

AUTOSTRADA A14: BOLOGNA-TARANTO  
TRATTA VASTO SUD-TERMOLI

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

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA  
ED IDROGEOLOGICA

-	SEZIONE: <b>GEOLOGIA</b>	ELABORATO N. <b>3.01</b>
---	--------------------------	--------------------------

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

 <p><b>STUDIO GEOTECNICO ITALIANO</b> s.r.l. ingegneria geotecnica-geologia applicata-ingegneria sismica</p>	<p>IL RESPONSABILE Dott. Paolo Mazzoni Ord. Geologi della Regione Toscana N.301</p>																								
	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">CODICE COMMESSA</th> <th>PROGRESSIVO</th> <th>ELABORATO</th> <th colspan="2">EMISSIONE</th> </tr> <tr> <td>0</td><td>7</td><td>6</td><td>2</td><td>2</td><td>-</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>2</td><td>7</td><td>R</td><td>0</td><td>1</td> </tr> <tr> <td>E</td><td>0</td><td>2</td><td colspan="3"></td> </tr> </table>	CODICE COMMESSA		PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE		0	7	6	2	2	-	0	2	7	R	0	1	E	0	2			
CODICE COMMESSA		PROGRESSIVO	ELABORATO	EMISSIONE																					
0	7	6	2	2	-																				
0	2	7	R	0	1																				
E	0	2																							

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

AUTOSTRADE per l'ITALIA S.p.A.  
Roma

A14

BOLOGNA-TARANTO

Tratta Vasto Sud-Termoli

Bretella autostradale in località Petacciato

tra il km 462+340 e il km 463+140

(viadotti Cacchione e Marinella)

Progetto Esecutivo

Relazione geologica, geomorfologica e  
idrogeologica

## I N D I C E

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	2
3.	METODOLOGIA DI LAVORO.....	4
4.	CAMPAGNE DI INDAGINE GEOGNOSTICA.....	7
4.1	Campagna di indagine GEOTEST 1981 .....	7
4.2	Campagna di indagine GEOTEST 1983 .....	9
4.3	Campagna di indagine Autostrade 1991.....	11
4.4	Campagna di indagine 2000-2001 .....	14
5.	QUADRO GEOLOGICO.....	18
5.1	Caratteri tettonici e strutturali .....	18
5.2	Caratteri litostratigrafici .....	19
6.	IDROGEOLOGIA DEL VERSANTE IN FRANA.....	24
6.1	Considerazioni generali.....	24
6.2	Monitoraggio piezometrico .....	25
6.2.1	Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato 1981-1982 .....	25
6.2.2	Dati contenuti nello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro .....	26
6.2.3	Dati di monitoraggio della società Autostrade .....	28
7.	QUADRO GEOMORFOLOGICO.....	29
7.1	Inquadramento generale .....	29
7.2	La frana di Petacciato.....	30
7.2.1	Caratteristiche generali.....	30
7.2.2	Evidenze geomorfologiche della riattivazione del 1991 .....	34
7.2.2.1	Zona dell'abitato di Petacciato .....	34
7.2.2.2	Versante sottostante la falesia-parte alta .....	36
7.2.2.3	Area tra il Colle degli Ulivi ed il torrente Cacchione.....	36
7.2.2.4	Area compresa fra il Colle degli Ulivi ed il Fosso della Torre .....	37
7.2.2.5	Zona di litorale.....	38
7.2.3	Evidenze geomorfologiche della riattivazione del 2009 .....	39
7.2.3.1	Zona dell'abitato di Petacciato .....	39

7.2.3.2	Versante sottostante la falesia-parte alta .....	40
7.2.3.3	Area tra il Fosso Colle degli Ulivi ed il torrente Cacchione .....	41
7.2.3.4	Area compresa fra il Colle degli Ulivi ed il Fosso della Torre .....	41
7.2.3.5	Zona di litorale.....	42
7.2.4	Monitoraggio inclinometrico .....	43
7.2.5	Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato 1981-1982 .....	43
7.2.6	Dati contenuti nello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro .....	44
7.2.7	Dati di monitoraggio della società Autostrade .....	45
8.	RIASSUNTO DEGLI STUDI EFFETTUATI CON OSSERVAZIONI AGGIUNTIVE.....	47
8.1	Riassunto della situazione tettonico-strutturale.....	47
8.2	Riassunto della situazione geologica.....	47
8.3	Riassunto della situazione geomorfologica .....	48
8.4	Riassunto della situazione idrogeologica .....	48
8.5	Tipologia del movimento franoso.....	49
8.5.1	Zona del coronamento .....	49
8.5.2	Parti laterali della frana .....	50
8.5.3	Zona di piede .....	51
8.5.4	Sintesi .....	51
9.	SISMICITA' .....	53
10.	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	55

#### FIGURE:

- 1.1: Ubicazione dell' area in oggetto (scala 1: 200000)
- 3.1: Schema neotettonico (da [Neotectonic Map of Italy, 1983](#))
- 3.2: Schema geologico semplificato
- 3.3: Sezione geologico-strutturale schematica (modificata da [Casnedi et al., 1981](#))
- 3.4: Schema relativo agli spessori dei depositi pleistocenici (da [Casnedi et al., 1981](#))
- 6.1: Distribuzione delle principali frane del litorale adriatico (modificata da [Cancelli et al., 1984](#))
- 6.2: Estensione della frana di Petacciato (CB) – 1: 25000

7.1: Schema di classificazione delle frane secondo [Varnes \(1978\)](#) (da [Carrara et al., 1983](#))

APPENDICI:

- 1: Documentazione fotografica relativa all'evento franoso 1991
- 2: Documentazione fotografica relativa all'evento franoso 2009
- 3: Documentazione dell'opera di sostegno interrata progettata ed eseguita da SPEA/Autostrade a seguito dell'evento franoso del 1979

## 1. INTRODUZIONE

Oggetto della presente relazione è l'inquadramento geologico e geomorfologico dell'ampia area franosa che si sviluppa fra l'abitato di Petacciato e la vicina costa adriatica (**fig.1.1**).

Tale area è interessata da fenomeni franosi di dimensioni considerevoli che negli ultimi 100 anni si sono riattivati con frequenza variabile tra 1 e 5 anni (7 eventi) e tra 10 e 16 anni (4 eventi), provocando ingenti danni materiali all'abitato di Petacciato e alle vie di comunicazione costiere fra cui l'autostrada A14, la ferrovia Ancona-Bari e la Strada Statale16; le riattivazioni più recenti sono quelle del Gennaio 1991, Marzo 1996 e Febbraio 2009.

Tale inquadramento è rilevante ai fini della definizione delle finalità e delle tipologie delle opere costituenti la bretella autostradale a monte dei viadotti Cacchione e Marinella, in progetto, nonché del loro dimensionamento e verifica, sia in condizioni statiche che in condizioni sismiche; l'area in studio si colloca infatti nel Comune di Petacciato (CB) che, in accordo al **Doc.Rif.[13]**, ricade in zona sismica.

La presente relazione si articola come segue:

- Nel capitolo 3 viene brevemente illustrata la metodologia di lavoro.
- Nel capitolo 4 vengono descritte le campagne di indagine geognostica effettuate tra il 1981 ed il 2001, utilizzate per la stesura della presente relazione.
- Nel capitolo 5 viene descritto il quadro geologico di riferimento.
- Nel capitolo 6 viene descritto il quadro idrogeologico di riferimento per il versante in frana, sulla base anche dei dati del monitoraggio piezometrico finora acquisiti.
- Nel capitolo 7 viene descritto il quadro geomorfologico di riferimento, sulla base anche dei dati di monitoraggio inclinometrico finora acquisiti.
- Nel capitolo 8 vengono riassunti i principali risultati conseguiti e riportate alcune osservazioni aggiuntive.
- Nel capitolo 9 vengono forniti elementi inerenti la sismicità dell'area, in accordo a quanto previsto dal **Doc.Rif.[13]**.
- Nel capitolo 10 viene elencata la bibliografia consultata.

## 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella stesura della relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

### Elaborati di progetto 2009

1. Carta e sezioni geologiche (1:5.000 - Riprese e leggermente modificate dallo studio dei Proff. V Cotecchia e G.Melidoro) – **Elaborato: 3.02**
2. Carta geomorfologica (1:5.000 - Ripresa e leggermente modificata dallo studio dei Proff.V Cotecchia e G.Melidoro) – **Elaborato: 3.03**
3. Carta delle evidenze geomorfologiche della riattivazione del movimento franoso del Gennaio 1991 (1:5.000) – **Elaborato: 3.04**
4. Carta delle evidenze geomorfologiche della riattivazione del movimento franoso del Febbraio 2009 (1:5.000) – **Elaborato: 3.05**
5. Planimetria ubicazione indagini geognostiche (1:5.000 - 1:2.500)– **Elaborato: 3.06**
6. Indagini geognostiche in sito – **Elaborato: 3.07**
7. Prove di laboratorio – **Elaborato: 3.08**
8. Letture inclinometriche – **Elaborato: 3.09**
9. Relazione di caratterizzazione geotecnica – **Elaborato: 4.01**
10. Relazione di stabilità del versante in frana – **Elaborato: 4.02**
11. Sezioni geotecniche:
  - Sezioni n.1 n.2 (1:1000 – 1:2500) – **Elaborato: 4.03**
  - Sezioni n.3 n.4 n.5 (1:1000 – 1:2500) – **Elaborato: 4.04**

### Elaborati di contabilità lavori

12. Società Autostrade – Roma - Autostrada Bologna - Canosa, tronco Vasto - Foggia:
  - contabilità lavori lotto n. 16, allegato al libretto delle misure n. 13:
    - dis. n. 106 - fognatura centrale fra le sezioni 220 e 230;
    - dis. n. 107 - fognatura centrale fra le sezioni 236 e 244;
    - dis. n. 114 - diaframma drenante in destra fra le sezioni 219 e 244;
    - dis. n. 115 - diaframma drenante in destra fra le sezioni 258 e 297;
    - dis. n. 123 - sistemazione idraulica della zona compresa tra le sezioni 216 e 244;

- dis. n. 124 - sistemazione idraulica della zona compresa tra le sezioni 259 e 272;
- dis. n. 146 - movimenti di materie dalla sezione 217 alla sezione 230;
- dis. n. 148 - movimenti di materie dalla sezione 233 alla sezione 243;
- contabilità dei Lavori per la protezione della spalla lato Bari del viadotto "Cacchione" alla progressiva km 462+476, 2° SAL al 31-07-1981, tav. n. 1 allega al libretto delle misure m. 1/p.
- contabilità dei lavori per la protezione della spalla lato Bari del viadotto "Cacchione" alla progressiva km 462+476, 4° SAL al 30-11-1981.

### **Norme Tecniche**

13. Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008.



### 3. METODOLOGIA DI LAVORO

Lo studio in oggetto si basa sui risultati di una serie di attività effettuate dallo Studio Geotecnico Italiano (SGI) per conto della società Autostrade nei mesi successivi alla riattivazione del movimento franoso del Gennaio 1991. Tali attività hanno riguardato:

- **Esame bibliografico**

Ricerca e raccolta della bibliografia esistente sulla zona, privilegiando la documentazione a carattere geomorfologico e quanto relativo a notizie storiche sui precedenti episodi franosi dell'area. Su questa base si è potuto ricostruire lo schema dell'assetto tettonico-strutturale dell'area e una prima caratterizzazione geologica e geomorfologica del movimento franoso del Gennaio 1991.

- **Fotointerpretazione geomorfologica**

Esame in stereoscopia, anche con ingranditori, esteso all'integrale copertura dell'area in frana, dei fotogrammi aerei alla scala 1:7500 circa, appositamente eseguiti da Avioriprese (Napoli) con un volo del 5 Luglio 1991.

L'analisi fotointerpretativa è servita a individuare gli elementi geomorfologici più significativi, cercando di evidenziare, ove possibile, quelli legati al movimento franoso del Gennaio 1991.

- **Rilievo geomorfologico di dettaglio**

Rilievo esteso a tutta l'area d'interesse; tale rilievo è stato finalizzato al rilevamento di tutte le evidenze morfologiche relative alla frana riattivata nel Gennaio 1991 e di tutti i danni da essa provocati sui manufatti e sugli edifici; la campagna di rilevamento è stata eseguita nei mesi di Luglio ed Agosto 1991. A causa della forte antropizzazione dell'area, generalmente coltivata in modo intensivo, e del tempo intercorso rispetto alla data del movimento franoso, alcuni dettagli non erano più riconoscibili o separabili con certezza da quelli relativi a movimenti più antichi; si sono quindi integrate le osservazioni raccolte, ove possibile, con quanto deducibile dalla documentazione fotografica prodotta nei mesi di Febbraio-Aprile, durante la permanenza in sito degli scriventi per l'assistenza alla campagna d'indagine geognostica eseguita dalla società Autostrade 1991 (vedi il paragrafo 4.3), raccogliendo inoltre numerose testimonianze dei residenti, spettatori oculari del fenomeno.

- **Esame delle indagini geognostiche disponibili al 1991**

Si fa riferimento alle campagne di indagine geognostica eseguite dalle Ferrovie dello Stato negli anni 1981 e 1983 (vedi i paragrafi 4.1 e 4.2) e dalla società Autostrade nell'anno 1991 (vedi il paragrafo 4.3).

Lo studio è stato quindi integrato sulla base anche:

- Dei risultati delle indagini geotecniche integrative eseguite dalla Regione Molise, dalla società Autostrade e dalle Ferrovie dello Stato negli anni 2000-2001; tali indagini rientrano nell'ambito degli studi commissionati dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della protezione Civile, alla Commissione Tecnico-Scientifica presieduta dai Proff. Vincenzo Cotecchia e Gregorio Melidoro (vedi il paragrafo 4.4).
- I principali risultati degli studi a carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico effettuati dalla suddetta Commissione Tecnico-Scientifica. Si fa in particolare riferimento ai seguenti elaborati:
  - Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza della Regione Molise, Movimenti Franosi nel Comune di Petacciato (Provincia di Campobasso), Studi, Rilevamenti dell'Area in Frana, Indagini e Orientamenti Progettuali – Studi, Rilevamenti dell'Area In Frana e Indagini (Giugno 2002):
    - All.00 – Relazione Generale
    - All.02/a – Carta Geologica e Geomorfologica
    - All.02/b – Andamento Livelli Piezometrici nel versante in Frana
    - All.02/f – Deformate Inclino metriche
    - All.04 – Stratigrafie dei Sondaggi Geognostici (Regione Molise)
    - All.07 – Rilievi Inclino metrici e Piezometrici
    - All.11 – Relazione Geotecnica
    - All.12 – Relazione sulle Verifiche di Stabilità.

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

- I risultati del monitoraggio geotecnico (piezometrico e inclinometrico) della società Autostrade disponibili a Luglio 2008.

- Delle evidenze della recente riattivazione dei movimenti gravitativi profondi risalente al mese di Febbraio 2009.

#### 4. CAMPAGNE DI INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area in oggetto sono state eseguite, a partire dal 1981 fino al 2001, le seguenti quattro campagne di indagini.

##### 4.1 Campagna di indagine GEOTEST 1981

La prima campagna di indagine risale al 1981; essa è stata eseguita da GEOTEST (Roma) per conto delle Ferrovie dello Stato, a seguito dell'evento franoso del 1979. Tale campagna è stata così articolata (vedi anche la **tab.2.1**):

- N. 6 sondaggi (A, C, D, F, G, I) a carotaggio continuo spinti fino a 40 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio; i sondaggi sono stati attrezzati con tubi inclinometrici.
- N. 3 sondaggi (B, E, H) a distruzione di nucleo spinti fino a 30 m di profondità; nei sondaggi sono state effettuate prove di permeabilità tipo Lefranc e prove dilatometriche; i sondaggi sono stati attrezzati con piezometri tipo Casagrande.

I certificati relativi ai sondaggi e alle prove in sito, recuperati e utilizzati in questa sede, sono riportati nel [Doc.Rif.\[5\]](#).

Come rilevabile dalla Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche ([Doc.Rif.\[5\]](#)) tale indagine è stata eseguita al piede del versante, a cavallo della linea ferroviaria.

Tabella 2.1: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine GEOTEST 1981

Sigla	Quota (m s.l.m.)	Tipo	D (m)	C.I.	Prove dilatometriche	Prove di permeabilità	Strumentazione
A	10.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
C	12.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
D	10.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
F	12.5 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
G	13.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
I	15.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	Inclinometro (40 m)
B	11.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	30,0	-	4	4 <sup>(2)</sup>	C.P.C. (15m e 30m)
E	13.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	30,0	-	4	4 <sup>(2)</sup>	C.P.C. (15m e 30m)
H	15.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	30,0	-	4	4 <sup>(2)</sup>	C.P.C. (15m e 30m)

C.C.= perforazione a carotaggio continuo  
D.N.= perforazione a distruzione di nucleo  
D = profondità in metri da piano campagna  
C.I. = n. di campioni indisturbati  
C.P.C.= cella piezometrica Casagrande (profondità cella da p.c.)  
<sup>(1)</sup> Prove di laboratorio non disponibili  
<sup>(2)</sup> Tipo Lefranc  
<sup>(3)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata può avere approssimazioni dell'ordine di 0.5 m (sondaggi che ricadono nelle aree coperte dal rilievo topografico e aereofotogrammetrico)

## 4.2 Campagna di indagine GEOTEST 1983

La seconda campagna di indagine è del 1983; essa è stata eseguita da GEOTEST (Roma) per conto delle Ferrovie dello Stato. Tale campagna è stata così articolata (vedi anche la **tab.2.2**):

- N. 18 sondaggi (1A→6A, 1B→6B, 1C→6C) a carotaggio continuo spinti fino a 40 m÷60 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi 1B→6B sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installati piezometri tipo Casagrande; i sondaggi 1A→6A e 1C→6C sono stati attrezzati con tubi inclinometrici.

I certificati relativi ai sondaggi, recuperati e utilizzati in questa sede, sono riportati nel [Doc.Rif.\[5\]](#).

Come rilevabile dalla Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche ([Doc.Rif.\[5\]](#)) tale indagine è stata eseguita al piede del versante, a cavallo della linea ferroviaria.

Tabella 2.2: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine GEOTEST 1983

Sigla	Quota (m s.l.m.)	Tipo	D (m)	C.I.	C.R.	Prove di permeabilità	Strumentazione
1A	8.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
2A	16.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
3A	14.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
4A	13.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
5A	13.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
6A	12.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
1B	11.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (9 m e 39 m)
2B	15.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (15 m e 39 m)
3B	6.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (15 m e 39 m)
4B	9.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (10 m e 39 m)
5B	6.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (15 m e 39 m)
6B	19.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	4 <sup>(1)</sup>	-	-	C.P.C. (15 m e 39 m)
1C	12.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)
2C	15.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)
3C	7.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)
4C	10.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)
5C	5.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)
6C	19.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	40,0	-	-	-	Inclinometro (40 m)

C.C. = perforazione a carotaggio continuo

D.N. = perforazione a distruzione di nucleo

D = profondità in metri da piano campagna

C.I. = n. di campioni indisturbati

C.R. = n. di campioni rimaneggiati

C.P.C. = cella piezometrica Casagrande (profondità cella da p.c.)

