

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 1 di 143	Rev. 0

Rifacimento Metanodotto Ravenna - Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto
DN 650 (26"), DP 75 bar
ed opere connesse

Verifica tecnica di compatibilità delle interferenze dell'opera
con aree a pericolosità idrogeologica moderata e media
Art. 12 delle Norme di Attuazione PAI Regione Marche
Art. 7 Norme Tecniche di Attuazione PAI Interregionale Fiume Tronto

0	Emissione	Rocchetti	Guidotti	Sciosci	Gen. '19
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 2 di 143	Rev. 0

INDICE

1	INTRODUZIONE	7
2	DISCIPLINA DELLE AREE DI VERSANTE IN DISSESTO	8
2.1	Autorità di Bacino Regionale delle Marche	8
2.2	Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto	9
3	ESAME DELLE INTERFERENZE	10
4	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE	12
4.1	Inquadramento geologico	12
4.2	Assetto strutturale	14
4.3	Inquadramento geomorfologico	15
4.4	Assetto litologico-morfologico lungo la linea principale di progetto	16
5.	CARATTERISTICHE SISMICHE	18
5.1	Parametri nel Nodo Sismico di riferimento	18
5.2	Parametri V_N e C_U	18
5.3	Parametri spettrali	20
5.4	Parametri di risposta sismica locale	21
5.4.1	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	21
5.4.2	Accelerazione massima attesa in superficie	23
6	VERIFICHE DI STABILITA DEL VERSANTE – GENERALITA’	25
6.1	Introduzione	25
6.2	Azione sismica	25
6.3	Ricostruzione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica	26
6.4	Metodi e condizioni delle verifiche	28
7	VERIFICA TECNICA DI COMPATIBILITA’	29
7.1	Area 1 (F-16-0032 P1)	30
7.1.1	Descrizione dell’area	31
7.1.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	32
7.1.3	Verifica tecnica di compatibilità	33
7.2	Area 2 (F-16-0021 P1)	34

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 3 di 143	Rev. 0

7.2.1	Descrizione dell'area	34
7.2.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	35
7.2.3	Verifica tecnica di compatibilità	37
7.3	Area 4 (F-19-0128 P1)	38
7.3.1	Descrizione dell'area	38
7.3.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	39
7.3.3	Analisi di stabilità del versante	41
7.3.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	44
7.4	Area 5 (F-19-6149 P2)	45
7.4.1	Descrizione dell'area	45
7.4.2	Verifica tecnica di compatibilità	46
7.5	Area 6 (F-19-6150 P2)	47
7.5.1	Descrizione dell'area	47
7.5.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	48
7.5.3	Analisi di stabilità del versante	50
7.5.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	53
7.6	Area 7 (F-21-0027 P2)	54
7.6.1	Descrizione dell'area	55
7.6.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	56
7.6.3	Verifica tecnica di compatibilità	57
7.7	Area 8 (F-21-0022 P2)	58
7.7.1	Descrizione dell'area	59
7.7.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	61
7.7.3	Verifica tecnica di compatibilità	62
7.8	Area 9 (F-22-0060 P2)	63
7.8.1	Descrizione dell'area	64
7.8.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	65
7.8.3	Verifica tecnica di compatibilità	66
7.9	Area 10 (F-22-0058 P2)	67
7.9.1	Descrizione dell'area	68
7.9.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	69
7.9.3	Verifica tecnica di compatibilità	70
7.10	Area 11 (F-22-0050 P2)	72

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 4 di 143	Rev. 0

7.10.1	Descrizione dell'area	73
7.10.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	74
7.10.3	Verifica tecnica di compatibilità	76
7.11	Area 12 (F-22-0048 P2)	77
7.11.1	Descrizione dell'area	78
7.11.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	79
7.11.3	Verifica tecnica di compatibilità	80
7.12	Area 13 (F-23-0029 P2)	81
7.12.1	Descrizione dell'area	82
7.12.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	83
7.12.3	Verifica tecnica di compatibilità	84
7.13	Area 14 (F-23-0024 P2)	85
7.13.1	Descrizione dell'area	85
7.13.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	86
7.13.3	Verifica tecnica di compatibilità	87
7.14	Area 15 (F-23-0068 P2)	88
7.14.1	Descrizione dell'area	88
7.14.2	Verifica tecnica di compatibilità	89
7.15	Area 16 (F-24-0028 P2)	90
7.15.1	Descrizione dell'area	90
7.15.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	91
7.15.3	Analisi di stabilità del versante	93
7.15.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	96
7.16	Area 17 (F-24-0010 P2)	97
7.16.1	Descrizione dell'area	97
7.16.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	98
7.16.3	Analisi di stabilità del versante	100
7.16.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	104
7.17	Area 18 (F-25-0009 P1) e Area 19 (F-25-0010 P2)	105
7.17.1	Descrizione dell'area	105
7.17.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	106
7.17.3	Analisi di stabilità del versante	108
7.17.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	111

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 5 di 143	Rev. 0

7.18	Area 20 (F-25-0012 P2)	112
7.18.1	Descrizione dell'area	113
7.18.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	114
7.18.3	Verifica tecnica di compatibilità	115
7.19	Area 21 (F-25-0007 P2)	116
7.19.1	Descrizione dell'area	117
7.19.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	118
7.19.3	Verifica tecnica di compatibilità	119
7.20	Area 22 (F-26-0009 P2)	120
7.20.1	Descrizione dell'area	120
7.20.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	121
7.20.3	Analisi di stabilità del versante	123
7.20.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	126
7.21	Area 28 (F-16-0021 P1)	127
7.21.1	Descrizione dell'area	127
7.21.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	129
7.21.3	Verifica tecnica di compatibilità	130
7.22	Area 29 (F-19-0156 P1)	131
7.22.1	Descrizione dell'area	131
7.22.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	132
7.22.3	Verifica tecnica di compatibilità	134
7.23	Area 30 (F-29-0008 P2)	135
7.23.1	Descrizione dell'area	135
7.23.2	Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni	136
7.23.3	Analisi di stabilità del versante	138
7.23.4	Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità	141
7.24	Interferenze della linea in dismissione con le aree PAI	142

8 ALLEGATI 143

ALLEGATI

Allegato 1: Sezioni di attraversamento in trenchless delle interferenze con le aree PAI

Allegato 2: Indagini geognostiche

Allegato 3: Tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico



PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83031	
PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 6 di 143	Rev. 0

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 7 di 143	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

Nel presente studio relativo al progetto “Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti: Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto DN 650 (26”), DP 75 bar ed opere connesse” sono descritte le interferenze dei tracciati in progetto e in dismissione con le aree a pericolosità idrogeologica molto bassa, moderata e media nei PAI di competenza in cui l’opera ricade, ovvero:

- Piano Stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) dell’Autorità di Bacino Regionale delle Marche;
- Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto.

In particolare, in base all’art. 12 comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI Marche ed all’art. 7 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI del fiume Tronto, *“nelle aree a pericolosità AVD_P1 e AVD_P2 (PAI Marche) o H0, H1, H2 (PAI Tronto) sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto delle vigenti normative tecniche”*

Il presente studio di dettaglio, esteso ad un ambito morfologico significativo, è stato finalizzato alla verifica di compatibilità delle trasformazioni previste con le condizioni idrogeologiche dell’area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 8 di 143	Rev. 0

2 DISCIPLINA DELLE AREE DI VERSANTE IN DISSESTO

2.1 Autorità di Bacino Regionale delle Marche

Il Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) delle Marche redatto ai sensi dell'art. 17 comma 6-ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183 è stato approvato con Delibera del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004.

Il PAI identifica e quantifica le situazioni di degrado sotto il profilo idrogeologico ed individua le relative presumibili cause, in funzione del livello di conoscenza già raggiunto e con la previsione di aggiornamenti dinamici in funzione del completamento delle conoscenze e dell'evoluzione dei fenomeni.

A tal scopo vengono definite come:

Pericolosità: probabilità che il dissesto si manifesti entro un tempo predefinito con una certa intensità, da valutarsi unitamente ad altri fattori determinabili in funzione dello specifico dissesto oggetto di valutazione;

Vulnerabilità: percentuale del valore dell'elemento fisico che si stima possa essere persa nel caso l'elemento stesso sia esposto ad un definito dissesto.

Rischio: valore non solo economico di elementi fisici omogenei soggetti alla medesima tipologia di dissesto, e che quindi devono risultare esposti.

Le aree soggette a pericolosità e a rischio idrogeologico gravitativo per fenomeni franosi sono state individuate sulla base di una ricognizione delle informazioni specifiche contenute negli strumenti urbanistici comunali, nei PTC provinciali e in altri studi specifici di settore già elaborati (CARG, SCAI, RIM, IFFI, Studi GNDCI); ai fenomeni censiti è stata attribuita una pericolosità graduata su quattro livelli definiti in base alla tipologia del fenomeno e al relativo stato di attività come risultanti dalla omogeneizzazione e classazione della documentazione acquisita.

Nell'elaborato cartografico di riferimento (Carta del Rischio idrogeologico) sono indicati differenti livelli di pericolosità dei fenomeni gravitativi, distinti in:

- Aree di versante a Pericolosità molto elevata AVD_P4
- Aree di versante a Pericolosità elevata AVD_P3
- Aree di versante a Pericolosità media AVD_P2
- Aree di versante a Pericolosità moderata AVD_P1

Ciascuna frana è rappresentata con un codice alfanumerico che indica il bacino idrografico di riferimento, il numero progressivo ed il grado di pericolosità.

I livelli di rischio, dati dalla combinazione del livello di pericolosità e della vulnerabilità degli elementi esposti al rischio, sono rappresentati con varie colorazioni:

- Aree di versante a Rischio molto elevato AVD_R4 (colore rosso)
- Aree di versante a Rischio elevato AVD_R3 (colore arancio)
- Aree di versante a Rischio medio AVD_R2 (colore giallo)
- Aree di versante a Rischio moderato AVD_R1 (colore verde)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 9 di 143	Rev. 0

Secondo le Norme di Attuazione del PAI, nelle aree pericolosità media P2 e moderata P1 (art. 12 comma 2) sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto delle vigenti normative tecniche.

Nelle aree di versante in dissesto a Pericolosità elevata P3 (art. 12 comma 3 lettera j) e molto elevata P4 (art. 12 comma 4) è consentita la realizzazione di interventi per reti ed impianti tecnologici di interesse pubblico purché non aggravino le condizioni di instabilità dell'area in frana, previo parere vincolante dell'Autorità di Bacino.

2.2 Autorità di Bacino Interregionale del fiume Tronto

Il piano stralcio per la parte relativa all'assetto delle aree a rischio idrogeologico per frane e valanghe ha come finalità:

- l'individuazione e la perimetrazione dei dissesti da frana e valanga e l'attribuzione di diversi livelli di pericolosità e di rischio;
- la definizione di norme e modalità di gestione del territorio volte al rispetto delle specificità morfologiche, ambientali e paesaggistiche connesse ai naturali processi evolutivi dei versanti, indirizzate alla difesa del suolo ed al mantenimento delle relative condizioni di equilibrio;
- la definizione degli interventi necessari per la mitigazione del rischio per le popolazioni esposte, per i beni, per le attività economiche e per le infrastrutture, in rapporto alle pericolosità individuate.

La definizione delle norme e modalità di gestione e disciplina di tutela delle aree a rischio idrogeologico per frane e valanghe, cartografate negli elaborati denominati "Carta Territoriale dei dissesti" e "Carta del dissesto e delle aree esondabili" è articolata per:

- differenti indici di pericolosità dei fenomeni gravitativi, distinti in:
 - **H3** - Aree di versante a Pericolosità elevata
 - **H2** - Aree di versante a Pericolosità media
 - **H1** - Aree di versante a Pericolosità moderata
 - **H0** - Aree di versante a Pericolosità molto bassa
- differenti livelli di rischio suddivisi in:
 - **R4** - Aree a rischio molto elevato
 - **R3** - Aree a rischio elevato
 - **R2** - Aree a rischio medio
 - **R1** - Aree a rischio moderato

In base a quanto riportato all'art. 7 delle Norme Tecniche di attuazione al PAI, nelle aree ad indice di pericolosità H0, H1 e H2 sono consentite trasformazioni dello stato dei luoghi previa esecuzione di indagini nel rispetto delle vigenti normative tecniche.

Nelle aree a rischio idrogeologico per frane con indice di pericolosità elevata, H3, è consentita, nel rispetto delle vigenti normative tecniche, la realizzazione ed ampliamento di infrastrutture tecnologiche o viarie, pubbliche o di interesse pubblico, nonché delle relative strutture accessorie.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 10 di 143	Rev. 0

3 ESAME DELLE INTERFERENZE

I tracciati delle condotte in progetto e in dismissione interferiscono con aree in frana classificate a pericolosità moderata (P1) e media (P2) nella cartografia del PAI dell'AdB delle Marche nei tratti riportati nelle successive Tabelle 3/A e 3/B.

Non sono state rilevate interferenze con aree in frana classificate a pericolosità molto bassa (H0), moderata (H1) e media (H2) nella cartografia del PAI AdB del fiume Tronto.

