti da lente deformazioni per solifluzione in concomitanza di stagioni invernali eccezionalmente umide. D'altro canto la presenza a monte della strada di muretti a secco centenari, non deformati, non lascia supporre fenomenologie più preoccupanti.

Infine, è da prescrivere la realizzazione di un tombino per lo smaltimento dei deflussi liquidi e solidi che il piccolo bacino idrografico sotteso (circa 1.2 ha) può produrre, nonché un piccolo invito alle acque dilavanti verso il tombino stesso.

3.17 Tratto compreso tra le sezioni stradali 145 e 148f

La strada, in questo settore, dopo un breve tratto percorso ancora lungo i versanti idrograficamente afferenti al corso principale del fiume Alento, aggira un crinale collinare secondario la cui posizione planimetrica coincide con la sezione stradale 146, percorrendo

successivamente i versanti in destra idrografica di un vallone privo di denominazione topografica, tributario di secondo ordine gerarchico del fiume Alento.

I rilievi di superficie condotti in questa zona hanno evidenziato condizioni morfologiche non molto differenziate per il tratto di versante precedente alla sezione stradale 146 e per quello successivo a questa sezione, se non per piccole differenze imputabili a diverse caratteristiche dei terreni di copertura. Infatti, precedentemente alla sezione stradale 146, il versante ha un profilo longitudinale circa rettilineo ed un angolo di pendio medio di 25°; per il tratto successivo alla citata sezione stradale il profilo longitudinale del versante è globalmente convesso, presentando qualche concavo-convessità nella parte alta, in questo caso l'angolo di pendio medio della parte alta è di circa 21°, mentre nella parte bassa è di circa 28°.

I terreni di substrato messi in evidenza in molti punti dal taglio della pista, e comunque affioranti in diversi punti dell'area di crinale, sono ascrivibili anche in questo caso al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato (MAP) la cui immersione appare orientata verso SW con un'inclinazione di circa 30°; pertanto, la giacitura relativa all'asse stradale risulta essere a traversopoggio con una leggera componente a franapoggio [MAP(fra)] nel tratto precedente alla sezione stradale 146, mentre in quello successivo a questa, a reggipoggio [MAP(re)].

L'esecuzione delle trincee esplorative T146, T147, T148 e T148f ha consentito di accertare in ogni caso la presenza dei terreni del substrato entro la massima profondità raggiungibile dal braccio dell'escavatore meccanico. I terreni di copertura sono caratterizzabili come colluviali-detritici (DCT); essi sono presenti con spessori compresi tra 1.2 m e 3 m, in corrispondenza della sezione stradale 147. In base a tale constatazione è stato ritenuto non necessario eseguire altre indagini geognostiche.

La strada in questo settore dovrebbe scendere progressivamente di quota seguendo approssimativamente la morfologia dei versanti. Pertanto le tipologie previste rientrano tra i rilevati e lo scavo, in ogni caso con altezze rispettive modeste; infatti, il rilevato di massima

altezza raggiunge circa 2.8 m in corrispondenza della sezione stradale 145, mentre, la scarpata di massima altezza raggiunge circa 5 m in corrispondenza della sezione stradale 146.

Per le caratteristiche stratigrafiche locali, le opere stradali possono essere ammorsate ai terreni di substrato con opere di bonifica ordinarie. Le suddette bonifiche, oltre a garantire stabilità alle opere stradali favorirebbero la stabilizzazione dei modesti spessori di terreni di copertura, a monte della strada. A tali indicazioni fa eccezione uno stretto intorno della sezione stradale 147, laddove i terreni di copertura sono presenti con spessore di circa 3 m ed inoltre, per le condizioni generali di questo tratto di versante, possono essere ritenuti sede di lente deformazioni per solifluzione in occasione di stagioni invernali eccezionalmente umide.

3.18 Tratto compreso tra le sezioni stradali 148f e 149d

In questo breve tratto il tracciato stradale attraversa un settore di versante interessato da blande deformazioni che conferiscono ad esso un profilo concavo-convesso. L'esame stratigrafico diretto, mediante la trincea esplorativa T149, ha messo in luce la presenza dei terreni del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato di substrato, con giacitura relativa a reggipoggio rispetto all'asse stradale [MAP(re)], al disotto di un cospicuo spessore di terreni di copertura pari a circa 6 m; i terreni di copertura sono ascrivibili per la parte superficiale ai depositi colluviali-detritici (DCT), mentre, per la parte sottostante, ai depositi detritico-colluviali (DTC). I suddetti depositi apparendo attualmente interessati da un fenomeno franoso possono essere classificati come depositi di frana recente (DFre). La stima di uno spessore così elevato dei terreni di copertura è stata possibile mediante l'escavatore meccanico solo perché questo ha operato a partire dalla pista, che è stata ricavata con uno scavo di circa 3 m al disotto del piano di campagna originario.

In base alla natura dei terreni ed al loro spessore cospicuo è possibile ritenere che essi siano i lembi residui di un'antica fase deposizionale, ascrivibile ad una fase di maturità del paesaggio a cui è seguito un ringiovanimento del rilievo. Ciò è testimoniato dal fatto che

questo tratto di versante è contraddistinto, nella parte bassa, prossima all'asta drenante principale del citato vallone, da un netto incremento di pendenza e dalla presenza, in subaffioramento, dei terreni di substrato. Le suddette supposizioni sembrano avvalorate dall'analogia di questo lembo di depositi con quello riscontrato in corrispondenza della sezione stradale 147; entrambi i lembi appaiono essere appartenuti ad un manto di terreni di copertura originariamente continuo, successivamente smembrato dall'erosione lineare.

Dal punto di vista della stabilità dei terreni di copertura, si può dedurre dalle evidenze morfologiche del versante e dalla presunta inclinazione del piano di appoggio sui terreni di substrato che essi sono interessati da un fenomeno franoso quiescente. La riattivazione di tale fenomeno può avvenire con l'occasionale incremento del contenuto d'acqua a seguito di prolungati apporti pluviometrici nella stagione invernale. In definitiva, i suddetti elementi rendono caratterizzabile il processo morfoevolutivo di dette coperture come un colamento lento, quiescente di lungo periodo.

Per le anzidette caratteristiche geologico-tecniche è necessario prescrivere in questo tratto l'ammorsamento delle opere stradali al substrato e il contenimento della spinta dei terreni a monte della strada, caratterizzati da condizioni di stabilità prossime all'equilibrio limite.

3.19 Tratto compreso tra le sezioni stradali 149d e 150e

In questo tratto la strada continua a percorrere i versanti in destra idrografica dell'anzidetto vallone senza denominazione topografica, tributario di secondo ordine gerarchico del fiume Alento, perdendo progressivamente quota.

Le indagini di superficie condotte lungo i versanti che sono intersecati da questo segmento stradale rendono quest'area ascrivibile morfologicamente ad un crinale collinare di ordine inferiore, contraddistinto dalla presenza di modesti spessori di terreni di copertura. A

conferma di ciò, la realizzazione delle trincee esplorative T149d, T150 e T150e ha consentito di appurare la presenza di depositi colluviali-detritici (DCT) con spessori non superiori ad 1.5 m; al disotto di detti terreni di copertura sono stati riscontrati i terreni di substrato del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura relativa all'asse stradale a reggipoggio [MAP(re)].

La strada in questo settore presenta una tipologia prevalentemente in scavo che comporta la formazione di scarpate di altezza massima pari a circa 2.8 m in corrispondenza della sezione stradale 150. Per le condizioni generali di stabilità dei terreni di copertura, solo in corrispondenza di uno stretto intorno della sezione stradale 150, laddove questi sono completamente intagliati, sono consigliabili opere di contrasto della spinta dei terreni di copertura.

3.20 Tratto compreso tra le sezioni stradali 150e e 152

In questo tratto la strada continua a percorrere i versanti in destra idrografica dell'anzidetto vallone senza denominazione topografica, raggiungendo, appena dopo la sezione stradale 152, l'asta drenante di un impluvio di primo ordine gerarchico, tributario del suddetto vallone. A differenza del settore precedentemente attraversato, in questo tratto la pendenza del versante è notevolmente superiore, raggiungendo immediatamente a monte della pista un angolo di pendio pari a 35°.

Le indagini di superficie condotte lungo i versanti che sono interessati da questo settore stradale rendono quest'area ascrivibile morfologicamente ad un crinale collinare di ordine inferiore, contraddistinto dalla presenza di spessori di terreni di copertura non trascurabili. La realizzazione delle trincee esplorative T151 e T152 ha consentito di appurare la presenza di depositi colluviali-detritici (DCT) con spessori variabili rispettivamente da 1.3 m a 2.6 m circa; al disotto di detti terreni di copertura sono stati riscontrati i terreni di substrato del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio

relativamente all'asse stradale [MAP(re)]; in punto prossimo alla sezione stradale 152, i terreni di substrato sono messi a giorno dal taglio della pista.

La strada in questo settore presenta una tipologia prevalentemente in rilevato di modesta altezza, con valore massimo di circa 1.9 m in corrispondenza della sezione stradale 152.

In questo tratto le coperture appaiono stabili, tuttavia la pendenza relativamente elevata di questo settore di versante, soprattutto dopo la sezione stradale 151, fa ritenere opportuno un saldo ammorsamento delle opere stradali ai terreni di substrato mediante bonifica dei terreni superficiali. Inoltre, per le citate condizioni di acclività si prescrive l'esecuzione degli scavi per le opere di bonifica per conci e durante la stagione secca.

3.21 Tratto compreso tra le sezione stradali 152 e 153 (+ 30 m)

In questo tratto la strada interessa un tratto di versante con profilo composito; esso appare interessato da un fenomeno franoso di dimensioni relativamente ragguardevoli. La strada attraversa il piede di detto fenomeno franoso.

Il fenomeno franoso ha forma lobata con una lunghezza in pianta di circa 210 m ($L_0 \Rightarrow$ lunghezza orizzontale), una larghezza media di circa 60 m ($W_d \Rightarrow$ larghezza della massa spostata); esso si sviluppa su un dislivello complessivo di circa 80 m, con un angolo di pendio medio di circa 20° , partendo approssimativamente da quota 320 m s.l.m. e raggiungendo quota 240 m s.l.m.

Al fine di caratterizzare la genesi, la geometria e lo stadio evolutivo del suddetto fenomeno franoso, sono state condotte indagini geologico-tecniche di superficie ed indagini in situ, nel tratto compreso tra il crinale collinare ed il fondovalle, con particolare riferimento alla porzione medio-inferiore, laddove si riscontrano spessori maggiormente considerevoli di accumulo e indizi di mobilitazione attuale. Invece, per la parte medio-superiore del fenomeno

franso, considerabile più come area di alimentazione del fenomeno stesso che come zona di accumulo, si riscontrano evidenze di un'avanzata morfoevoluzione che lasciano supporre il fenomeno in una fase evolutiva senile. Inoltre, per consentire un'analisi dettagliata della topografia ed una corretta ubicazione delle indagini in sito, è stato eseguito appositamente un piano quotato che ha compreso gran parte del corpo di frana nel settore medio-inferiore.

Il rilievi di superficie hanno evidenziato la presenza in affioramento dei terreni di substrato solo nella parte sommitale del crinale e, nel taglio della pista, solo nelle parti laterali del corpo di frana; nella restante area sono stati rinvenuti solo terreni di copertura attribuibili ai depositi di frana e/o a depositi detritico-colluviali preesistenti, mobilizzati gravitativamente.