<sup>(1)</sup> Prove di laboratorio non disponibili

<sup>(2)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata può avere approssimazioni dell'ordine di 0.5 m (sondaggi che ricadono nelle aree coperte dal rilievo topografico e aereofotogrammetrico)

### 4.3 Campagna di indagine Autostrade 1991

La terza campagna di indagine è del 1991; essa è stata eseguita da SIPES (Pescara) (sondaggi) e da ISMES (Bergamo) (prove penetrometriche statiche) per conto della società Autostrade a seguito dell'evento franoso del Gennaio 1991. Tale campagna è stata così articolata (vedi anche le **tabb.2.3** e **2.4**):

- N. 8 sondaggi (S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8) a carotaggio continuo spinti fino a 60 m=100 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installati tubi inclinometrici o piezometri elettropneumatici.
- N. 7 sondaggi (S2bis, S3bis, S4bis, S5bis, S6bis, S7bis, S8bis) a distruzione di nucleo spinti fino a 60 m=80 m di profondità dal p.c. nell'ambito dei quali sono stati installati piezometri elettropneumatici e tubi inclinometrici.
- N. 2 prove penetrometriche statiche con misura anche delle pressioni interstiziali (CPTU01 e CPTU02) spinte fino a circa 35 m dal p.c..

Sui campioni indisturbati prelevati nei sondaggi sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Prove di classificazione (composizione granulometrica, peso di volume naturale, contenuto d'acqua naturale, limiti di Atterberg, ecc.).
- Prove edometriche a incremento di carico (ED-IL); tali prove, condotte secondo la procedura ad incrementi di carico finiti e permanenti per opportuni intervalli di tempo, hanno comportato una fase iniziale seguita con specifica accuratezza in modo da ottenere una buona definizione della spinta di rigonfiamento sviluppata dai provini all'aggiunta d'acqua.
- Prove triassiali non consolidate non drenate (TX-UU).
- Prove triassiali consolidate isotropicamente, non drenate, in condizioni di carico di compressione(TC-CIU-C); la fase di carico in condizioni non drenate è stata condotta a velocità di deformazione imposta bassa.
- Prove triassiali consolidate isotropicamente, drenate, in condizioni di carico di compressione(TC-CID-C); la fase di carico è stata condotta con velocità di deformazione imposte ancora più lente, per consentire la completa dissipazione delle pressioni interstiziali, e con rilevazione delle variazioni volumetriche.



- Prove di taglio diretto con determinazione anche della resistenza residua (TD e TD-res); le prove TD-res sono state a volte ripetute sui provini portati a completa disgiunzione e quindi ricomposti; le corse di taglio aggiuntive sono state realizzate analogamente alla prima, rispettando la direzione ed il verso della deformazione.
- Prove di taglio anulare su provini ricostituiti (TD-an) con apparecchi tipo Bromhead); come prescritto, dai campioni è stata selezionata una sufficiente porzione operando con passaggi al vaglio n. 40 USA ASTM (luce netta 0.42 mm); le prove sono state condotte fino a raggiungere deformazioni relative molto elevate.

I certificati relativi ai sondaggi e alle prove penetrometriche statiche, nonché quelli delle prove di laboratorio, sono riportati nei [Doc.Rif.\[5\]](#) e [Doc.Rif.\[7\]](#).

Come rilevabile dalla Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche ([Doc.Rif.\[5\]](#)) tale indagine è stata eseguita al piede del versante nelle immediate vicinanze dell'autostrada.

**Tabella 2.3: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine Autostrade 1991**

Sigla	Quota (m s.l.m.)	Tipo	D (m)	C.I.	C.R.	Prove di permeabilità	Strumentazione
S1	+18.99	C.C.	61,0	9	-	-	Inclinometro (61 m)
S2	+22.59	C.C.	81,0	12	-	-	Inclinometro (81 m)
S2bis	+22.59	D.N.	71,0	-	-	-	P.E.(20m; 40m; 65m)
S3	+15.65	C.C.	81,0	10	-	-	Inclinometro (80.4 m)
S3bis	+15.65	D.N.	81,0	-	-	-	P.E.(10m; 35m; 80m)
S4	+18.70	C.C.	60,0	7	-	-	P.E.(15m; 27.5m; 45m)
S4bis	+18.70	D.N.	60,0	-	-	-	Inclinometro (59.5 m)
S5	+17.41	C.C.	61,0	6	-	-	Inclinometro (61 m)
S5bis	+17.41	C.C.	58,0	-	-	-	P.E.(12.5m; 25m; 55m)
S6	+14.73	C.C.	101,0	10	-	-	Inclinometro (101 m)
S6bis	+14.73	C.C.	79,0	-	-	-	P.E.(34m; 50m; 75m)
S7	+17.72	C.C.	60.5	10	-	-	Inclinometro (58.8 m)
S7bis	+17.72	C.C.	63,0	-	-	-	P.E.(14m; 45m; 60m)
S8	+13.33	C.C.	50,0	8	-	-	Inclinometro (50 m)
S8bis	+13.33	C.C.	45,0	-	-	-	P.E.(5m; 20m; 40m)

C.C. = perforazione a carotaggio continuo  
D.N. = perforazione a distruzione di nucleo  
D = profondità in metri da piano campagna  
C. I.= n. di campioni indisturbati  
C.R. = n. di campioni rimaneggiati  
P.E. = piezometri elettropneumatici (profondità cella da p.c.)

**Tabella 2.4: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine Autostrade 1991**

Sigla	Quota (m s.l.m.)	D (m)	Prove di dissipazione
CPTU01	17.5 <sup>(1)</sup>	36.2	a 4.15m e 25.5m da p.c.
CPTU02	15.5 <sup>(1)</sup>	35.0	a 17.33m, 25.67 e 34.94m da p.c.

<sup>(1)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata può avere approssimazioni dell'ordine di 0.5 m (prova che ricade in un'area coperta dal rilievo topografico e aereofotogrammetrico)

#### 4.4 Campagna di indagine 2000-2001

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

La campagna di indagine Autostrade, effettuata da GEOTRIVELL (Teramo), è stata così articolata (vedi anche la **tab.2.5**):

- N. 7 sondaggi (AI1, AI2, AI4, AI5, AI7, AI9, AI10) a carotaggio continuo spinti fino a 60 m÷120 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installati tubi inclinometrici.
- N. 3 sondaggi (AP3, AP6, AP8) a carotaggio continuo spinti fino a 40 m÷90 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installati piezometri elettrici.

La campagna di indagine della Regione Molise, effettuata da GEOTRIVELL (Teramo), è stata così articolata (vedi anche la **tab.2.6**):

- N. 8 sondaggi (SC1, SC2, SC5, SC7, SC8, SC9, SC17, SC18) a carotaggio continuo spinti fino a 70 m÷200 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati e rimaneggiati per prove geotecniche di laboratorio ed installati tubi inclinometrici.
- N. 12 sondaggi (SCP1, SCP2, SCP3, SC3, SC4, SC6, SC10, SC11, SC12, SC13, SC14, SC15, SC16) a carotaggio continuo spinti fino a 50 m÷150 m di profondità dal p.c.; nei sondaggi sono stati prelevati campioni indisturbati per prove geotecniche di laboratorio ed installati piezometri elettrici (SC3, SC4, SC6, SC10, SC11, SC12), tipo Casagrande (SC13) e a tubo aperto (SC14); in alcuni fori di sondaggio sono stati installati sia piezometri a tubo aperto che piezometri Casagrande (SCP1, SCP2 e SCP3).

Tabella 3.5: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine Autostrade 2000-2001

Sigla	Quota (m s.l.m.)	Tipo	D (m)	C.I.	C.R.	Prove di permeabilità	Strumentazione
AI1	11.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	70,0	1	-	-	Inclinometro (70 m)
AI2	15.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	100,0	2	-	3 <sup>(2)</sup>	Inclinometro (100 m)
AP3	11.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	40,0	1	-	-	P.E.(18m; 35m)
AI4	10.0 <sup>(3)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	Inclinometro (60 m)
AI5	35.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	120,0	3	-	3 <sup>(2)</sup>	Inclinometro(120 m)
AP6	24.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	90,0	1	-	-	P.E.(37m; 35m; 82m)
AI7	28.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	70,0	1	-	-	Inclinometro (70 m)
AP8	15.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	40,0	1	-	-	P.E. (20m)
AI9	14.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	100,0	-	-	-	Inclinometro (100 m)
AI10	17.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	100,0	-	-	-	Inclinometro (100 m)

C.C. = perforazione a carotaggio continuo  
D.N. = perforazione a distruzione di nucleo  
D = profondità in metri da piano campagna  
C.I. = n. di campioni indisturbati  
C.R. = n. di campioni rimaneggiati  
P.E. = piezometri elettrici (profondità cella da p.c.)

<sup>(1)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; le quote riportate possono avere approssimazioni dell'ordine di 0.5 m (prove che ricadono nelle aree coperte dal rilievo topografico e aereofotogrammetrico)

<sup>(2)</sup> Tipo Lugeon

<sup>(3)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata (coperta solo dalla base cartografica della Carta Tecnica Regionale) è molto approssimativa e, nel caso specifico, può avere un'approssimazione di 3-4 m.

Tabella 3.6: Riepilogo sondaggi stratigrafici dell'indagine Regione Molise 2000-2001

Sigla	Quota (m s.l.m.)	Tipo	D (m)	C.I.	C.R.	Prove di permeabilità	Strumentazione
SCP1	217.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	50,0	1 <sup>(5)</sup>	-	-	C.P.C. (49.5m) T.A. (0m→38m)
SCP2	211.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	50,0	1 <sup>(5)</sup>	2 <sup>(5)</sup>	-	C.P.C. (49.5m) T.A. (0m→30m)
SCP3	191.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	50,0	1 <sup>(5)</sup>	9 <sup>(5)</sup>	-	C.P.C. (50m) T.A. (0m→20m)
SC1	61.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	100,0	7 <sup>(5)</sup>	6 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(3)</sup>	Inclinometro (100 m)
SC2	83.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	202,0	12 <sup>(5)</sup>	13	3 <sup>(3)</sup> ; 3 <sup>(4)</sup>	Inclinometro(202 m)
SC3	79.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	150,0	10	9 <sup>(5)</sup>	1 <sup>(3)</sup> ; 2 <sup>(4)</sup>	P.E.(16m; 53m; 94m)
SC4	104.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	130,0	7 <sup>(5)</sup>	12	2 <sup>(3)</sup> ; 2 <sup>(4)</sup>	P.E. (16m; 59.3m;115.5m)
SC5	85.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	152,0	7	1 <sup>(5)</sup>	3 <sup>(3)</sup> ; 3 <sup>(4)</sup>	Inclinometro (152 m)
SC6	127 <sup>(2)</sup>	C.C.	150,0	8 <sup>(5)</sup>	9 <sup>(5)</sup>	-	P.E. (28.5m; 64.5m; 119m)
SC7	94.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	80,0	3 <sup>(5)</sup>	2 <sup>(5)</sup>	-	Inclinometro (80 m)
SC8	16.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	80,0	-	-	-	Inclinometro a sonde fisse (18m, 34m, 46m, 65m)
SC9	171.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	80,0	2 <sup>(5)</sup>	6 <sup>(5)</sup>	-	Inclinometro (80 m)
SC10	172.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	50,0	1 <sup>(5)</sup>	-	-	P.E. (33m)
SC11	51.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	60,0	2 <sup>(5)</sup>	4 <sup>(5)</sup>	-	P.E. (21m; 55m)
SC12	150.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	60,0	2 <sup>(5)</sup>	5 <sup>(5)</sup>	-	P.E. (27m; 45m)
SC13	110.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	60,0	2 <sup>(5)</sup>	-	-	P.E. (25m; 60m)
SC14	97.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	60,0	-	-	-	T.A. (30m→60m)
SC15	93.0 <sup>(1)</sup>	C.C.	50,0	-	-	-	P.E. (49m) T.A. (0m→20m)
SC16	23.5 <sup>(1)</sup>	C.C.	100,0	1 <sup>(5)</sup>	2 <sup>(5)</sup>	-	P.E. (5m) T.A. (40m→80m)
SC17	3.5 <sup>(2)</sup>	C.C.	70,0	-	-	-	Inclinometro (70 m)
SC18	4.0 <sup>(2)</sup>	C.C.	70,0	-	-	-	Inclinometro (70 m)

C.C. = perforazione a carotaggio continuo

D.N. = perforazione a distruzione di nucleo

D = profondità in metri da piano campagna

C.I. = n. di campioni indisturbati

C.R. = n. di campioni rimaneggiati

P.E. = piezometri elettrici (profondità cella da p.c.)

C.P.C. = cella piezometrica Casagrande (profondità cella da p.c.); T.A. = tubo aperto (tratto finestrato)

<sup>(1)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata può avere approssimazioni dell'ordine di 0.5 m (sondaggi che ricadono nelle aree coperte dal rilievo topografico e aereofotogrammetrico)

<sup>(2)</sup> Quota non rilevata, stimata dalla Planimetria ubicazione indagini; la quota riportata può avere approssimazioni dell'ordine di 2.5 m (sondaggi che ricadono nelle aree coperte solo dalla base cartografica della Carta Tecnica Regionale)

<sup>(3)</sup> Tipo Lugeon

<sup>(4)</sup> Tipo Lefranc

<sup>(5)</sup> Prove di laboratorio non disponibili

Sui campioni indisturbati prelevati nei sondaggi sono state effettuate le seguenti prove di laboratorio:

- Prove di classificazione (composizione granulometrica, peso di volume naturale, contenuto d'acqua naturale, limiti di Atterberg, ecc.);
- Prove edometriche ad incremento di carico (ED-IL);
- Prove triassiali non consolidate non drenate (TX-UU);
- Prove triassiali consolidate isotropicamente, non drenate, in condizioni di carico di compressione(TC-CIU-C);
- Prove triassiali consolidate isotropicamente, drenate, in condizioni di carico di compressione(TC-CID-C);
- Prove di taglio diretto con determinazione anche della resistenza residua (TD e TD-res).

I certificati relativi ai sondaggi, alle prove in sito e di laboratorio, recuperati e utilizzati in questa sede, sono riportati nei [Doc.Rif.\[5\]](#) e [Doc.Rif.\[7\]](#).

Come rilevabile dalla Planimetria Ubicazione Indagini Geognostiche ([Doc.Rif.\[5\]](#)) tale indagine riguarda l'intero versante, ovvero tutta l'area compresa tra Petacciato e la costa.

## 5. QUADRO GEOLOGICO

### 5.1 Caratteri tettonici e strutturali

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

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

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

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

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

Nel Quaternario, il prodursi di un'ulteriore serie di faglie dirette con orientamento N-S o NO-SE origina nuove depressioni tettoniche; la forte subsidenza,

caratteristica di queste fosse, permette l'accumulo di una notevole quantità di sedimenti, che sono prevalentemente di età pleistocenica.

Nella **fig. 3.1** è riportato lo schema neotettonico dell'area; si può osservare come la zona in frana sia delimitata a Sud da una linea di sovrascorrimento con direzione approssimativa N-S e con vergenza NE. Questa linea divide una zona più meridionale, caratterizzata da faglie normali con modesti rigetti sia negativi sia positivi per ragioni di equilibrio isostatico, da una zona più settentrionale con abbassamenti più consistenti e recenti, seguiti da sollevamenti che hanno portato le formazioni di deposito marino, d'ambiente litorale, del periodo Calabriano, agli attuali 200 metri d'altezza circa sul livello del mare.

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

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

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

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

## **5.2 Caratteri litostratigrafici**

L'attuale assetto lito-stratigrafico dell'area si può considerare suddivisibile in zone orientate approssimativamente in forma parallela alla costa. La **fig.3.2** riporta uno schema semplificato, che descrive sinteticamente l'attuale distribuzione di tali elementi.

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



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

In **fig. 3.3** è visibile una correlazione stratigrafica a grande scala dei termini litologici più recenti sulla base delle stratigrafie di alcuni pozzi per idrocarburi perforati da AGIP e Montedison negli ultimi decenni, la quale spiega in dettaglio i rapporti stratigrafici fra le varie unità e definisce i loro spessori. In particolare, nella **fig. 3.4** è osservabile uno schema relativo ai depositi pleistocenici, da cui si evince che, nell'area in oggetto, i loro spessori sono compresi fra i 250 m e 500 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- a ridosso dell'asse autostradale, i terreni sono formati esclusivamente dalle argille azzurre pleistoceniche, con intercalati sottili veli e/o livelletti di limo sabbioso e di sabbie fini;
- in genere, tali argille hanno andamento monoclinale, con debole inclinazione verso NE. In alcuni tratti l'andamento monoclinale appare disturbato e si può assistere anche a una verticalizzazione della stratificazione, molto probabilmente per motivi post-deposizionali, in conseguenza di traslazioni verso valle del materiale (vedi anche il capitolo 7);
- le zone con evidenze di deformazione post-deposizionale sono in corrispondenza di intervalli di profondità che tendono a ripetersi: circa 15-20 m da p.c., circa 30÷40 m da p.c. e circa 65-75 m da p.c.. Queste zone coincidono spesso con livelli a maggior concentrazione di veli sabbiosi, con presenza di acqua in pressione (vedi il capitolo 6).

## 6. IDROGEOLOGIA DEL VERSANTE IN FRANA

### 6.1 Considerazioni generali

L'idrogeologia del versante in frana risulta abbastanza articolata e complessa. Sulla base di quanto riportato nell'Allegato 00 e nell'Allegato 02/b dello studio già citato dei [Proff. V.Cotecchia e G.Melidoro](#), possono essere rinvenute falde freatiche superficiali e falde confinate in pressione profonde.

Le falde freatiche superficiali sono ospitate nei vari corpi di frana più superficiali, costituiti da terreni sabbioso-conglomeratici dislocati a blocchi o rimaneggiati, dalle argille grigie o avana disgregate e dalla coltre eluvio-colluviale. I livelli piezometrici di tali acquiferi sono influenzati dai vari sottobacini di frana e non correlabili tra loro, per cui non è corretto tracciare le isopieze dell'intero versante.

Le falde in pressione sono confinate negli interstrati di sabbia presenti nelle argille grigie oppure in zone disturbate da movimenti gravitativi profondi. Si rileva quanto segue:

- Come indicato nell'Allegato 00 dello studio sopra citato (vedi anche quanto descritto nel paragrafo 6.2.2) i livelli piezometrici registrati in alcuni sondaggi della campagna di indagine 2000-2001 sono risultati anche 5÷10 m superiori al p.c.; nello stesso documento è riportato che nel sondaggio F11 eseguito dalle Ferrovie dello stato nell'ambito della campagna di indagine 2000-2001 si è registrato una fuoriuscita d'acqua per alcuni mesi estivi (luglio e agosto) sul p.c., con portata modesta, ma costante di 0.81 l/min.
- Analoghi riscontri, relativi a livelli di falda superiori al p.c., sono stati osservati nei piezometri installati nella campagna di indagine 1991 (vedi quanto dettagliato nel paragrafo 6.2.3); nel corso dell'esecuzione del sondaggio S3, una volta raggiunta la profondità di 79 m, è stata rilevata una lama d'acqua con un'elevata pressione e con una consistente ricarica. Dai tubi inclinometrici S6, S8 e A15 continua ancora la fuoriuscita d'acqua dopo diversi anni dalla data di installazione.
- Sulla base dei dati a disposizione la zona maggiormente interessata dalla presenza di falde artesiane profonde è quella al piede del versante tra il Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) e il Fosso dei Lupi.