Tab. 3/A: Interferenze tra tracciato della linea principale in progetto ed aree in frana classificate dal PAI AdB delle Marche a pericolosità moderata e media

N.	Da (km)	A (km)	Lunghezza (km)	Classificazione	Codice PAI	Metodo costruttivo
Rif. Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN 650 (26")						
1	6,525	6,845	0,320	P1 – pericolosità moderata	F-16-0032	Trenchless
2	7,770	8,240	0,470	P1 – pericolosità moderata	F-16-0021	Scavi a cielo aperto
4	14,470	15,215	0,745	P1 – pericolosità moderata	F-19-0128	Scavi a cielo aperto
5	15,885	16,005	0,120	P2 – pericolosità media	F-19-6149	Scavi a cielo aperto
6	16,485	16,655	0,170	P2 – pericolosità media	F-19-6150	Scavi a cielo aperto
7	33,740	34,185	0,445	P2 – pericolosità media	F-21-0027	Trenchless
8a	34,680	34,755	0,075	P2 – pericolosità media	F-21-0022	Scavi a cielo aperto
8b	35,090	35,455	0,365	P2 – pericolosità media	F-21-0022	Trenchless
9	35,510	36,130	0,380	P2 – pericolosità media	F-22-0060	Trenchless
10	36,755	37,275	0,595	P2 – pericolosità media	F-22-0058	Trenchless
11	37,540	37,655	0,115	P2 – pericolosità media	F-22-0050	Trenchless
12a	37,805	38,030	0,225	P2 – pericolosità media	F-22-0048	Scavi a cielo aperto
12b	38,030	38,455	0,425	P2 – pericolosità media	F-22-0048	Trenchless
13	38,680	39,275	0,210	P2 – pericolosità media	F-23-0029	Trenchless
14a	39,295	39,360	0,065	P2 – pericolosità media	F-23-0024	Trenchless
14b	39,360	39,425	0,065	P2 – pericolosità media	F-23-0024	Scavi a cielo aperto
15	39,460	40,145	0,035	P2 – pericolosità media	F-23-0068	Scavi a cielo aperto
16	43,245	43,455	0,170	P2 – pericolosità media	F-24-0028	Scavi a cielo aperto
17	47,085	47,210	0,285	P2 – pericolosità media	F-24-0010	Scavi a cielo aperto
18	48,100	48,135	0,165	P1 – pericolosità moderata	F-25-0009	Scavi a cielo aperto
19	48,135	48,305	0,310	P2 – pericolosità media	F-25-0010	Scavi a cielo aperto
20	48,385	48,670	0,300	P2 – pericolosità media	F-25-0012	Trenchless
21	48,990	49,155	0,160	P2 – pericolosità media	F-25-0007	Trenchless
22	53,610	53,920	0,310	P2 – pericolosità media	F-26-0009	Scavi a cielo aperto
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4")						
28	0,000	0,880	0,880	P1 – pericolosità moderata	F-16-0021	Trenchless
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4")						
29	0,225	0,575	0,330	P1 – pericolosità moderata	F-19-0156	Trenchless
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10")						
30	0,345	0,675	0,330	P2 – pericolosità media	F-29-0008	Scavi a cielo aperto

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 11 di 143	Rev. 0

Tab. 3/A: Interferenze tra il tracciato della linea principale in dismissione ed aree in frana del PAI AdB Marche a pericolosità moderata e media

Da (km)	A (km)	Percorrenza parz. (km)	Livelli di pericolosità dei versanti in dissesto	Comune
Met. Recanati – San Benedetto del T. DN 650 (26'') in dismissione				
7,280	8,230	0,950	P1 – pericolosità moderata	Montelupone
8,380	8,445	0,065	P2 – pericolosità media	
11,040	11,160	0,120	P1 – pericolosità moderata	Morrovalle
11,450	11,770	0,320		
12,770	13,490	0,720	P1 – pericolosità moderata	Montecosaro
15,245	15,420	0,175	P2 – pericolosità media	
21,945	22,150	0,205		P2 – pericolosità media	Sant'Elpidio a Mare
25,160	25,410	0,250		
29,685	29,960	0,275		
30,190	30,645	0,455		
31,170	31,275	0,105		
31,280	31,350	0,070		
31,425	31,825	0,400		
32,620	32,975	0,355		
33,295	33,485	0,190		
34,785	35,150	0,365	P2 – pericolosità media		Fermo
35,245	35,810	0,565		
35,870	36,190	0,320		
36,190	36,415	0,225		
36,415	37,235	0,820		
37,350	37,650	0,300		
38,830	39,040	0,210	P1 – pericolosità moderata	Lapedona
39,170	39,270	0,100	P2 – pericolosità media	
39,620	39,730	0,110		
39,925	39,960	0,035		
40,075	40,105	0,030	P2 – pericolosità media	
41,480	42,070	0,590		
42,905	43,125	0,220		
43,850	44,175	0,325	P2 – pericolosità media	Altidona
44,565	44,755	0,190		
44,815	44,915	0,100		
46,885	47,135	0,250	P2 – pericolosità media	Campofilone
48,645	49,045	0,400		
50,905	51,020	0,115	P1 – pericolosità moderata	Massignano
60,565	60,885	0,320	P2 – pericolosità media	Grottammare

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 12 di 143	Rev. 0

4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

4.1 Inquadramento geologico

Il tracciato del metanodotto attraversa unità geologiche appartenenti alla Successione plio-pleistocenica del Bacino periadriatico marchigiano-abruzzese ed ai depositi continentali quaternari che la ricoprono in modo discontinuo.

La Successione plio-pleistocenica si è deposta in una bacino subsidente, formatosi nella parte esterna dell'edificio a *thrust* dell'Appennino Centrale, mentre la parte interna andava incontro a fenomeni di progressivo sollevamento ed emersione (Bigi *et al.*, 1995).

Seguendo lo schema di Centamore *et al.* (2009), la base della successione Plio-Pleistocenica è caratterizzata da depositi sabbioso-conglomeratici di ambiente neritico-litorale, affioranti al margine occidentale del bacino periadriatico, all'esterno del territorio di studio. Su tali depositi sabbioso-conglomeratici poggia una potente successione pelitica all'interno della quale si intercalano, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti sabbioso-conglomeratici o sabbioso-argillosi a geometria tabulare o lenticolare (Argille Azzurre).

Superiormente la successione è chiusa in discordanza da depositi neritico-litorali, sabbioso-conglomeratici, del Siciliano (Formazione di Fermo). All'interno della successione siciliana i depositi conglomeratici, intercalati a più livelli nelle sabbie litorali, evidenziano la progradazione delle facies deltizie.

Le successioni neogenico-pleistoceniche si sono deposte in bacini caratterizzati da una fisiografia piuttosto complessa, in gran parte ereditata dalle fasi tettoniche precedenti e in continua evoluzione per gli effetti di una intensa tettonica sin-sedimentaria, caratterizzata da eventi compressivi con direzione di raccorciamento NE-SO, che hanno riattivato in parte le strutture a *thrust* prodottesi nel Pliocene inferiore. Il bacino si è articolato in una serie di dorsali e depressioni sia ad andamento longitudinale che trasversale. Faglie trasversali ed oblique hanno suddiviso a loro volta i bacini in diversi settori a differente evoluzione tettonico-sedimentaria. Le dorsali sono costituite da anticlinali in crescita al disopra di incipienti *thrust*, probabilmente sviluppatasi per processi di inversione tettonica su antiche faglie normali listriche immergenti ad ovest.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 13 di 143	Rev. 0

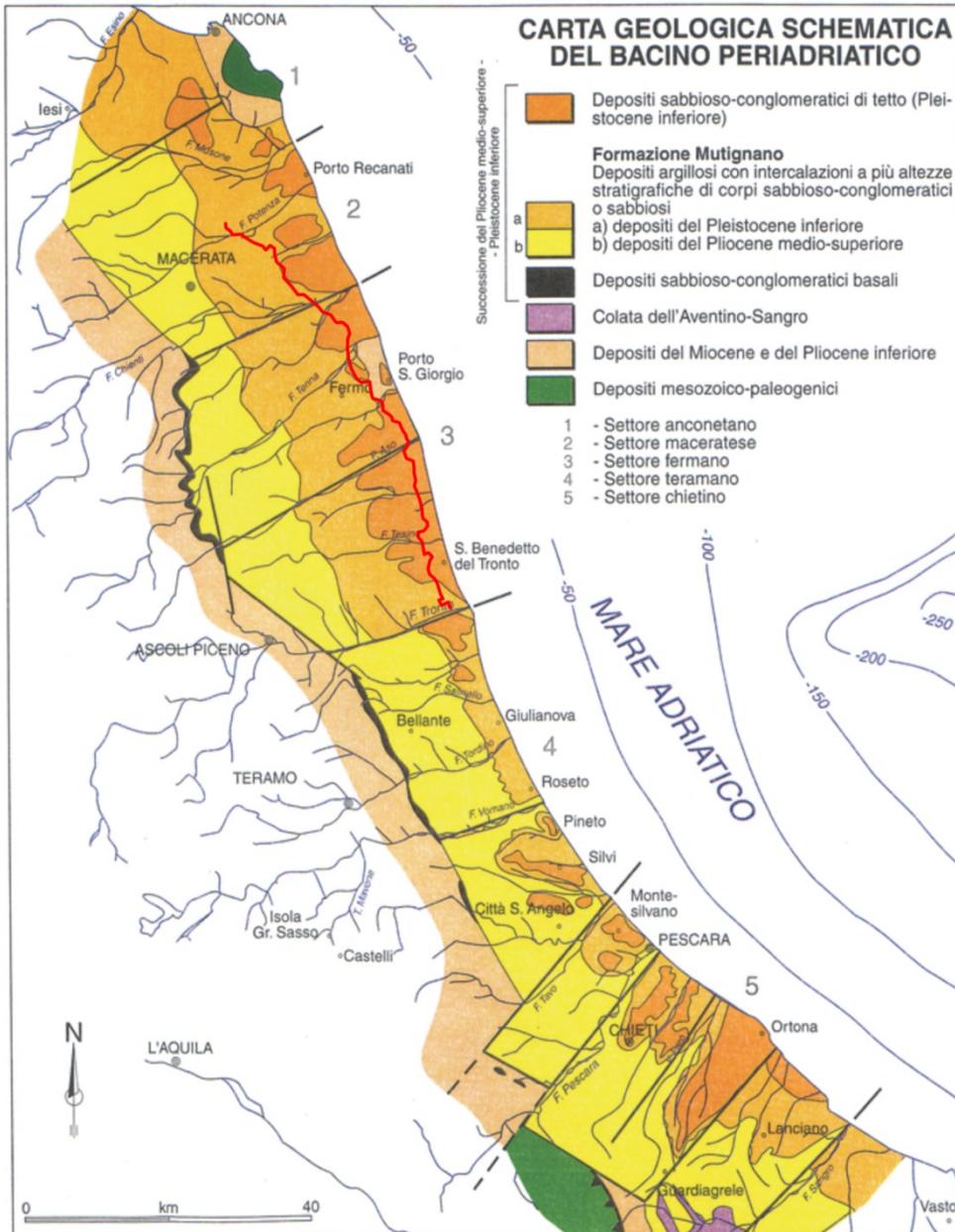


Figura 4.1/A: Carta geologica schematica del bacino periadriatico. In rosso il tracciato in progetto (da: Centamore et al., 2009, modificato).

Il bacino periadriatico (Bigi *et al.*, 1995) risulta quindi differenziato, da nord a sud, in quattro settori (anconetano, fermano, teramano e chietino) i primi due dei quali rientrano nel territorio di studio.

Il settore anconetano è caratterizzato fino al Pliocene superiore da condizioni di alto morfologico, fino in parte all'emersione; nel Pleistocene inferiore esso subisce un

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 14 di 143	Rev. 0

parziale annegamento, cui corrisponde una sedimentazione prevalentemente argillosa. Nel Pleistocene medio infine si registra un ciclo trasgressivo delimitato a tetto ed a letto da depositi grossolani, depositi in ambienti di piattaforma e spiaggia.

Nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore il settore fermano rappresenta la parte più depressa del bacino, in cui si deposita una potente sequenza argillosa, di ambiente profondo, fino a batiale, interrotta da intercalazioni di depositi torbidity clastici grossolani. Nel Pleistocene medio-superiore si ha una netta diversificazione delle condizioni fisiografiche del settore, con sedimentazione sabbioso-ghiaiosa di ambiente da piattaforma a spiaggia, a delta conoide, o argillosa con crostoni travertinosi (stagni costieri).

In discordanza sui vari termini della successione marina plio-pleistocenica affiorano depositi continentali del Pleistocene medio basale, di ambiente da conoide alluvionale a piana alluvionale, a lago costiero. Il paesaggio continentale era caratterizzato, ai piedi dei rilievi occidentali, da una serie di conoidi alluvionali coalescenti, che bordavano un'ampia piana alluvionale, in cui si sviluppava un reticolo idrografico di tipo *braided*, limitata verso est da laghi costieri (Centamore *et al.*, 2009).

I depositi continentali di origine fluviale, ampiamente diffusi nel territorio, sono tradizionalmente suddivisi in quattro ordini di terrazzi (Cantalamesa *et al.*, 2004) e classificati, nella più recente cartografia geologica, all'interno di diversi Sintemi. Le alluvioni del primo e del secondo ordine sono attribuite al Pleistocene inferiore-medio, quelle del terzo ordine al Pleistocene superiore, mentre il quarto ordine appartiene all'Olocene.

Dove terminano i rilievi collinari, esiste una fascia litorale relativamente poco estesa (da qualche centinaio di metri a circa un chilometro) formata da sedimenti di origine marina di variabile granulometria, da sabbie fini a ghiaie. Solo localmente sono presenti dune di limitate dimensioni, stabilizzate da vegetazione arborea e arbustiva.

I versanti di tutto il territorio sono interessati da estese coperture detritiche rappresentate principalmente da depositi eluvio – colluviali, sviluppati a spese delle sequenze argillose e argilloso-limose Plio-Pleistoceniche.

Molto diffusi nei versanti costituiti da litotipi argilloso-limosi delle sequenze Plio-Pleistoceniche sono i depositi di frana. Si tratta generalmente di accumuli di modesto spessore, legati a fenomeni superficiali di deformazione plastica (soliflussi) nelle coltri eluvio-colluviali o negli orizzonti alterati del substrato. Alle frane di scorrimento e colamento sono associati per contro depositi di maggiore spessore, che coinvolgono più profondamente il substrato argilloso.

4.2 Assetto strutturale

Dopo la conclusione, nel Pliocene inferiore, della migrazione verso Est del sistema catena-avanfossa-avampaese in regime compressivo, il quadro geodinamico è caratterizzato da processi di sollevamento regionale e di tettonica estensionale nella parte interna-occidentale della catena in emersione e dall'impostazione del bacino

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 15 di 143	Rev. 0

periadriatico marchigiano-abruzzese in regime blandamente compressivo (formazione delle dorsali intrabacinali).

Nel Pleistocene inferiore, attenuatasi la fase compressiva all'origine delle dorsali intrabacinali, si ha un sollevamento differenziale della successione Plio-Pleistocenica che assume una struttura monoclinale con blanda inclinazione verso E di 3°-5°.

Durante il Pleistocene nel settore marchigiano si sviluppano sistemi di faglie normali di modesto rigetto, ad andamento sia appenninico che trasversali (Cantalamessa G. *et al.*, 2004).

4.3 Inquadramento geomorfologico

Il territorio attraversato dal metanodotto percorre tre unità fisiografiche principali, costituite dai rilievi collinari, l'unità di paesaggio più diffusa, dalle piane alluvionali di fondovalle e dalla bassa fascia costiera.

Nel suo complesso il paesaggio collinare è progressivamente digradante verso Est; le dorsali principali che lo costituiscono hanno andamenti prevalentemente orientati in direzione SO-NE o OSO-ENE e raggiungono quote modeste, superando di poco i 200 m s.l.m. (Colle Sgariglia, Madonna della Noce).

La morfologia del rilievo è controllata sostanzialmente dall'assetto stratigrafico-strutturale della successione Plio-Pleistocenica: le sequenze arenaceo-conglomeratiche, e talora i terrazzi alluvionali Pleistocenici più alti, formano rilievi tabulario pianalti definiti da ripide scarpate spesso subverticali, che nella parte inferiore dei versanti assumono forme tendenzialmente concave, in corrispondenza dell'affioramento di *facies* argillose o argilloso-limose maggiormente erodibili. A spese delle unità argillose si sono sviluppate forme calanchive, che occupano sui versanti superfici caratterizzate da un denso reticolo idrografico minore.

Per quanto riguarda l'idrografia, le forme del rilievo controllano anche l'andamento, tipicamente antiappenninico, dei numerosi fiumi e torrenti che scorrono in gran parte lungo valli conseguenti, in direzione SO-NE o OSO-ENE. Da nord a sud i corsi d'acqua più importanti sono il Potenza, il Chienti, il Tenna, l'Aso, il Tesino ed il Tronto. Gli alvei hanno tracciati generalmente rettilinei o moderatamente sinuosi.