L'analisi della morfologia del versante in chiave geomorfologico-applicativa ha evidenziato la presenza di un profilo longitudinale caratterizzato da una doppia concavo-convessità, pertanto caratterizzato rispettivamente da due zone "terrazzate", con debole pendenza; la prima, posta circa a quota 286 m s.l.m., ben visibile e ben sviluppata arealmente; la seconda, posta circa a quota 262 m s.l.m., contraddistinta da una minore ampiezza. In quella riscontrata a quota più elevata si rinviene un indizio macroscopico di instabilità ravvisabile in un pioppo, alto circa 15 m, secco e ruotato verso valle. Al momento del sopralluogo non sono state riscontrate fratture da trazione o da compressione nel corpo di frana né fratture di taglio nelle sue parti laterali; solo immediatamente a monte della pista sono state riscontrate lesioni attribuibili ad una parziale mobilitazione indotta dallo scavo della pista. È tuttavia da segnalare che in un sopralluogo effettuato dallo scrivente nel 1994, erano risultate evidenti una serie di lesioni a monte del pianoro sommitale.

Tra gli elementi idrogeologici e idrologici di maggiore rilievo, cause determinanti del fenomeno franoso è da menzionare la presenza di una piccola sorgente perenne, con portata media di circa 0.1 l/s, denominata fontana Linardi; tale emergenza sorgentizia è collocata quasi in corrispondenza altimetrica del primo ripiano morfologico, ma non in asse con il fenomeno franoso. Sono state inoltre rilevate altre piccole emergenze sorgentizie, afferenti al deflusso idrico sotterraneo con recapito nella fontana Linardi, posizionate in asse con il fenomeno franoso. Infine, è stato possibile evidenziare che la strada di accesso alla citata fontana Linardi, sterrata, incrementa la superficie naturalmente scolante sul corpo di frana in

quanto le relative cunette mostrano, proprio in corrispondenza dell'asse del fenomeno franoso, rotture che determinano perdite idriche.

Al fine di avere un quadro stratigrafico di questo tratto di versante che consentisse un'interpretazione genetica, geometrica ed evolutiva del fenomeno franoso, sono state realizzate una serie di indagini geologico-tecniche, orientate nel senso monte-valle, che hanno consentito la ricostruzione della sezione geologico-tecnica N. 8 (Fig. 12), riportata alla fine di questo paragrafo. In particolare, sono state effettuate 4 prove penetrometriche (P27, P28, P29 e P30) e 3 sondaggi di sismica a rifrazione (SS19, SS20 e SS21). Infine, lungo la pista, sono state realizzate 3 trincee esplorative (T152b, T153e T153b).

Le trincee esplorative eseguite lungo la pista hanno evidenziato la presenza di un ammasso detritico caotico, in matrice prevalentemente argillosa grigiastra, caratterizzato da eterometria dei clasti, sempre a spigolo vivo, e da elevato stato di imbibizione, tanto che la matrice argillosa spesso si è presentata con consistenza plastica, prossima al limite di liquidità (w_L). Le suddette osservazioni sono riferite al 15 febbraio 2000, pertanto il suddetto grado di umidità del terreno è attribuibile in parte alla ricarica dovuta ai fenomeni di pioggia della precedente stagione invernale. È tuttavia da evidenziare che detto stato di elevata umidità è stato riscontrato solo in queste trincee esplorative, pur avendo eseguito le altre nello stesso periodo. Al disotto della suddetta coltre di terreno di copertura, spessa al massimo circa 3.5 m in corrispondenza della pista e ascrivibile all'unità litotecnica dei depositi di frana da quiescente nel breve periodo ad attiva (DFat), sono stati sempre riscontrati terreni del substrato, attribuibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio relativamente all'asse stradale [MAP(re)].

L'insieme dei dati forniti dai sondaggi penetrometrici e dalle indagini di sismica a rifrazione nonché dalle precedenti analisi, sintetizzati nella sezione geologico-tecnica 8, indicano che il corpo di frana è contraddistinto da terreni coesivi con consistenza da dura ($N_{10} = 6 \div 12$) a plastica ($N_{10} = 3 \div 6$), caratterizzati da un valore medio di $N_{10} = 14$ e $N_{10min} = 0$. In particolare, nelle parti alte del corpo franoso, in corrispondenza del sondaggio penetrometrico P27, si registrano valori ancora più bassi, con valore medio di $N_{10} = 9$ e $N_{10min} = 1$; in detto sondaggio, inoltre, è stata riscontrata la presenza di una falda libera alla profondità di circa 3.5

m dal p.c. Tale osservazione si accorda bene con le indicazioni ricavate da un pozzo irriguo, di largo diametro, sito nella zona terrazzata sommitale e con le summenzionate osservazioni idrogeologiche di quest'area. Le suddette indicazioni stratigrafiche trovano riscontro anche nelle indagini di sismica a rifrazione che indicano la presenza di uno strato allentato superficiale con $V_p = 418$ m/s e 576 m/s; di uno strato intermedio più addensato con $V_p = 728$ m/s ÷ 1091 m/s; di uno strato profondo con $V_p = 2524$ m/s ÷ 3815 m/s. L'insieme dei due strati superficiali, il cui spessore trova riscontro con i risultati dei sondaggi penetrometrici, può essere considerato come attribuibile alla massa di terreno mobilitata gravitativamente; mentre, l'orizzonte profondo ai terreni del substrato arenaceo-pelitico (MAP).

Lo spessore di detta coltre, mobilitata gravitativamente, si riduce da monte a valle, variando da circa 6 m nel terrazzo sommitale (P27 e SS19), a circa 5 m nel terrazzo inferiore (P28 e SS20), a circa 3.5 m a monte della pista (P29 e T153), fino a circa 2.5 m a valle della pista (P30 e SS21). Infine, i dati del rilevamento di superficie indicano che detto corpo di terreni di copertura riduce il suo spessore, fino all'annullamento, in corrispondenza della scarpata prospiciente l'impluvio principale. I suddetti dati geometrici consentono di stimare un valore medio della profondità della superficie di scorrimento, pari a circa 4 m, e quindi un volume del corpo di frana in circa 55.000 m³.

Geneticamente, il fenomeno franoso è attribuibile alla mobilitazione di un'antica coltre di terreni detritico-colluviali e colluviali-detritici presenti tra le quote 310 m s.l.m. e 330 m s.l.m., come riscontrabili, omologamente ed in simmetria rispetto allo spartiacque sommitale, in località Case Voira; esso infatti prende origine attorno alla quota 320 m s.l.m.

La ricostruzione del modello geologico-tecnico, unitamente alle osservazioni morfologiche, consentono di classificare (WP/WLI, 1993) questo fenomeno franoso come: di tipo complesso, dovuto a scorrimento rotazionale e colamento; con stadio di attività quiescente nel breve-medio periodo (con tempo di ritorno da 5 a 10 anni); con velocità da lenta (classe 3 \Rightarrow 13 m/mese ÷ 1.6 m/anno) a molto lenta (classe 2 \Rightarrow 1.6 m/anno ÷ 16 mm/anno); con stile multiplo, ovvero con ripetizione dello stesso cinematismo, e complesso, ovvero per la coesistenza dei cinematismi per scorrimento e colamento, come sembrano giustificare la variazione degli spessori e le variazioni morfologiche del profilo topografico; con distribuzione in diminuzione.

La strada in questo settore presenta una tipologia contraddistinta da un piccolo scavo, con scarpata alta circa 1.5 m. Per le caratteristiche del fenomeno franoso che tende ad estinguersi immediatamente al disotto della strada stessa, i terreni di substrato sono riscontrabili a profondità non elevata al disotto del tracciato stradale, pertanto le opere stradali potrebbero essere ammorsate su di essi con opere di bonifica ordinaria e/o profonda. Tuttavia, ciò non influirebbe in maniera significativa con la stabilità del pendio a monte della strada, pertanto la messa in sicurezza delle opere stradali dovrebbe prevedere la stabilizzazione del fenomeno franoso, mediante opere di contrasto della spinta e/o opere che possano consentire la riduzione delle forze agenti sulla superficie di scorrimento; ciò potrebbe essere conseguito mediante un rimodellamento del versante, soprattutto nel tratto dove il profilo topografico presenta la maggiore convessità, ovvero tra le citate zone terrazzate, oltre che da opere di regimazione delle acque sotterranee e superficiali nella parte sommitale.

La complessità geometrica del fenomeno non ha consentito la verifica di stabilità del pendio, che, per quanto finora illustrato, deve essere considerata prossima all'equilibrio limite.

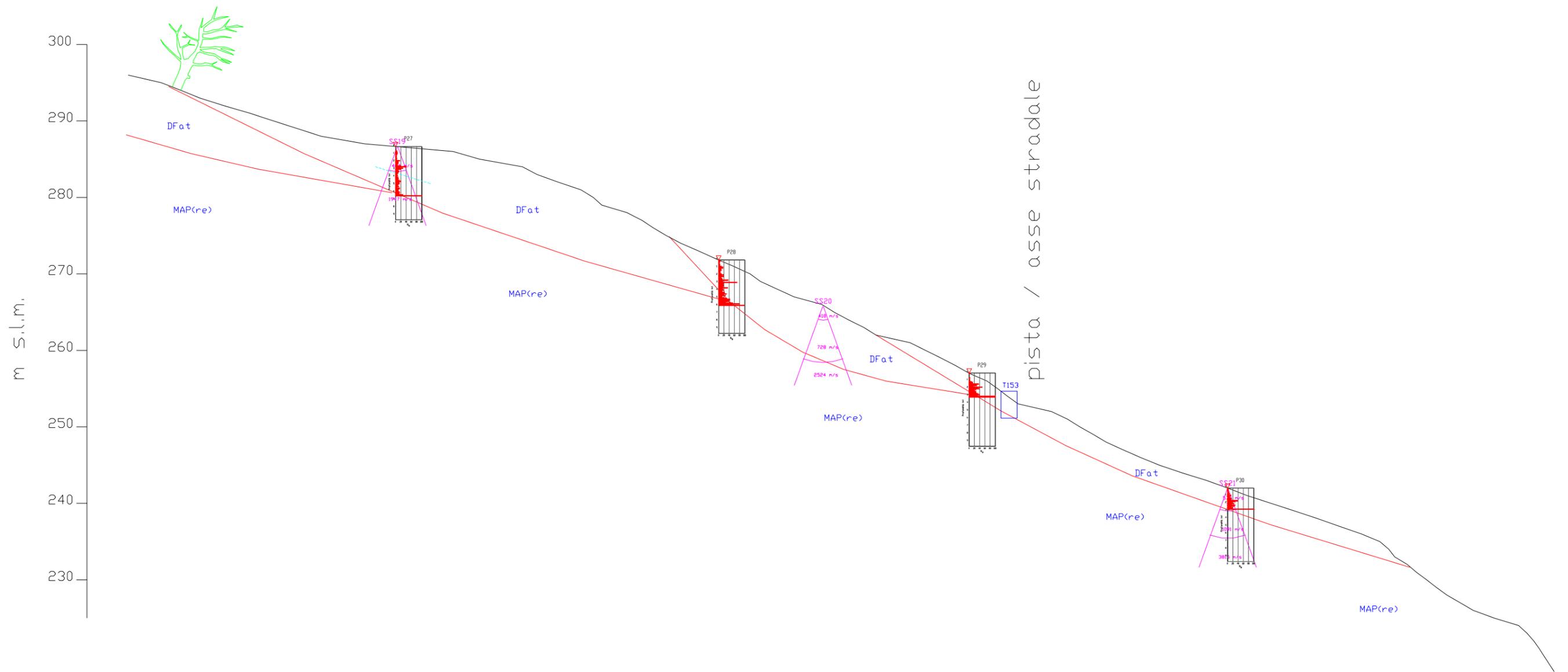


Fig. 12: Sezione geologico-tecnica 8. La sezione geologico-tecnica, in relazione allo sviluppo del piano quotato, visualizza la parte medio inferiore del fenomeno franoso, ovvero la zona di accumulo del fenomeno. La scala orizzontale è uguale a quella verticale.

3.22 *Tratto compreso tra le sezione stradali 153 (+ 30 m) e 156*

In questo settore, la strada, dopo aver superato il fianco sinistro della frana, attraversa, in corrispondenza circa della sezione stradale 154, l'asse principale del citato vallone senza denominazione topografica per poi proseguire sui versanti in sinistra idrografica di detto impluvio. La morfologia dei versanti sottesi da questo tratto stradale è tipica delle testate di impluvio, quindi contraddistinta pendii convergenti, separati da aste drenanti. Il profilo longitudinale di detti versanti è rettilineo e l'angolo di pendio medio è di circa 26°.