## 6.2 Monitoraggio piezometrico

In questo paragrafo vengono riassunti i dati del monitoraggio piezometrico resi disponibili allo scrivente studio. I dati sono presentati e discussi nel seguente ordine:

- Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato nelle verticali della campagna d'indagine 1981, aggiornati al 1982;
- Dati di monitoraggio riportati nello studio effettuato dai [Proff. V.Cotecchia e G.Melidoro](#), per conto della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza della Regione Molise, aggiornati al 2002;
- Dati di monitoraggio rilevati dalla società Autostrade nelle verticali di indagine 1991 e 2000-2001.

### 6.2.1 **Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato 1981-1982**

Nei sondaggi B, E e H, attrezzati con piezometri tipo Casagrande (vedi la **tab.3.1** e il [Doc.Rif.\[5\]](#)), sono disponibili le letture piezometriche riportate nella **tab.5.1**.

Si può osservare che in un periodo di tempo dell'ordine di qualche mese le celle piezometriche tipo Casagrande hanno fornito valori dei livelli piezometrici prossimi al p.c. o addirittura superiori.

**Tabella 5.1: Letture piezometriche disponibili nei sondaggi B, E e H della campagna d'indagine 1981**

Data	Sondaggio B Livello piezometrico da p.c. (m)		Sondaggio E Livello piezometrico da p.c. (m)		Sondaggio H Livello piezometrico da p.c. (m)	
	Cella a 15m	Cella a 30m	Cella a 15m	Cella a 30m	Cella a 15m	Cella a 30m
31/7/81	-8.3	-8.46	-12.2	-11.93	-5.63	-5.58
28/8/81	-4.7	-4.4	-7.5	-6.95	-2.8	-2.64
19/9/81	-1.49	-1.23	-5.79	-5.25	-2.43	-2.38
22/10/81	-1.45	-1.30	-5.7	-5.1	-2.7	-2.52
18/12/81	0	+0.05	-5.2	-4.63	-1.7	-1.56
8/1/82	+0.05	+0.11	-5.2	-4.63	-1.58	-1.45
9/2/82	+0.01	+0.11	-5.11	-4.48	-1.58	-1.45

Nota: il segno + indica livelli piezometrici al di sopra del p.c.

### 6.2.2 Dati contenuti nello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro

I dati contenuti nell'Allegato 07 dello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro sono quelli dei piezometri installati nei fori di sondaggio eseguiti per conto della Regione Molise (vedi la **tab.3.6** e il [Doc.Rif.\[5\]](#)); tali dati si riferiscono a un periodo di tempo di circa 1 anno (Luglio 2000-Giugno 2001). Nella **tab.5.2** si riportano i livelli piezometrici massimi rilevati.

I dati riportati in **tab.5.2** indicano che nella parte bassa del versante i livelli piezometrici possono risultare prossimi al p.c.; nel sondaggio SC6 i livelli piezometrici misurati nei due piezometri più profondi sono significativamente superiori al p.c..

**Tabella 5.2: Livelli di falda massimi nel periodo Luglio 2000-Giugno 2001 rilevati nei sondaggi eseguiti per conto della Regione Molise**

Sondaggio	Livello piezometrico dal p.c. (m)		
SCP1	C.P.C. (49.5m)	T.A. (0m→38m)	-
	5/7/00-13/6/01; -40.2	5/7/00-13/6/01; -31.2	-
SCP2	C.P.C. (49.5m)	T.A. (0m→30m)	-
	5/7/00-13/6/01; -23.2	5/7/00-13/6/01; -22.3	-
SCP3	C.P.C. (50m)	T.A. (0m→20m)	-
	5/7/00-13/6/01; -29.6	5/7/00-13/6/01; -22.7	-
SC3	P.E. (16m)	P.E. (53m)	P.E. (94m)
	4/8/00-11/7/01; -6.7	6/7/00-13/6/01; -1.5	6/7/00-13/6/01; -0.4
SC4	P.E. (16m)	P.E. (59.3m)	P.E. (115.5m)
	6/7/00-13/6/01; -13.1	6/7/00-13/6/01; -12.2	6/7/00-13/6/01; -9.4
SC6	P.E. (28.5m)	P.E. (64.5m)	P.E. (119m)
	6/7/00-13/6/01; -17.9	6/7/00-13/6/01; +6.9	6/7/00-13/6/01; +8.1
SC10	P.E. (33m)	-	-
	6/7/00-13/6/01; -3.4	-	-
SC11	P.E. (21m)	P.E. (55m)	-
	6/7/00-13/6/01; -5.4	6/7/00-13/6/01; -1	-
SC12	P.E. (27m)	P.E. (45m)	-
	6/7/00-13/6/01; -10.5	6/7/00-13/6/01; -16	-
SC13	C.P.C. (25m)	C.P.C. (45m)	-
	5/7/00-13/6/01; -2.5	5/7/00-13/6/01; -0.8	-
SC14	T.A. (30m→60m)	-	-
	7/8/00-11/7/01; -15.6	-	-
SC15	P.E. (49m)	T.A. (0m→20m)	-
	6/7/00-13/6/01; -14.3	6/7/00-13/6/01; -10.1	-
<p>C.P.C. = cella piezometrica Casagrande (profondità da p.c.)  P.E. = piezometri elettrici (profondità da p.c.)  T.A. (tratto finestrato)  Note:  <ul style="list-style-type: none"> <li>il segno + indica livelli piezometrici al di sopra del p.c.</li> <li>non sono disponibili i dati ai piezometri in SC16</li> </ul> </p>			



### 6.2.3 Dati di monitoraggio della società Autostrade

Nelle verticali piezometriche della campagna di indagine 1991 (vedi la **tab.3.3** e il **Doc.Rif.[5]**) sono disponibili i dati riportati nella **tab.5.3**.

I dati riportati in **tab.5.3** indicano che nella parte bassa del versante i livelli piezometrici sono prossimi o addirittura significativamente superiori al p.c..

**Tabella 5.3: Livelli di falda massimi rilevati nel 1996 nei sondaggi eseguiti nell'ambito della campagna di indagine 1991**

Sondaggio	Livello piezometrico dal p.c. (m)		
S2bis	P.E. (20m)	-	-
	8/3/96-20/3/96; +0.7	-	-
S3bis	P.E. (10m)	P.E. (35m)	P.E. (80m)
	8/3/96; -4	8/3/96; -20.9 (?)	8/3/96; +3.4
S4	P.E. (15m)	P.E. (27.5m)	-
	8/3/96-20/4/96; -1.5	8/3/96-20/4/96; -24.7 (?)	-
	22/2/01-25/7/01; +0.75	22/2/01-25/7/01; -20.75 (?)	-
S5bis	P.E. (12.5m)	P.E. (25m)	P.E. (55m)
	8/3/96-20/3/96; -5.5	8/3/96-20/3/96; -1.4	8/3/96-20/3/96; +8.1
	22/2/01-25/7/01; -7.7	22/2/01-25/7/01; -1.5	-
S6bis	P.E. (34m)	P.E. (50m)	P.E. (75m)
	8/3/96-20/3/96; +3.8	8/3/96-20/3/96; +3	8/3/96-20/3/96; +9.1
	22/2/01-25/7/01; +10.1	-	-
S7bis	P.E. (14m)	P.E. (45m)	P.E. (60m)
	8/3/96-20/3/96; +1.3	8/3/96-20/3/96; +0.2	8/3/96-20/3/96; +3.6
	22/2/01-25/7/01; +2.6	22/2/01-25/7/01; +0.6	22/2/01-25/7/01; +2.9
S8bis	P.E. (5m)	P.E. (20m)	P.E. (40m)
	8/3/96-20/3/96; +0.2	8/3/96-20/3/96; +2.6	8/3/96-20/3/96; +3.4
	22/2/01-25/7/01; +0.65	22/2/01-25/7/01; +8.5	22/2/01-25/7/01; +16.5 (?)
P.E. = piezometri elettrici (profondità da p.c.)			
Nota: il segno + indica livelli piezometrici al di sopra del p.c.			

## 7. QUADRO GEOMORFOLOGICO

### 7.1 Inquadramento generale

La costa adriatica compresa fra Pesaro e Termoli è interessata da numerosi fenomeni franosi, alcuni dei quali di notevole estensione e con periodica riattivazione. Su una lunghezza di circa 270 km si riconoscono infatti almeno una dozzina di fenomeni franosi di notevoli dimensioni, la cui esistenza è documentata storicamente a partire dal 1500. Tali fenomeni franosi presentano aspetti geologici, geometrici, cinematici e di legame con fattori climatici comuni e possono essere ricondotti, in senso generale, a una comune modellistica di riferimento (Cancelli et al., 1984; Esu & Grisolia, 1991; Guerricchio et al., 1994; Gori & Mezzabotta, 1995; Guerricchio & Melidoro, 1996; Melidoro & Mezzabotta, 1996).

La morfologia costiera, dominata dalla presenza della catena appenninica che si sviluppa parallelamente al litorale, è caratterizzata dalla presenza di un gradino morfologico continuo su tutta la costa, un'antica falesia fossile che testimonia di una passata linea di costa modificata dai successivi eventi geologici. La falesia è formata da sedimenti poco cementati, che ricoprono argille azzurre sovraconsolidate, entrambi di età plio-pleistocenica; a volte essa è strapiombante sul mare, a volte (come nel caso della zona di Petacciato), arretrata nell'entroterra di circa 1-2 km.

La rottura che genera i fenomeni franosi si sviluppa generalmente all'interno dei depositi argillosi, per poi interessare i soprastanti sedimenti sabbioso-arenacei: le più macroscopiche conseguenze di questi fenomeni sono l'arretramento della falesia e l'evoluzione della linea di costa; il materiale franato è la principale fonte di apporto naturale di materiale ai litorali, poichè viene facilmente mobilizzato e distribuito lungo la costa, ad eccezione dei blocchi di maggiori dimensioni che rimangono nei bassi fondali a testimonianza di antichi eventi franosi.

Nella **fig. 6.1** è osservabile la distribuzione di questi fenomeni franosi lungo la costa adriatica, confrontata con le aree di affioramento dei depositi plio-pleistocenici.

## 7.2 La frana di Petacciato

### 7.2.1 **Caratteristiche generali**

La frana di Petacciato, preesistente all'ultimo evento del 28 Gennaio 1991, come storicamente accertato e verificabile dall'analisi e confronto delle diverse foto aeree (vedi anche l'elenco degli eventi franosi avvenuti nel 1900 riportato nel seguito), è, nel suo complesso, la più estesa della regione, con una lunghezza di circa 2 km, un dislivello superiore ai 200 m e una larghezza del fronte di circa 7 km.

I limiti storici della frana, compresi fra la foce del Torrente Tecchio a Ovest e la stazione ferroviaria di Coppella a Est, da un lato, e fra l'abitato di Petacciato e il mare Adriatico dall'altro, sono riscontrabili sulla base delle evidenze geomorfologiche osservabili sul territorio (**fig.6.2**).

La catena appenninica, che si sviluppa parallelamente alla linea di costa, è rappresentata in quest'area dai Monti Frentani, costituiti da depositi di età miocenica. Fra questa catena e il mare sono presenti sedimenti plio-pleistocenici, che si presentano come un tavolato degradante dolcemente verso la costa; in accordo alla geologia dell'area e ai risultati delle indagini geognostiche (vedi il [Doc.Rif.\[5\]](#)), il corpo di frana è prevalentemente formato dai terreni argillosi.

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

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

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

In particolare, nella parte più settentrionale dell'area, si può notare la presenza di terrazzi morfologici con andamento all'incirca parallelo alla linea di costa; questi terrazzi assumono a volte un profilo circolare, tipico di zone di distacco, oppure una morfologia a gradini giustapposti dovuti alla rottura del pendio per movimenti gravitativi.

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

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

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

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

Nel corpo di frana esistono alcune sorgenti di contatto che si sviluppano al passaggio fra la formazione detritica sabbioso-arenacea e la sottostante unità argillosa, evidenziate anche dall'esistenza di toponimi caratteristici (Fonte dei Ravanelli, a quota +100 m slm).

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

Particolare rilevanza assume la carta geologica e geomorfologica dello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro, riportata, con qualche lieve modifica,

nel [Doc.Rif.\[2\]](#), ove sono dettagliate tutte le forme dei movimenti franosi oggi osservabili sul terreno, quali scarpate e linee di rottura principali e secondarie, limiti dei corpi di frana, depressioni e conche di frana, superfici ruotate contromonte, ecc.. Nello stesso elaborato sono indicate anche le tracce di due sezioni significative considerate nello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro. Tali sezioni, leggermente modificate, con indicazioni anche di alcune possibili superfici di scorrimento, sono riportate nel [Doc.Rif.\[1\]](#).

In tale carta l'area di frana viene distinta un'unità geomorfica principale che è lateralmente definita dal Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) e dal fosso della Torre e comprende le località Colle degli Ulivi, Fonte Ravanelli e Morgetta; tale unità è divisa in senso longitudinale dal Fosso dei Lupi, che separa il corpo di frana occidentale da quello orientale. Sul fianco occidentale di tale unità vi è un gruppo di corpi di frana minori che i dati di monitoraggio inclinometrico disponibili (vedi il paragrafo 7.2.3) indicherebbero come attivi.

Di questa frana, i più importanti movimenti franosi di cui si abbia menzione sono quelli avvenuti nel 1916, nel 1932, nel 1938, nel 1953, nel 1954, 1955, 1956 e 1960, nel 1966, nel 1979, nel 1991, nel 1996 e nel 2009; si è trattato di rimobilizzazioni parziali, che hanno interessato soprattutto il settore occidentale. In particolare:

- Dagli atti esistenti presso l'Ufficio della Sezione Lavori di Pescara delle Ferrovie dello Stato il 23 Gennaio 1916 il movimento franoso ha prodotto lo spostamento del binario ferroviario con una freccia massima verso mare di 0.60 m.
- Da una relazione redatta dal Comune il 23 Gennaio 1932 il movimento franoso ha reso inabitabile parecchie case della vecchia borgata di Petacciato; tale movimento franoso ha avuto ripercussioni anche sulla ferrovia al piede del versante.
- Il 7 Febbraio 1938 dall'ufficio del Genio Civile viene segnalata alla Prefettura una frana che lambisce le prime case del vecchio borgo di Petacciato ed interessa anche la ferrovia in corrispondenza del casello ferroviario.
- Dai documenti del Genio Civile il 15-16 Marzo 1953 si sono avuti i segni della riattivazione dei movimenti franosi che hanno interessato la periferia orientale dell'abitato, raggiungendo il litorale.
- Nel 1954, 1955, 1956 e 1960 ci sono state riattivazioni del movimento franoso del 1953.

- In un rapporto prodotto da U. Ventriglia (1981) il 7-8 Marzo 1979 si è riattivato un movimento franoso dal paese fino al litorale. I movimenti hanno interessato, oltre le abitazioni e la rete idrica rurale anche la ferrovia con spostamenti dei binari di 0.36 m, i viadotti Cacchione e Marinella dell'Autostrada A14 e la Strada Statale. A seguito di tale movimento franoso sono scaturite:
  - le campagne di indagine delle Ferrovie dello Stato del 1981 e del 1983, nonché il progetto e la realizzazione di opere di sostegno interrato (pozzi di lunghezza 30-40 m)
  - il progetto e la realizzazione da parte di SPEA ed Autostrade di un'opera di sostegno interrato a monte della spalla lato Bari del viadotto Cacchione. Tale opera è costituita da una doppia fila di pali trivellati di diametro 1500 e lunghezza 30 m, tirantati (**Appendice 3**).
- Il fenomeno che si è verificato la notte del 28 gennaio 1991 ha interessato il versante destro del torrente Cacchione, poco più a Est dell'area interessata dal fenomeno del 1979, provocando numerosi danni all'abitato di Petacciato e l'interruzione temporanea delle principali vie di comunicazione costiera (autostrada, ferrovia e strada statale). Le evidenze e gli effetti causati da tale riattivazione, registrate dallo scrivente studio, sono descritte in dettaglio nel paragrafo 7.2.2.
- Una lenta riattivazione del movimento franoso è stata registrata il 14-15 Marzo 1996.
- Il fenomeno che si è verificato la notte del 20 febbraio 2009 ha interessato il versante destro del torrente Cacchione, Il giorno 20 Febbraio 2009, alle ore 19.00 circa, l'area di frana si è riattivata coinvolgendo l'abitato di Petacciato, la viabilità comunale, le strutture autostradali (A14), quelle sottostanti ferroviarie (linea Ancona-Bari ) e la Strada Statale N. 16. Le evidenze e gli effetti causati da tale riattivazione, registrate dallo scrivente studio, sono descritte in dettaglio nel paragrafo 7.2.3.

Oltre ai fenomeni storicamente documentati ne sono sicuramente avvenuti altri, di cui si è persa la memoria e di cui rimangono alcune tracce, quali vecchie nicchie di distacco e la presenza in mare, a debole profondità, di grossi massi conglomeratici, testimoni di antichi crolli della falesia e di lenti movimenti del versante verso il mare.

È importante rilevare che, nonostante la presenza delle opere di sostegno interrato realizzate dalle Ferrovie dello Stato e dalla società Autostrade a seguito dell'evento franoso del 1979, nel corso della riattivazione del 1991 i binari ferroviari le spalle e la pila del viadotto Cacchione hanno subito rilevanti spostamenti. Ciò è una chiara indicazione del fatto che i movimenti franosi nell'area in oggetto possono avvenire lungo superfici di scorrimento poste a profondità maggiori di 30 m dal p.c. (vedi anche i risultati del monitoraggio inclinometrico descritti nel paragrafo 7.2.3).

## **7.2.2 Evidenze geomorfologiche della riattivazione del 1991**

Di seguito si riporta una riassuntiva descrizione delle principali evidenze relative all'ultimo movimento franoso del 1991.

Le osservazioni tengono conto del rilevamento di campagna effettuato dallo scrivente studio nel periodo Luglio-Agosto 1991 e dei risultati della fotointerpretazione, e si basano anche su quanto osservato sempre dallo scrivente studio durante il periodo di assistenza all'indagine geotecnica (Febbraio-Aprile 1991). I rilievi sul sito compiuti nel periodo Luglio-Agosto 1991 hanno infatti trovato l'ostacolo opposto dal forte sviluppo di attività agricole e dall'esigenza di ripristinare le condizioni precedenti al fenomeno, con il risultato che sono stati oblitterati alcuni elementi utili ai fini della ricostruzione geologica dell'evento.

Le evidenze osservate vengono descritte a partire dall'abitato di Petacciato. Per la loro identificazione si rimanda al [Doc.Rif.\[3\]](#).