Il reticolo di drenaggio ha *pattern* variabili, più frequentemente angolati o subparalleli, a traliccio. Caratteristica della fascia periadriatica marchigiano-abruzzese è l'asimmetria areale dei versanti, significativamente più estesi in sinistra idrografica che in destra. Nei fondovalle più ampi sono riconoscibili i diversi ordini di terrazzamenti separati da scarpate ben marcate.

Nella successione Plio-Pleistocenica, generalmente a quote più alte dei terrazzi del I ordine, lungo le dorsali spartiacque, si riconoscono superfici di spianamento relitte, legate alle fasi più antiche di modellamento del rilievo, riferibili alla "superficie villafranchiana" di Demangeot.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 16 di 143	Rev. 0

I fenomeni franosi sono particolarmente frequenti nei versanti a substrato argilloso e argilloso-limoso. Le coltri eluvio-colluviali e gli orizzonti superficiali alterati del substrato argilloso sono estesamente interessati da fenomeni di deformazione plastica (soliflussi), caratterizzati da movimenti lenti che riguardano coltri di spessore modesto.

Le sequenze arenaceo-conglomeratiche sono soggette, dove formano scarpate subverticali, a frane di crollo, generalmente di limitate dimensioni. Frane di scorrimento rotazionale, colamenti, frane complesse, queste ultime corrispondenti spesso a scorrimenti rotazionali evolventi in colamento, interessano le parti marginali dei rilievi tabulari sabbioso-conglomeratici e i sottostanti versanti argillosi e argilloso-limoso-sabbiosi.

4.4 Assetto litologico-morfologico lungo la linea principale di progetto

Dall'area trappole di Recanati il tracciato percorre, nel versante sinistro della valle del Potenza, rilievi collinari a bassa acclività, formati da terreni appartenenti alle Argille Azzurre.

I bassi versanti e la pianura sottostante sono formati da depositi alluvionali terrazzati debolmente sospesi sull'alveo.

Risalendo il versante destro della valle del fiume Potenza la linea di progetto percorre ancora rilievi collinari a bassa acclività, formati da un substrato di Argille Azzurre con estese coperture di coltri eluvio-colluviali.

Il percorso collinare continua fino all'entrata nella valle del fiume Chienti, nei pressi di Montecosaro. L'ampio fondovalle è occupato da depositi alluvionali terrazzati.

A nord di Casette d'Ete il tracciato risale il versante destro della valle, che percorre all'interno della Formazione di Fermo, costituita principalmente dalle facies arenacee e conglomeratiche. La morfologia è più aspra, in particolare nel primo tratto collinare. Le sequenze arenaceo-conglomeratiche terminano poco prima dell'attraversamento della S.P. 27 Elpidiense.

Successivamente la linea attraversa colline dall'acclività poco accentuata, formate da depositi alluvionali terrazzati, fino al fondovalle del fiume Tenna.

Dopo la risalita sul versante destro, il tracciato attraversa, con frequente utilizzo di metodologie trenchless, numerose dorsali e valli secondarie orientate trasversalmente al percorso (tra le quali vi è il rilievo collinare della città di Fermo) costituite da argille e marne della Formazione delle Argille Azzurre, e dalle coperture superficiali (depositi eluvio-colluviali, accumuli di frana, depositi alluvionali terrazzati).

In prossimità di Casette Santa Margherita viene raggiunto lo stretto fondovalle del fiume Ete Vivo.

Il tratto successivo percorre rilievi collinari formati nei bassi versanti da argille e marne (Formazione della Argille Azzurre) e nelle parti sommitali da sequenze arenaceo-conglomeratiche della Formazione di Fermo, in cui, a fondovalle incisi si alternano rilievi tabulari. Molto estese sono le coperture eluvio-colluviali e i depositi di frana.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 17 di 143	Rev. 0

Nell'attraversamento della valle del fiume Aso il tracciato percorre un versante sinistro estesamente occupato da depositi alluvionali terrazzati ed un versante destro più acclive, con accumuli di frana.

Un lungo tratto successivo è caratterizzato ancora da dorsali a morfologia tabulare di variabile ampiezza, costituite da sequenze prevalentemente arenaceo-conglomeratiche e arenaceo-pelitiche, alternate a incisioni vallive molto frequenti in cui scorrono corsi d'acqua secondari o di maggiore rilievo (i più importanti sono il torrente Menocchia, il torrente Sant'Egidio, il fiume Tesino, il torrente Albula), formate da una substrato argilloso prevalente, con copertura eluvio-colluviale pressoché continua e frequenti accumuli franosi, fino alla importante valle del fiume Tronto.

La valle del fiume Tronto è una tipica valle asimmetrica; il tracciato di progetto ne attraversa l'esteso versante sinistro, formato da ampi terrazzi alluvionali, di poco sospesi sull'alveo attuale e poi la vasta piana alluvionale, nei pressi dello svincolo autostradale di S. Benedetto del Tronto, dove il tracciato si arresta in corrispondenza del PIDI n.13.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 18 di 143	Rev. 0

5. CARATTERISTICHE SISMICHE

5.1 Parametri nel Nodo Sismico di riferimento

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008) hanno introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ribadito dalla e NTC2018.

La “pericolosità sismica di base”, costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell’intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le N.T.C. introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l’intero territorio italiano. Le stesse NTC 2008 forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno (espressa in $g/10$);

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito non è sintetizzata più dall’unico parametro (a_g), ma dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, dalla Vita Nominale e dalla Classe d’Uso dell’opera. I punti del reticolo di riferimento riportati hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica di base dell’INGV è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

5.2 Parametri V_N e C_U

Per la costruzione viene identificato un Periodo di Riferimento V_R , che si ricava moltiplicando la Vita Nominale V_N per il Coefficiente d’Uso C_U .

La vita nominale di progetto V_N di un’opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

Le NTC 2018 associano a tipi di costruzione un valore minimo della vita nominale espresso in anni; in particolare, per “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”, si prevede vita nominale ≥ 50 .

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 19 di 143	Rev. 0

Ne segue che la Vita Nominale è scelta in funzione del numero di anni di vita utile previsto per la struttura senza che si debba ricorrere ad interventi di manutenzione straordinaria. Coerentemente con tali indicazioni, la Vita Nominale del manufatto trova quindi riferimento nelle scelte progettuali.

La Classe d'Uso discende invece da considerazioni "esterne" che tengono conto di quanto può accadere "in presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso" (NTC 2018 par. 2.4.2). Inoltre, sull'assegnazione della Classe d'Uso intervengono criteri di qualificazione non solo tecnica ma anche "amministrativa" (finalità di protezione civile, competenza statale).

Il metanodotto in progetto appartiene ai gasdotti della rete nazionale e pertanto, nel suo insieme, può considerarsi un'opera infrastrutturale di interesse strategico.

Alla luce di tali considerazioni, si è motivatamente assunto per l'opera la seguente combinazione di V_N e C_U , conseguentemente determinando il periodo di riferimento "di progetto":

V_N , Vita Nominale della costruzione, 50 anni;

C_U , Coefficiente d'Uso (classe IV), 2.0;

V_R , Periodo di Riferimento per la costruzione, 100 anni.

Date dalle NTC 2018 (Tab. 3.2.1) le probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento, associate all'azione sismica agente per ciascuno degli stati limite di calcolo, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni,

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR}),$$

è così determinato:

Tabella 5.2/A: Valori di T_R espressi in funzione di V_R

Stato limite		Probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R	Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R	
Esercizio (SLE)	SLO	81%	$0,60 V_R$	60
	SLD	63%	$\cong V_R$	101
Ultimo (SLU)	SLV	10%	$\cong 9,50 V_R$	949
	SLC	5%	$19,50 V_R$	1950

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 20 di 143	Rev. 0

5.3 Parametri spettrali

Nella Tabella 5.3/A, per i vari stati limite, sono indicati i valori dei parametri a_g , F_0 e T^*c , calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento.

Tabella 5.3/A: Parametri spettrali: $V_N = 50$ anni - Classe d'Uso IV (Opere strategiche) – Stato limite SLV – $T_R = 949$ anni per le interferenze PAI dei tracciati di progetto

Nr. ID	Codice PAI	Latitudine	Longitudine	a_g	F_0	T^*c
Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN650 (26'')						
1	F-16-0032	43.355220°	13.570563°	0.236	2.515	0.317
2	F-16-0021	43.353314°	13.586361°	0.236	2.517	0.316
4	F-19-0128	43.310782°	13.622321°	0.237	2.508	0.319
5	F-19-6149	43.303736°	13.628098°	0.236	2.517	0.317
6	F-19-6150	43.299239°	13.632919°	0.236	2.514	0.317
7	F-21-0027	43.194149°	13.732629°	0.236	2.511	0.319
8	F-21-0022	43.187400°	13.739568°	0.235	2.513	0.319
9	F-22-0060	43.183404°	13.749995°	0.236	2.511	0.320
10	F-22-0058	43.181422°	13.758422°	0.235	2.516	0.319
11	F-22-0050	43.176308°	13.764869°	0.234	2.518	0.318
12	F-22-0048	43.172661°	13.768180°	0.234	2.516	0.318
13	F-23-0029	43.166535°	13.768705°	0.234	2.515	0.318
14	F-23-0024	43.162935°	13.769075°	0.234	2.514	0.318
15	F-23-0068	43.161631°	13.769187°	0.234	2.514	0.318
16	F-24-0028	43.136677°	13.794737°	0.234	2.512	0.319
17	F-24-0010	43.118227°	13.814348°	0.235	2.507	0.320
18	F-25-0009	43.111599°	13.812684°	0.235	2.507	0.321
19	F-25-0010	43.110859°	13.812777°	0.235	2.507	0.321
20	F-25-0012	43.108247°	13.812364°	0.235	2.507	0.321
21	F-25-0007	43.103330°	13.811147°	0.235	2.507	0.321
22	F-26-0009	43.069774°	13.830107°	0.235	2.506	0.323
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4'')						
28	F-16-0021	43.349430°	13.588560°	0.236	2.516	0.316
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4'')						
29	F-19-0156	43.321932°	13.611170°	0.237	2.511	0.318
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10'')						
30	F-29-0008	42.975094°	13.848244°	0.236	2.483	0.328

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 21 di 143	Rev. 0

5.4 Parametri di risposta sismica locale

5.4.1 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in assenza della valutazione dell'effetto della risposta sismica locale sulla base di analisi specifiche è possibile fare riferimento ad una metodologia semplificata basata sulle categorie di sottosuolo di riferimento (Tabella 3.2.II del NTC 2018) e sulle categorie topografiche (Tabella 3.2.III del NTC 2018).

- *Categoria di sottosuolo di riferimento*

Tabella 5.4/A: Categorie di sottosuolo (Tabella 3.2.II NTC 2018)

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base dei parametri geotecnici dei terreni rilevati nel corso dell'indagine geognostica eseguita nelle aree interessate dai metanodotti in progetto correlati a prove sismiche eseguite in aree con affioramento di terreni simili, con riferimento alla precedente Tabella 5.4/A, vengono definite le categorie di sottosuolo delle singole aree PAI riportate nella sottostante Tabella 5.4/B.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 22 di 143	Rev. 0

Tabella 5.4/B: Categorie di sottosuolo per le interferenze PAI dei tracciati in progetto

Nr. ID	Codice PAI	Latitudine	Longitudine	Categoria sottosuolo
Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN650 (26")				
1	F-16-0032	43.355220°	13.570563°	C
2	F-16-0021	43.353314°	13.586361°	C
4	F-19-0128	43.310782°	13.622321°	C
5	F-19-6149	43.303736°	13.628098°	C
6	F-19-6150	43.299239°	13.632919°	C
7	F-21-0027	43.194149°	13.732629°	C
8	F-21-0022	43.187400°	13.739568°	C
9	F-22-0060	43.183404°	13.749995°	C
10	F-22-0058	43.181422°	13.758422°	C
11	F-22-0050	43.176308°	13.764869°	C
12	F-22-0048	43.172661°	13.768180°	C
13	F-23-0029	43.166535°	13.768705°	C
14	F-23-0024	43.162935°	13.769075°	C
15	F-23-0068	43.161631°	13.769187°	C
16	F-24-0028	43.136677°	13.794737°	C
17	F-24-0010	43.118227°	13.814348°	B
18	F-25-0009	43.111599°	13.812684°	C
19	F-25-0010	43.110859°	13.812777°	C
20	F-25-0012	43.108247°	13.812364°	C
21	F-25-0007	43.103330°	13.811147°	C
22	F-26-0009	43.069774°	13.830107°	C
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4")				
28	F-16-0021	43.349430°	13.588560°	C
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4")				
29	F-19-0156	43.321932°	13.611170°	C
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10")				
30	F-29-0008	42.975094°	13.848244°	C

- *Condizioni topografiche*

Tabella 5.4/C: Categorie topografiche (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V NTC 2018)

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S _T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	---	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1.4

In relazione all'andamento morfologico locale, con riferimento alla precedente Tabella 5.4/C, vengono definite le categorie topografiche delle singole aree PAI riportate nella sottostante Tabella 5.4/D.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 23 di 143	Rev. 0

Tabella 5.4/D: Categorie topografiche per le interferenze PAI dei tracciati in progetto

N.	Codice PAI	Latitudine	Longitudine	Categoria topografica	S _T
Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN650 (26")					
1	F-16-0032	43.355220°	13.570563°	T1	1.0
2	F-16-0021	43.353314°	13.586361°	T1	1.0
4	F-19-0128	43.310782°	13.622321°	T1	1.0
5	F-19-6149	43.303736°	13.628098°	T1	1.0
6	F-19-6150	43.299239°	13.632919°	T1	1.0
7	F-21-0027	43.194149°	13.732629°	T1	1.0
8	F-21-0022	43.187400°	13.739568°	T1	1.0
9	F-22-0060	43.183404°	13.749995°	T1	1.0
10	F-22-0058	43.181422°	13.758422°	T1	1.0
11	F-22-0050	43.176308°	13.764869°	T1	1.0
12	F-22-0048	43.172661°	13.768180°	T1	1.0
13	F-23-0029	43.166535°	13.768705°	T1	1.0
14	F-23-0024	43.162935°	13.769075°	T1	1.0
15	F-23-0068	43.161631°	13.769187°	T1	1.0
16	F-24-0028	43.136677°	13.794737°	T1	1.0
17	F-24-0010	43.118227°	13.814348°	T2	1.1 ⁽¹⁾
18	F-25-0009	43.111599°	13.812684°	T1	1.0
19	F-25-0010	43.110859°	13.812777°	T1	1.0
20	F-25-0012	43.108247°	13.812364°	T1	1.0
21	F-25-0007	43.103330°	13.811147°	T1	1.0
22	F-26-0009	43.069774°	13.830107°	T1	1.0
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4")					
28	F-16-0021	43.349430°	13.588560°	T1	1.0
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4")					
29	F-19-0156	43.321932°	13.611170°	T1	1.0
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10")					
30	F-29-0008	42.975094°	13.848244°	T1	1.0

5.4.2 Accelerazione massima attesa in superficie

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

in cui:

S_S = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A,

⁽¹⁾ Il valore di S_T relativo alla categoria topografica T2 nella parte mediana del versante, oggetto del presente studio, può essere assunto pari a 1.1

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 24 di 143	Rev. 0

Tabella 5.4/E: Espressioni di S_s (Tabella 3.2.IV NTC 2018)

Categoria sottosuolo	S_s
A	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60$

Nella sottostante Tabella 5.5/F sono riportate le accelerazioni massime attese in superficie per le singole aree PAI oggetto di studio.