Già dall'inizio di questo segmento stradale, il taglio della pista ha messo a giorno i terreni di substrato, localmente costituiti dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio rispetto all'asse stradale [MAP(re)]; tale condizione è rilevabile fino all'asse dell'impluvio, ovvero in corrispondenza della sezione stradale 154, e per poco oltre questa sezione. Successivamente, invece, sui versanti in sinistra idrografica, la palese presenza in affioramento di terreni di copertura ha suggerito l'esecuzione delle trincee esplorative T154i, T155a, T155b e T156. Tali indagini hanno sempre consentito l'accertamento di terreni di copertura ascrivibili all'unità litotecnica dei terreni colluviali-detrifici (DCT) con spessori massimo di circa 3.5 m, al disotto del quale sono stati riscontrati i terreni di substrato del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a reggipoggio relativamente all'asse stradale [MAP(re)].

La strada sottende due tratti di versante, rispettivamente in destra ed in sinistra idrografica, simili dal punto di vista morfologico, ascrivibili a due tratti di crinale collinare secondario con profilo rettilineo e convergenti rispetto all'asse dell'impluvio. Questa osservazione, unitamente ai dati ricavati dal rilievo di superficie e dai risultati delle trincee esplorative, consente di ritenere queste aree stabili e non interessate da fenomeni gravitativi.

La strada attraversa questo settore con la tipologia del rilevato, che, per il tratto in destra idrografica, parte da un'altezza nulla per poi raggiungere l'altezza massima di circa 12 m in corrispondenza dell'attraversamento dell'asse dell'impluvio; successivamente, nell'attraversamento in sinistra idrografica, il rilevato tende ad annullare la sua altezza per essere seguito dalla tipologia in scavo, contraddistinta da scarpate di altezza inferiore ad 1 m.

In particolare, per il settore in sinistra idrografica, caratterizzato dalla presenza dei citati terreni di copertura, si prescrive l'ammorsamento delle opere stradali ai terreni di substrato, previa bonifica degli stessi.

3.23 Tratto compreso tra le sezioni stradali 156 e 158

In questo settore, la strada continua ad attraversare i versanti in sinistra idrografica del citato impluvio, tributario di secondo ordine gerarchico del fiume Alento. I versanti in parola hanno un profilo longitudinale blandamente concavo-convesso, presentandosi con uno sviluppo planimetrico pressoché rettilineo.

In questa zona, i rilievi di superficie, condotti dal crinale collinare fino al fondovalle, hanno accertato la presenza dei terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a franapoggio rispetto all'asse stradale [MAP(fra)]. In particolare, lungo la pista i terreni di substrato non affiorano, ma è presente una coltre di terreni di copertura, in alcuni casi chiaramente detritica (DT), la cui presenza sembra essere giustificata dall'assetto giaciturale dei terreni di substrato che favorisce il disfacimento degli stessi. Al fine di caratterizzare tale coltre, sono state effettuate: le trincee esplorative T156b, T157 e T158; il sondaggio penetrometrico P31; le indagini di sismica a rifrazione SS22 e SS23.

L'insieme dei suddetti dati ha consentito di ricostruire un quadro stratigrafico dei terreni di copertura composito, contraddistinto dalla presenza in superficie di depositi colluviali-detritici (DCT), seguiti inferiormente da depositi detritico-colluviali (DTC) e detritici (DT). Per quanto riguarda questi ultimi depositi, essi non sono stati di facile riconoscimento in quanto sono apparsi all'ispezione delle trincee esplorative, in particolare della T157, come equivalenti alla parte alterata della formazione arenaceo-pelitica, localmente accentuata dalla giacitura a franapoggio dei terreni di substrato; tuttavia, tale distinzione non appare sostanziale ai fini delle problematiche costruttive della strada, in quanto entrambe le categorie di terreni possono essere considerati a caratteristiche geomeccaniche equivalenti,

comunque superiori a quelle delle altre tipologie di terreni di copertura (DC, DCT e DTC). L'insieme dei terreni di copertura ha uno spessore variabile da 2.2 m, in corrispondenza della sezione stradale 156, a circa 8.8 m, in corrispondenza della sezione stradale 156d, a circa 3.4 m in corrispondenza della sezione stradale 158. In particolare tra le sezioni stradali 156 e 156d sono presenti, al disotto dei terreni di copertura colluviali-detritici (DCT), i terreni detritico-colluviali (DTC), mentre a partire dalla sezione stradale 156d sono presenti, sempre al disotto dei terreni colluviali-detritici, quelli detritici (DT) e/o della formazione alterata.

I sondaggi di sismica a rifrazione SS22 e SS23 evidenziano un quadro sismostratigrafico, contraddistinto da un orizzonte superficiale con velocità di propagazione delle onde sismiche $V_p = 441 \text{ m/s} \div 444 \text{ m/s}$, corrispondente ai depositi colluviali-detritici (DCT); un orizzonte intermedio con velocità di propagazione delle onde sismiche $V_p = 720 \text{ m/s} \div 1004 \text{ m/s}$, corrispondente ai depositi detritico-colluviali (DTC) ed ai depositi detritici (DT) e/o ai terreni di substrato alterati; un orizzonte profondo contraddistinto da velocità di propagazione delle onde sismiche $V_p = 3322 \text{ m/s} \div 1624 \text{ m/s}$, corrispondente ai terreni di substrato (MAP). In particolare, per i terreni detritico-colluviali (DTC), i risultati del sondaggio penetrometrico P31 evidenziano, in accordo con i risultati dell'indagine di sismica a rifrazione, un elevato stato di addensamento degli stessi, con $N_{10} = 20 \div 40$.

Il profilo blandamente concavo-convesso del versante, alla luce delle precedenti osservazioni, appare attribuibile alla presenza di un accumulo detritico, quindi non indotto da movimenti gravitativi di massa; pertanto, tale tratto di versante appare essere caratterizzato da condizioni di generale stabilità, se non per il settore compreso tra le sezioni stradali 156 e 157, dove per la natura dei terreni di copertura e la pendenza del versante, non possono essere esclusi fenomeni di lenta deformazione per solifluzione che potrebbero interessare i depositi detritico-colluviali (DTC) in concomitanza di periodi invernali particolarmente piovosi. Invece, per ciò che riguarda il tratto successivo, esso appare contraddistinto, nella parte più profonda della coltre superficiale, dai terreni detritici (DT) e/o da quelli ascrivibili alla parte alterata della formazione, quindi maggiormente stabili. Infine, la stabilità dei terreni di copertura nel tratto considerato è compromessa dall'azione erosiva esercitata dal sottostante corso d'acqua in concomitanza dei brevi periodi durante nell'anno nei quali esso ha deflussi significativi.

Per ciò che riguarda le problematiche costruttive della strada, questa percorre il tratto in esame, dapprima con la tipologia in scavo, con una scarpata che raggiunge l'altezza massima di circa 4.5 m in corrispondenza della sezione stradale 156d; successivamente, procede in rilevato con un'altezza massima di circa 2.8 m in corrispondenza della sezione stradale 158. Per le caratteristiche stratigrafiche prima descritte, appare necessario indicare un'ammorsamento delle opere stradali ai terreni di substrato o, laddove questi non siano raggiungibili mediante una bonifica profonda, a quelli detritici (DT), poiché considerabili con caratteristiche geomeccaniche non scadenti. Infine, sembra essere opportuna la realizzazione di opere di contrasto della spinta dei terreni in corrispondenza dei punti maggiormente elevati della scarpata, ed in particolare della sezione stradale 156d.

3.24 Tratto compreso tra le sezioni stradali 158 e 161

In questo settore, la strada continua ad attraversare i versanti in sinistra idrografica del citato impluvio, tributario di secondo ordine gerarchico del fiume Alento. I versanti in parola hanno un profilo longitudinale blandamente concavo-convesso, uno sviluppo planimetrico pressoché rettilineo ed un angolo di pendio medio di circa 24°.

Il profilo blandamente concavo-convesso appare attribuibile, analogamente al settore stradale analizzato in precedenza, alla presenza di un antico accumulo di detrito di versante nella parte medio-bassa della pendice, successivamente re inciso.

I rilievi di superficie, condotti tra il crinale ed il fondovalle hanno consentito di accertare la presenza dei terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a franapoggio rispetto all'asse stradale, da più a meno inclinato del pendio [MAP(fra)]. In questo tratto, il taglio indotto dall'apertura della pista non ha messo in evidenza i terreni di substrato, pertanto sono state realizzate le trincee esplorative T159, T159h, T160 e T161 che in ogni caso hanno raggiunto i terreni di substrato. Ciò ha fatto ritenere ulteriormente opportuna solo l'esecuzione di un'indagine di sismica a rifrazione,

SS24, importante per la taratura delle caratteristiche sismiche della formazione arenaceo-pelitica a franapoggio [MAP(fra)]. Da dette indagini dirette è stato confermato il generale assetto giaciturale a franapoggio della formazione di substrato; i terreni di copertura, ascrivibili alla categoria dei terreni colluviali-detritici (DCT) sono stati riscontrati con spessore massimo di circa 3.4 m in corrispondenza della sezione stradale 158, con una potenza di soli 0.8 m in corrispondenza della sezione stradale 159 ed, infine, con uno spessore variabile da 1 m a 1.5 m nella parte finale di questo tratto. L'indagine di sismica a rifrazione SS24 ha evidenziato un orizzonte superficiale con $V_p = 614$ m/s e spessore medio inferiore ad 1 m, corrispondente alla coltre dei terreni di copertura colluviali-detritici (DCT); un orizzonte intermedio con $V_p = 752$ m/s e spessore medio di circa 11.7 m, corrispondente alla parte alterata della formazione arenaceo-pelitica, localmente molto sviluppata per l'assetto giaciturale a franapoggio dei terreni di substrato; un orizzonte profondo con $V_p = 2513$ m/s, corrispondente alla parte integra della formazione arenaceo-pelitica.

La strada dovrebbe percorrere questo settore con la tipologia del rilevato con altezza modesta, mediamente di circa 1.5 m. Per le condizioni di complessiva stabilità di questo tratto di versante e per la tipologia costruttiva della strada si prescrive solo l'ammorsamento delle opere stradali ai terreni di substrato mediante una bonifica ordinaria dei terreni di copertura.

3.25 Tratto compreso tra le sezioni stradali 161 e 164

In questo tratto la strada, aggira un crinale collinare mediante una curva che fa deviare l'asse stradale di circa 160° ; la tipologia costruttiva prevista per questo settore è la galleria artificiale.

In questo settore i rilievi superficie hanno evidenziato quali terreni costituenti il substrato i termini del membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato con giacitura a traversopoggio rispetto all'asse stradale con deboli componenti comprese tra il reggipoggio

[MAP(re)] ed il franapoggio [MAP(fra)]. I terreni di copertura presenti con spessori esigui e comunque non superiori a 1 m sono ascrivibili ai depositi colluviali-detritici (DCT).

Il generale assetto morfologico di questo tratto di versante indica complessivamente un buon grado di stabilità sia dei terreni di copertura e sia dei terreni di substrato. Pertanto le problematiche di stabilità in questo settore stradale sono da ravvisarsi principalmente nei fronti di scavo necessari per la realizzazione della galleria artificiale, alti fino a 7 m, che potrebbero essere soggetti ad instabilità connesse alla mobilizzazione di pacchi di strati (*wedge*), isolati dai piani di strato e da eventuali fratture presenti nell'ammasso strutturalmente complesso.

3.26 Tratto compreso tra le sezioni stradali 164 e 171

In questo settore la strada percorre la parte medio-alta dei versanti afferenti idrograficamente ad un corso d'acqua minore, di secondo ordine gerarchico, tributario in destra idraulica del fiume Alento. In questo settore i versanti hanno un profilo globalmente convesso, presentando pendenze minori nella parte medio alta (circa 14°) e pendenze più elevate nella parte bassa (circa 27°).