Per consentire una maggiore comprensione di quanto esposto nel seguito, si farà riferimento a fotografie riportate nel [Doc.Rif.\[3\]](#) e nell'**Appendice 1** della presente relazione. L'esatta ubicazione corrispondente ai fotogrammi scattati è indicata sempre nel [Doc.Rif.\[3\]](#).

### **7.2.2.1 Zona dell'abitato di Petacciato**

L'abitato di Petacciato sorge su un'antica falesia alta fino a 220 m slm, costituita prevalentemente da sabbie giallastre passanti ad arenarie più o meno cementate con livelli conglomeratici nella parte sommitale della serie. La formazione è immersa verso Est con una pendenza inferiore ai 10 gradi.

Il fenomeno franoso ha provocato il distacco di alcune parti della falesia, distacco guidato da alcune fratture ad elevata continuità laterale e sviluppo parallelo al fronte, con il conseguente e progressivo arretramento del suo margine.

In particolare, nel piazzale panoramico antistante la vecchia chiesa parrocchiale si è aperta una profonda fessura, larga da 20 ad 80 cm, che si sviluppa dapprima verso NO (**Appendice 1 - foto 1**) e quindi verso Nord, attraversando le proprietà poste sul ciglio (**Appendice 1 - foto 2**) e perdendosi nel detrito che si accumula ai piedi della scarpata (**Appendice 1 - foto 3**), dopo uno sviluppo continuo di circa 200 metri.

L'apertura di questa fessura ha coinvolto, oltre al piazzale, anche parte delle abitazioni più prossime. Alcune evidenze della stessa sono riconoscibili anche verso oriente (dal piazzale panoramico davanti alla chiesa), in forma di lesioni ai fabbricati e di alcune fratture per rilascio tensionale al bordo della scarpata; queste ultime tendono a isolare dei prismi di materiale arenaceo in equilibrio precario (**Appendice 1 - foto 4**).

Proseguendo lungo il coronamento della frana in direzione Est (verso Termoli), si possono riconoscere in modo abbastanza continuo gli stessi episodi di distacco e di abbassamento del ciglio, per una lunghezza complessiva del fronte interessato di circa 2 km.

Questi fenomeni assumono particolare importanza nelle seguenti due località:

- Area in località Cava della Ripa, dove una serie di fratture e dislocazioni hanno interrotto la strada che dalla piana di Trance prosegue in direzione NE, creando una serie di terrazzamenti (**Appendice 1 - foto 5**) con un rigetto massimo superiore ad un metro (**Appendice 1 - foto 6**).

Queste linee di rottura si presentano in continuità con una serie di gradini morfologici già esistenti e parzialmente coinvolti dal nuovo evento franoso. Lo spostamento verso valle di questi terrazzi ha provocato la caduta di alcuni pali della rete di distribuzione elettrica, insieme ad altri piccoli dissesti sulla scarpata arenacea.

- Area in località Vaccareccia, lungo la strada che corre al margine della scarpata, con una lunga fessura curvilinea, continua per almeno 200 m, con un rigetto superiore al metro e della larghezza di parecchi decimetri (**Appendice 1 - foto 7**).



### 7.2.2.2 Versante sottostante la falesia-parte alta

Nell'area immediatamente sottostante la falesia si hanno numerose evidenze geomorfologiche legate al movimento franoso; in particolare è possibile riconoscere, nel settore più occidentale, una cicatrice nel terreno che, quasi in continuità con la frattura precedentemente descritta, scende verso valle attraversando la strada che porta a Petacciato. Questa frattura, dopo aver creato un gradino nella strada con rigetto di circa un metro, si articola in alcune brevi ramificazioni, rimanendo facilmente riconoscibile fino alla nuova strada statale sottostante (quota +130 m slm circa).

Alla base della struttura di irrigidimento a contrafforte che sostiene il terrazzo panoramico si notava, nei primi mesi dopo il movimento in esame (1991), una fessura continua per almeno 170 m di grosse dimensioni ed altre secondarie, successivamente nascoste dalla crescita vegetale (**Appendice 1 - foto 8**). Il terreno adiacente era palesemente rigonfiato. Si osservano anche limitate lesioni strutturali ad un edificio abitativo e ad una recinzione, ubicati nelle vicinanze della nuova Strada Statale.

Poco più a occidente, verso il Colle Turchese, si notano dei gradini morfologici legati al fenomeno franoso del 1979 (**Appendice 1 - foto 9**).

Verso Est non si rilevano invece evidenze attribuibili con certezza alla frana del 1991, ad eccezione di alcune piccole lesioni nel terreno osservate a suo tempo dai residenti ma oggi scomparse.

### 7.2.2.3 Area tra il Colle degli Ulivi ed il torrente Cacchione

Si sono individuate le tracce di una lunga lesione nel terreno che, partendo dai campi a circa 100 m di quota presso Fonte Ravanelli, scende perpendicolarmente al mare interessando la strada, i muri di sostegno ed una costruzione non terminata; tale lesione è riconoscibile sia nei manufatti, sia nel terreno di fondazione della casa (**Appendice 1 - foto 10 e 11**).

A valle dell'abitazione lesionata si osserva la continuazione della fessura verso l'impluvio del torrente Cacchione (**Appendice 1 - foto 12**).

Come si intuisce anche dalla documentazione fotografica (**Appendice 1 - foto 13 e 14**) la fessura non sembra, nel suo sviluppo, condizionata dalla morfologia preesistente, essendo con ogni probabilità un fenomeno legato ad un movimento

profondo; si può inoltre riconoscere la parte che è in movimento, in quest'area verso NNE.

La fessura prosegue finendo per coincidere con il solco vallivo del torrente Cacchione.

Nelle immediate vicinanze dell'omonimo viadotto si moltiplicano le evidenze del movimento e i danni ai manufatti. Il viadotto autostradale è fessurato in più punti, a causa della rotazione della pila centrale, e sono stati tranciati e spostati sia i canali per la raccolta delle acque che il manufatto relativo al aquedotto posto poco più a monte (**Appendice 1 - foto 15 e 16**).

A valle del viadotto si osservano una serie di fratture che interessano in continuità anche i manufatti della ferrovia e della strada statale e che mantengono lo stesso andamento perpendicolare alla linea di costa. I binari ferroviari hanno subito spostamenti verso mare pari a circa 0.3 m nel primo giorno di riattivazione e pari a 0.07 m nei tre giorni successivi (Melidoro & Mazzabotta, 1996).

Verso Est si osservano ulteriori lesioni sul viadotto autostradale Marinella, dove si riconoscono fessure con andamento parallelo alla costa.

Per quanto riguarda il versante in sinistra orografica del torrente Cacchione, non esistono elementi a sostegno della tesi che l'area sia stata coinvolta dall'evento franoso del 1991; pertanto l'impluvio può essere considerato come il limite occidentale della zona in movimento dell'evento franoso del 1991.

#### **7.2.2.4 Area compresa fra il Colle degli Ulivi ed il Fosso della Torre**

In tutta questa zona non esistono elementi riconoscibili che siano con certezza attribuibili al movimento franoso del 1991, se si eccettuano alcune lesioni sul manto stradale della Strada Statale in prossimità della località Torre di Petacciato.

É quindi estremamente difficile riconoscere con precisione il limite orientale del fenomeno franoso del 1991, che si può comunque considerare coincidente con il versante destro del Fosso della Torre.

É importante sottolineare che in gran parte di quest'area la formazione argillosa è coperta dalla soprastante unità arenacea, che si presenta in genere come ben cementata e passante a puddinga molto ben cementata (località Morgetta, **Appendice 1 - foto 18**).

Questa formazione ha spessore dell'ordine di qualche decina di metri nella zona più di monte, mentre si riduce progressivamente a pochi metri verso la costa; è presente su tutta l'area anche se, come indicato dalle diverse condizioni di giacitura, è suddivisa in blocchi che hanno subito una certa rotazione e, almeno nei settori più vicini alla costa, anche una traslazione verso valle.

#### **7.2.2.5 Zona di litorale**

Anche sul litorale sono state osservate evidenze sicuramente connesse alla frana del 1991. In particolare, in conseguenza del movimento franoso, è affiorato lungo la zona di battigia un dosso in argilla lungo circa 10 metri, largo mediamente un metro e di altezza non superiore ai 60 cm (**Appendice 1 - foto 19**). Con il passare del tempo questo materiale è stato asportato dal moto ondoso, fino a scomparire completamente.

In prossimità di questo dosso argilloso, dall'aspetto molto disturbato e contenente diversi piani di taglio, è stato notato, nei primi giorni dopo il verificarsi del movimento franoso, una fuoriuscita, modesta ma continua, di acqua mista a fango.

È inoltre importante notare come al punto di affioramento delle argille corrispondano sia evidenti rigonfiamenti della retrostante berma sabbiosa, sia importanti deformazioni a danno della Strada Statale lungo la costa, appena più a monte.

Proseguendo sul litorale verso Termoli non sono state individuate altre emergenze di argilla e/o altri fenomeni evidenti ed attribuibili all'evento franoso.

### 7.2.3 Evidenze geomorfologiche della riattivazione del 2009

Di seguito si riporta una riassuntiva descrizione delle principali evidenze relative all'ultimo movimento franoso del 2009.

Le osservazioni tengono conto del sopralluogo fatto in campagna dallo scrivente studio nei giorni 3-6 Marzo 2009. I rilievi sul sito hanno trovato alcuni ostacoli opposti dal forte sviluppo di attività agricole e dall'esigenza di ripristinare le condizioni precedenti al fenomeno, con il risultato che sono stati oblitterati alcuni elementi utili ai fini della ricostruzione geologica dell'evento.

Le evidenze osservate vengono descritte a partire dall'abitato di Petacciato. Per la loro identificazione si rimanda al [Doc.Rif.\[4\]](#).

Per consentire una maggiore comprensione di quanto esposto nel seguito, si farà riferimento a fotografie riportate nel [Doc.Rif.\[ 4\]](#) e nell'**Appendice 2** della presente relazione. L'esatta ubicazione corrispondente ai fotogrammi scattati è indicata sempre nel [Doc.Rif.\[ 4\]](#).

Le osservazioni raccolte, ove possibile, sono state integrate da documentazione fotografica prodotta dall'Ufficio Tecnico Comunale, scattata subito dopo l'evento (**Appendice 2**).

#### 7.2.3.1 Zona dell'abitato di Petacciato

L'abitato di Petacciato sorge su un'antica falesia alta fino a 220 m slm, costituita prevalentemente da sabbie giallastre passanti ad arenarie più o meno cementate con livelli conglomeratici nella parte sommitale della serie. La formazione è immersa verso Est con una pendenza inferiore ai 10 gradi.

Il fenomeno franoso ha provocato il distacco di alcune parti della falesia, distacco guidato da alcune fratture ad elevata continuità laterale e sviluppo parallelo al fronte, con il conseguente e progressivo arretramento del suo margine.

In particolare, sul ciglio della scarpata di fronte il piazzale panoramico antistante la vecchia chiesa parrocchiale si sono aperte numerose fratture per rilascio tensionale, che si sviluppano con direzione prevalente verso NO (**Appendice 2 - foto 1**), attraversando le proprietà poste sul ciglio e perdendosi nel detrito che si accumula

ai piedi della scarpata (**Appendice 2 - foto 2**), dopo uno sviluppo continuo di circa 50 metri.

Il movimento avvenuto in quest'area ha coinvolto, oltre al piazzale, anche parte delle abitazioni più prossime, con lesioni sulle strutture murarie (**Appendice 2 - foto 3**). Alcune evidenze dello stesso sono riconoscibili anche verso oriente sotto forma di alcune fratture nel piazzale antistante la chiesa parrocchiale (**Appendice 2 - foto 4**).

Proseguendo lungo il coronamento della frana in direzione Est (verso Termoli), si possono riconoscere in modo abbastanza continuo gli stessi episodi di distacco e di abbassamento locale del ciglio (**Appendice 2 - foto 5**), per una lunghezza complessiva del fronte interessato di circa 2 km.

Questi fenomeni assumono particolare importanza nelle seguenti due località:

- Area in località Cava della Ripa, dove una serie di fratture e dislocazioni hanno interrotto nuovamente la strada che dalla piana di Trance prosegue in direzione NE, creando una serie di terrazzamenti (**Appendice 2 - foto 6**) con un rigetto massimo superiore ad un metro (**Appendice 2 - foto 7**).
- Area in località Vaccareccia, lungo la strada che corre al margine della scarpata, con una lunga fessura curvilinea, continua per almeno 150 m, con un rigetto superiore al metro e della larghezza di parecchi decimetri (**Appendice 2 - foto 8**).
- Queste linee di rottura sono già state sede di riattivazioni passate ed inoltre sembrano essere contigue con una serie di gradini morfologici già esistenti e precedentemente coinvolti nei scorsi eventi franosi.

### **7.2.3.2 Versante sottostante la falesia-parte alta**

Nell'area immediatamente sottostante la falesia si hanno numerose evidenze legate al movimento franoso; in particolare è possibile riconoscere, nel settore più orientale, una fessura che ha coinvolto oltre alla S.P. Litoranea (**Appendice 2 - foto 9**) anche parte delle abitazioni più prossime (**Appendice 2 - foto 10**).

Evidenze dello stesso sono riconoscibili spostandosi verso occidente, lungo la S.P. Litoranea, sotto forma di fratture nel manto stradale (**Appendice 2 - foto 11**), e nei campi adiacenti, con direzione dapprima verso Ovest (**Appendice 2 - foto 12**),

poi verso NordOvest (**Appendice 2 - foto 13 e 14**) e quindi verso Nord (**Appendice 2 - foto 15**).

Nel terreno, alla base del contrafforte che sostiene il terrazzo panoramico si è notata, una fessura continua per almeno 200 m di grosse dimensioni (**Appendice 2 - foto 16**).

Altre evidenze del fenomeno sono le numerose fratture aperte lungo la strada Provinciale di Petacciato (**Appendice 2 - foto 17**).

### **7.2.3.3 Area tra il Fosso Colle degli Ulivi ed il torrente Cacchione**

Sono presenti tracce di numerose fratture lungo le strade comunali che scendono a mare, a partire dal bivio lungo la Strada comunale dei Bagni a circa 83 m di quota (**Appendice 2 - foto 18, 19 e 20**).

Nelle immediate vicinanze dell'omonimo viadotto si moltiplicano le evidenze del movimento e i danni ai manufatti. Il viadotto autostradale Cacchione ha subito danni ai 4 appoggi unidirezionali sulle pile, di ambedue le carreggiate, a causa degli spostamenti delle spalle in più punti, con rottura delle parti in acciaio degli appoggi e conseguenti frantumazioni delle travi interessate (**Appendice 2 - foto 21a,b,c**).

Verso Est si osservano ulteriori lesioni sul rilevato compreso fra le spalle dei viadotti Cacchione e Marinella (**Appendice 2 - foto 22**).

Il viadotto Marinella è stato interessato da modesti spostamenti sulle prime due campate, compatibili con le caratteristiche degli appoggi e dei giunti, che non hanno generato danni evidenti al rilevato.

A valle dei viadotti si osservano una serie di fratture che interessano con continuità la S.S. n. 16 Adriatica e che mantengono lo stesso andamento perpendicolare alla linea di costa (**Appendice 2 - foto 23, 24, 25 e 26**).

### **7.2.3.4 Area compresa fra il Colle degli Ulivi ed il Fosso della Torre**

In tutta questa zona non esistono elementi riconoscibili che siano con certezza attribuibili al movimento franoso del 2009, se si eccettuano alcune lesioni sul manto stradale della S.S. N. 16 Adriatica (**Appendice 2 - foto 27**) e della strada comunale adiacente la ferrovia (**Appendice 2 - foto 28**), in prossimità della località Torre di Petacciato.

É quindi estremamente difficile riconoscere con precisione il limite orientale del fenomeno franoso del 2009, che si può comunque considerare coincidente con il versante destro del Fosso della Torre.

#### **7.2.3.5 Zona di litorale**

Anche sul litorale sono state osservate evidenze sicuramente connesse alla frana del Febbraio 2009. In particolare, in conseguenza del movimento franoso, è affiorato lungo la zona di battigia un dosso in argilla, lungo circa 5 metri, largo mediamente 3 metri e di altezza non superiore al metro (**Appendice 2 - foto 29**). Con il passare del tempo questo materiale è stato asportato dal moto ondoso, fino a scomparire completamente.

Proseguendo sul litorale verso Termoli non sono state individuate altre emergenze di argilla e/o altri fenomeni evidenti ed attribuibili all'evento franoso.

## 7.2.4 Monitoraggio inclinometrico

In questo paragrafo vengono riassunti i dati del monitoraggio inclinometrico resi disponibili allo scrivente studio. I dati sono presentati e discussi nel seguente ordine:

- Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato nelle verticali della campagna d'indagine 1981, aggiornati al 1982;
- Dati di monitoraggio riportati nello studio effettuato dai Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro, per conto della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Presidenza della Regione Molise, aggiornati al 2001;
- Dati di monitoraggio rilevati dalla società Autostrade nelle verticali di indagine 1991 e 2000-2001.
- 

## 7.2.5 Dati di monitoraggio rilevati dalle Ferrovie dello Stato 1981-1982

I dati di monitoraggio inclinometrico rilevati dalle Ferrovie dello Stato negli anni 1981-1982 si riferiscono alla parte bassa del versante, ovvero alla zona a cavallo della ferrovia, a valle dell'autostrada (vedi la **tab.3.1** e il **Doc.Rif.[5]**).

I dati disponibili allo scrivente studio sono quelli interpretati dalle Ferrovie dello Stato, riportati nel **Doc.Rif.[8]** e riassunti in **tab.5.1**.

Possono essere fatte le seguenti osservazioni:

- I dati sono riferiti a un periodo di osservazione breve (circa 1 anno) e a 2÷3 anni distanza dall'evento franoso del 1979;
- I dati disponibili riportano solo "il movimento per sommatoria"; l'interpretazione di tali dati, fornita dalle Ferrovie dello stato, indicherebbe movimenti lungo superfici di scorrimento posizionate a profondità dal p.c. superiori a circa 15 m, con una tendenza all'aumento dello spessore della massa in movimento procedendo dal Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) verso il Fosso dei Lupi (vedi la tab.6.1).
- Le lunghezze degli inclinometri sono 40 m; i dati a disposizione non tengono conto di eventuali movimenti che possono avere sede a profondità maggiori.
- Nell'Allegato 00 dello studio dello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro si riporta che:



- nei tubi C, G ed F nel periodo luglio 1981-gennaio 1983 è stata registrata una rottura alla profondità di 31 m;
- A seguito della riattivazione del gennaio 1991 le Ferrovie dello Stato hanno installato un sistema di monitoraggio con catene inclinometriche fisse della lunghezza di 80 m ciascuna, con acquisizione e trasmissione a distanza dei dati. Con tale sistema, nell'evento del 1996, sono stati rilevati piccoli spostamenti alla profondità di 32 m con un anticipo di circa 2 ore rispetto a quelli in superficie, dove si è avuto uno spostamento massimo dei binari di 18 cm; il fenomeno è durato complessivamente dalle ore 16.05 del giorno 14 Marzo 1996 alle ore 0.05 del 15 Marzo 1996.