Tabella 5.5/F: Accelerazione massima attesa in superficie per le interferenze PAI dei tracciati in progetto

N.	Codice PAI	a_g	S_s	S_T	a_{max}
Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN650 (26")					
1	F-16-0032	0.236	1.34	1.0	0.316
2	F-16-0021	0.236	1.34	1.0	0.316
4	F-19-0128	0.237	1.34	1.0	0.318
5	F-19-6149	0.236	1.34	1.0	0.316
6	F-19-6150	0.236	1.34	1.0	0.316
7	F-21-0027	0.236	1.34	1.0	0.316
8	F-21-0022	0.235	1.34	1.0	0.315
9	F-22-0060	0.236	1.34	1.0	0.316
10	F-22-0058	0.235	1.35	1.0	0.317
11	F-22-0050	0.234	1.35	1.0	0.316
12	F-22-0048	0.234	1.35	1.0	0.316
13	F-23-0029	0.234	1.35	1.0	0.316
14	F-23-0024	0.234	1.35	1.0	0.316
15	F-23-0068	0.234	1.35	1.0	0.316
16	F-24-0028	0.234	1.35	1.0	0.316
17	F-24-0010	0.235	1.16	1.1	0.300
18	F-25-0009	0.235	1.35	1.0	0.317
19	F-25-0010	0.235	1.35	1.0	0.317
20	F-25-0012	0.235	1.35	1.0	0.317
21	F-25-0007	0.235	1.35	1.0	0.317
22	F-26-0009	0.235	1.35	1.0	0.317
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4")					
28	F-16-0021	0.236	1.34	1.0	0.316
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4")					
29	F-19-0156	0.237	1.34	1.0	0.318
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10")					
30	F-29-0008	0.236	1.35	1.0	0.319

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 25 di 143	Rev. 0

6 VERIFICHE DI STABILITÀ DEL VERSANTE – GENERALITÀ

6.1 Introduzione

Le verifiche di stabilità sono state eseguite in linea generale lungo sezione longitudinale interessata dalla posa della condotta in progetto. Per alcuni tratti particolari in cui la condotta si sviluppa a mezza costa, sono state eseguite anche verifiche lungo sezioni trasversali al tracciato di progetto.

6.2 Azione sismica

Nel caso si utilizzino approcci basati sul metodo pseudo-statico, l'azione sismica deve essere rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente coinvolto dal meccanismo di rottura ipotizzato e la cui direzione è modulata da due coefficienti k qui di seguito definiti (NTC 2018 paragrafo 7.11.5.3.2).

Nella norma è previsto che nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontali e verticali di tale forza possono quindi esprimersi come:

$$F_h = k_h \cdot W$$

$$F_v = k_v \cdot W$$

con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale, che risultano essere:

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

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove:

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa (Tabella 6.2/A)

a_{\max} accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido

g accelerazione di gravità

Tabella 6.2/A: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tabella 7.11.1 NTC 2018)

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Sulla base dei dati sopra esposti per le varie aree oggetto di studio risultano i valori di k_h riportati nella seguente Tabella 6.2/B:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 26 di 143	Rev. 0

Tabella 6.2/B: Valori di k_h per le interferenze PAI dei tracciati in progetto

N.	Codice PAI	a_g	Categoria sottosuolo	a_{max}	β	k_h
Metanodotto Recanati – San Benedetto del Tronto DN650 (26")						
1	F-16-0032	0.236	C	0.316	0.28	0.088
2	F-16-0021	0.236	C	0.316	0.28	0.088
4	F-19-0128	0.237	C	0.318	0.28	0.089
5	F-19-6149	0.236	C	0.316	0.28	0.088
6	F-19-6150	0.236	C	0.316	0.28	0.088
7	F-21-0027	0.236	C	0.316	0.28	0.088
8	F-21-0022	0.235	C	0.315	0.28	0.088
9	F-22-0060	0.236	C	0.316	0.28	0.088
10	F-22-0058	0.235	C	0.317	0.28	0.089
11	F-22-0050	0.234	C	0.316	0.28	0.088
12	F-22-0048	0.234	C	0.316	0.28	0.088
13	F-23-0029	0.234	C	0.316	0.28	0.088
14	F-23-0024	0.234	C	0.316	0.28	0.088
15	F-23-0068	0.234	C	0.316	0.28	0.088
16	F-24-0028	0.234	C	0.316	0.28	0.088
17	F-24-0010	0.235	B	0.300	0.28	0.084
18	F-25-0009	0.235	C	0.317	0.28	0.089
19	F-25-0010	0.235	C	0.317	0.28	0.089
20	F-25-0012	0.235	C	0.317	0.28	0.089
21	F-25-0007	0.235	C	0.317	0.28	0.089
22	F-26-0009	0.235	C	0.317	0.28	0.089
Rif. Metanodotto Montelupone Arcalgas 1° presa DN 100 (4")						
28	F-16-0021	0.236	1.34	0.316	0.28	0.089
Collegamento Comune di Morrovalle DN 100 (4")						
29	F-19-0156	0.237	1.34	0.318	0.28	0.089
Nuovo Coll. Cent.le ENI S.p.A. Grottammare DN 250 (10")						
30	F-29-0008	0.236	1.35	0.319	0.28	0.089

6.3 Ricostruzione stratigrafica e parametrizzazione geotecnica

Sulla base del quadro delle conoscenze riguardanti il territorio attraversato dalle condotte in progetto, è stato individuato un insieme di siti nei quali si è ritenuto opportuno approfondire l'indagine tramite un'apposita campagna geognostica.

In particolare le indagini geognostiche sono state individuate prevalentemente in corrispondenza delle situazioni di criticità morfologica di versante quali le interferenze con zone censite nel PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), con situazioni di incerta o potenziale stabilità a lungo termine, allo scopo di ottimizzare il tracciato, di definire gli interventi di mitigazione delle criticità presenti e/o gli interventi migliorativi della situazione attuale da realizzare contestualmente alla costruzione.

La campagna della indagine è consistita nell'esecuzione di sondaggi geognostici e prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) o prove penetrometriche dinamiche continue pesanti (DPSH).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 27 di 143	Rev. 0

Le ditte che hanno eseguito le indagini geognostiche sono:

- GEOSERVICE Srl di Agnone (IS) – Luglio-Settembre 2017:
 - n. 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
 - n. 8 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT).
- BEDUSCHI GEOTECNICA Srl di San Daniele PO (CR) – Luglio 2017
 - n. 14 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
 - n. 6 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT);
 - n. 8 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH)
- GEOSERVICE Srl di Agnone (IS) – Ottobre 2018:
 - n. 25 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
 - n. 11 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
 - n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH).
- G.I.T. SERVICE Srl di Montesilvano (PE) – Novembre 2018:
 - n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
 - n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT).

Nel corso dei sondaggi geognostici si è provveduto a:

- rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
- prelevare campioni indisturbati, con campionatore a pareti sottili (Shelby) nei terreni coesivi;
- eseguire prove penetrometriche dinamiche standard in foro (SPT) negli orizzonti granulari con conservazione di campioni rimaneggiati.

I campioni di terreno, prelevati nel corso dei sondaggi geognostici, sono stati inviati a dei laboratori geotecnici ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione dei parametri di resistenza al taglio in termini di tensioni totali e di tensioni efficaci.

In particolare sono stati inviati ai seguenti laboratori geotecnici:

- Geostudi Srl di Pomezia (RM) i campioni prelevati dalla Ditta Geoservice nel Luglio-Settembre 2017;
- Laboratorio Geomeccanico Orazi sas di Michele e Marco Orazi di Mombaroccio (PU) i campioni prelevati dalla Ditta Beduschi Geotecnica nel Luglio 2017, dalla Ditta Geoservice nel Ottobre 2018 e dalla G.I.T. Service nel Dicembre 2018.

La stratigrafia dell'immediato sottosuolo delle aree di interferenza PAI lungo il tracciato delle condotte in progetto può essere a grandi linee schematizzato mediante la presenza di una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di alcuni metri di spessore, poggiante sulla formazione di base rappresentata dalle argille marnose o dalle sabbie debolmente cementate plio-pleistoceniche.

Per quanto riguarda la parametrizzazione dei sedimenti sono state fatte le seguenti assunzioni:

- **Coltre di copertura:** sono stati assunti i parametri medi di resistenza residua (ϕ'_r e c'_r) ottenuti dalle prove di laboratorio eseguite. Tali valori sono altresì i minimi attribuibili al deposito e poiché non sono previste modificazioni sostanziali del profilo di superficie del pendio a seguito dei lavori, risulta del tutto cautelativa la verifica di stabilità unica con tale parametrizzazione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 28 di 143	Rev. 0

- **Formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa:** le caratteristiche geomorfologiche e l'assetto giaciturale della formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa e/o sabbioso-arenacea ha permesso di escludere che eventuali movimenti gravitativi potessero interessare la formazione di base; per questo, al di là di una mera caratterizzazione litologico-geotecnica qualitativa della formazione, nelle verifiche di stabilità si è considerata la formazione integra come “bedrock” escludendo che le superfici di scivolamento ipotizzate potessero interessare tale orizzonte. A tal fine sono stati assegnati dei parametri geotecnici con valori di resistenza al taglio di picco mediamente riferibili alla formazione delle “Argille Azzurre” o a delle sabbie debolmente cementate con caratteristiche prevalentemente sabbiose o conglomeratiche.

6.4 Metodi e condizioni delle verifiche

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti applicando il metodo dell'equilibrio limite nella versione di Morgenstern & Price (1965), così come rielaborato da Zhu ed al. (2005) con il programma freeware SSAP 4.9.8 (2018) Slope Stability Analysis Program del dott. geol. L. Borselli docente della Facoltà di Ingegneria, Universidad Autonoma de San Luis Potosí, Mexico.

Sono state effettuate ricerche automatiche di superfici complesse anche in presenza di sollecitazioni sismiche. L'azione sismica è stata simulata con il metodo pseudo-statico, per mezzo di un'azione statica equivalente, calcolata con i coefficienti sismici orizzontali e verticali (paragrafo 7.11.3.5.2 NTC 2018).

In relazione alle particolari condizioni stratigrafiche delle aree nella zone oggetto di studio, in genere, non sono presenti falde idriche né esistono i presupposti per una loro formazione data la presenza preponderante di sedimenti argilloso-limosi scarsamente permeabili.

In tutti i casi, in relazione alla necessaria previsione di opere di drenaggio (sottocondotta e/o trasversali alla stessa) nelle aree critiche attraversate, nelle verifiche sono state assunte due differenti condizioni idrauliche:

- saturazione dei sedimenti alla profondità della superficie piezometrica rilevata nel corso dell'indagine geognostica;
- saturazione della coltre di copertura sino alla base delle opere drenanti al fine di verificare la situazione limite a seguito della posa del condotta.

I calcoli sono stati eseguiti su 6000 superfici di scivolamento di forma complessa, distribuite sull'intera sezione considerata mediante l'algoritmo di Morgenstern & Price (1965).

Nei calcoli, trattandosi dell'analisi di pendii naturali, di regola sono state considerate “critiche” tutte le superfici con coefficiente di sicurezza $F_s < 1.1$ in condizioni statiche e $F_s < 1.0$ in presenza di sollecitazioni sismiche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 29 di 143	Rev. 0

7 VERIFICA TECNICA DI COMPATIBILITA'

In questo capitolo sono riportate le analisi condotte su ogni singola interferenza, delle condotte in progetto, con le aree a pericolosità idrogeologica moderata e media censite nella cartografia del PAI.

Ciascuna scheda comprende:

- stralcio planimetrico dell'area;
- descrizione dell'area nel tratto interessato dalle linee in progetto;
- immagine fotografica rappresentativa del tratto interessato dalle linee in progetto e/o in dismissione;
- le sezioni ed i risultati delle verifiche di stabilità laddove l'acclività del pendio e le modalità costruttive dell'opera lo richiedessero;
- la descrizione, dove necessario, degli interventi previsti dal progetto per assicurare la compatibilità dell'opera con l'area a pericolosità idrogeologica;
- per le aree attraversate con metodologia "trenchless" delle sezioni stratigrafiche schematiche con riportato lo sviluppo progettuale dell'attraversamento ed allegate alla presente relazione.

Le schede sono state compilate, sulla base della consultazione dei PAI dell'Autorità di Bacino Regionale delle Marche, sulla scorta dei dati acquisiti nel corso dei sopralluoghi tecnici, delle indagini geognostiche e delle verifiche di stabilità del versante.

Di seguito vengono analizzate le singole schede con riferimento alla precedente tabella 3/A.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 30 di 143	Rev. 0

7.1 Area 1 (F-16-0032 P1)

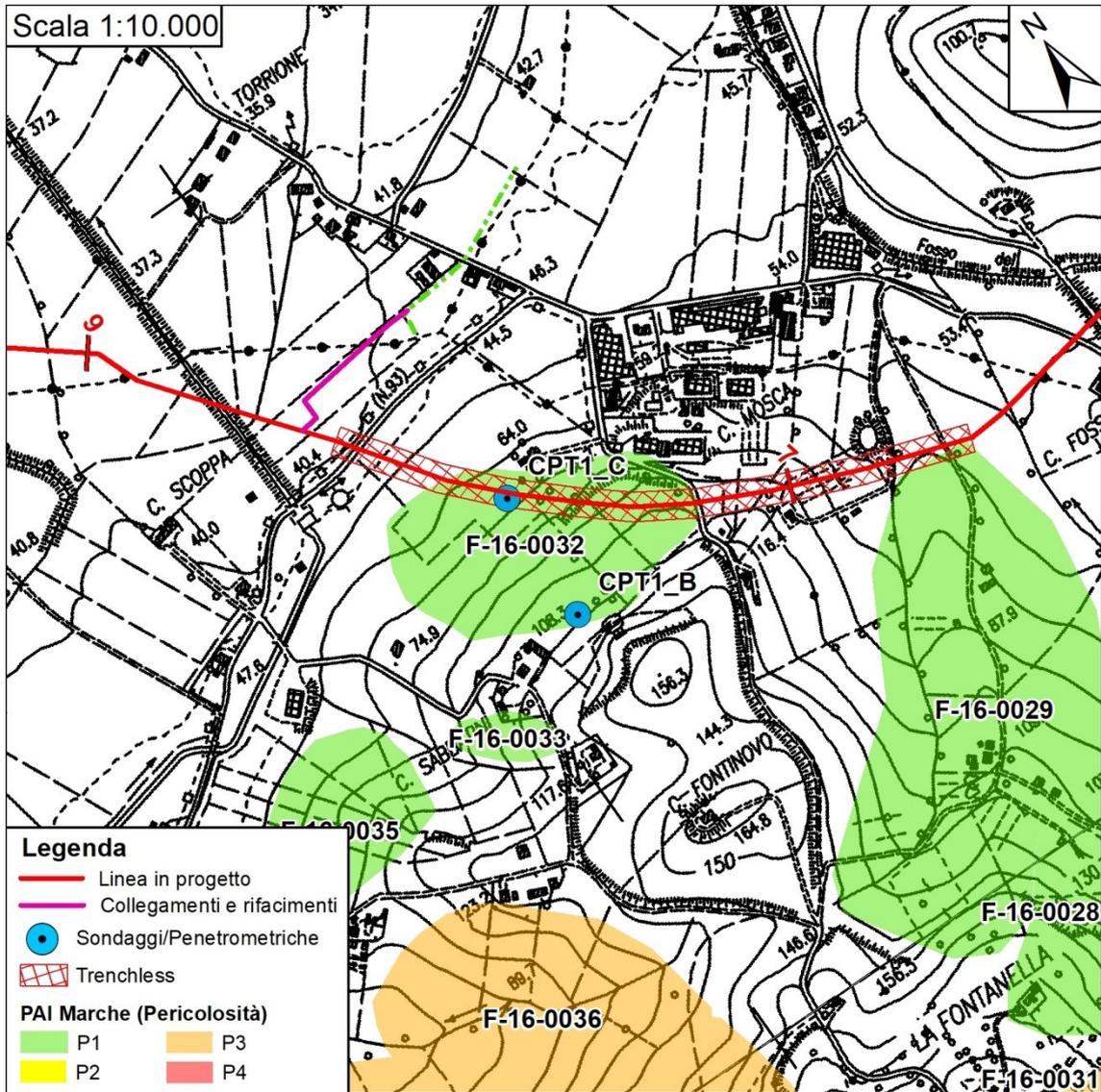


Figura 7.1/A Area 1: F-16-0032 P1 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 31 di 143 Rev. 0

7.1.1 **Descrizione dell'area**

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante settentrionale del modesto rilievo di C. Fontinovo posto in destra idrografica della valle del fiume Potenza, subito a monte della Zona artigianale di Montelupone.