In questo settore stradale sono stati condotti rilevamenti geologico-tecnici e geomorfologici di superficie che hanno evidenziato, soprattutto grazie alle osservazioni effettuate lungo il taglio della pista, la presenza di significativi spessori di terreni copertura che sono stati caratterizzati nella tipologia e nello spessore mediante le trincee esplorative T164b, T166, T168, T168b, T169 e T169b. L'insieme dei dati stratigrafici raccolti è stato sufficiente a definire il modello geologico-tecnico locale.

A partire dalla sezione stradale 164, l'assetto stratigrafico è caratterizzato da coperture colluviali-detritiche (DCT); tali coperture hanno spessore compreso tra 1 e 2 m fino alla sezione stradale 165a. Successivamente, tra le sezioni stradali 165a e 168a, lo spessore

complessivo delle coperture aumenta fino a raggiungere il valore massimo di circa 5 m (in corrispondenza della sezione stradale 166); in questo tratto l'assetto stratigrafico dei terreni di copertura è maggiormente articolato dalla presenza di depositi detritici (DT) al disotto dei depositi colluviali-detritici (DCT). Infine, tra le sezioni stradali 168a e 171, ritornano ad essere presenti solo di copertura ascrivibili ai depositi colluviali-detritici (DCT) con spessori compresi tra 1 m (sezione 168a) e 2.6 m. (sezione 171).

In tutto il tratto di strada analizzato, i terreni di copertura risultano essere sovrapposti a terreni di substrato ascrivibili al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato che localmente si riscontra in giacitura a reggipoggio [MAP(re)] rispetto all'asse stradale; in base ai dati rilevati in superficie e dalle trincee esplorative il rapporto arenaria/pelite risulta essere compreso tra 1 e 2.

3.27 *Tratto compreso tra le sezioni stradali 171 e 178*

In base al rilevamento geologico di superficie, è stato possibile caratterizzare i terreni di substrato e quelli di copertura che interessano il tratto di versante in esame.

I terreni del substrato sono caratterizzati dal membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato, caratterizzato da alternanze ritmiche di strati arenacei gradati (con spessore variabile da 5 cm a 20 cm) e strati pelitici (con spessore variabile da 1 cm a 5 cm); il rapporto parte litoide su parte pelitica (A/P) è generalmente compreso tra 2 e 3. L'assetto giaciturale dell'ammasso è variabile, presentando delle chiare evidenze di deformazione duttile; infatti, è evidente la presenza di un asse di piega antiforme tra le sezioni 174 e 175 con orientamento approssimativamente NW-SE, quindi in allineamento con la linea di crinale. La presenza di detto fenomeno plicativo rende l'assetto giaciturale variabile in relazione all'asse stradale, peraltro anch'esso variabile poiché tra le sezioni 174 e 177 il tracciato stradale descrive una curva che comporta una deviazione dell'asse stradale di circa 70°. Quindi, l'assetto giaciturale dei terreni di substrato influisce differentemente sui problemi di stabilità locale: nel tratto

compreso tra le sezioni stradali 171 e 175, i terreni di substrato sono a reggipoggio rispetto all'asse stradale (inclinazione $10^\circ \div 30^\circ$); nel tratto compreso tra le sezioni stradali 175 e 176 i terreni del substrato sono a franapoggio meno inclinato del pendio rispetto all'asse stradale (inclinazione $10^\circ \div 15^\circ$); nel tratto compreso tra le sezioni stradali 176 e 177 i terreni del substrato sono a franapoggio più inclinato del pendio (inclinazione $30^\circ \div 40^\circ$). I terreni di substrato sono stati messi in luce dalla pista nella maggior parte di questo settore stradale, risultando sottoposti alle coperture solo nell'intorno della sezione stradale 175 ed in alcuni brevi tratti successivi alla sezione stradale 176; essi non sono più presenti in affioramento dopo la sezione 177.

I terreni di copertura sono rappresentati dal deposito detritico-colluviale, caratterizzato da una prevalente frazione clastica litoide, a spigolo vivo, di natura arenacea, granulometricamente collocabile tra le classi delle ghiaie e dei ciottoli; la matrice del deposito è invece costituita da un impasto limoso-sabbioso-argilloso. Il deposito presenta a luoghi un debole grado di cementazione che fornisce una significativa coesione; ciò è apprezzabile in particolare tra le sezioni stradali 176 e 178, dove il suddetto deposito è stato intagliato, durante i lavori di scavo, con scarpate artificiali subverticali alte fino a 4 m, senza finora dare segno di instabilità. Invece, tra le sezioni stradali 175 e 176 circa, il taglio del versante da parte della pista ha comportato la destabilizzazione dei terreni di copertura, favorita dal locale assetto giaciturale a franapoggio meno inclinato del pendio. Tale piccolo fenomeno franoso è stato descritto e dettagliato con indagini specifiche in un altro elaborato redatto dallo scrivente.

La strada dovrebbe percorrere questo settore producendo in alcuni tratti delle scarpate di altezza anche superiore a 4 m; per la presenza quasi costante in affioramento del substrato o dei depositi detritico-colluviali a debole grado di cementazione si ravvisano problematiche di stabilità risolvibili mediante la realizzazione di muri di contenimento. In particolare, la realizzazione di tali opere appare necessaria nel settore compreso tra le sezioni stradali 175 e 176 dove i terreni di substrato hanno un assetto giaciturale a franapoggio meno e, comunque, ovunque non affiorano i terreni di substrato. Invece, nei settori dove affiorano i terreni di substrato con giacitura a reggipoggio potrebbe essere realizzata una risagomatura delle scarpate con angoli non superiori a 45° , con eventualmente berme intermedie, ed una

protezione di queste pendici con rete metallica che consentirebbe di rallentare i processi di degradazione.

4. VERIFICA DELLE RISULTANZE DEL “PIANO STRAORDINARIO PER LA RIMOZIONE DELLE SITUAZIONI A RISCHIO PIÙ ALTO” (D.L. 11/06/98, N° 180 CONVERTITO IN LEGGE 03/08/98, N° 267; D.P.C.M. 29/09/98; D.L. 13/05/99, N° 132 CONVERTITO IN LEGGE 13/07/99, N° 226)

Lo studio geologico finora condotto è stato confrontato con le recenti risultanze derivate dal "*Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale e culturale - Individuazione e perimetrazione delle aree ad elevato rischio idrogeologico*", reso pubblico dall'Ottobre 1999. Com'è noto, il suddetto Piano Straordinario è nato dall'adempimento degli elementi legislativi: D.L. 11/06/98, n° 180 convertito in legge 03/08/98, n° 267; D.P.C.M. 29/09/98; D.L. 13/05/99, n° 132 convertito in legge 13/07/99, n° 226; i citati elementi normativi sono stati recepiti e resi esecutivi, nell'ambito territoriale d'interesse, dall'Autorità di Bacino Regionale Sinistra Sele, mediante una convenzione stipulata con il C.U.G.RI. (Consorzio Inter-Universitario per la Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi che ha interessato, nel caso specifico, l'Università di Salerno e l'Università di Napoli "Federico II").

Il confronto tra le analisi geologiche e geologico-tecniche finora illustrate e le risultanze del Piano Straordinario è stato necessario poiché in quest'ultimo sono state perimetrate le aree interessate da fenomeni franosi, indicando per queste zone precise norme di salvaguardia, prevalentemente di natura vincolistica.

In particolare, nel Piano Straordinario i fenomeni franosi sono stati individuati e perimetrati, differenziando la tipologia e lo stato di attività degli stessi (Tav. III: Carta inventario dei fenomeni franosi); inoltre, è stata effettuata una caratterizzazione della pericolosità mediante l'evidenziazione dell'intensità dei fenomeni franosi (Tav. IV: Carta delle intensità dei fenomeni franosi in funzione delle massime velocità attese); infine, è stata effettuata una caratterizzazione del rischio, secondo due differenti gradi (Tav. VI: Carta delle aree a rischio di frana molto elevato), sia nelle aree in cui non sono presenti beni a rischio

(rispettivamente: aree di alta attenzione interessate da frane con intensità molto elevata; aree di attenzione interessate da frane con intensità media) sia nelle aree in cui sono presenti beni esposti al rischio (rispettivamente: aree a rischio molto elevato per l'incolumità delle persone e per la sicurezza delle infrastrutture e del patrimonio ambientale; aree con beni a rischio ricadenti all'interno di zone di attenzione). Il rilevamento dei fenomeni franosi è stato realizzato mediante metodologie fotogeologiche e morfologiche e la restituzione cartografica è stata effettuata in scala 1:25.000.

Dalla sovrapposizione mediante georeferenziazione dell'asse stradale sugli elaborati cartografici tematici proposti dal "Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto", relativi ai quadranti n° 47 e 48 Punta Licosa-Casal Velino si evince che:

- a) Il tracciato stradale interessa direttamente 5 fenomeni franosi, approssimativamente tra le sezioni stradali (Fig. 5: Stralcio della Carta Inventario dei fenomeni franosi – Tav. III): 1°) 105 ÷ 107; 2°) 107 ÷ 109; 3°) 112 ÷ 113; 4°) 152 ÷ 154; 5°) 156 ÷ 158. I suddetti fenomeni sono stati classificati tipologicamente come scorrimenti traslativi da quiescenti ad attivi (solo il fenomeno compreso tra le sezioni stradali 107 ÷ 109). In particolare, dalla sovrapposizione cartografica mediante georeferenziazione si evince che il tracciato stradale attraversa i primi due fenomeni franosi nella parte intermedia della zona di accumulo, mentre essa attraversa i restanti tre approssimativamente sull'unghia degli stessi.
- b) I primi tre fenomeni franosi sono stati caratterizzati come di intensità media, ovvero contraddistinti da una velocità attesa del movimento compresa tra le categorie *molto lenta* e *moderata* (CRUDEN D.M. & VARNES D.J. - *Landslides types and processes* - Transportations Research Board, National Academy of Sciences - 1994), con velocità compresa tra $5 \cdot 10^{-10}$ m/s a $5 \cdot 10^{-4}$ m/s (Fig. 6: Stralcio della Carta delle intensità dei fenomeni franosi in funzione delle massime velocità attese – Tav. IV). Gli ultimi due fenomeni franosi, invece, sono stati contraddistinti con un'intensità elevata, riconducibile alla velocità di movimento presunta *rapida*, con velocità compresa tra $5 \cdot 10^{-4}$ m/s a $5 \cdot 10^{-2}$ m/s.
- c) Sulla base delle suddette caratterizzazioni, sulla scorta di ulteriori valutazioni geomorfologiche e morfoevolutive, le aree interessate dai primi tre fenomeni franosi non

sono state ritenute classificabili come aree di alta attenzione né come aree di attenzione, sebbene i fenomeni franosi siano stati caratterizzati con intensità media (Fig. 7: Stralcio della Carta delle Aree a Rischio di Frana molto elevato – Tav. VI). Tuttavia, le aree interessate dai restanti due fenomeni franosi sono state caratterizzate come aree di alta attenzione.

In base alle suddette osservazioni, è possibile evincere dal confronto tra la descrizione delle problematiche di stabilità dei versanti interessati dal percorso stradale (Capitolo 3 della presente relazione e Tav. I) e dalle indicazioni del “*Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto*” (Figg. 5 e 6), delle discrepanze presumibilmente indotte dalla differente scala del rilevamento, condotto nel caso specifico con maggiore dettaglio, nonché dalle differenti metodologie di analisi utilizzate, basate soprattutto su rilevamenti diretti ed indagini geognostiche, anziché da indagini fotogeologiche. In particolare, le discrepanze riguardano il riconoscimento dei primi tre fenomeni franosi e dell’ultimo, mentre è stato riconosciuto il quarto, ovvero quello identificato tra le sezioni stradali 152 e 154. Inoltre, le differenze sono ravvisabili anche nel fatto che in questo studio sono stati riconosciuti altri fenomeni franosi non evidenziati negli elaborati del del “*Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto*”.