**Tabella 5.1: Risultati delle letture inclinometriche nei sondaggi A, C, D, F, F e I della campagna d'indagine 1981**

Sondaggio	Profondità del movimento rispetto al p.c. (m)	Note	Periodo di osservazione
A	>14	A valle della ferrovia	1981-1982
D	>20	A valle della ferrovia	1981-1982
G	>23	A valle della ferrovia	1981-1982
C	>14	A monte della ferrovia	1981-1982
F	>16	A monte della ferrovia	1981-1982
I	>23	A monte della ferrovia	1981-1982

### 7.2.6 Dati contenuti nello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro

I dati contenuti nell'Allegato 07 dello studio dei Proff. V. Cotecchia e G. Melidoro (vedi il [Doc.Rif.\[8\]](#)) sono quelli degli inclinometri installati nei fori di sondaggio eseguiti per conto della Regione Molise (vedi la [tab.3.6](#) e il [Doc.Rif.\[5\]](#)); essi si riferiscono ad inclinometri posizionati in varie zone dell'intero versante interessato dai movimenti franosi. Purtroppo tali dati si riferiscono a un periodo di tempo breve, inferiore a 1 anno (2000-2001), nell'ambito del quale non sono stati registrati movimenti di rilievo.

### 7.2.7 Dati di monitoraggio della società Autostrade

Nelle verticali inclinometriche della campagna di indagine 1991 e della campagna di indagine 2000-2001, collocate nella maggiore parte dei casi nella parte bassa del versante in prossimità dell'autostrada (vedi le **tabb.3.3, 3.5** e il **Doc.Rif.[5]**), sono disponibili i dati riportati nel **Doc.Rif.[8]**, riassunti nelle **tabb.5.2** e **5.3**.

In accordo a quanto riportato nello studio dei **Proff. V.Cotecchia e G.Melidoro**, dalle letture inclinometriche disponibili risulterebbe che esiste un movimento principale con scorrimenti a profondità considerevoli, superiori alle lunghezze dei tubi (vedi ad esempio la verticale AI9); sono inoltre presenti scorrimenti secondari multipli a profondità inferiori a 70 m, localizzabili principalmente a profondità di 15÷20 m, 30÷40 m e 50÷70 m.

**Tabella 5.2: Risultati letture inclinometriche della campagna di indagine 1991**

Sondaggio	Profondità del movimento rispetto al p.c. (m)	Note	Periodo di osservazione
S1	3÷4	A valle dell'autostrada	11/3/91-26/10/05
S2	58; 70	A monte dell'autostrada	11/3/91-3/2/93
S3	23	A monte dell'autostrada	1981-1982
S4	32; 40	A monte dell'autostrada	8/9/93-13/5/02
S5	52	A monte dell'autostrada	17/4/91-10/2/03
S6	> 30	A monte dell'autostrada	22/5/91-14/11/07
S7	16; 20; 24; 34; 53	A monte dell'autostrada	18/4/91-13/11/07
S8	30	A valle dell'autostrada	18/4/91-13/12/06

**Tabella 5.3: Risultati letture inclinometriche della campagna di indagine 2000-2001**

Sondaggio	Profondità del movimento rispetto al p.c. (m)	Note	Periodo di osservazione
AI1	Nessun movimento	A valle dell'autostrada; parte orientale	22/3/01-11/7/05
AI2	28; 45	A valle dell'autostrada; parte occidentale	21/3/01-12/7/05
AI4	Nessun movimento	A valle dell'autostrada; parte orientale	22/3/01-11/7/05
AI5	48; 60	A monte dell'autostrada; parte occidentale	21/3/01-14/11/07
AI7	18	A monte dell'autostrada; parte occidentale	22/3/01-14/11/07
AI9	70	Parte alta del versante; parte occidentale	21/3/01-13/11/07
AI10	19	Parte alta del versante; parte occidentale	21/3/01-9/2/05

## **8. RIASSUNTO DEGLI STUDI EFFETTUATI CON OSSERVAZIONI AGGIUNTIVE**

### **8.1 Riassunto della situazione tettonico-strutturale**

All'origine delle precarie condizioni di stabilità dell'area in esame si riconoscono i recenti fenomeni tettonici cui si è fatto riferimento nel capitolo 5.

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

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

### **8.2 Riassunto della situazione geologica**

Nell'area in esame interagiscono due litotipi diversi, rappresentati da un termine argilloso e un termine arenaceo/sabbioso, quest'ultimo generalmente in posizione più elevata e forse talvolta in eteropia.

La verifica del limite fra le due unità non è sempre agevole a causa della forte modificazione antropica del versante; il crostone arenaceo, che avanza verso la costa nella parte centrale dell'area in esame, è suddiviso in vari blocchi di spessore irregolare e sempre più ridotto verso valle. Soprattutto in prossimità del tracciato autostradale sembra trattarsi di materiale alloctono, scivolato da zone topograficamente più elevate, per frana. In località Morgetta questo crostone assume la "facies" di un conglomerato fortemente cementato, a comportamento rigido, probabilmente con una forma lenticolare e spessore di pochi metri.

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

- il crostone arenaceo/sabbioso e conglomeratico si presenta come rigido, ma con zone di minore resistenza meccanica (livelli sabbiosi non cementati e zone fratturate in precedenza);
- la formazione argillosa, che presenta una elevata consistenza, ha un comportamento geotecnico particolare, ampiamente studiato nella letteratura (vedi anche il [Doc.Rif.\[9\]](#)), caratterizzato da "strain softening", da cui deriva la possibilità di fenomeni di rammollimento e rottura progressiva, complicato dalla presenza di veli sabbiosi che creano superfici più deboli ed a minor resistenza.

### **8.3 Riassunto della situazione geomorfologica**

La frana di Petacciato riattivatasi nel 1991 è formata da una coalescenza di fenomeni più o meno profondi, soggetti ciclicamente a movimenti ed interagenti fra loro secondo una complessa dinamica spazio-temporale, come dettagliato nel capitolo 7; essa rientra in un'area franosa più ampia che ha un'estensione superiore a 10 km<sup>2</sup> (vedi la [fig.6.2](#)).

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

### **8.4 Riassunto della situazione idrogeologica**

In conseguenza della situazione litostratigrafica precedentemente descritta, il quadro idrogeologico è riconducibile, come dettagliato nel capitolo 6:

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

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

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

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

## 8.5 Tipologia del movimento franoso

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

Per la terminologia adottata nella descrizione dei fenomeni si farà riferimento alla classificazione di Varnes (1978); in **fig. 7.1** si riporta lo schema di questo metodo classificativo nella traduzione proposta da Carrara et al. (1983).

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

Per maggior chiarezza occorre distinguere aree a diverso comportamento.

### 8.5.1 **Zona del coronamento**

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

con scivolamento di blocchi ("juxtaposed slide blocks"); ciò spiega la presenza di terrazzamenti nel versante al di sotto della falesia (**Appendice 1 - foto 5**).

Al disopra di questo si sono avuti crolli di roccia veri e propri ("rock fall"), responsabili, fra l'altro, dei dissesti all'abitato (**Appendice 1 - foto 1 e 2**); nella **foto 4** dell'**Appendice 1**, si riconoscono dei prismi, isolati da fratture di tensione ("crown cracks") che potrebbero evolvere in frane di crollo.

A partire da quest'area sono presenti fenomeni di espansione laterale ("rock lateral spread") dovuti allo scorrimento delle argille basali, con il frazionamento del più rigido crostone arenaceo soprastante (**Appendice 1 - foto 8 e 9**).

### 8.5.2 Parti laterali della frana

Nell'evento del 1991 è particolarmente riconoscibile il bordo sinistro della frana, che delimita lo scorrimento rotazionale o traslativo con superficie profonda ("rotational o translational slide"). Si tratta delle fratture già citate (**Appendice 1 - foto 10→16**), che arrivano a interessare il viadotto Cacchione e che probabilmente sono la diretta conseguenza della rottura di tipo progressivo che ha interessato in profondità la formazione argillosa. Non è da escludere che i livelli di argilla molto disturbata rinvenuti nei sondaggi siano direttamente collegabili a questa stessa superficie di rottura.

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

Alcune evidenze superficiali, soprattutto lungo la strada vicinale che sottopassa l'autostrada all'altezza della spalla lato Pescara del viadotto Marinella, suggeriscono una particolare accentuazione del movimento in questa zona laterale, con fenomeni di colamento allo stato fluido dei primi metri del terreno ("flows in soil"). Questi movimenti, guidati dalla morfologia del terreno, hanno a volte una

vergenza riconoscibile e sono responsabili di alcuni spostamenti corticali che hanno danneggiato alcuni manufatti. Si può quindi ipotizzare, sulla base di certi elementi di osservazione (lesioni e fessure nelle abitazioni, torsione dei tronchi degli ulivi) la presenza di lenti movimenti superficiali di colamento ("soil creep").

### 8.5.3 Zona di piede

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

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

### 8.5.4 Sintesi

Da quanto descritto ed evidenziato in precedenza, si deduce che, analogamente ad altre riattivazioni avvenute negli ultimi 100 anni, la frana del 1991 può essere ricondotta a un modello di frana composta, nel quale prevalgono movimenti di scorrimento o scivolamento rotazionali con superfici di rottura profonde e con vergenza verso NE.

La zona più critica, ovvero con più frequenti riattivazioni, sembrerebbe riguardare il tratto compreso tra il Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione) ed il Fosso dei Lupi. Sulla base degli studi effettuati non si può tuttavia escludere che in futuro possano verificarsi fenomeni di entità superiore, ovvero tali da interessare aree più ampie se non addirittura l'intera superficie della frana storica indicata in **fig.6.2**, coinvolgendo con rotture tipo "lateral spread" anche il crostone arenaceo-conglomeratico di località Morgetta e le aree ad ovest del Fosso degli Ulivi (o Fosso Cacchione).

Da un punto di vista progettuale occorrerà quindi distinguere fenomeni franosi relativamente superficiali (spessori non superiori a 12÷15 m) ove si potrà intervenire con opere di stabilizzazione locali (diaframmi, pali, dreni superficiali e profondi, ecc.), da fenomeni profondi, per i quali gli interventi di stabilizzazione



tradizionali non sono risolutivi (vedi ad esempio quelli realizzati a seguito dell'evento del 1979).

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

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

Dando credito all'ipotesi che la riattivazione dei movimenti sia imputabile al regime dei livelli piezometrici dell'acquifero in pressione profondo, una possibilità meritevole di approfondimento, finalizzata ad aumentare il grado di sicurezza dell'intero versante, potrebbe essere rappresentata da "relief wells" profondi aventi la funzione di sfogare l'eccesso di pressione interstiziale.

## 9. SISMICITA'

In accordo alla nuova normativa (**vedi il Doc. Rif. 13**) il comune di Petacciato è classificato sismico.

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

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

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

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

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

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

essendo:

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

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

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

Sulla base di quanto riportato nel [Doc.Rif.\[9\]](#) l'area in oggetto appartiene alle categorie di sottosuolo tra B e C; l'azione sismica di progetto andrà pertanto valutata considerando opportuni coefficienti di amplificazione stratigrafica  $S_s$ .

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

## 10. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Cancelli A., Pellegrini M., Tonnetti (1984) "Geological of landslides along the Adriatic coast (Central Italy)" Proc. Int. Symposium on Landslides, Toronto 2, 7-12.

Carrara et al. (1983) "A multivariate model for landslide hazard evaluation" Mathematical Geology, v.15, 403-426.

Casnedi R., Crescenti U., D'Amato C., Mostardini F., Rossi U. (1981) "Il Plio-Pleistocene del sottosuolo molisano" Geologica Romana, XX, 1-41.

Esu F., Grisolia M. (1991) "La stabilità dei pendii costieri adriatici tra Ancona e Vasto" Università degli Studi di Roma "La Sapienza", C.N.R., G.N.D.C.I., Pubbl. n. 464 (U.O. 2.18), 55-79.

Gori U., Mezzabotta M. (1995) "Sul cinematiso della frana costiera dell'abitato di Petacciato (CN)" 1° Convegno Gruppo Nazionale Geol. Appl., La Città Fragile in Italia, Gardini Naxos (ME).

Guerricchio A., Melidoro G., Simeone V. (1994) "Le grandi frane di Petacciato sul versante costiero Adriatico (Molise)" Atti 77° Congresso Soc. Geol. It. Di Bari, Mem. Soc. It., LI, Roma, 607-632.

Guerricchio A., Melidoro G. (1996) "Deformazioni gravitative dei versanti costieri di Vasto (Abruzzi)" Convegno Internazionale, La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della Ricerca Scientifica, 369-381.

Melidoro G., Mezzabotta M. (1996) "Monitoraggio ultrasecolare delle deformazioni gravitative costiere adriatiche" Convegno Internazionale, La Prevenzione delle Catastrofi Idrogeologiche: il Contributo della Ricerca Scientifica, 343-356.

Varnes, D. J. (1978) "Slope movement types and processes" In: Landslide Analysis and Control: In Schuster, R. L., Krizak, eds. Transportation Research Board Special Report No. 176, National Academy of Sciences, Washington, D. C., P. 11-33.

**FIGURE**

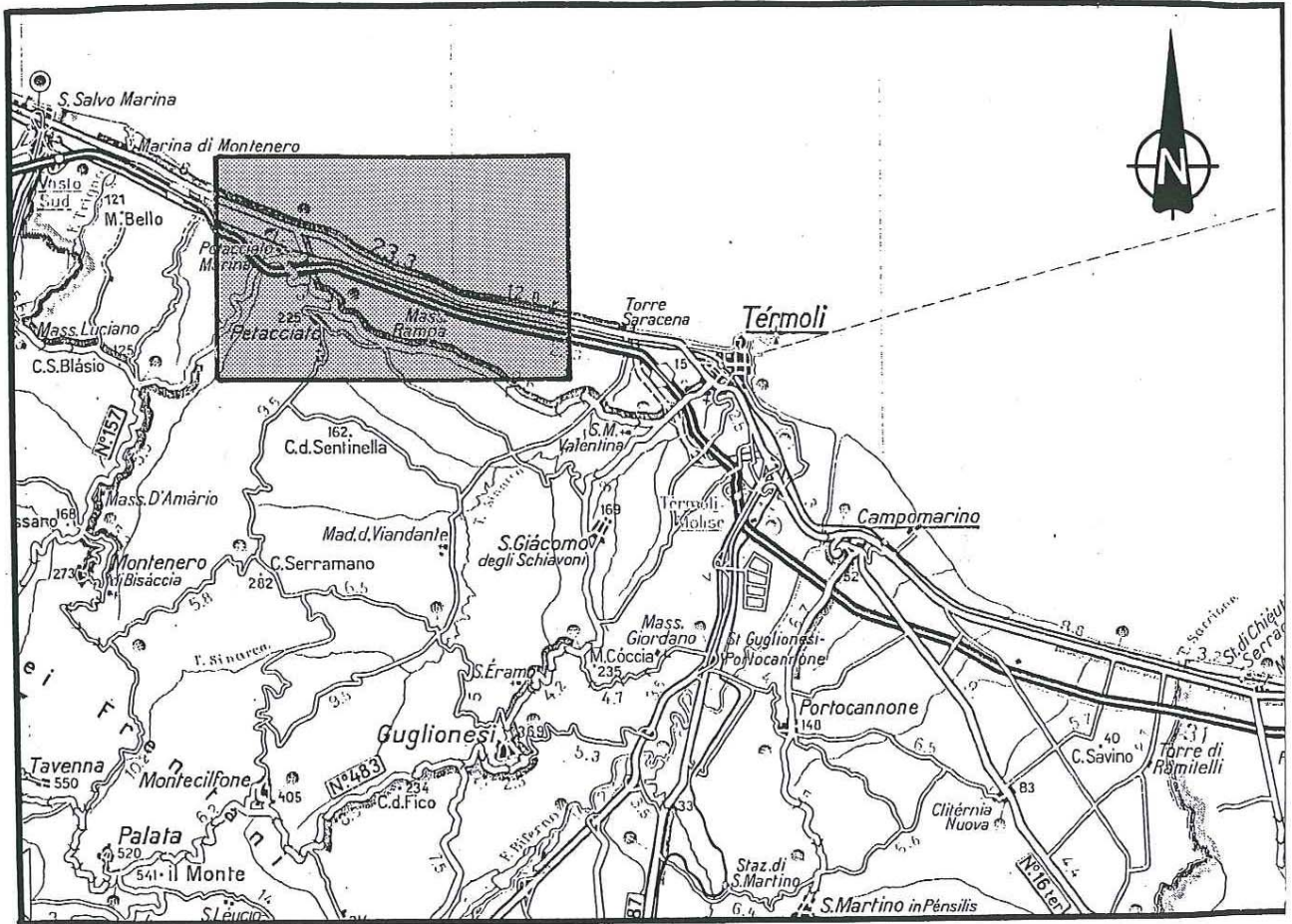
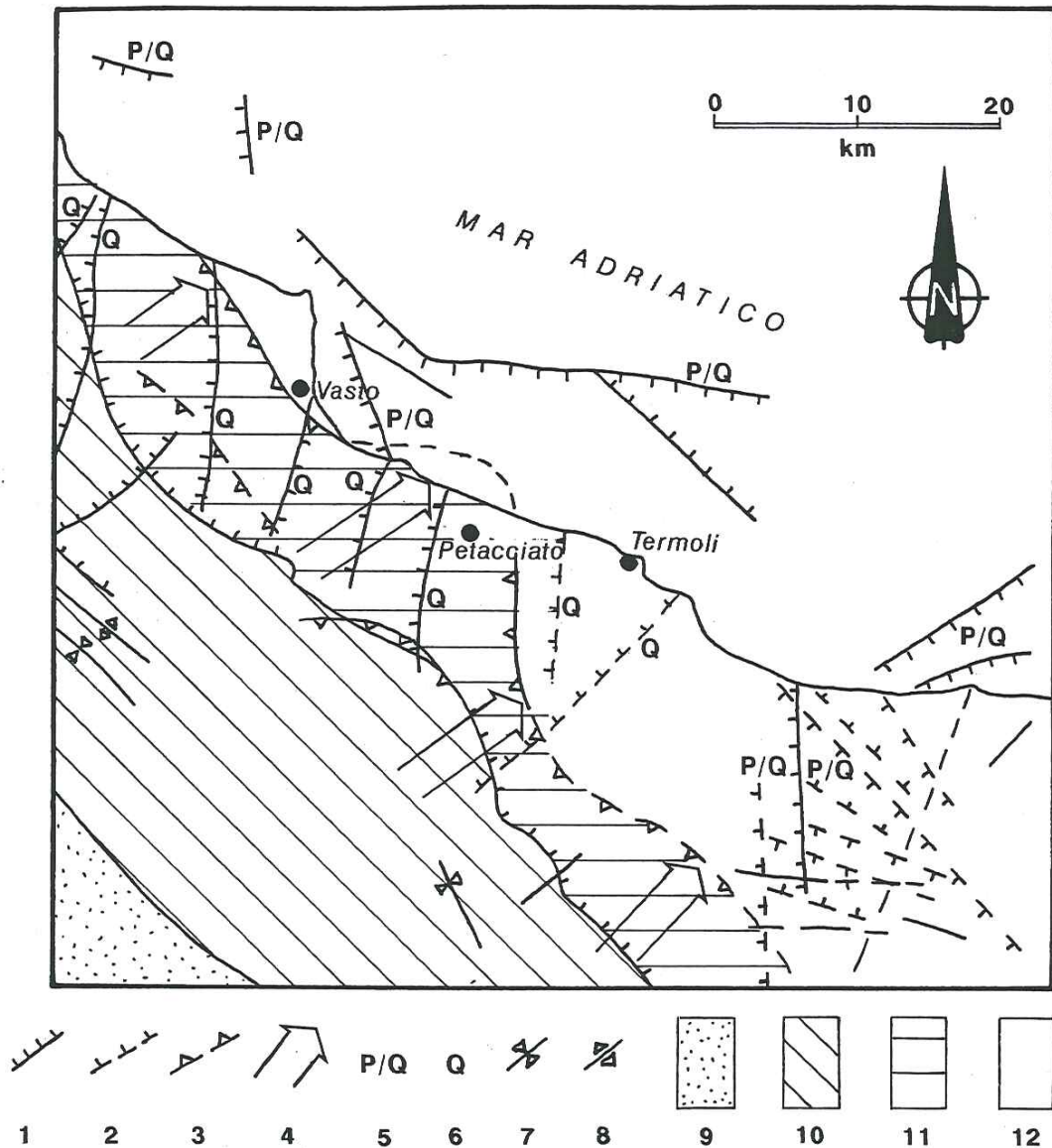
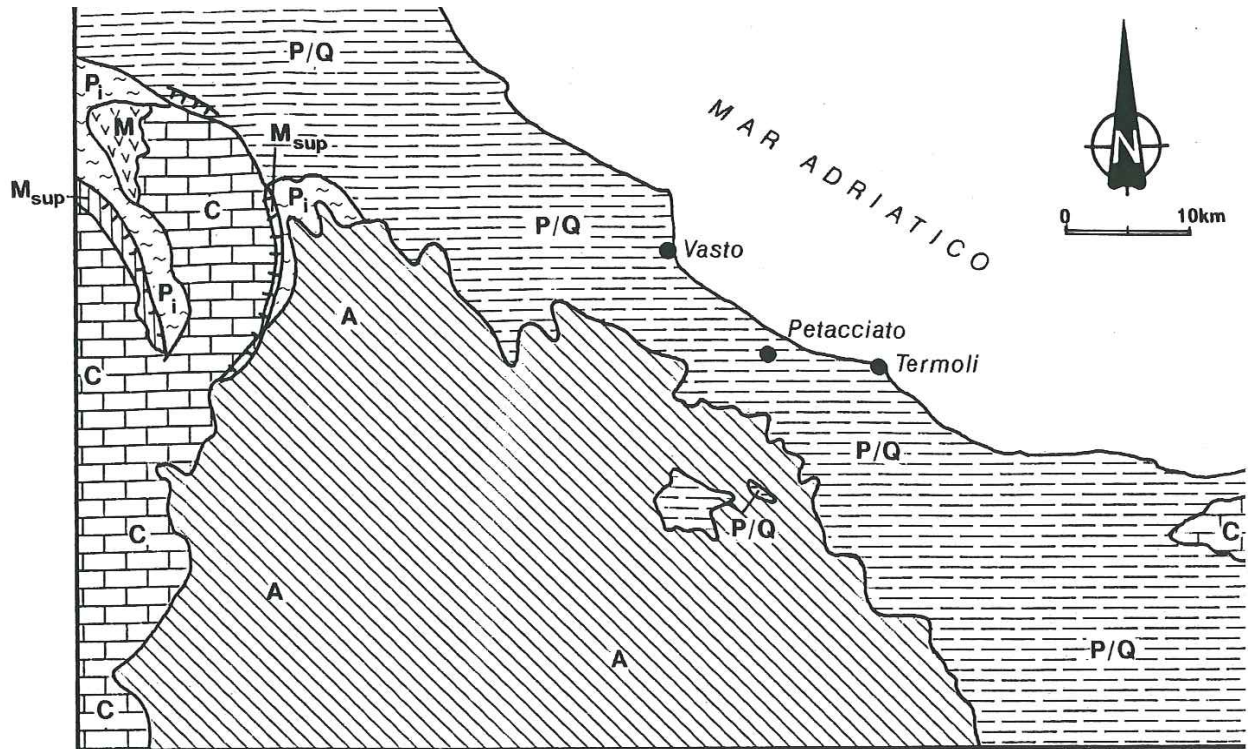