L'area, classificata con Indice di Pericolosità P1 (Pericolosità moderata), ha una forma leggermente ellissoidale, di circa 400 m di lunghezza, ed interessa un versante con acclività media attorno al 20%.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" impostata nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.1/A: Area 1. Panoramica del versante dalla SP 93 "Piane di Potenza" al piede dell'area PAI (Foto da Google Street View)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 32 di 143	Rev. 0

7.1.2 **Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni**

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Ottobre 2017, consistita in:

- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica, identificate in planimetria con CPT01B-CPT01C, spinte sino alla profondità massima di 18.2-18.6 m dal pc locale.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.1/A mentre i diagrammi delle prove penetrometriche sono riportati nell'Allegato 2.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una esigua coltre di copertura di origine colluviale, in genere di circa 3÷4 m, di natura prevalentemente sabbioso-limosa, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi argillosi. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da un'alternanza di argilla marnosa estremamente consistente e sabbia limosa, molto addensata (formazione delle argille azzurre), in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.4÷4.2 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa molto consistente e/o sabbia limosa e limo sabbioso da mediamente addensato ad addensato (*coltre colluviale*).

- | | | | |
|---|--------------|---------|-------------------|
| • Peso di volume, | $\gamma =$ | 19.0 | kN/m ³ |
| • Resistenza al taglio non drenata, | $c_u =$ | 100÷200 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace | $\varphi' =$ | 24÷35 | ° |
| • Coesione intercetta, | $c' =$ | 0÷20 | kN/m ² |

Strato 2: (da 3.4÷4.2 m sino alle massime profondità investigate)

Alternanza di argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente con strati di sabbia limosa addensata prevalente in profondità; in superficie (primi 2-6 m) il litotipo si presenta alterato e leggermente decompresso (formazione plio-pleistocenica di base).

- | | | | |
|--|--------------|---------|-------------------|
| • Peso di volume, | $\gamma =$ | 20.0 | kN/m ³ |
| • Resistenza al taglio non drenata, | $c_u =$ | 150÷300 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace, | $\varphi' =$ | 24÷40 | ° |
| • Coesione intercetta, | $c' =$ | 0÷60 | kN/m ² |

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche nella prova penetrometrica CPT 1C ad una profondità di circa 8 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 33 di 143	Rev. 0

7.1.3 **Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI è possibile affermare che la trenchless, nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 30 m a più di 85 m dal pc locale e quindi sicuramente si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 1 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-16-0032 a pericolosità P1 esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 34 di 143	Rev. 0

7.2 Area 2 (F-16-0021 P1)

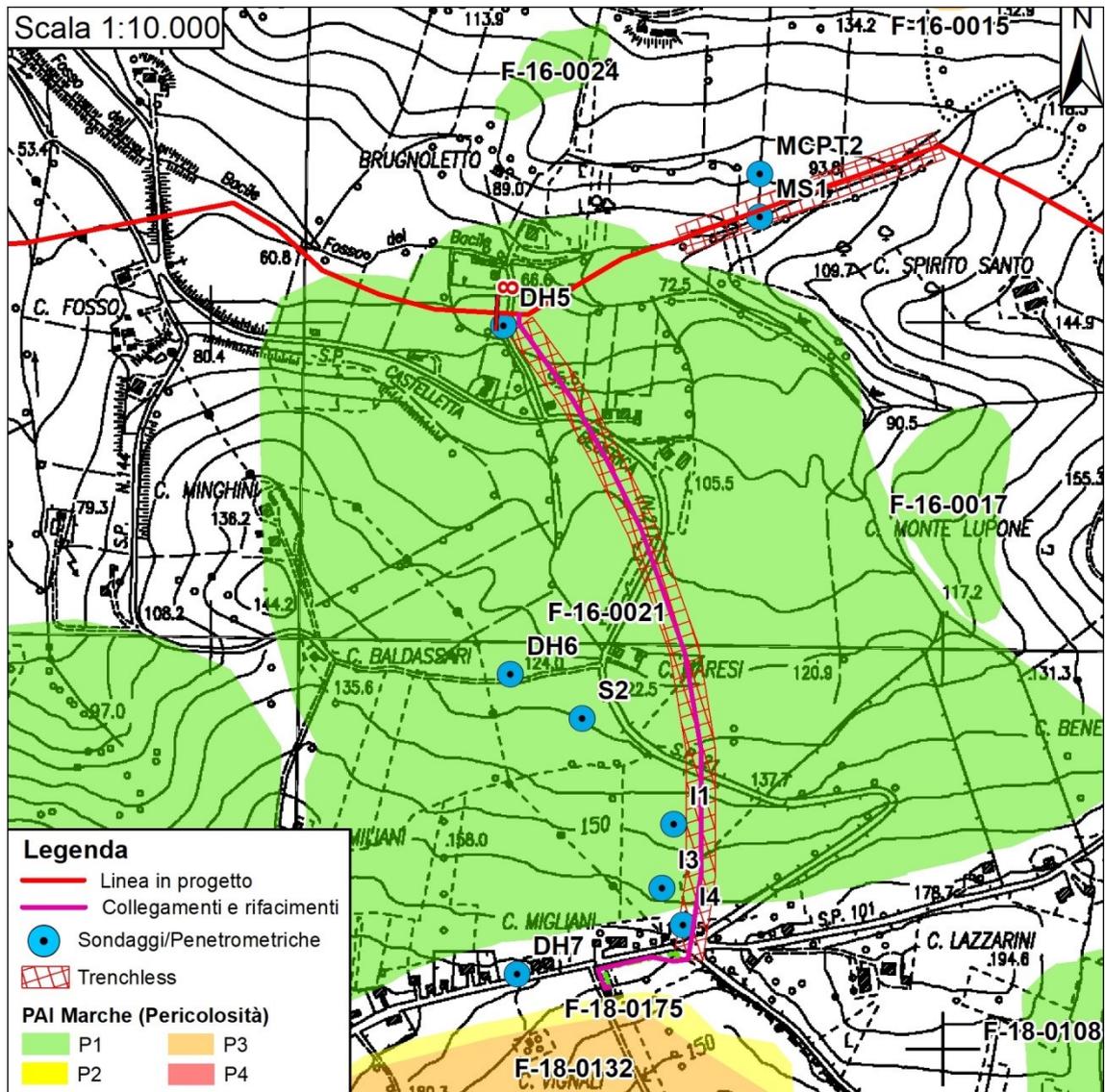


Figura 7.2/A Area 2: F-16-0021 P1 dell'AdB delle Marche.

7.2.1 Descrizione dell'area

L'area interessa quasi tutto il versante settentrionale del crinale collinare su cui sorge l'abitato di Sant'Ignazio, frazione posta subito a est di Montelupone.

L'area F-16-0021 classificata con Indice di Pericolosità P1 (Pericolosità moderata) ha una forma a grandi linee trapezoidale, con larghezza di circa 800 m ed una lunghezza di circa 960 m ed acclività media al 10-12%. La morfologia, riconducibile ad un accumulo di frana di tipo complesso inattivo, è caratterizzata da una porzione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 35 di 143	Rev. 0

centrale a bassa acclività ed un tratto sommitale e basale a maggiore pendenza media (circa 20%).

L'immediato sottosuolo di tutta l'area, è costituito da una coltre di origine eluvio-colluviale di spessore variabile da pochi metri a più di una decina di metri; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies argilloso-marnosa della formazione delle argille azzurre.

Il tracciato della condotta in progetto attraversa l'area, alla base del versante, per una lunghezza di circa 450 m, lungo la vallecola del fosso del Bacile, in sinistra idrografica.

L'andamento morfologico locale sub-pianeggiante e/o debolmente acclive, permette di escludere la possibilità di formazione o riattivazione di movimenti gravitativi con assenza di ripercussioni sulla condotta stessa.



Foto 7.2/A: Area 2. Panoramica dell'attraversamento al piede dell'area PAI

7.2.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area dell'attraversamento in esame, la ditta GEOSERVICE Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con DH5.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il laboratorio geotecnico GEOSTUDI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 36 di 143	Rev. 0

L'ubicazione della verticale di indagine è riportata nella Figura 7.2/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico è riportata nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata dalla presenza di una coltre di copertura colluviale argilloso-limosa, da molto consistente a estremamente consistente, di circa 6 m di spessore poggiante sulla formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa localmente decompressa ed alterata, in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 6.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone chiaro, con concrezioni carbonatiche nodulari sparse e veli sabbiosi giallastri (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	19.5÷20.1	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	18.4÷27.1	%
• Limite liquido,	LL =	38.2÷46.9	%
• Indice di plasticità,	IP =	20.3÷28.2	-
• Classifica USCS,	=	CL, ML	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	100÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	22.6	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	24.6	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	16.3	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	0	kN/m ²

Strato 2: (da 6.0 m sino alla massima profondità investigata)

Argilla limosa e limo argilloso, di colore nocciola e grigio-verdastro, da molto consistente a estremamente consistente con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastri (formazione plio-pleistocenica alterata).

• Peso di volume,	γ =	19.3÷20.6	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	20.9÷27.3	%
• Limite liquido,	LL =	40.1÷42.6	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.3÷25.5	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	70÷170	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23÷25	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	10÷30	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica sino alla massima profondità investigata (15 m).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 37 di 143	Rev. 0

7.2.3 **Verifica tecnica di compatibilità**

In relazione allo sviluppo su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante lungo la vallecchia del fosso del Bacile al piede dell'area perimetrata nella cartografia allegata al PAI con il codice F-16-0021 a pericolosità P1, si ritiene che l'opera non vada a modificare le attuali condizioni del versante e non sia soggetta a particolari spinte tangenziali per cui è possibile affermare che esistono le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 38 di 143	Rev. 0

7.3 Area 4 (F-19-0128 P1)

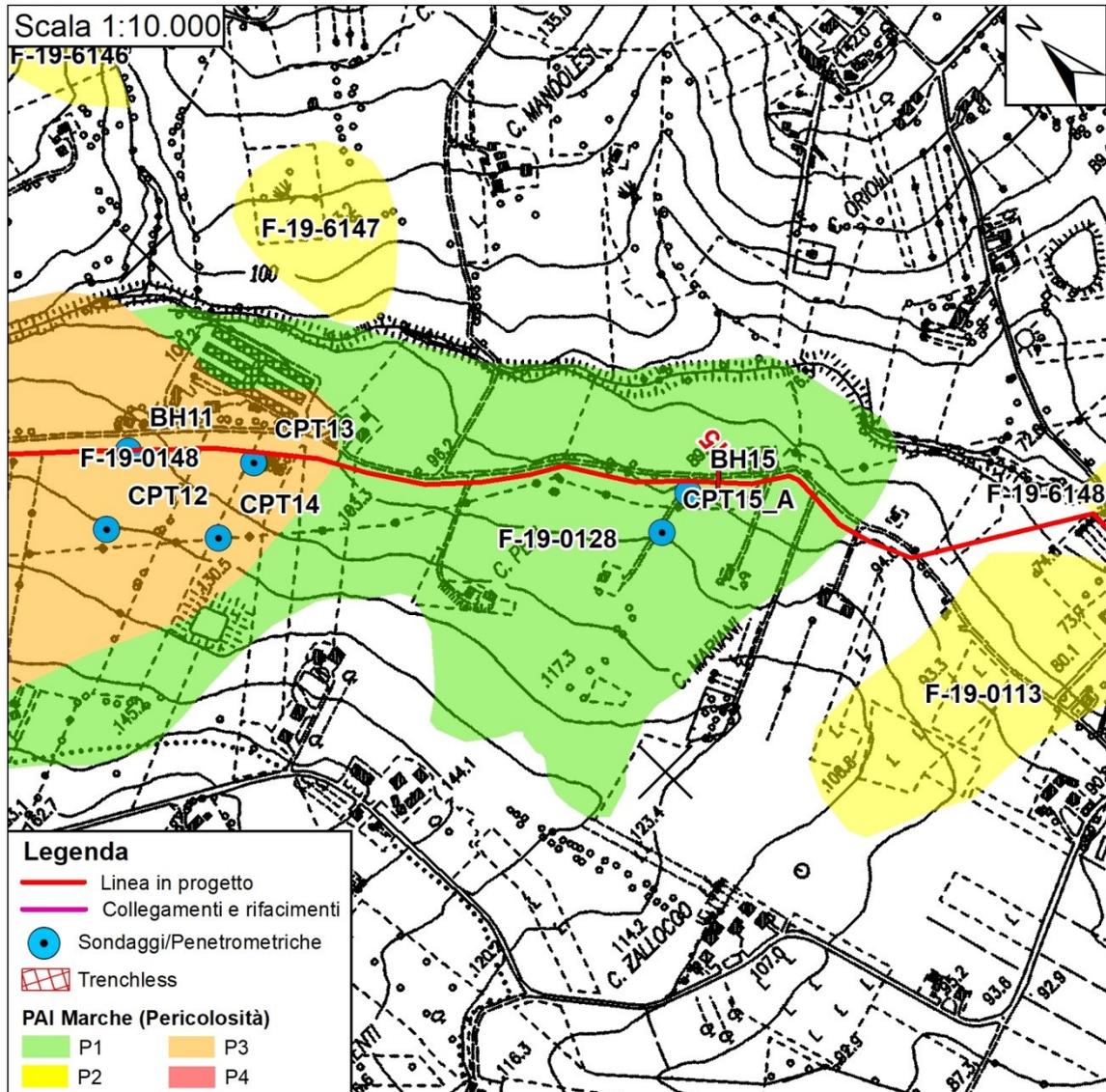


Figura 7.3/A Area 4: F-19-0128 P1 dell'AdB delle Marche.