Si ritiene utile descrivere le osservazioni che, alla luce dei dati rilevati e finora discussi nonché della nuova posizione dell'asse stradale, consentono di dettagliare le reali condizioni di rischio a cui l'opera potrebbe essere sottoposta, in alcuni casi fornendo anche indicazioni circa la possibile revisione e/o integrazione, in senso restrittivo e non, della perimetrazione delle aree in frana (Articolo 4, comma 1 delle Misure di Salvaguardia dal rischio di frana del Piano Straordinario).

- **Prima frana, approssimativamente tra le sezioni stradali 105 e 107.** I risultati discussi nel capitolo 3, derivanti da indagini geologico-tecniche di dettaglio, consentono di definire la forma di accumulo presente nel fondovalle non un cumulo di frana, ma una forma convessa ascrivibile a un crinale collinare secondario che, sul lato meridionale, è stato evidenziato da fenomeni di morfoselezione indotti dall’erosione incanalata in una linea di

debolezza strutturale, mentre nel lato settentrionale è stato evidenziato da un'area concava ascrivibile a fenomeni di denudazione areale. Ciò sembra essere testimoniato dal profilo longitudinale del crinale che mostra un tratto a minore inclinazione nell'intorno dell'attraversamento della strada, attribuibile ad una fase morfoelutiva riconoscibile anche nei crinali collinari limitrofi, ed un'incremento di acclività in prossimità del fondovalle, che testimonia dell'antichità geomorfologica del morfotipo, che quindi risulta essere antecedente ad una delle recenti fasi di variazione del livello di base dell'erosione, successive al Pleistocene inferiore, le cui evidenze morfologiche sono riconoscibili in tutta l'area cilentana (Aprile *et alii*, 1979). Inoltre, il rilevamento ha consentito di riconoscere in affioramento i terreni del substrato, ascrivibili localmente al membro arenaceo-pelitico sottilmente straterellato.

Seconda frana, approssimativamente tra le sezioni stradali 107 e 109. I risultati discussi nel capitolo 3, derivanti da indagini di dettaglio e da rilievi geognostici, consentono di modulare le indicazioni preliminari fornite dal Piano Straordinario. In particolare, oltre agli elementi discussi nel citato paragrafo, possono essere effettuate alcune valutazioni integrative che possono essere d'ausilio nel chiarimento della problematica. Il profilo longitudinale del versante ha una forma generalmente concavo-convessa che in linea teorica potrebbe essere attribuita ad un fenomeno franoso, tuttavia i seguenti elementi derivanti dal rilevamento geologico-tecnico lasciano supporre che il morfotipo in esame non possa essere rappresentativo di un fenomeno franoso.

- La concavità del pendio, generata da una diminuzione di acclività tra le quote 270 m s.l.m. e 240 m s.l.m. coincide approssimativamente con quella fascia altimetrica nella quale sono stati riscontrati nel bacino del fiume Alento lembi di paleosuperfici, ovvero di relitti morfologici di un antico paesaggio, maturo dal punto di vista geomorfologico, che è stato successivamente re inciso dal reticolo idrografico per un approfondimento del livello di base d'erosione. I relitti di tali paleosuperfici sono ravvisabili, per evitare ambiguità con forme omologhe generate lungo i versanti da fenomeni franosi, sui crinali collinari che presentano una diminuzione dell'acclività nel loro profilo longitudinale in questa fascia altimetrica.

- I rilevamenti condotti lungo la pista hanno consentito di evidenziare in affioramento, a monte della pista, i terreni di substrato. Mentre, al disotto della pista, e quindi in corrispondenza della zona a minore pendenza di depositi colluviali (DC), prevalentemente limoso-argillosi, in cui la componente clastica è risultata assente. Le caratteristiche sedimentologiche di detto deposito sono perfettamente compatibili con l'ipotesi che quest'area a debole pendenza abbia rappresentato localmente un antico fondovalle in cui si siano accumulati depositi per *sheet-erosion*.
 - L'incremento di acclività del profilo longitudinale del pendio, in corrispondenza del fondovalle, laddove peraltro affiorano i terreni di substrato, evidenzia come questo versante, al pari degli altri nell'area, sia stato soggetto ad una fase di reincisione, ascrivibile ad un approfondimento del livello di base d'erosione. Tale fase, per analogia ai terrazzi marini rinvenuti sul Monte Bulgheria datati Emiliano, è presumibilmente successiva a questo periodo, ovvero al Pleistocene inferiore.
- **Terza frana, approssimativamente tra le sezioni stradali 112 e 113.** Secondo le indicazioni del Piano Straordinario, in questo settore la strada dovrebbe lambire l'unghia di un fenomeno franoso che si sviluppa più a monte nel Vallone San Martino. Le indagini geologico-tecniche condotte in questo settore stradale hanno tuttavia messo in luce la presenza di terreni di substrato in ottime condizioni di assetto giaciturale e strutturale che non hanno lasciato supporre l'esistenza di problematiche morfoevolutive del versante, almeno nell'ambito del "*volume significativo*" di interesse per le problematiche di stabilità della strada in questo settore.
 - **Quarta frana, approssimativamente tra le sezioni stradali 152 e 154.** In questo settore stradale è stato riconosciuto il fenomeno franoso evidenziato negli elaborati del Piano Straordinario, pertanto si rimanda al Capitolo 3 per gli approfondimenti acquisiti mediante rilevamenti e indagini geognostiche. Quindi, le opere stradali progettate in questo settore stradale terranno conto delle problematiche di stabilità del versante, provvedendo alla mitigazione degli effetti del fenomeno franoso.

- **Quinta frana, approssimativamente tra le sezioni stradali 152 e 154.** In questo settore stradale non è stato riconosciuto il fenomeno franoso evidenziato negli elaborati del Piano Straordinario, in quanto i rilievi geologico-tecnici e le risultanze delle indagini geognostiche evidenziano localmente l'esistenza di una coltre di terreni detritici e detritico-colluviali il cui accumulo è stato favorito dall'assetto giaciturale a franapoggio più inclinato del pendio dei terreni di substrato. La suddetta coltre dei terreni di copertura non appare interessata da fenomeni franosi; ciò appare riconducibile alle discrete caratteristiche geomeccaniche dei depositi. Si rimanda per gli approfondimenti al capitolo 3 e agli elaborati geologici allegati a questo studio.

Per ovvie ragioni, connesse alla scala di rappresentazione e alle metodologie di rilevamento, il quadro della franosità, presentato dallo scrivente risulta essere differente da quello raffigurato negli allegati cartografici del Piano Straordinario, risultando più gravoso di questo per ciò che attiene ai settori stradali compresi tra le sezioni stradali 113 ÷ 115, 121 ÷ 123 e 147 ÷ 148, le cui problematiche sono discusse in dettaglio nei paragrafi del capitolo 3.

Le indagini geologiche e geologico-tecniche finora illustrate possono essere considerate sufficienti approfondimenti per la revisione e/o integrazione, in senso restrittivo e non, della perimetrazione delle aree in frana (Articolo 4, comma 1 delle Misure di Salvaguardia dal rischio di frana).

Il Geologo

dott. Pantaleone De Vita

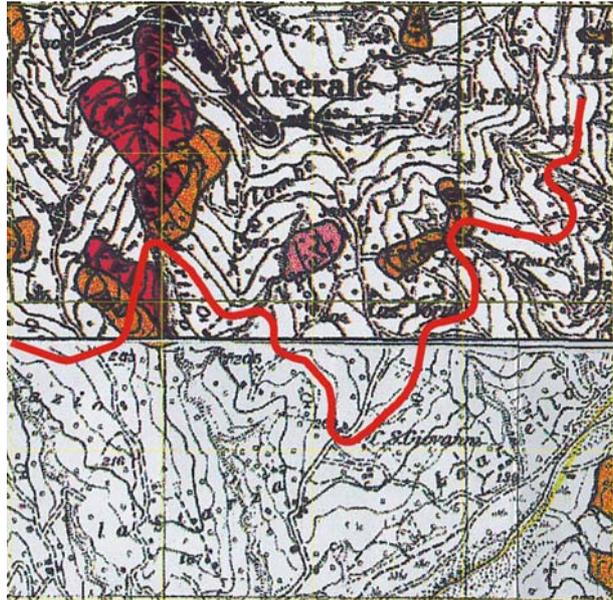


Fig. 13: Stralcio dalla Carta inventario dei fenomeni franosi (Tav. III) del “Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto”, ai quadranti n° 47 e 48 Punta Licosa-Casal Velino (Scala 1: 25.000). Con la linea rossa spessa è rappresentato il tracciato stradale tra le sezioni stradali 102 e 178.

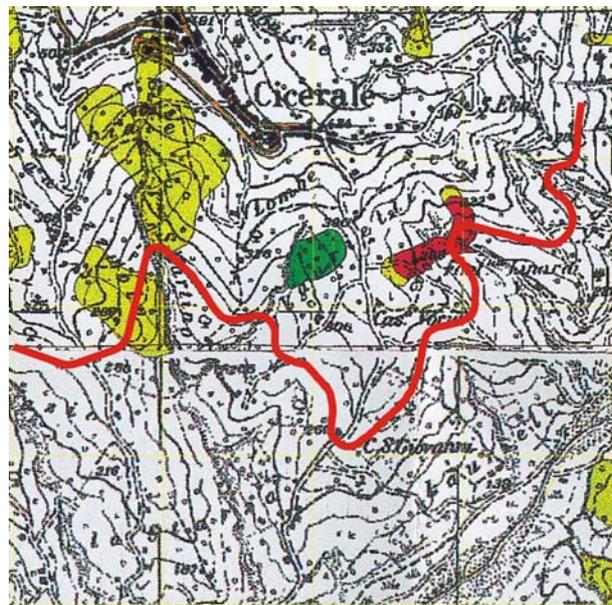


Fig. 14: Stralcio dalla Carta delle intensità dei fenomeni franosi in funzione delle massime velocità attese (Tav. IV) del “Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto”, ai quadranti n° 47 e 48 Punta Licosa-Casal Velino (Scala 1: 25.000). Con la linea rossa spessa è rappresentato il tracciato stradale tra le sezioni stradali 102 e 178.

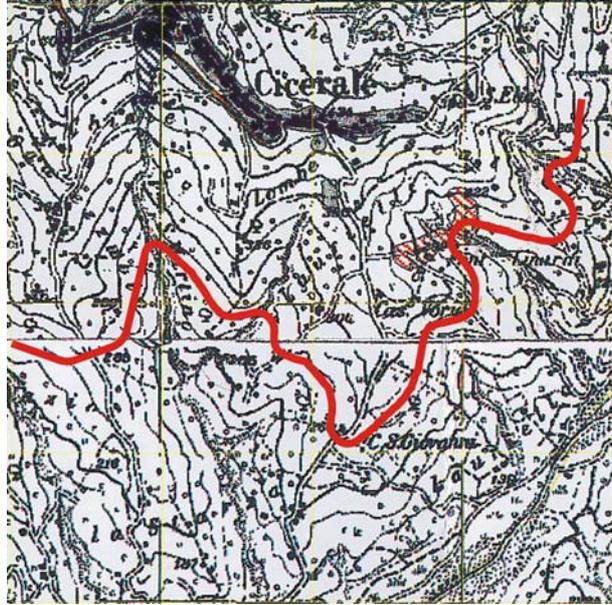


Fig. 15: Stralcio dalla Carta delle Aree a Rischio di Frana molto elevato (Tav. VI) del “Piano Straordinario per la rimozione delle situazioni a rischio più alto”, ai quadranti n° 47 e 48 Punta Licosa-Casal Velino (Scala 1: 25.000). Con la linea rossa spessa è rappresentato il tracciato stradale tra le sezioni stradali 102 e 178.