Fig.1.1: Ubicazione dell'area in oggetto



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

Fig.3.1: Schema neotettonico (da Neotectonic map of Italy, 1983)



**FOSSA ABRUZZESE-MOLISANA**

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

**APPENNINO MERIDIONALE ESTERNO**

P<sub>i</sub>  ARGILLE E SABBIE (PLIOCENE INF.)

M  FORMAZIONE GESSOSO SOLFIFERA (MESSINIANO)

A  COLATA GRAVITATIVA DELL'AVENTINO SANGRO (ALLOCTONO)

**APPENNINO CENTRO MERIDIONALE INTERNO**

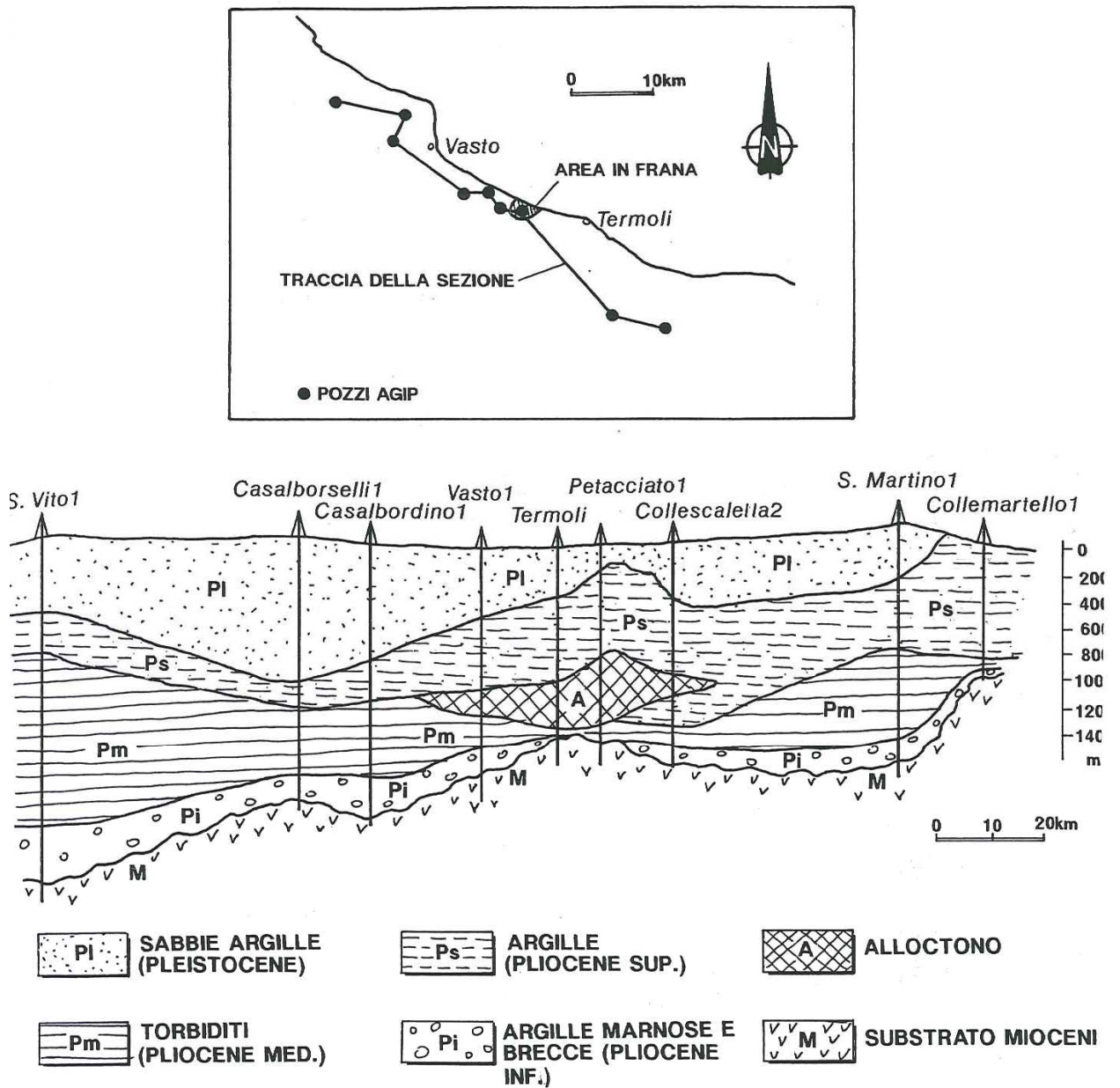
M<sub>sup</sub>  LEMBI TERRIGENI FLYSCHOIDI (MIocene SUP.)

C  MASSICCI CARBONATICI (GIURASSICO-CRETACEO)

 FRONTE DEGLI ACCAVALLAMENTI

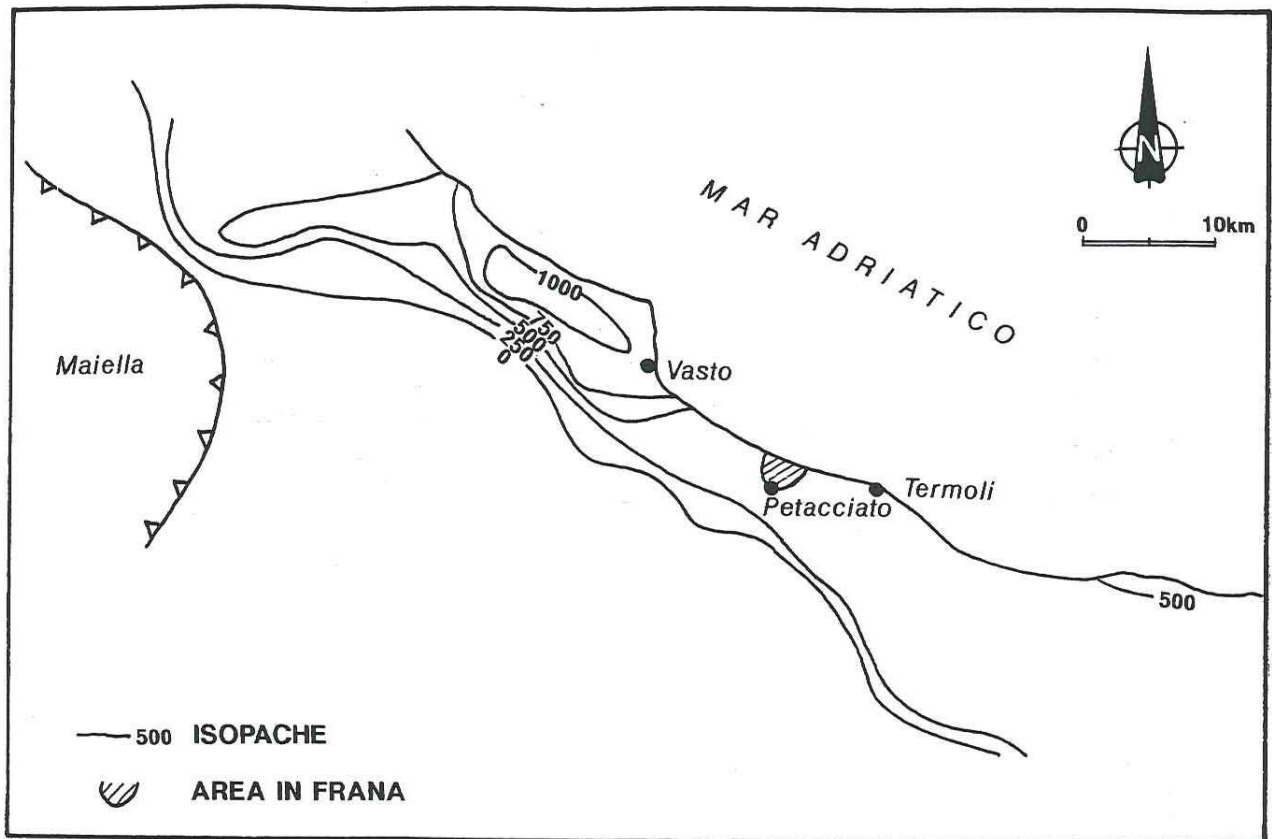
Fig.3.2: Schema geologico semplificato



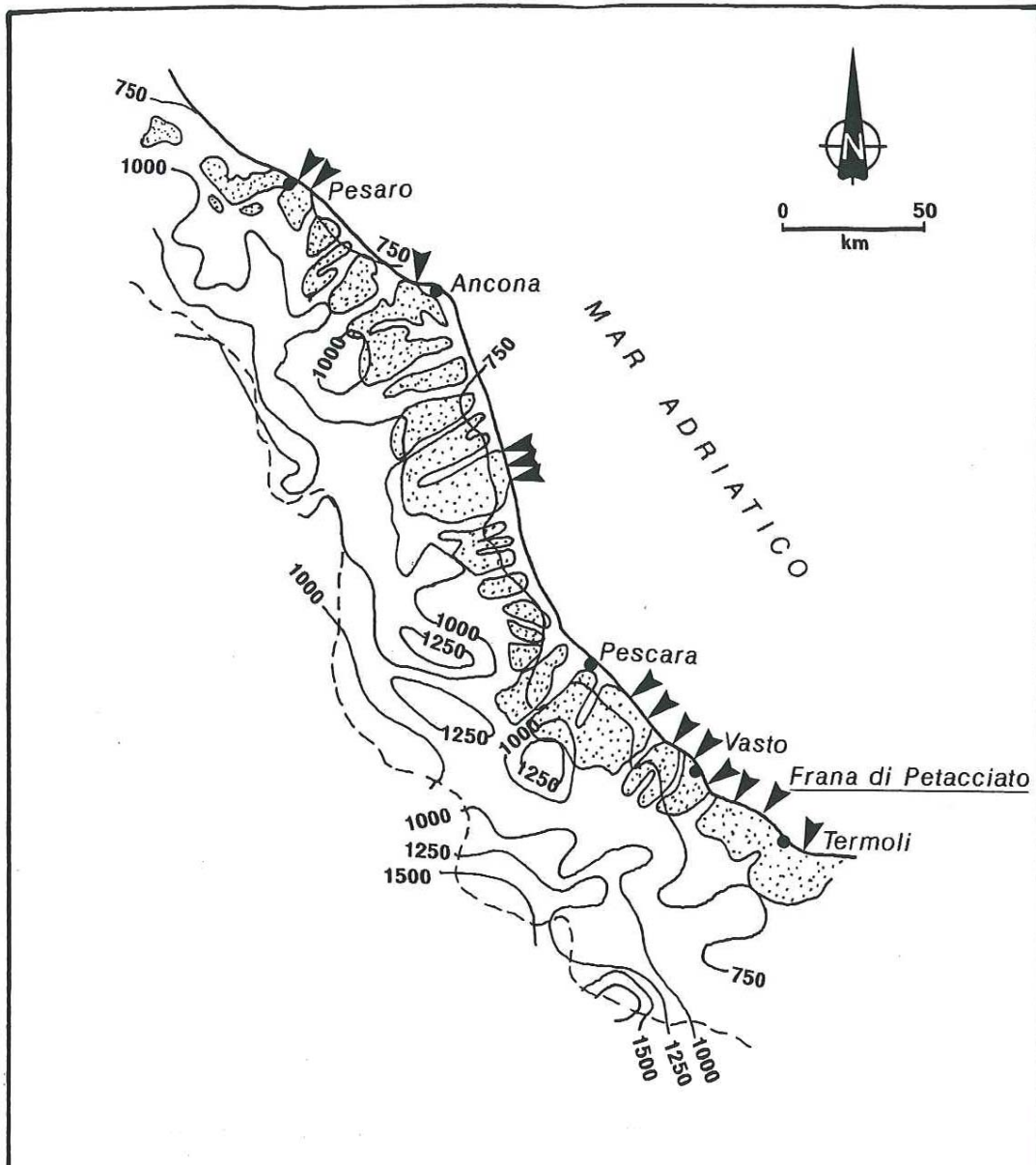


**Fig.3.3: Sezione geologico-strutturale schematica**





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



**Fig.3.4: Schema relativo agli spessori dei depositi pleistocenici**  
(da Casnedi R., Crescenti V., D'Amato C., Mostardini F., Rossi V., 1981)



**LEGENDA:**

-  **AREA IN FRANA**
-  **ISOIETE MEDIE ANNUE (mm)**
-  **SEQUENZE MARINE PLIO-PLEISTOCENICHE**
-  **SPARTIACQUE**

**Fig.6.1: Distribuzione delle principali frane del litorale adriatico**  
 (da Cancelli A., Marabini F., Pellegrini M., Tonnetti G., 1984-modificato)

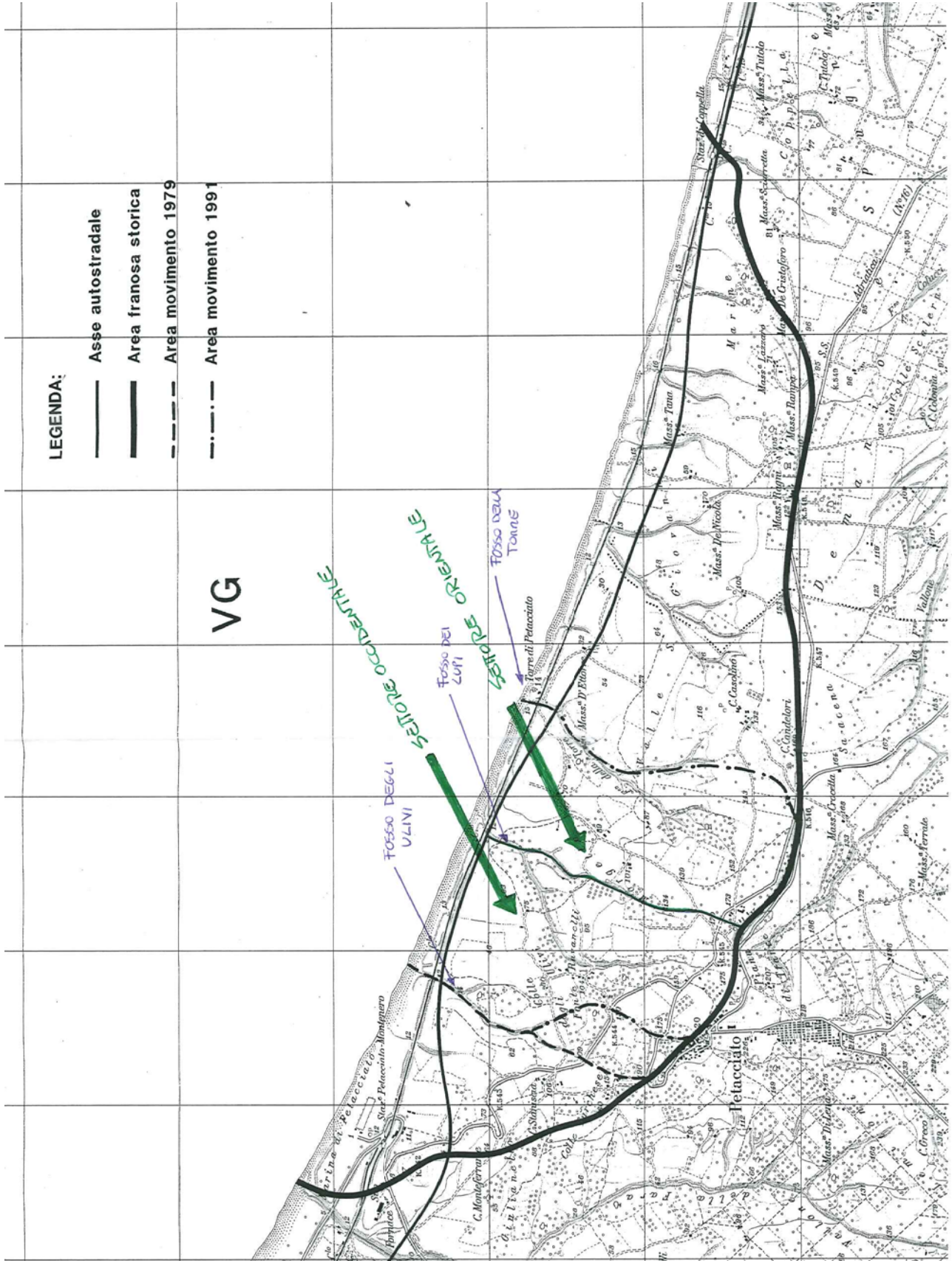


Fig.6.2: Estensione della frana di Petacciato (CB)