7.3.1 Descrizione dell'area

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante in destra idrografica della valle del fosso di Pagliano.

L'area F-19-0128 classificata, nella cartografia allegata al PAI, con Indice di Pericolosità P1 (Pericolosità moderata), ha forma allungata e rappresenta la porzione settentrionale di tutta un'area interessata da antichi dissesti, contigua all'area F-19-0148 con Indice di Pericolosità P3.

Il corpo franoso, di forma trapezoidale irregolarmente lobata nella parte superiore, di circa 400 m di lunghezza e 700 m di larghezza, presenta una morfologia tipica di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 39 di 143	Rev. 0

una frana di tipo complesso inattiva e può essere suddiviso in due aree morfologicamente distinte:

- la parte alta, di circa 200 m di lunghezza, a valle della SP n. 152 “Lauretana”, con profilo di superficie uniforme ed acclività media attorno al 10-15%;
- la parte basale, che rappresenta la zona di trasporto ed accumulo, con acclività media attorno al 7-8% e blande ondulazioni e locali aree di ristagno idrico nella coltre detritica argillosa, senza tuttavia particolari indizi di movimenti gravitati in atto ad esclusione di un tratto di circa 50 m di lunghezza in cui la sede stradale risulta sensibilmente avvallata.



Foto 7.3/A: Area 4. Panoramica dell'attraversamento nella parte basale dell'area PAI

7.3.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH15;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT15, spinta sino alla profondità massima di 14.0 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 40 di 143	Rev. 0

Le verticali di indagine sono state individuate cautelativamente nella zona in cui apparivano più evidenti gli indizi di fenomeni gravitativi.

Al fine di definire con maggiore certezza una situazione stratigrafica e geomorfologica relativamente complessa, sia dal punto di vista degli spessori delle coltri coinvolte che della parametrizzazione dei sedimenti, si è anche fatto riferimento alla indagine eseguita nell'adiacente area PAI F-19-0148 e riportato nella SPC LA-E-80030 nell'ambito della verifica tecnica di compatibilità delle interferenze con le aree PAI a pericolosità elevata e molto elevata.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.3/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di una decina di metri di spessore, di natura argilloso-limosa e/o limoso-argillosa molto consistente, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose. La coltre di copertura eluvio-colluviale poggia sulla formazione pliocenica argilloso-marnosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre). La situazione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti presenti rispecchiano quelle riscontrate nell'adiacente area F-19-0148 e possono essere schematizzate nel modo seguente:

Strato 1: (dal pc sino a 10.4-11.2 m di profondità)

Argilla limosa, limo argilloso e limo sabbioso da molto consistente a estremamente consistente di colore marrone e nocciola (coltre eluvio-colluviale e/o accumulo di frana).

• Peso di volume,	γ =	18.7÷20.6	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	20.5÷28.5	%
• Limite liquido,	LL =	52.2÷61.6	%
• Indice di plasticità,	IP =	28.7÷37.2	-
• Classifica USCS,	=	CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	80÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	22.7÷23.3	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	23.2÷24.4	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	16.4÷17.5	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	2.6÷5.4	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 41 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 10.4-11.2 m sino alle massime profondità investigate)

Limo argilloso, estremamente consistente, di colore nocciola con striature azzurre, con strati di sabbia limosa addensata (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 200\div 400 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 24\div 35^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 0\div 60 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda a – 6.6 m dal pc locale nella prova CPT15A.

7.3.3 Analisi di stabilità del versante

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, individuata lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “Verifiche di stabilità del versante – Generalità”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura:

$$\gamma = 19.9 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 17.0^\circ \quad c' = 4 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.088 \quad k_v = 0.044$$

Condizioni idrauliche:

$$\text{Falda attuale: } - 6.6 \text{ m} \quad \text{Falda progetto: } = -3.0 \text{ m}$$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 42 di 143	Rev. 0

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	17.00	4.00	0	19.90	21.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 2.2303
Range Fs : 2.2303 2.4168
Differenza % Range Fs : 7.72
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

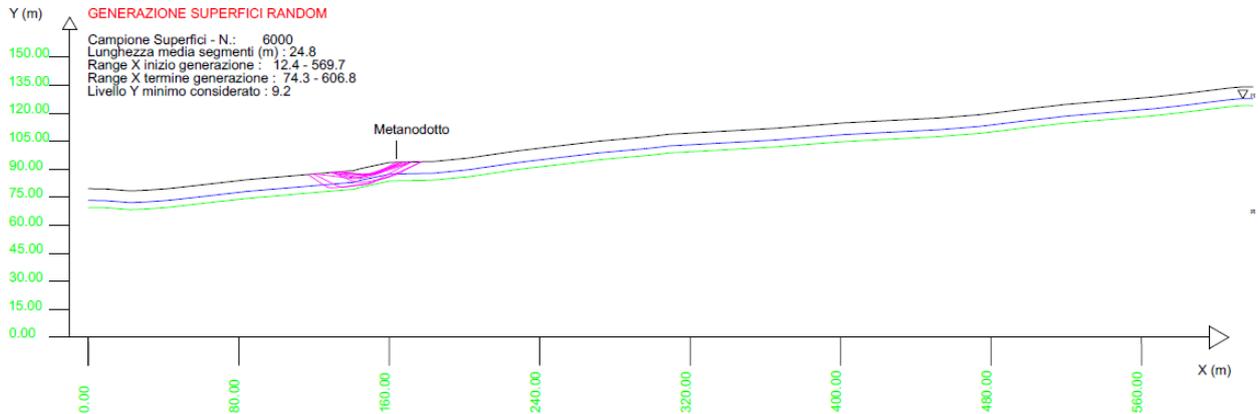


Figura 7.3/B: Situazione attuale: Falda -6.6 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi°	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..
1	17.00	4.00	0	19.90	21.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.4597
Range Fs : 1.4597 1.5217
Differenza % Range Fs : 4.08
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0880

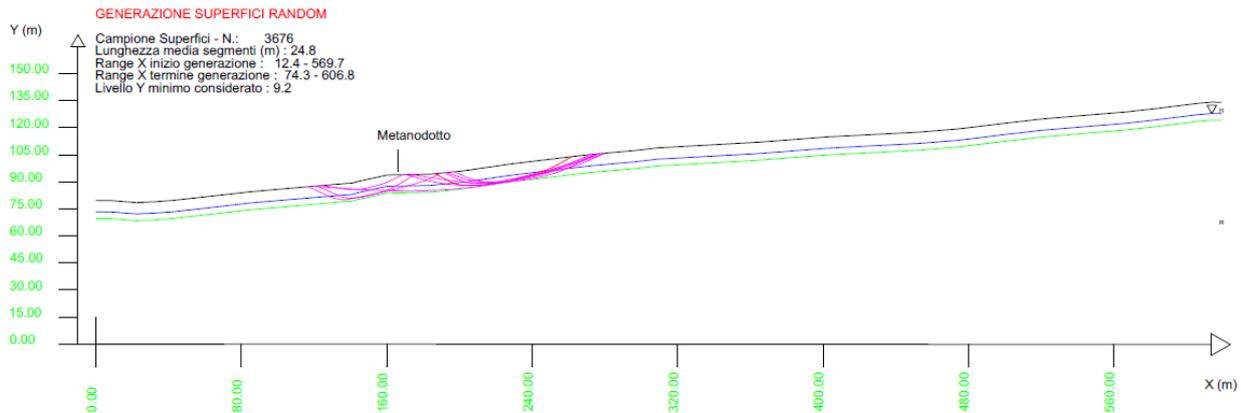


Figura 7.3/C: Situazione attuale: Falda -6.6 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 43 di 143	Rev. 0

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	17.00	4.00	0	19.90	21.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.6207
Range Fs : 1.6207 - 1.6977
Differenza % Range Fs : 4.54
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

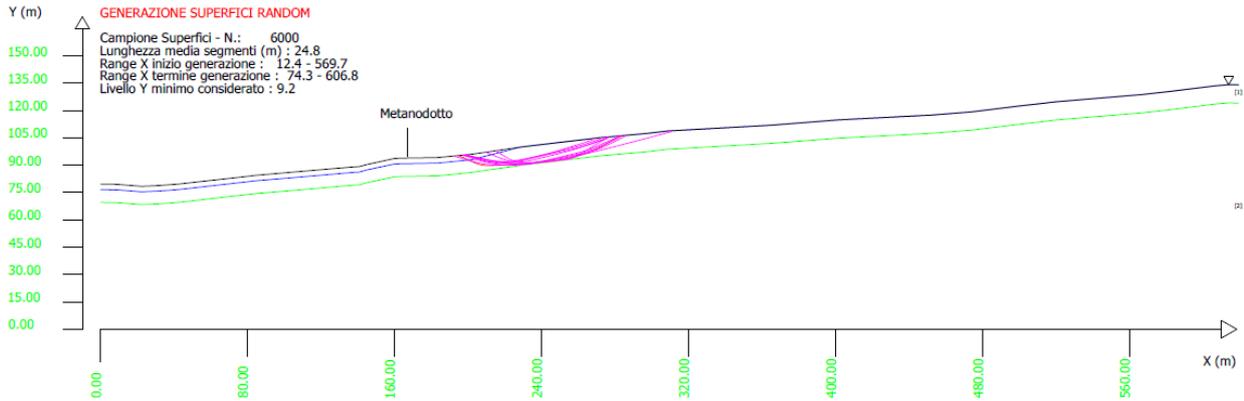


Figura 7.3/D: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr.Geol. L.Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

Parametri Geotecnici degli strati

N.	phi deg	C' kPa	Cu kPa	Gamm kN/m3	GammSat kN/m3	sgci MPa	GSI	mi	D
1	17.00	4.00	0	19.90	21.00	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0

SUPERFICI REGISTRATE CON FS ENTRO INTERVALLO PREDEFINITO

Fs minimo : 0.93864
Fs massimo : 1.0000
N.Superfici plottate : 86
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0880

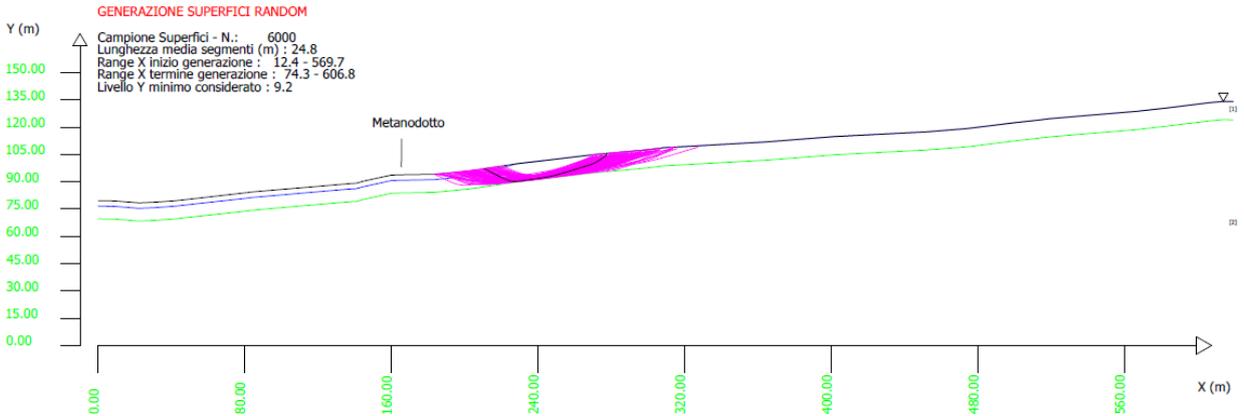


Figura 7.3/E: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 44 di 143	Rev. 0

7.3.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda a -6.6 m) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 2.230$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s = 1.460$ (Figura 7.3/B, Figura 7.3/C); tuttavia, poiché la condotta in progetto attraversa il piede di un'area classificata in frana, andrà prevista la realizzazione di un dreno sottocondotta e delle spine drenanti trasversalmente al tracciato di progetto, estese per almeno 40 m a monte del metanodotto, in grado di impedire che la superficie piezometrica della falda risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.621$ (Figura 7.3/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.0$ nell'area circostante la condotta in progetto, mentre aree interessate da superfici di scivolamento con $F_s < 1.0$ si verrebbero a trovare soltanto a distanze di sicurezza dalla condotta in progetto (Figura 7.3/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-19-0128 a pericolosità P1, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 45 di 143	Rev. 0

7.4 Area 5 (F-19-6149 P2)

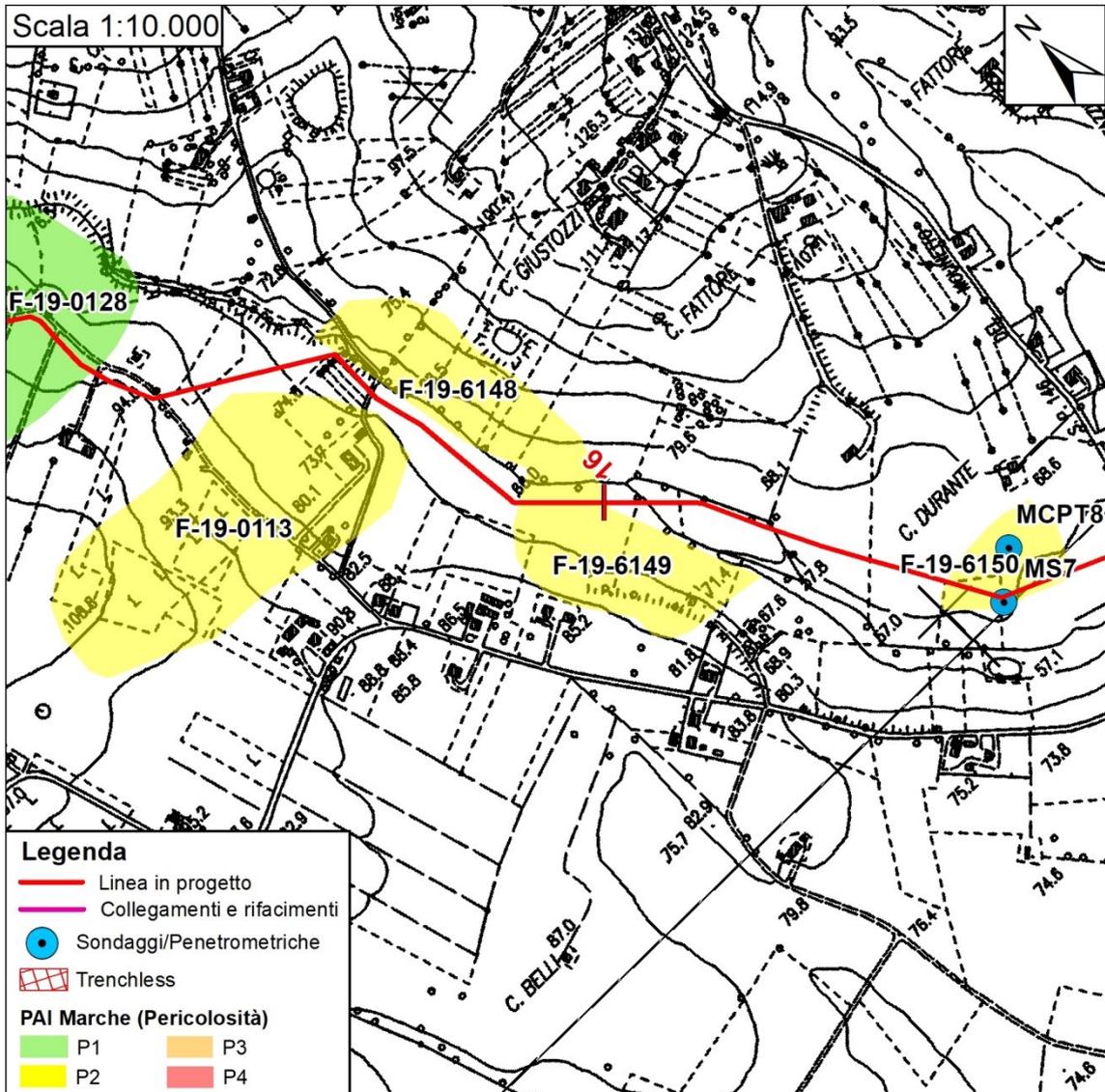


Figura 7.4/A Area 5: F-19-6149 P2 dell'AdB delle Marche.