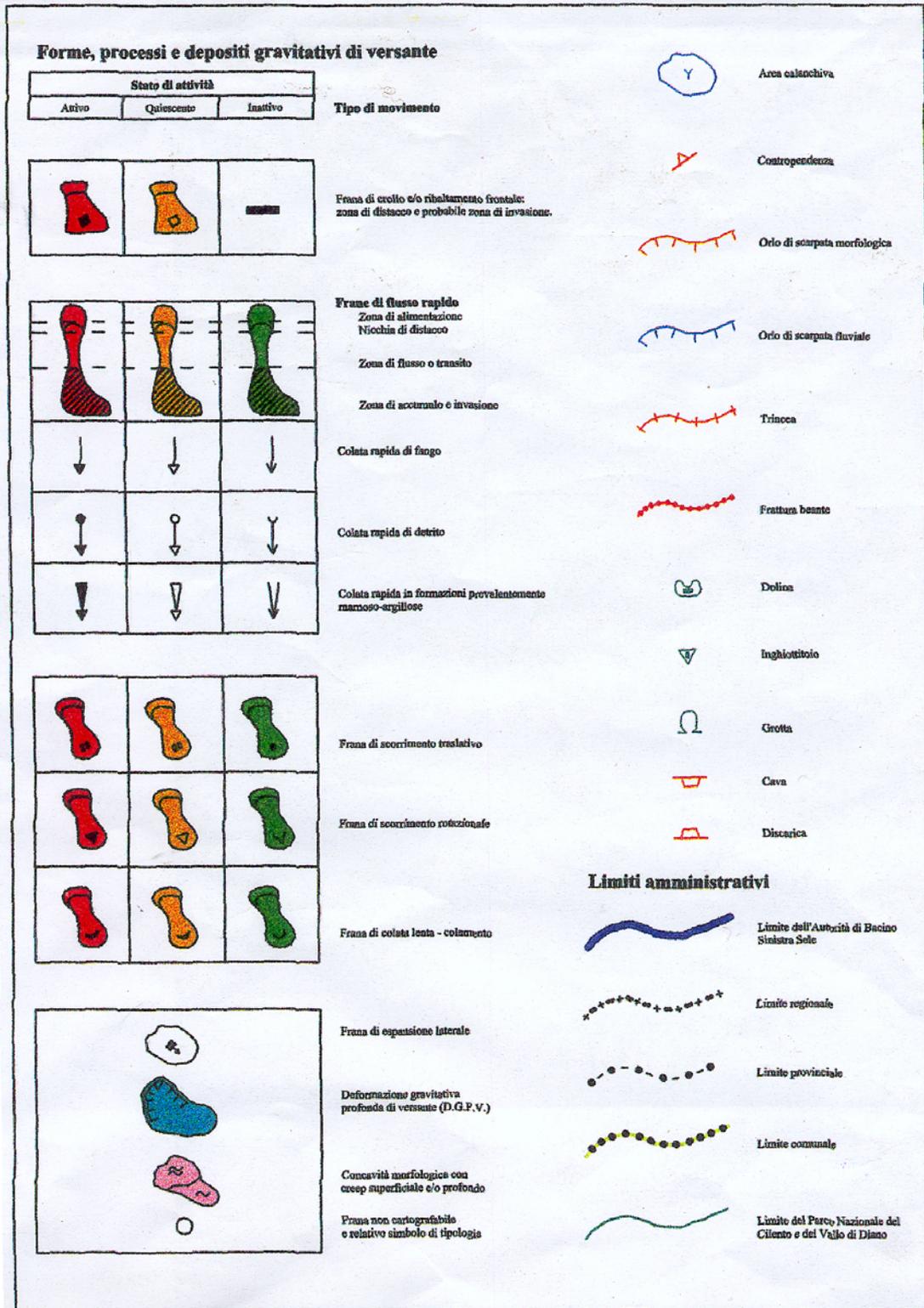


Fig. 16: Legenda della Tav. III del Piano Straordinario.

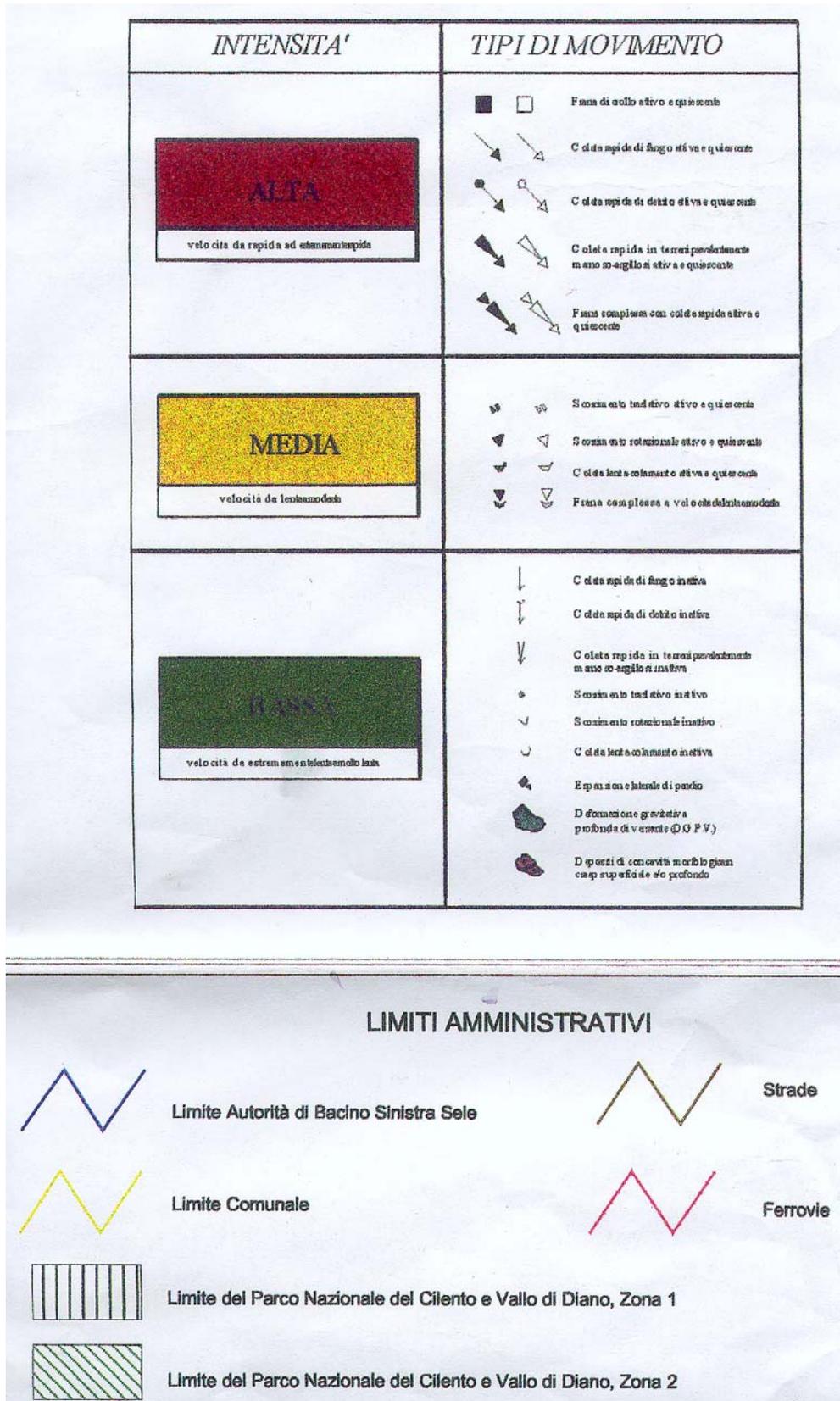


Fig. 17: Legenda della Tav. IV del Piano Straordinario.

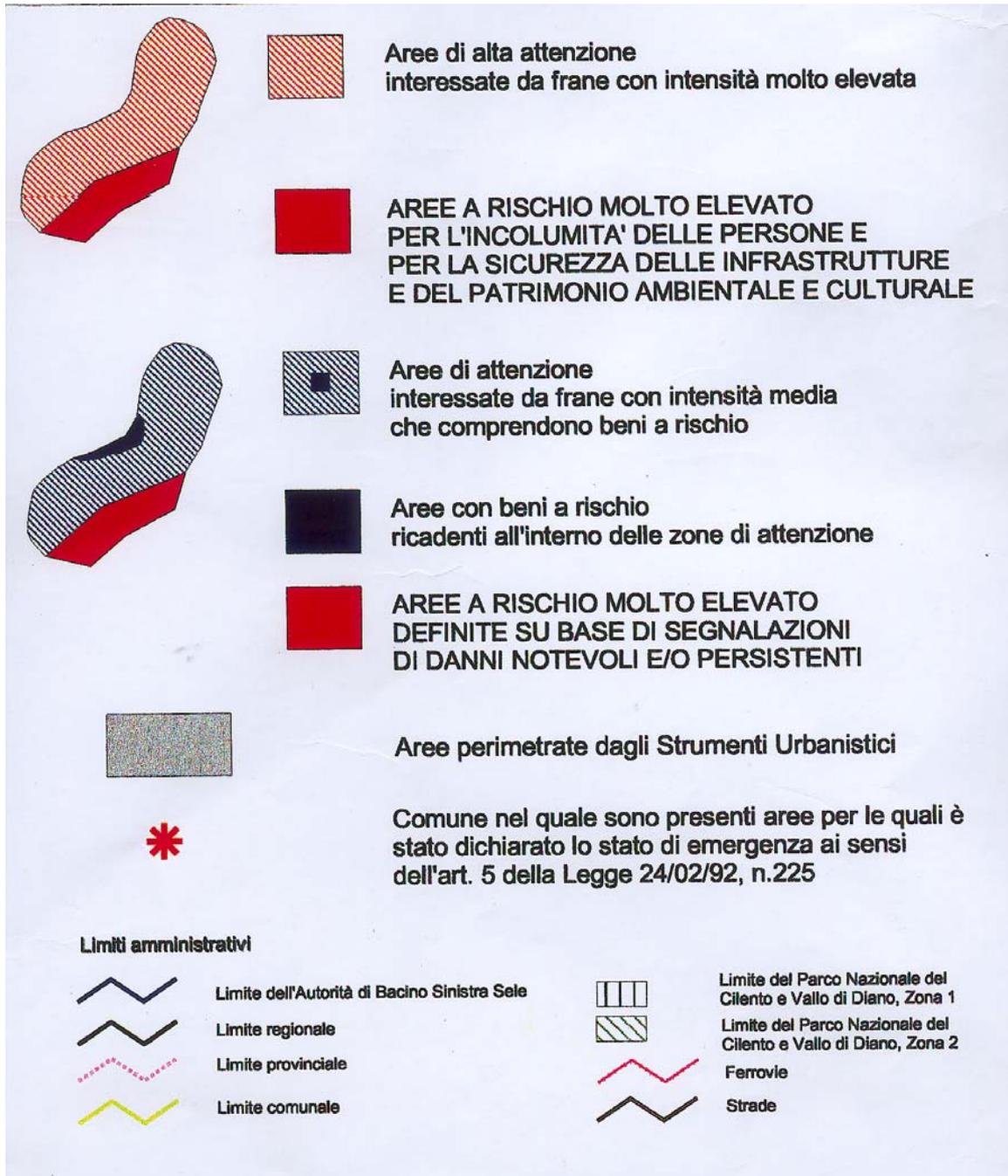


Fig. 18: Legenda della Tav. VI del Piano Straordinario.

5. APPENDICE 1: RISULTATI DELLE TRINCEE ESPLORATIVE

In questa appendice sono riportati in formato tabellare i risultati delle trincee esplorative condotte sulla pista di servizio, eseguita approssimativamente lungo l'asse stradale. Viene di seguito evidenziato la descrizione della litologia di ciascun orizzonte geologico attraversato, il relativo spessore, la sezione stradale di riferimento (in relazione alla vecchia numerazione).