**APPENDICE 1**

**Documentazione fotografica relativa all'evento franoso 1991**



**FOTO 1: LESIONE IN ZONA DI CORONAMENTO - PIAZZALE PANORAMICO**



**FOTO 2: CONTINUAZIONE VERSO EST LESIONE PRECEDENTE**



**FOTO 3: LESIONE IN ZONA DI CORONAMENTO - SETTORE ORIENTALE (FOTO DEL 7 FEBBRAIO c.a.)**



**FOTO 4: PRISMA DI MATERIALE ARENACEO IN EQUILIBRIO PRECARIO**





FOTO 5: LOCALITA' CAVA DELLA RIPA - FRATTURA SULLA STRADA



FOTO 6: LOCALITA' CAVA DELLA RIPA - PARTICOLARE STRADA E SMOTTAMENTO FALESIA



**FOTO 7: LOCALITA' VACCAREGGIA - LESIONE CURVILINEA SULLA STRADA**



**FOTO 8: FRATTURE AI PIEDI DELLA SCARPATA (FOTO DEL 7 FEBBRAIO c.a.)**



**FOTO 9: GRADINO MORFOLOGICO**



**FOTO 10: LOC. FONTE RAVANELLI - LESIONE IN COSTRUZIONE ACCESSORIA - PART. DELLE FONDAZIONI**



**FOTO 11: LOC. COLLE DEGLI ULIVI - CEDIMENTI PREMONITORI AL FRANAMENTO**



**FOTO 12: STRADA VICINALE LOC. COLLE DEGLI ULIVI - ZONA DI ATTRAVERSAMENTO LESIONE PRINCIPALE**



**FOTO 13: CONTINUAZIONE LESIONE PRECEDENTE VERSO IMPLUVIO T. CACCHIONE**



**FOTO 14: PARTICOLARE DI FOTO 13**



**FOTO 15: VIADOTTO CACCHIONE**



**FOTO 16: CANALETTA VICINANZE VIADOTTO CACCHIONE**



**FOTO 17: STRADA VICINALE A VALLE DEL VIADOTTO CACCHIONE**



**FOTO 18: PUDDINGA IN LOCALITA' MORGETTA**



**FOTO 19: LINEA DI BATTIGIA - EMERGENZA ARGILLE A SEGUITO MOV. FRANOSO  
(FOTO 14 FEBBRAIO c.a.)**



**FOTO 20: SPIAGGIA - SOLLEVAMENTO BERMA IN CORRISPONDENZA ARGILLE**



## APPENDICE 2

Documentazione fotografica relativa all'evento franoso 2009



FOTO1: FRATTURE SUL CIGLIO DELLA SCARPATA DI FRONTE LA VECCHIA CHIESA IN PETACCIATO



FOTO 2: CONTINUAZIONE VERSO NO DELLE FRATTURE PRECEDENTI



FOTO 3: LESIONI ALLE STRUTTURE MURARIE DI ABITAZIONI PROSSIME AL PIAZZALE



FOTO 4: CONTINUAZIONE VERSO EST DELLE FRATTURE PRECEDENTI



FOTO 5: CORONAMENTO DELLA FRANA DI PETACCIATO RIATTIVATA IN FEBBRAIO 2009



FOTO 6: LOCALITA' CAVA DELLA RIPA – DISLOCAZIONE DELLA STRADA COMUNALE



FOTO 7: LOCALITÀ CAVA DELLA RIPA – TERRAZZAMENTI LUNGO IL FRONTE DI FRANA



FOTO 8: LOCALITÀ VACCARECCIA – LESIONE LUNGO LA STRADA



FOTO 9: FRATTURA CENTIMETRICA SULLA S.P. LITORANEA



FOTO 10: LA STESSA FESSURA HA INTRESESSATO ANCHE LE ABITAZIONI ADICENTI





FOTO 11: FRATTURA NEL MANTO STRADALE DELLA S.P. LITORANEA



FOTO 12: FRATTURE NEI TERRENI ADICENTI LA S.P. LITORANEA – DIREZIONE OVEST



FOTO 13: FRATTURE NEL MANTO STRADALE LA S.P. LITORANEA – DIREZIONE NORD\_OVEST



FOTO 14: FRATTURE NEL MANTO STRADALE LA S.P. LITORANEA – DIREZIONE NORD\_OVEST



FOTO 15: FRATTURE NEI TERRENI ADICENTI LA S.P. DI PETACCIATO – DIREZIONE NORD



FOTO 16: FRATTURA NEL TERRENO ALLA BASE DEL TERRAZZO PANORAMICO DI PETACCIATO



FOTO 17: FRATTURE NEL MANTO STRDALE DELA S.P. DI PETACCIATO



FOTO 18: FRATTURE SULLA STRADA COMUNALE CHE SCENDE A MARE



FOTO 19:FRATTURE SULLA STRADA COMUNALE , TRA IL VIADOTTO MARINELLA E LA FERROVIA



FOTO 20: FRATTURE SULLA STRADA COMUNALE , TRA IL VIADOTTO CACCHIONE E LA FERROVIA



FOTO 21a: VIADOTTO CACCHIONE - SPOSTAMENTO DI UN APPOGGIO MULTIDIREZIONALE



FOTO 21b: VIADOTTO CACCHIONE - SPOSTAMENTO DI UN APPOGGIO UNIDIREZIONALE



FOTO 21c: VIADOTTO CACCHIONE - SPOSTAMENTO DI UN APPOGGIO UNIDIREZIONALE





FOTO 22: LESIONE SUL MANTO AUTOSTRADALE IN CARREGGIATA NORD



FOTO 23: FRATTURE NEL TERRENO ADIACENTE LA S.S. 16 ADRIATICA



FOTO 24: FRATTURE NEL MANTO STRADALE DELLA S.S. 16 ADRIATICA



FOTO 25: FRATTURE NEL MANTO STRADALE DELLA S.S. 16 ADRIATICA



FOTO 26: FRATTURE NEL MANTO STRADALE DELLA S.S. 16 ADRIATICA



FOTO 27: LOCALITÀ TORRE DI PETACCIATO - FRATTURE NEL MANTO STRADALE DELLA S.S. 16 ADRIATICA



FOTO 28: LOCALITÀ TORRE DI PETACCIATO - FRATTURE NEL MANTO STRADALE DELLA STRADA COMUNALE ADIACENTE LA FERROVIA



FOTO 29: AFFIORAMENTO LUNGO LA ZONA DI BATTIGIA DI UN DOSSO DI ARGILLA AZZURRA

### **APPENDICE 3**

**Documentazione dell'opera di sostegno interrata progettata ed eseguita da  
SPEA/AUTOSTRADE a seguito dell'evento franoso del 1979**



**autostrade**

2° SAL  
al 31-7-81

CONCESSIONI E COSTRUZIONI AUTOSTRADA S. p. A.  
SEDE IN ROMA

AUTOSTRADA

**BOLOGNA - BARI - TARANTO (SIBARI)**

DALLA PROGR. Km. - ..... ALLA PROGR. Km. 462+476. TRONCO VASTO - FOGGIA

CONTRATTO del 11-02-1981 Rep. n° 7258

IMPRESA ASFALTI SINTEX S.p.A. Via S. MARGHERITA, N° 5 - BOLOGNA

LAVORI PER LA PROTEZIONE DELLA  
SPALLA LATO BARI DEL VIADOTTO  
"CACCHIONE" ALLA PROGR. Km. 462+476 -

TAVOLA N. 1 ALLEGATA AL

**LIBRETTO DELLE MISURE**

N. 1/p

L'IMPRESA

*Franco Bernasconi*

IL DIRETTORE DEI LAVORI

*F. Bernasconi*

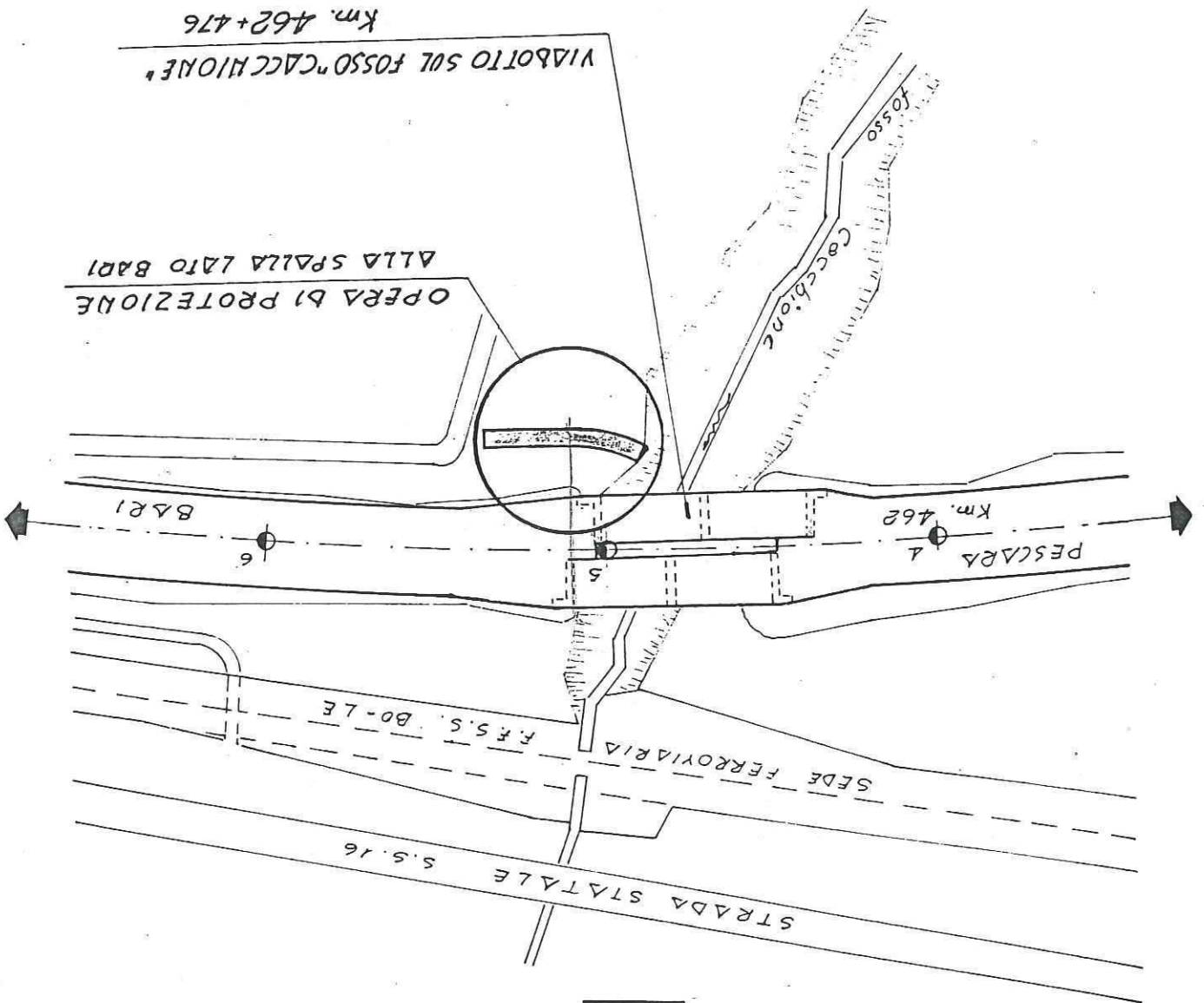
Redatto da: IL CAPO REPARTO

*F. Bernasconi*

SPEA - UFFICIO TECNICO SPECIALE MONTESILVANO

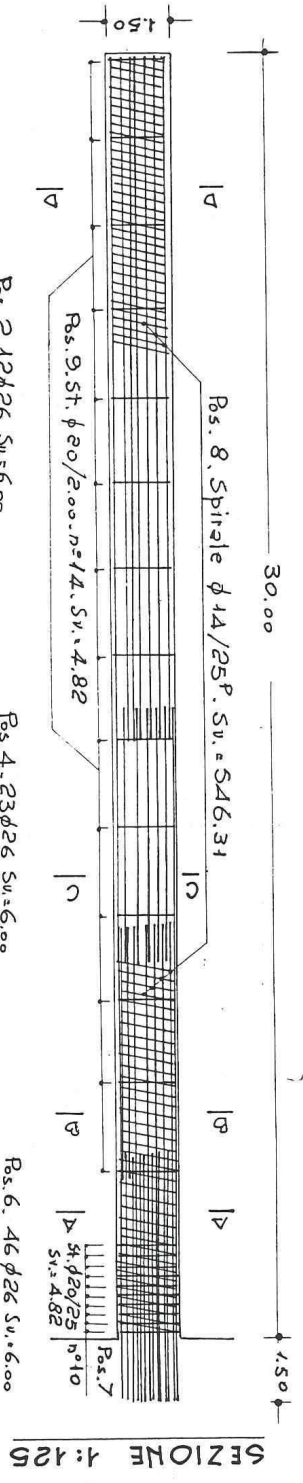
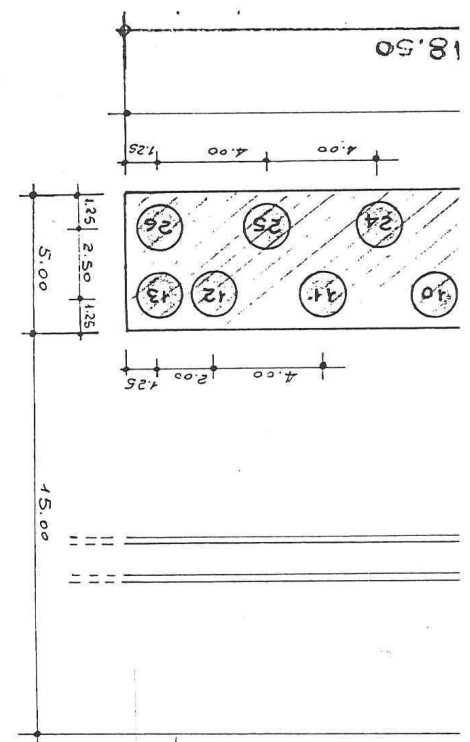
# PLANIMETRIA

1:2000

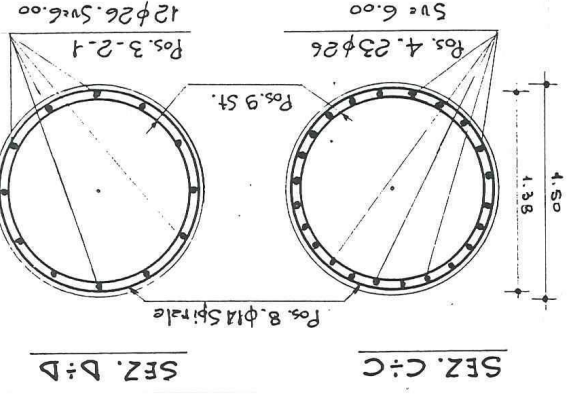




PALO  $\phi 1500$ . ARMATURA TIPO "A". Dal Palo n. 1 Al Palo n. 13

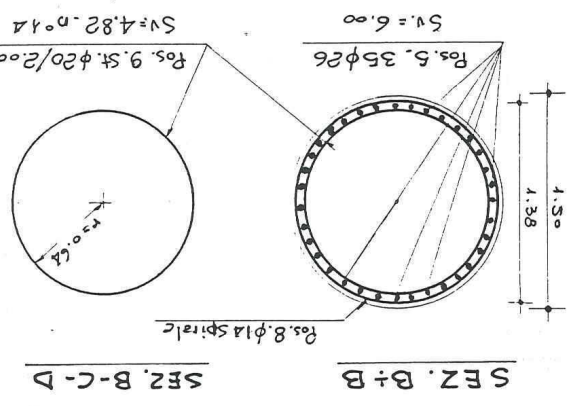


SEZIONE 1:125



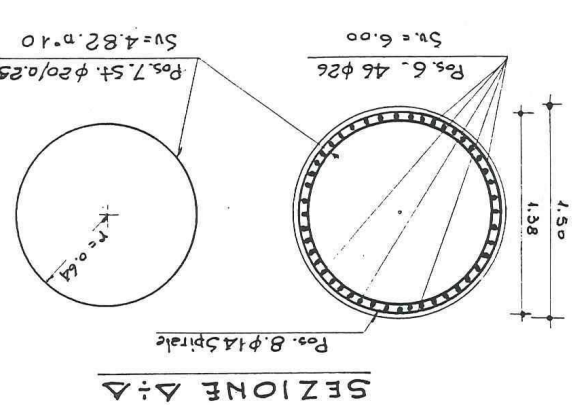
SEZ. C: C

SEZ. D: D



SEZ. B: B

SEZ. B-C: D

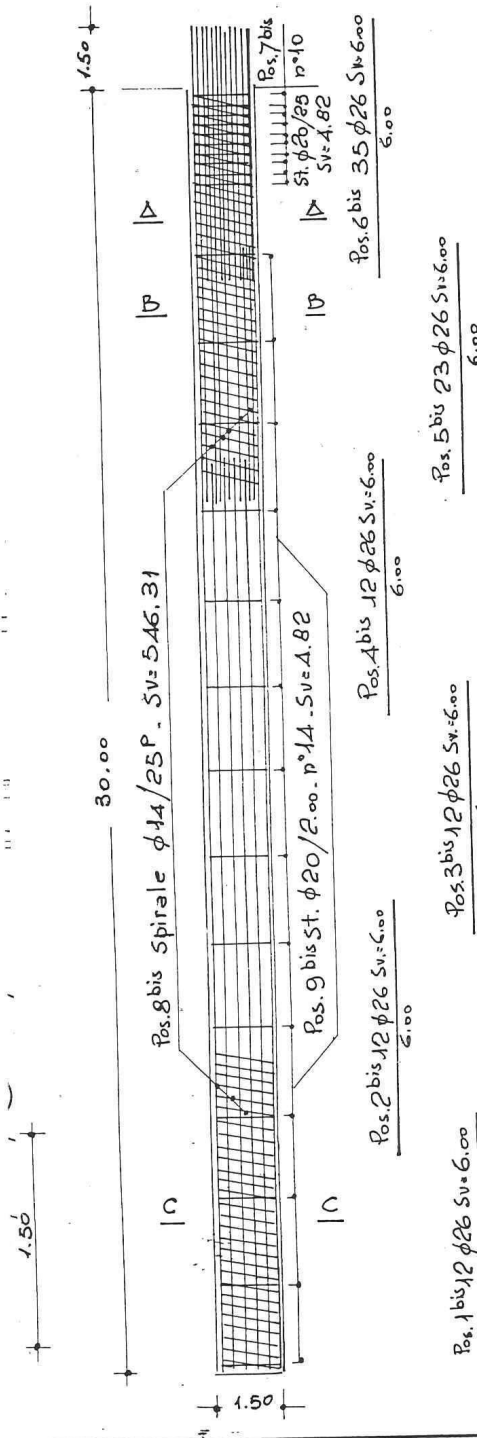


SEZIONE A: A

VISTA DEI FERRI 1:40

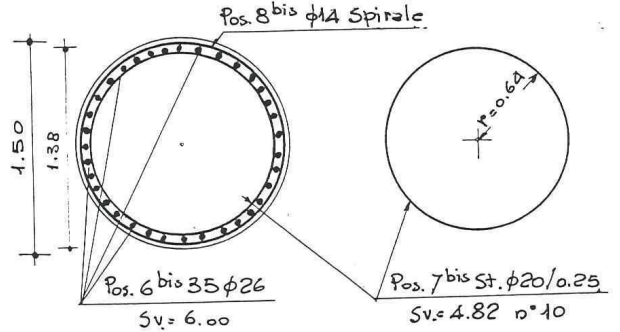
6  
PALO  $\phi$  1500. ARMATURA TIPO "B" - DAL PALO N° 14 AL PALO N° 26