7.4.1 Descrizione dell'area

L'area F-19-6149 classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è un dissesto di forma trapezoidale (larghezza di circa 300 m, lunghezza di circa 130 m) situato nella porzione basale dell'antica scarpata di raccordo di un terrazzo alluvionale antico del fiume Chienti, in destra idrografica del fosso di Pagliano.

L'immediato sottosuolo di tutta l'area, è costituito da una coltre di origine eluvio-colluviale e/o alluvionale recente, di natura prevalentemente limoso-argillosa e/o limoso-sabbiosa, di alcuni metri di spessore.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 46 di 143	Rev. 0

Il tracciato della condotta in progetto attraversa l'area perimetrata, lungo la vallecola del fosso, in destra idrografica, su terreni con andamento sub-pianeggiante, per una lunghezza di circa 100 m.



Foto 7.4.A – Area 5: panoramica dell'attraversamento al piede dell'area PAI.

7.4.2 Verifica tecnica di compatibilità

In relazione allo sviluppo su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante lungo la vallecola del fosso di Pagliano al piede dell'area perimetrata nella cartografia allegata al PAI con il codice F-19-6149 a pericolosità P2, si ritiene che l'opera non vada a modificare le attuali condizioni del versante e non sia soggetta a particolari spinte tangenziali per cui è possibile affermare che esistono le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 47 di 143	Rev. 0

7.5 Area 6 (F-19-6150 P2)

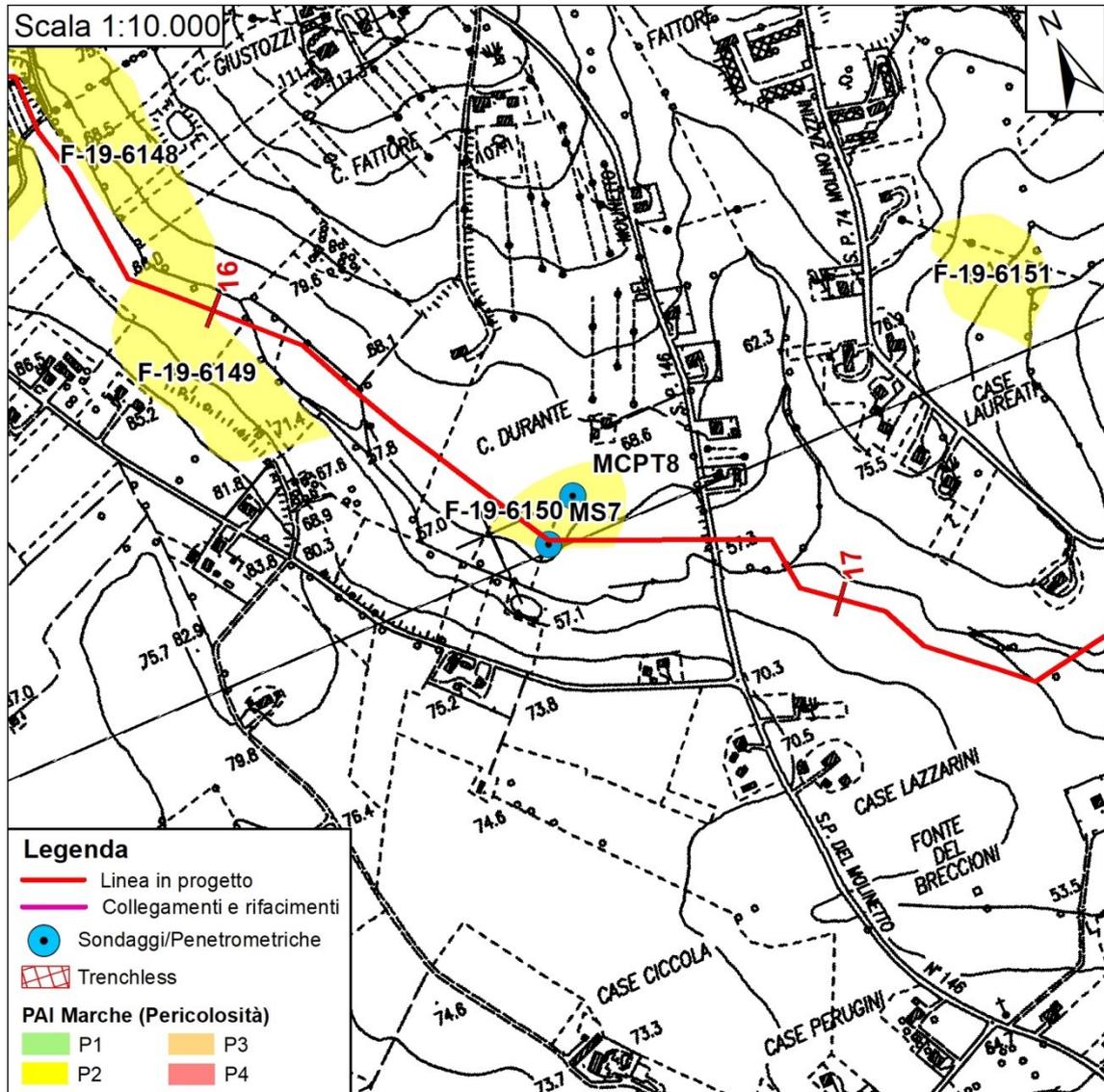


Figura 7.5/A Area 6: F-19-6150 P2 dell'AdB delle Marche.

7.5.1 Descrizione dell'area

L'area F-19-6150 classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è un dissesto di forma grossolanamente triangolare (larghezza di circa 200 m, lunghezza di circa 100 m) è situata nella porzione basale dell'antica scarpata di raccordo di un terrazzo alluvionale antico del fiume Chienti, ormai completamente rimodellata dagli agenti atmosferici e dalle lavorazioni agricole, in sinistra idrografica del fosso di Pagliano.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 48 di 143	Rev. 0

Il tracciato in particolare attraversa l'area, per un tratto di circa 150 m, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante, nella zona più a ridosso del corso d'acqua.

L'immediato sottosuolo di tutta l'area, è costituito da una coltre di origine eluvio-colluviale e/o alluvionale recente, di una decina metri di spessore, di natura limoso-argillosa e/o limoso-sabbiosa prevalente nella parte alta del versante.



Foto 7.5/A: Area 6. Panoramica dell'attraversamento nella parte basale dell'area PAI

7.5.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta G.I.T. Service, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Novembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificato in planimetria con MS07;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con MCPT08, spinta sino alla profondità massima di 16.8 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 49 di 143	Rev. 0

classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.5/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale e/o alluvionale, di una decina di metri di spessore, di natura argilloso-limosa e/o limoso-argilloso molto consistente, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose più frequenti nella parte alta del versante. La coltre di copertura eluvio-colluviale e/o alluvionale poggia sulla formazione pliocenica argilloso-marnosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre). La situazione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti presenti possono essere schematizzate nel modo seguente:

Strato 1: (dal pc sino a 7.4-8.0 m di profondità)

Argilla limosa, limo argilloso e limo sabbioso da molto consistente a estremamente consistente di colore marrone e nocciola (coltre eluvio-colluviale e/o alluvionale).

• Peso di volume,	γ =	20.4÷21.1	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	17.5÷20.5	%
• Limite liquido,	LL =	39.6÷55.2	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.4÷33.5	-
• Classifica USCS,	=	CL e CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	130÷250	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23.0	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	24.4	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	16.7	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	3.8	kN/m ²

Strato 2: (da 7.4-8.0 m sino alle massime profondità investigate)

Limo argilloso, estremamente consistente, di colore marrone e nocciola, con strati di sabbia limosa addensata (formazione plio-pleistocenica alterata).

• Peso di volume,	γ =	20.1÷20.9	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	17.0÷23.3	%
• Limite liquido,	LL =	48.4÷51.2	%
• Indice di plasticità,	IP =	21.6÷30.7	-
• Classifica USCS,	=	CH e CL	
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	24÷35	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	0÷60	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 50 di 143	Rev. 0

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda a – 7.4 m dal pc locale nella prova CPT08.

7.5.3 Analisi di stabilità del versante

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, individuata, trasversalmente alla condotta di progetto, lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 16.4^\circ \quad c' = 4 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.089 \quad k_v = 0.045$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: – 7.4 m Falda progetto: = -3.0 m

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 51 di 143	Rev. 0

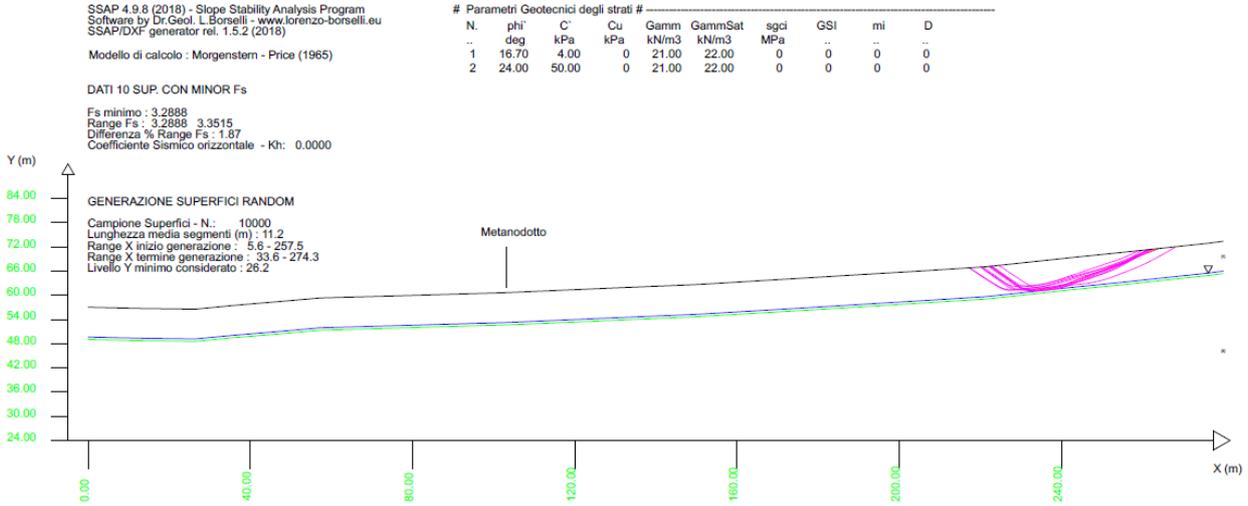


Figura 7.5/B: Situazione attuale: Falda -7.4 m – Assenza sisma

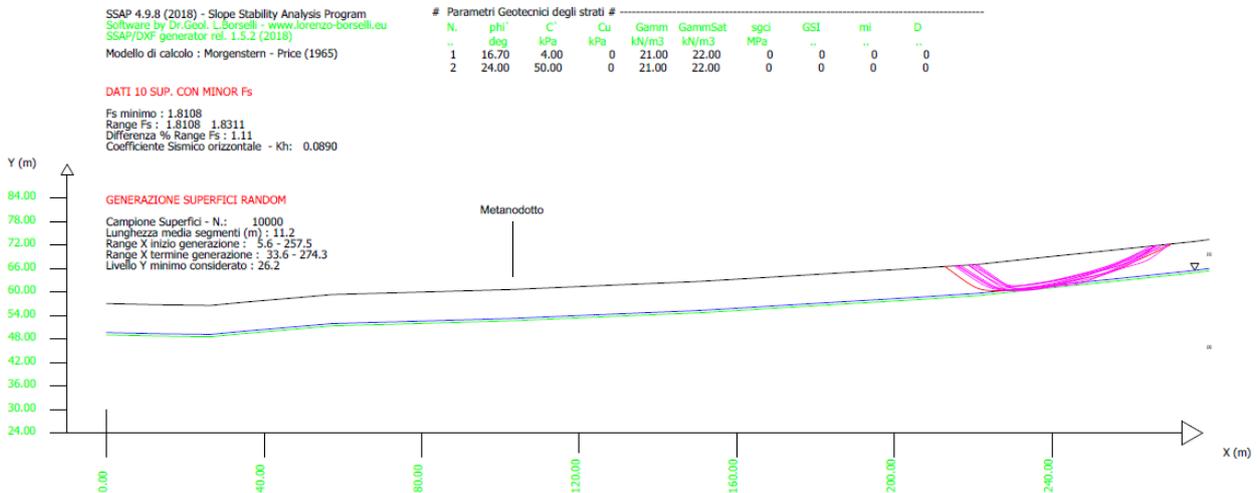


Figura 7.5/C: Situazione attuale: Falda -7.4 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 52 di 143	Rev. 0

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

# Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D	
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..	..
1	16.70	4.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.9026
Range Fs : 1.9026 - 1.9554
Differenza % Range Fs : 2.70
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0000