La determinazione degli spessori degli strati riscontrati durante lo scavo è stata riferita ad un punto chiaramente individuabile sulle sezioni di progetto, corrispondente al ciglio superiore o inferiore della scarpata artificiale, creata con l'apertura della pista stessa; tale informazione è sempre riportata nella seguente tabella.

Le trincee esplorative sono state realizzate mediante escavatore meccanico, fornito dall'impresa Zangari Costruzioni s.r.l., che ha consentito di approfondire lo scavo in condizioni favorevoli anche fino a 5 m di profondità.

TSEZ.	RIFERIMENTO PER LA MISURA DEGLI SPESSORI	STRATO 1	ULT	STRATO 2	ULT	STRATO 3	ULT
T102a	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale a prevalente matrice limoso-sabbiosa (3.9 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica alterata (0.5 m)	MAP		
T102d	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale a prevalente matrice limoso-sabbiosa (3.3 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (0.5 m)	MAP		
T104/2	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura limoso-argillosa brunastra (3.2 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica alterata lo scavatore non può più approfondire (0.2 m)	MAP		
T107	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura limoso-sabbiosa (1 m)	DC	Formazione arenaceo-pelitica poco alterata (1 m)	MAP		
T108	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice argilloso-limosa brunastra (1 m)	DCT	Copertura colluviale argilloso-limosa di colore giallastra ed a luoghi grigio-azzurra, semisolida (4.5 m)	DC		
T108e	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa di colore giallo-rossastra (3.6 m)	DCT	Formazione alterata o detrito grossolano con matrice limoso-sabbioso-argillosa (1 m)	DTC		
T109	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (1.1 m)	DCT	Copertura detritica grossolana con matrice argilloso-limoso-sabbiosa; sono presenti pseudostratificazioni argillose grigiastre (3.5 m)	DTC		
T109g	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice argilloso-limosa brunastra (2.8 m)	DCT	Copertura detritica con matrice argilloso-limosa (2 m)	DTC	Formazione A/P=1-2. Reggipoggio	MAP
T111	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice argilloso-limosa brunastra e con venute d'acqua (2.6 m)	DCT	Copertura detritica con matrice limoso-sabbioso-argillosa (1.5 m)	DTC	Formazione A/P=2-3. 280/20. Reggipoggio	MAP
T113	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (0.5 m)	DCT	Formazione A/P=2-3. Reggipoggio (0.9 m)	MAP		
T113b	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (2.2 m)	DTC	Formazione A/P=1-3. Alterata. Reggipoggio. (2 m)	MAP		
T113c	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (2 m)	DTC	Formazione A/P = 1-3. Franapoggio (2 m)	MAP		
T113d	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limosa (3 m)	DTC	Formazione A/P = 1-2 franapoggio più. Disturbi tettonici (1 m)	MAP		
T114	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limosa (2.1 m)	DCT	Formazione alterata o detrito grossolano con matrice limoso-sabbioso-argillosa (1 m)	DTC		
T114b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa brunastra (3.1 m)	DCT	Formazione alterata o detrito grossolano con matrice limoso-sabbioso-argillosa (1.2 m)	DTC		
T115	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (1.6 m)	DCT	Copertura detritica con ciottolame arenaceo con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (2.6 m)	DTC		
T115g	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (1.3 m)	DCT	Formazione A/P=2-3. Reggipoggio (1.7 m)	MAP		
T116	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa brunastra (2.2 m)	DCT	Detrito arenaceo di varia pezzatura con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (3.6 m)	DTC		
T116g	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale brunastra con matrice limoso-argillosa (2.5 m)	DCT	Copertura detritico-eluviale con matrice limoso-argillosa (1.4 m)	DTC		
T117	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa (1.3 m)	DCT	Formazione A/P>5 franapoggio (0.7 m)	MAP		
T117b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa e riporto (1.2 m)	DCT	Formazione A/P=3-4. Franapoggio più (240/30) (1.1 m)	MAP		
T118	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-argillosa (1.4 m)	DCT	Formazione A/P=2-3. Franapoggio (0.8)	MAP		
T119	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (2.1 m)	DCT	Formazione A/P=3-4 alterata reggipoggio (2.1 m)	MAP		
T119c	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.7 m)	DCT	Formazione A/P=3-4 alterata reggipoggio (1.1 m)	MAP		
T119h	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.8 m)	DCT	Formazione A/P=3-4. Reggipoggio (0.7 m)	MAP		
T119q	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa-sabbiosa (0.3 m)	DCT	Formazione A/P=3-4. Reggipoggio (1.3 m)	MAP		
T122	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa (0.4 m)	DCT	Copertura detritica con matrice limoso-argillosa con elevato stato di imbibizione (3 m)	DTC		
T122e	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa brunastra (3.2 m)	DC	Copertura detritica con matrice limoso-sabbiosa (0.4 m)	DTC		
T123	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/p =1-2) con intercalazioni marnose (1.1 m)	MAP		
T124	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =1-2) (0.8 m). Franapoggio meno.	MAP		
T125	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura colluviale e riporto (2 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (0.5 m). Reggipoggio	MAP		
T126	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa (0.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =1-2) (1.3 m). Reggipoggio	MAP		

TSEZ.	RIFERIMENTO PER LA MISURA DEGLI SPESSORI	STRATO 1	ULT	STRATO 2	ULT	STRATO 3	ULT
T126d	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (0.9 m). Traversopoggio-reggipoggio	MAP		
T127d	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P= 1-2) (0.9 m). Reggipoggio	MAP		
T128	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.3 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1.3 m)	MAP		
T128e	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale limoso-argillosa con antico drenaggio nella parte superficiale (venuta d'acqua concentrata) (1 m)	DCT	Copertura detritica con matrice sabbioso-limosa giallastra (2.7 m)	DTC		
T129	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa (2.4 m)	DCT	Copertura detritica con matrice limoso-argillosa (1 m)	DTC		
T129h	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con abbondante circolazione idrica, forse, in parte, antico drenaggio (2.1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=2-3) (0.5 m). Reggipoggio	MAP		
T129m	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa (2.1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=1-2) (0.5 m). Reggipoggio	MAP		
T130	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1.5 m). Traversopoggio-reggipoggio	MAP		
T130a	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.2 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T131	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa e ciottoli di varia pezzatura (3.8 m)	DTC				
T131a	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (2 m)	DCT	Formazione pelitico-arenacea (A/P<1) (2 m). Assetto contorto, apparentemente a reggipoggio	MAP		
T132	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2- 3) (1 m). Traversopoggio molto inclinato (> 50°)	MAP		
T132a	Ciglio inferiore scarpata pista	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =1-2) a reggipoggio (0.9 m)	DCT	Formazione marnoso-pelitica (0.8 m). Reggipoggio	MAP		
T132d	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2- 3) (1.5 m). Traversopoggio con piega isoclinale	MAP		
T133	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (0.9 m). Reggipoggio molto inclinato	MAP		
T133e	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=1) sottilmente straterellata (1.3 m). Reggipoggio	MAP		
T133i	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =2-3) (1.4 m). Traversopoggio-reggipoggio.	MAP		
T134	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =1-2) con frequenti intercalazioni pelitiche spesse (1.2 m). Reggipoggio.	MAP		
T135	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.4 m)	DCT	Formazione pelitico-arenacea (A/P=<1) (1 m). Traversopoggio-reggipoggio	MAP		
T136	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.9 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1.1 m). Reggipoggio	MAP		
T136f	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.7 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T137	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa e riporto (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T137c	Ciglio superiore scarpata pista	Riporto muro a secco (1.9 m)	DT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) con intercalazioni mamose (1.5 m)	MAP		
T138	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.3)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P =2-3) (1.3 m). Traversopoggio reggipoggio	MAP		
T138h	Ciglio superiore scarpata pista	Coperture colluviali brunastre (3.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P > 5) (2.2 m). Reggipoggio	MAP		
T139	Ciglio superiore scarpata pista	Coperture colluviali con matrice limoso-sabbiosa (0.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T139a	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=2-3) (0.9 m). Reggipoggio	MAP		
T140	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T140a	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (1.8 m). Reggipoggio	MAP		
T141	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa con venute d'acqua (1.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (1 m)	MAP		
T141f	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa con venute d'acqua (2.1 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (1.7 m). Reggipoggio	MAP		
T142	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritica e riporto ciottoloso (1.7 m)	DT	Copertura colluviale-detritica con matrice limoso-Argillosa (1.4 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (0.6 m). Traversopoggio	MAP

TSEZ.	RIFERIMENTO PER LA MISURA DEGLI SPESSORI	STRATO 1	ULT	STRATO 2	ULT	STRATO 3	ULT
T142b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 3-4) (2 m). Reggipoggio	MAP		
T143	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P > 3) (1.4 m). Reggipoggio 40°	MAP		
T144	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (2.9 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1) (1.5 m). Traversopoggio	MAP		
T145	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale in matrice limoso-sabbiosa (1.2 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (2 m). Franapoggio = pendio.	MAP		
T146	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.7 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica con intercalazioni argillose (>0.3 m) (1.5 m). Traversopoggio-reggipoggio	MAP		
T147	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (3 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica con intercalazioni di argille verdastre (1.2 m). Reggipoggio	MAP		
T148	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (0.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=1-2) (1.2 m). Reggipoggio	MAP		
T148f	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale in matrice limoso-sabbiosa (1.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P = 1-2) (1.3 m). Reggipoggio	MAP		
T149	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con forte contenuto argilloso grigiastro e di pezzame litoide (frana) (2.6 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=1-3) (0.6 m). Reggipoggio	MAP		
T149d	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale-detritica con matrice limoso-sabbiosa (1.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=1-2) (1.4 m). Reggipoggio	MAP		
T150	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.2 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P>3) (0.8 m). Reggipoggio	MAP		
T150b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice sabbioso-limosa (1.4 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P < 2-3) (1 m). Reggipoggio	MAP		
T151	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura eluvio-colluviale e riporto (1.4 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P<2). (1.5 m). Reggipoggio	MAP		
T152	Ciglio esterno pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa e riporto (3.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P=2-3) (0.3 m)	MAP		
T152b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale limoso-argillosa prossima a wL (2.7 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (0.4 m). Reggipoggio	MAP		
T153	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-argillosa prossima a wL (2.2 m)	DCT	Copertura detritico-colluviale (1.3 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (0.8 m). Reggipoggio	MAP
T153b	Ciglio inferiore scarpata pista	Detrito arenaceo di varia pezzatura immerso in matrice argilloso-limosa grigio plumbeo (2.6 m) (Frana)	DTC				
T154i	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice argilloso-limoso-sabbiosa (2.2 m)	DCT	Formazione A/P=2-3. Traversopoggio-reggipoggio (1.4 m)	MAP		
T155a	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale passante verso l'alto ad una copertura colluviale in matrice limoso-argillosa (2.9 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (0.6 m). Suborizzontale	MAP		
T155b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale (2.3 m)	DCT	Copertura detritica (1.6 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (0.5 m)	MAP
T156	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.2 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica (0.5 m)	MAP		
T156b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura colluviale con matrice limoso-sabbiosa (1.1 m)	DCT	Copertura detritica grossolana con matrice sabbioso-limosa (3.6 m)	DTC		
T157	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice sabbioso-limosa (2.5 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica alterata (0.8 m)	MAP		
T158	Ciglio inferiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice sabbioso-limosa (1.9 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica alterata (2 m). Franapoggio	MAP		
T159	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice sabbioso-limosa (0.8 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (A/P>4) (1.5 m). Franapoggio più	MAP		
T159h	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice sabbioso-limosa (1.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (1.2 m). Franapoggio più	MAP		
T160	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice sabbioso-limosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica (1.5 m). Franapoggio	MAP		
T161	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura eluvio-colluviale con matrice ssabbioso-limosa (0.9 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica alterata (0.9 m). Reggipoggio	MAP		
T164b	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura eluvio-colluviale con matrice ssabbioso-limosa (1 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica alterata (0.5 m). Reggipoggio	MAP		
T166	Ciglio superiore scarpata pista	Copertura detritico-colluviale con matrice ssabbioso-limosa (3.3 m)	DTC	Detrito arenaceo in matrice sabbiosa compatta (1)	DT		
T168	Ciglio inferiore scarpata pista	Detrito arenaceo in matrice sabbioso-argillosa (2 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2 alterata. Reggipoggio (1 m)	MAP		