SEZIONE 1:125

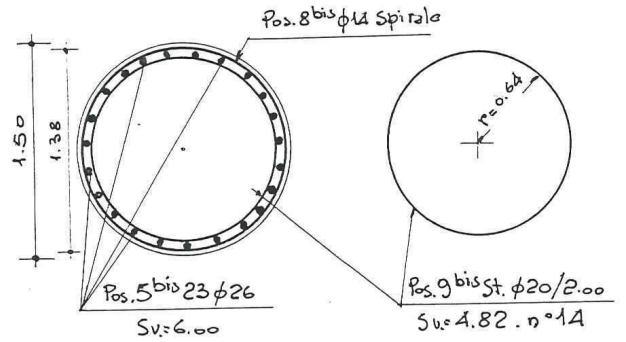


VISTA DEI FERRI 1:40

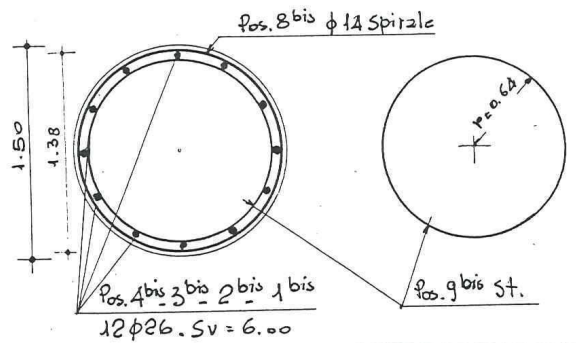
SEZIONE  $\Delta \div \Delta$



SEZIONE B ÷ B

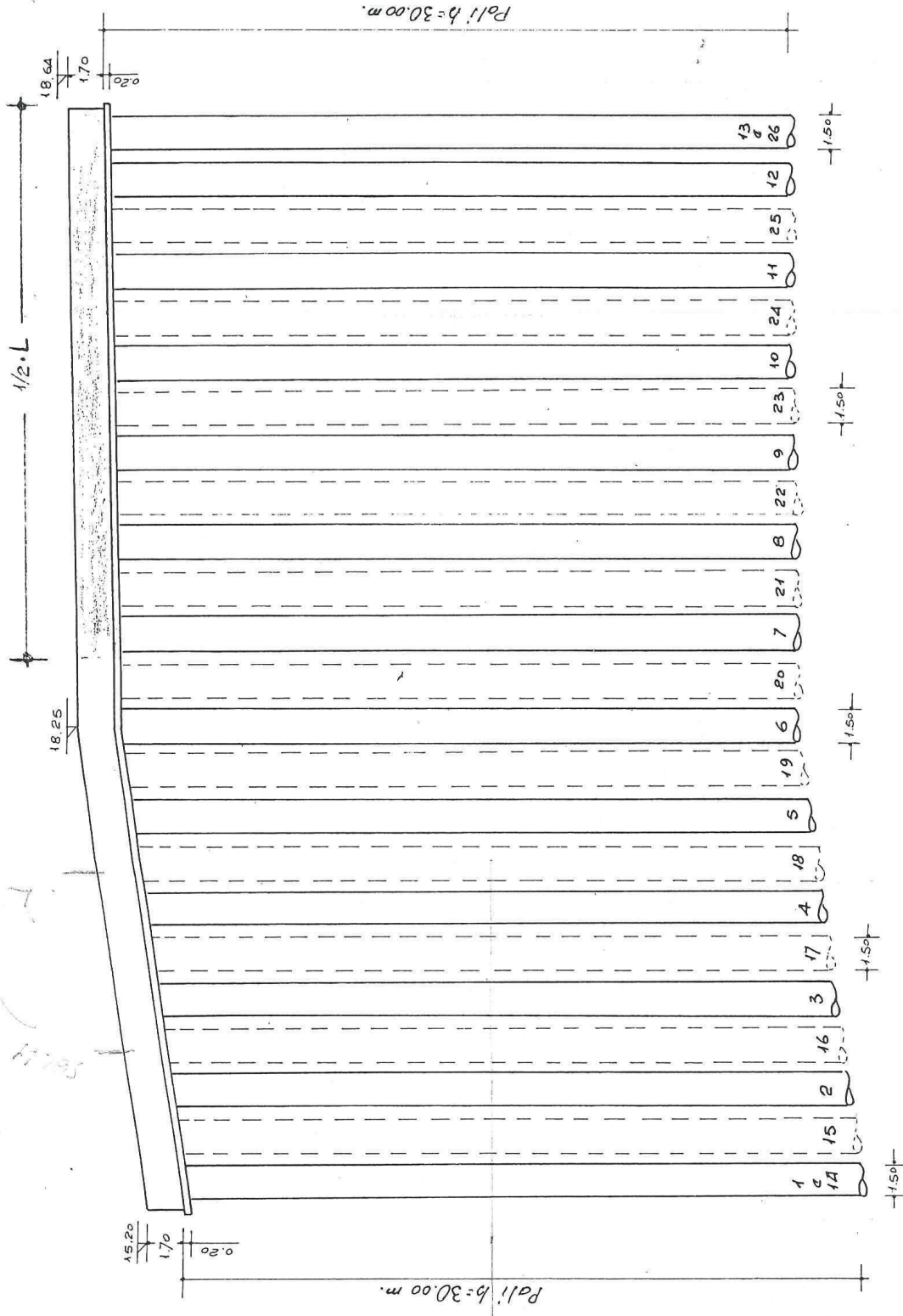


SEZIONE C ÷ C



# PROFILO LONGITUDINALE IN ASSE CORONELLA

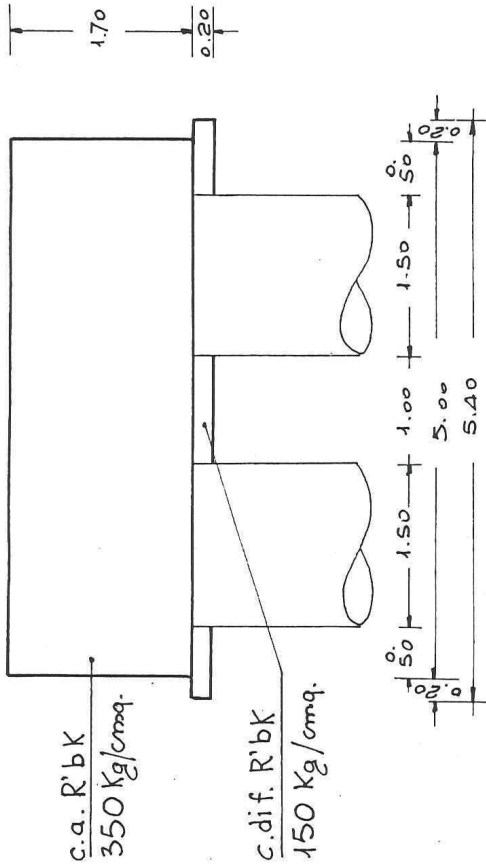
1:200



LUNGHEZZA FONDAZIONE	m. 21.45 (tratto in curva. asse)	m. 27.45 (tratto in retto)
LUNGHEZZA CORONILLA	m. 21.25 (tratto in curva. asse)	m. 27.25 (tratto in retto)
SEZIONI	1	2
		3

CORONELLA - SEZIONE 1-2-3 TRASVERSALE

1:50



ART. 322/b. Calcestruzzo di fondazione con R'bk 150 Kg/cm<sup>2</sup>.

SEZIONI 1-2-3  $5.40 \times 0.20 \times (21.45 + 27.15) = \text{mc. } 52,812$

A dedurre teste pali del diametro di m. 1.50:

Dal palo n° 1 al palo n° 26.  $n^{\circ} 26 \times [3.14 \cdot (\frac{1}{2} \cdot 1.50)^2 \cdot 0.20] = \text{mc. } (-) 9,185$

Restano mc. 43.627  $\times \frac{1}{2} =$

mc. 21, =

ART. 324/a. Calc. per cemento armato con R'bk 350 Kg/cm<sup>2</sup>.

SEZIONI 1-2-3  $5.00 \times 1.70 \times (21.25 + 27.25) = \text{mc. } 412,250 \times \frac{1}{2} =$

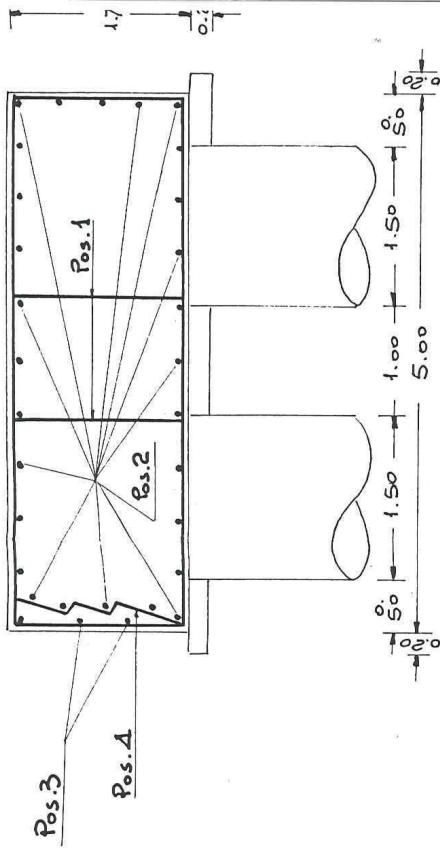
mc. 206, =

ART. 330 - Casseforme per petti di calcestruzzi armati

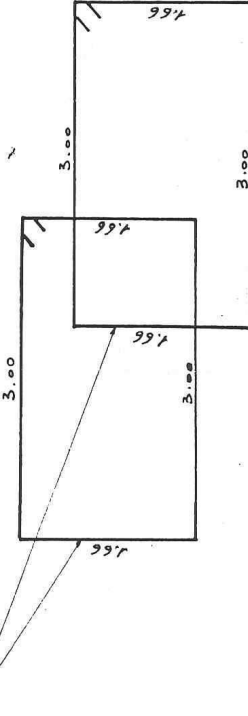
SEZIONI 1-2-3  $2 \times (5.00 + 21.25 + 27.25) \times 1.70 = \text{mq. } 181,90 \times \frac{1}{2} =$

mq. 90, =

CORONELLA - ARMATURA - SEZIONE TRASVERSALE - 1.



Pos. 1.  $1 \phi 26 / 50 + 2 \phi 26 / \text{palo} - S_v = \text{m. } 9,84 - n^{\circ} [(98 \times 2) + (48 \times 2)] = n^{\circ} 29$

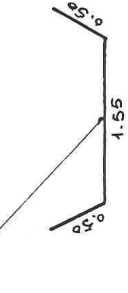


Pos. 2.  $1 \phi 14 / 50 - S_v = \text{m. } 52,70 (\text{con 4 sovrapposizioni}) - n^{\circ} 29$



Pos. 3.  $2 \phi 14 S_v = \text{m. } 255 - n^{\circ} (24 \times 2) = n^{\circ} 48$

In corrispondenza dei pali



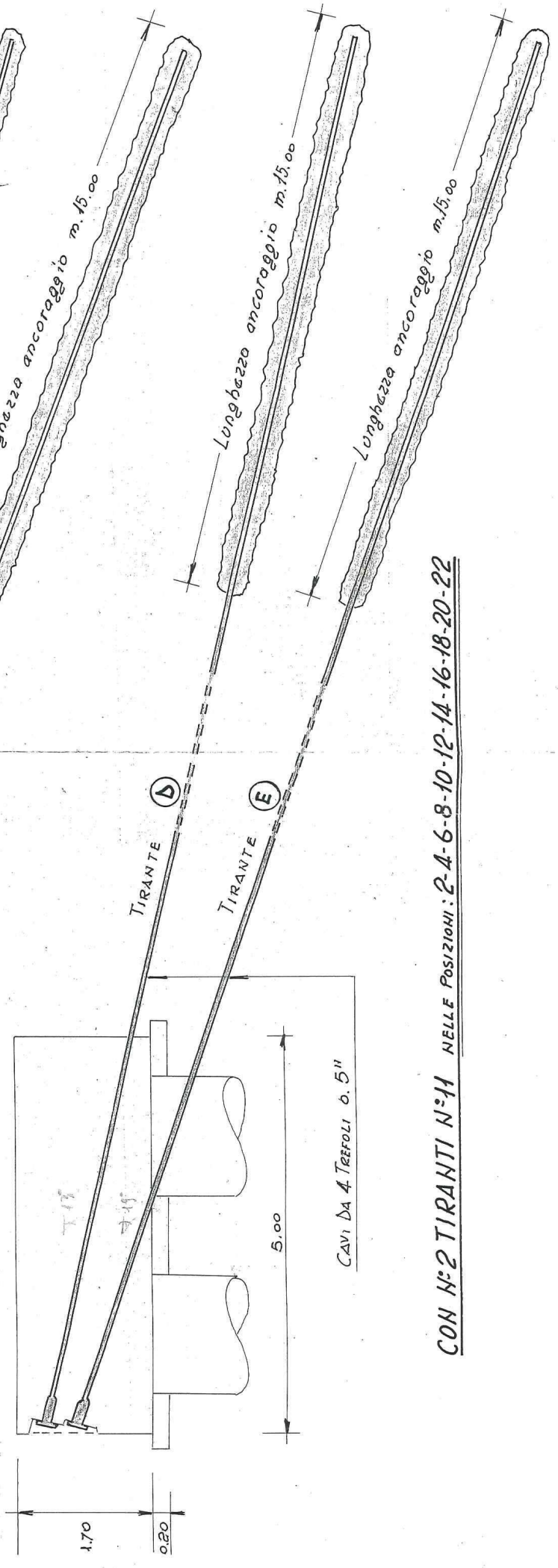
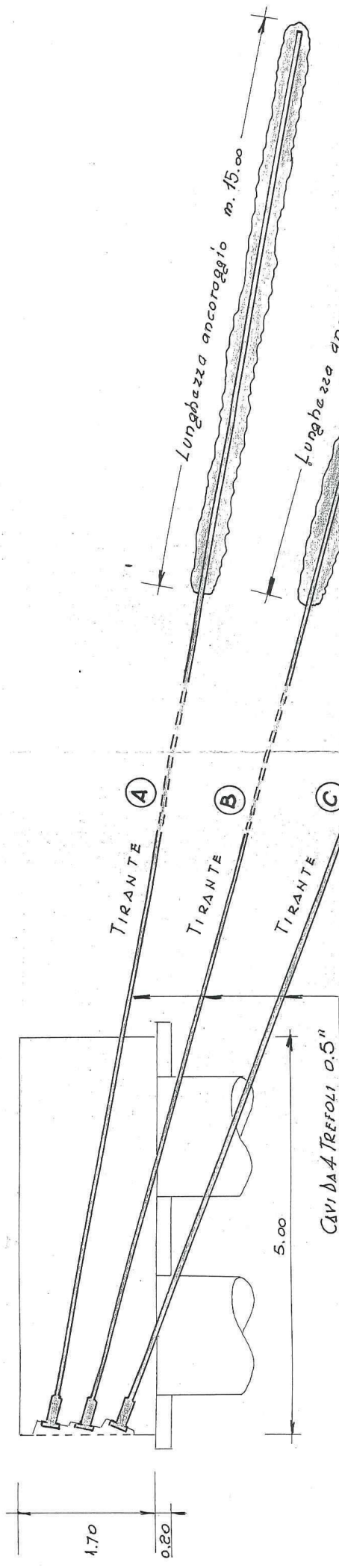
Pos. 4.  $2 \phi 14 S_v = \text{m. } 295 - n^{\circ} (23$

In corrispondenza dei tiranti





CON N°3 TIRANTI N°12 NELLE POSIZIONI: 1-3-5-7-9-11-13-15-17-19-21-23



CON N°2 TIRANTI N°11 NELLE POSIZIONI: 2-4-6-8-10-12-14-16-18-20-22

# LUNGHEZZE DEI TIRANTI

Posizione	LUNGHEZZA TIRANTE					TOTALE ml.
	A ml.	B ml.	C ml.	D ml.	E ml.	
1	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
2	—	—	—	35,00	30,00	65,00
3	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
4	—	—	—	35,00	30,00	65,00
5	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
6	—	—	—	35,00	30,00	65,00
7	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
8	—	—	—	35,00	30,00	65,00
9	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
10	—	—	—	35,00	30,00	65,00
11	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
12	—	—	—	35,00	30,00	65,00
13	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
14	—	—	—	35,00	30,00	65,00
15	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
16	—	—	—	35,00	30,00	65,00
17	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
18	—	—	—	35,00	30,00	65,00
19	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
20	—	—	—	35,00	30,00	65,00
21	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
22	—	—	—	35,00	30,00	65,00
23	35,00	35,00	30,00	—	—	100,00
Sommano ml.						1915,00