TSEZ.	RIFERIMENTO PER LA MISURA DEGLI SPESSORI	STRATO 1	ULT	STRATO 2	ULT	STRATO 3	ULT
T168b	Ciglio inferiore scarpata pista	Detritto arenaceo in matrice sabbioso-argillosa (0.5 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2 alterata. Reggipoggio (0.5 m)	MAP		
T169	Ciglio inferiore scarpata pista	Depositi colluviali detritici con abbondanza relativa di matrice limoso-argillosa (1.6 m)	DCT	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2 alterata. Reggipoggio (0.6 m)	MAP		
T169b	Ciglio inferiore scarpata pista	Detritto arenaceo grossolano e a spigoli vivi in matrice argilloso-sabbiosa (2.6 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2. Reggipoggio (0.5 m)	MAP		
T171b	Ciglio inferiore scarpata pista	Detritto arenaceo grossolano e a spigoli vivi in matrice argilloso-sabbiosa (1.5 m)	DTC	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2. Reggipoggio (0.5 m)	MAP		
T172	Ciglio inferiore scarpata pista	Formazione arenaceo-pelitica A/P=1-2. Reggipoggio (1 m)	MAP				

6. APPENDICE 2: CARTA GEOLOGICO-TECNICA E LEGENDA

Questa appendice comprende la cartografia geologico-tecnica e relativa legenda. La scala di rappresentazione è ibrida, circa 1:4600, in quanto deriva dall'adattamento al formato di stampa. La presenza della scala grafica consente una facile lettura della cartografia presentata.

7. APPENDICE 3: SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO, NOTI DA LAVORI GEOLOGICI PRECEDENTI, UTILIZZATI PER LA CARATTERIZZAZIONE DI PARTICOLARI SITUAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE

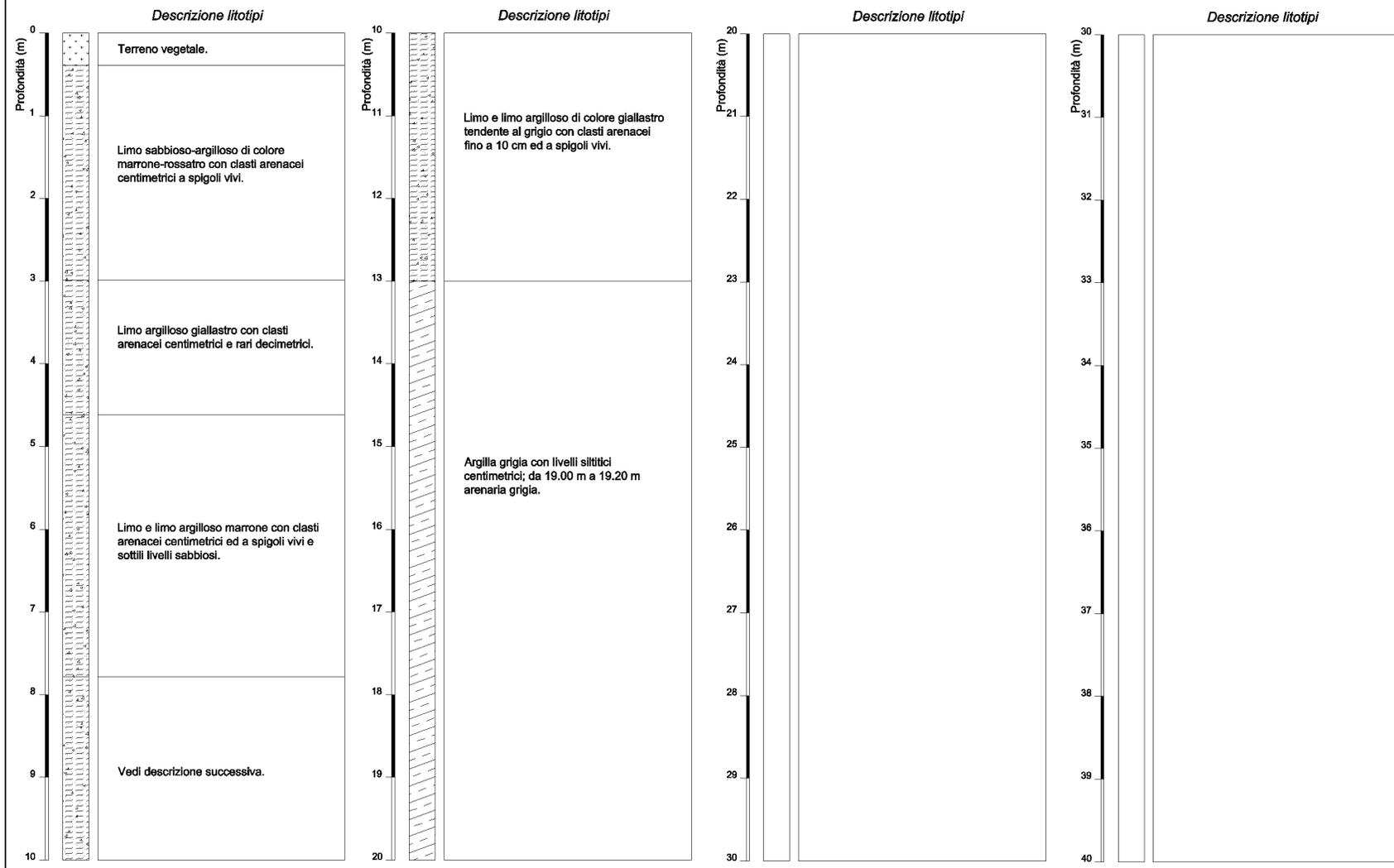
Come già indicato nella premessa, per la stesura della presente relazione geologica, lo scrivente si è basato oltre a dati geologico-tecnici rilevati *ex-novo*, anche di tutti i dati noti dai lavori condotti dai tecnici dott. Ing. Donato Cardano e dott. Geol. Francesco Peduto, consulenti dell'impresa ICAR – Costruzioni Generali S.p.A. In particolare, sono stati considerati tutti i sondaggi geognostici eseguiti dalla ditta S.I.F. – Società Italiana Fondazioni S.r.l., eseguiti nell'ottobre 1997. Di seguito si riportano solo quei sondaggi utilizzati per la caratterizzazione di particolari situazioni geologico-tecniche, soprattutto nelle aree dove si sono manifestati indizi d'instabilità, in cui il contributo delle informazioni stratigrafiche ha consentito di completare il quadro dei dati geologici direttamente rilevati dallo scrivente. La forma grafica in cui detti sondaggi sono riportati è differente dall'originaria, mentre la descrizione dei litotipi è identica. In considerazione della problematicità dell'interpretazione dei dati stratigrafici derivanti da carotaggi continui in formazioni strutturalmente complesse, come quelle in esame, l'interpretazione geologico-tecnica dei litotipi è stata effettuata mediante la verifica incrociata di dette informazioni con quelle derivanti da tutte le altre indagini condotte dallo scrivente.

Rielaborazione grafica del sondaggio a carotaggio continuo **B4**

Ditta esecutrice: S.I.F. Società Italiana Fondazioni S.r.l.

Committente: Impresa ICAR Costruzioni Generali S.p.A. - Velcom S.c.a.r.l.

Ottobre 1997

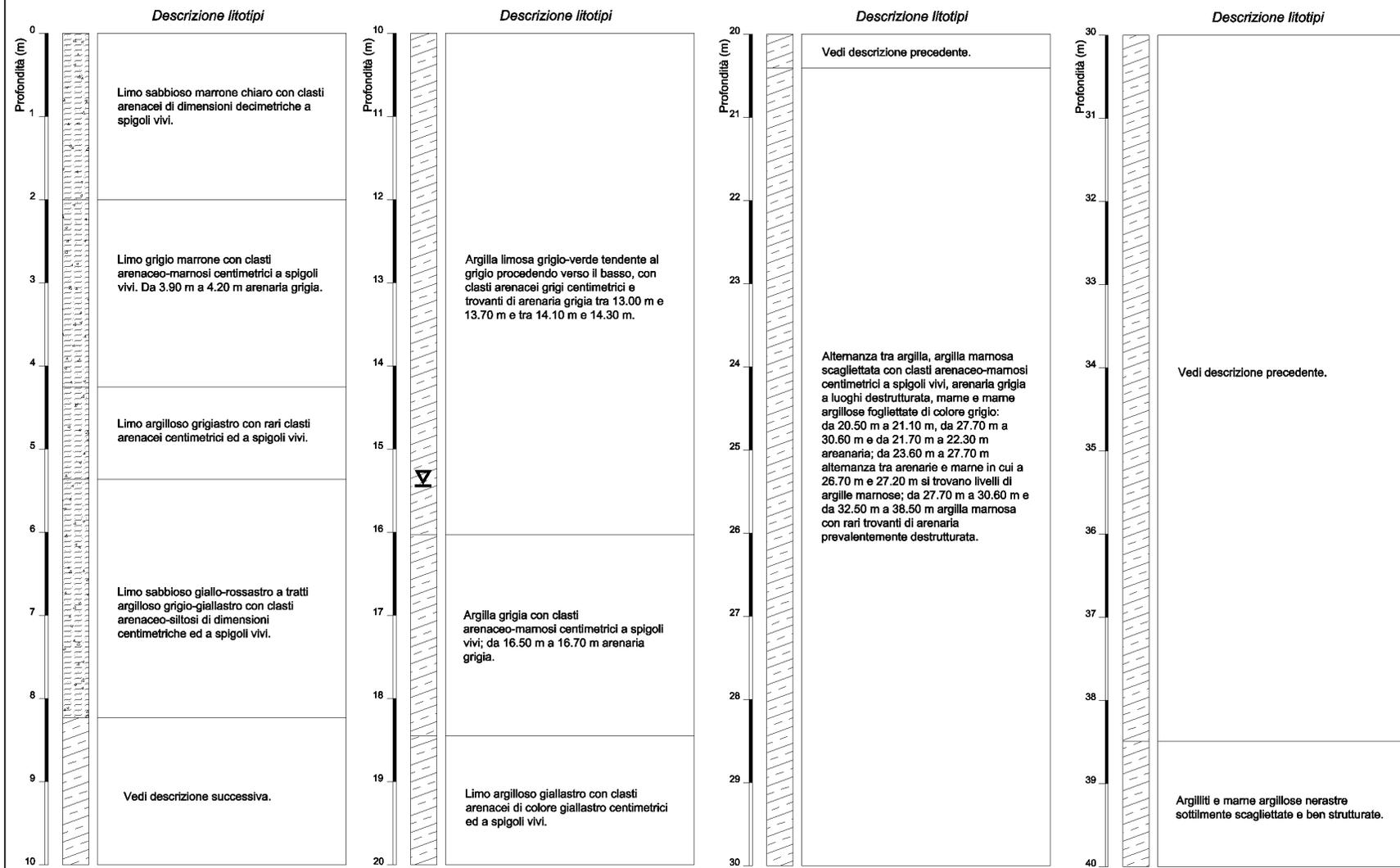


Rielaborazione grafica del sondaggio a carotaggio continuo B21

Ditta esecutrice: S.I.F. Società Italiana Fondazioni S.r.l.

Committente: Impresa ICAR Costruzioni Generali S.p.A. - Velcom S.c.a.r.l.

Ottobre 1997



Rielaborazione grafica del sondaggio a carotaggio continuo B22

Ditta esecutrice: S.I.F. Società Italiana Fondazioni S.r.l.

Committente: Impresa ICAR Costruzioni Generali S.p.A. - Velcom S.c.a.r.l.

Ottobre 1997