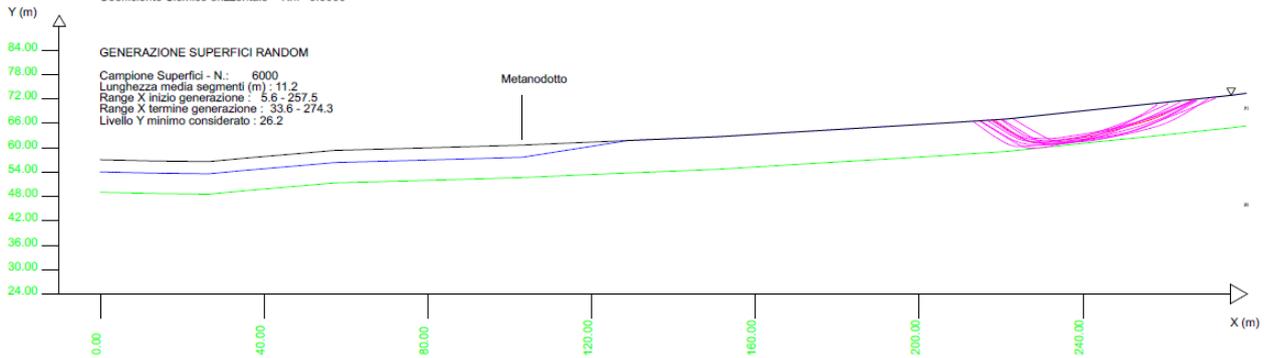


Figura 7.5/D: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

SSAP 4.9.8 (2018) - Slope Stability Analysis Program
Software by Dr. Geol. L. Borselli - www.lorenzo-borselli.eu
SSAP/DXF generator rel. 1.5.2 (2018)

# Parametri Geotecnici degli strati #										
N.	phi'	C'	Cu	Gamm	GammSat	sgci	GSI	mi	D	
..	deg	kPa	kPa	kN/m3	kN/m3	MPa	..	..	..	..
1	16.70	4.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	0
2	24.00	50.00	0	21.00	22.00	0	0	0	0	0

Modello di calcolo : Morgenstern - Price (1965)

DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.0556
Range Fs : 1.0556 - 1.1014
Differenza % Range Fs : 4.16
Coefficiente Sismico orizzontale - Kh: 0.0890

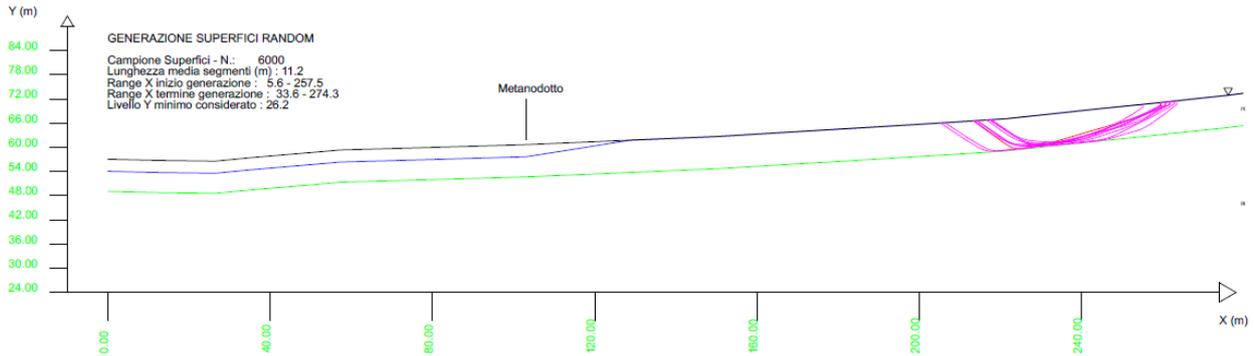


Figura 7.5/E: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 53 di 143	Rev. 0

7.5.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda a -7.4 m) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 3.267$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s = 1.811$ (Figura 7.5/B, Figura 7.5/C); tuttavia, poiché la condotta in progetto attraversa il piede di un'area classificata in frana, andrà prevista almeno la realizzazione di un letto di posa drenante, in grado di impedire che la superficie piezometrica della falda risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.903$ (Figura 7.5/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.056$ (Figura 7.5/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-19-6150 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 54 di 143	Rev. 0

7.6 Area 7 (F-21-0027 P2)

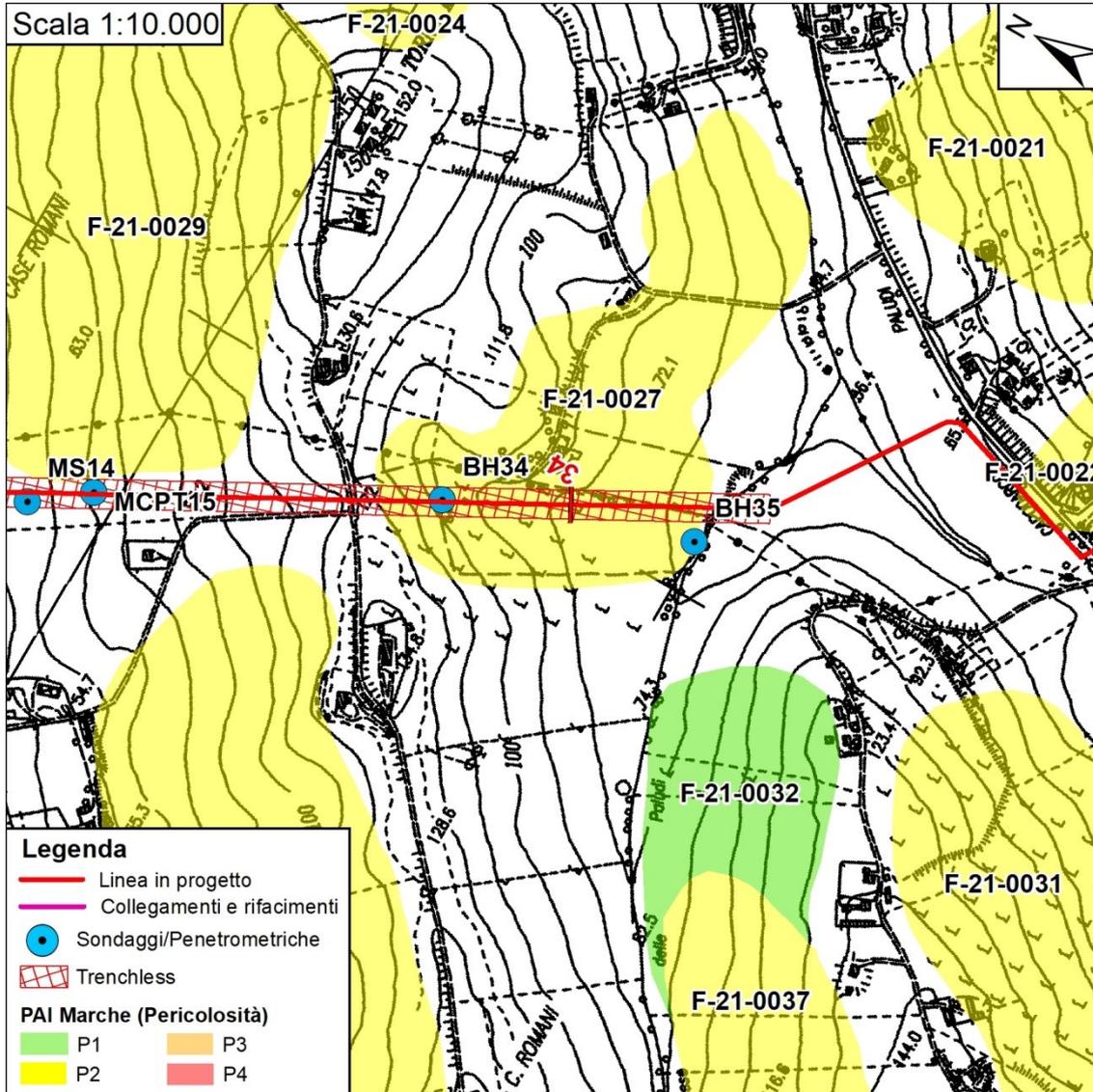


Figura 7.6/A Area 7: F-21-0027 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 55 di 143	Rev. 0

7.6.1 *Descrizione dell'area*

L'area F-21-0027 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media). Il dissesto ha forma irregolare, lobata verso il settore del coronamento, e si estende sul versante meridionale della dorsale di Torre Matteucci, scendendo fino al fondovalle del fosso delle Paludi, con larghezza massima di circa 700 m e lunghezza di circa 450 m.

Dal punto di vista morfologico il versante evidenzia una parte alta con sensibile acclività (intorno a 25-30%) e profilo uniforme, marcatamente ondulata nel settore intermedio, e pressoché pianeggiante nel più esteso settore basale (acclività attorno al 5-6%). Il substrato è rappresentato da sequenze argilloso-limose della Formazione delle Argille Azzurre con un significativo orizzonte di alterazione di alcuni metri di spessore.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" impostata nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.6/A: Area 7. Panoramica dell'attraversamento del dissesto dalla dorsale di Torre Matteucci

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 56 di 143	Rev. 0

7.6.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Agosto 2017, consistita in:

- n. 2 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 15.0÷25.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con BH34 e BH35.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio geotecnico GEOSTUDI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.6/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono riportate nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale e/o alluvionale recente, di spessore variabile da 6 a 15 m circa, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini; lo spessore maggiore della coltre di copertura (14 m circa) si rinviene nel sondaggio BH35 ricadente nella vallecchia del fosso delle Paludi e costituita da sedimenti di recente deposizione, scarsamente consolidati di natura limoso-argillosa. La coltre di copertura colluviale e/o alluvionale recente poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa estremamente consistente (formazione delle argille azzurre), inizialmente (primi 5-10 m) leggermente alterata; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 6.0÷14.8 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa da consistente a molto consistente (*coltre colluviale e/o alluvionale recente*); .

• Peso di volume,	γ =	18.7÷20.2	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	20.6÷26.1	%
• Limite liquido,	LL =	31.9÷41.5	%
• Indice di plasticità,	IP =	17.8÷26.7	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	30÷100	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23.8÷29.1	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	7.1÷16.6	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	22.7÷23.0	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	0÷0.2	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 57 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 6.0÷14.8 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente con veli di sabbia limosa addensata; in superficie (primi 5-10 m) il litotipo si presenta alterato e leggermente decompresso (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 19.4\div 22.6 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 130\div 280 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 24\div 26^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 40\div 60 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche nel sondaggio BH34 ad una profondità di circa 18 m dal pc locale.

7.6.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI è possibile affermare che la trenchless, nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 15 m a più di 110 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra o leggermente alterata.

In tutti i casi la parte terminale dell'attraversamento si viene a trovare lungo la vallecola del fosso delle Paludi, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante tale da poter escludere che sia soggetta a particolari spinte tangenziali. La sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 4 dell'Allegato 1.

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-21-0027 a pericolosità P2 esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 58 di 143	Rev. 0

7.7 Area 8 (F-21-0022 P2)

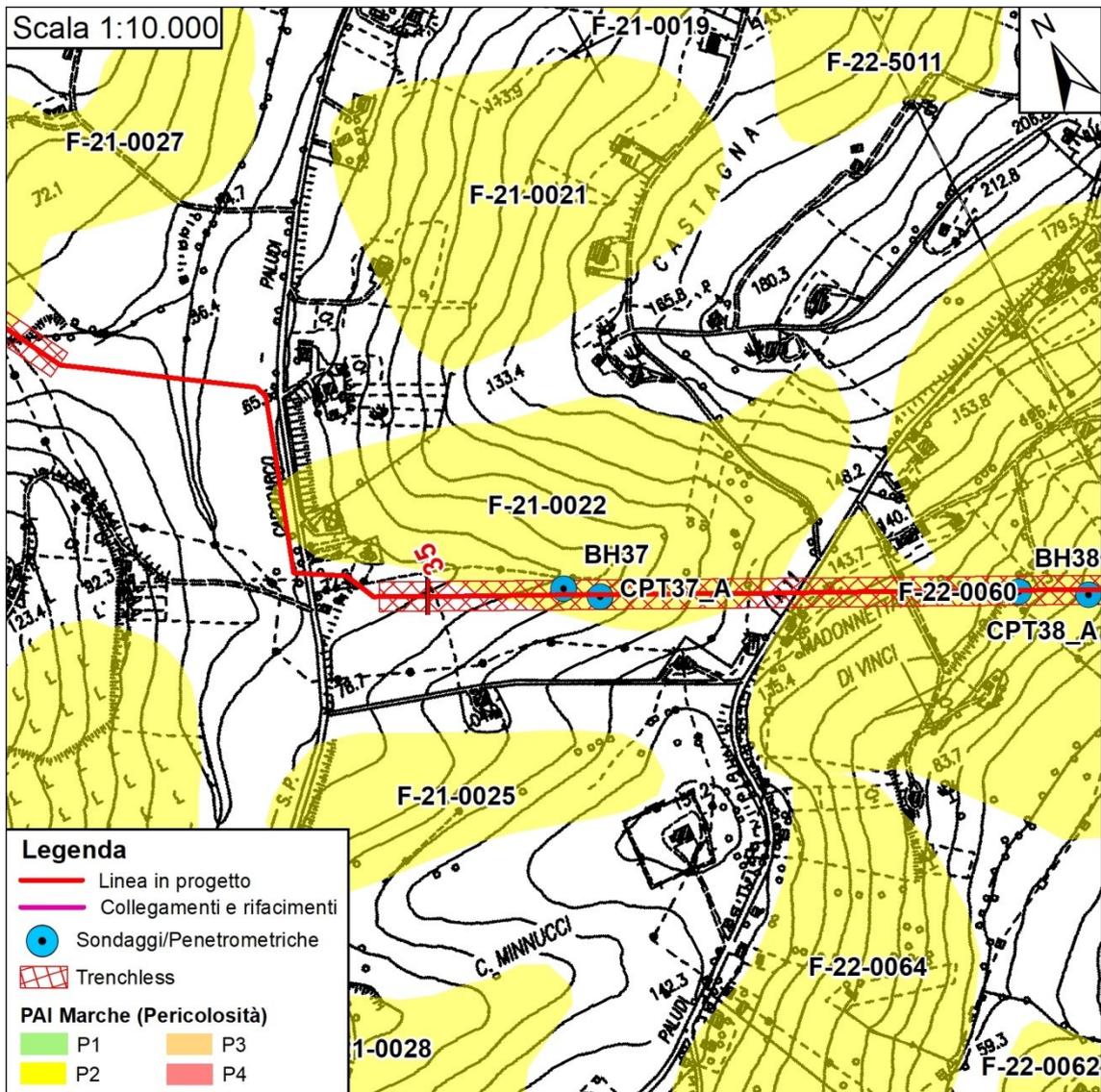


Figura 7.7/A Area 8: F-21-0022 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 59 di 143	Rev. 0

7.7.1 Descrizione dell'area

L'area F-21-0022 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media).

Il dissesto, di forma grossomodo quadrangolare, occupa gran parte della porzione in destra idrografica di un impluvio impostato sul versante nord-occidentale della dorsale di Madonnetta di Vinci subito a ovest di Capodarco. La larghezza massima dell'area è di circa 700 m, la lunghezza si aggira intorno a 300 m.

L'andamento morfologico del versante è relativamente acclive (circa 20-25%), con blande ondulazioni riconducibili alla presenza di movimenti gravitativi a carattere plastico interessanti la coltre di copertura. Il substrato è rappresentato da sequenze argillose della Formazione delle Argille azzurre.

La linea di progetto attraversa l'area PAI per un breve tratto (circa 75 m) sul fondovalle, mantenendosi in parallelismo con la della S.P. n. 11 "Capodarco-Paludi" su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante; di seguito viene attraversata l'area PAI (la cui interferenze è di circa 450 m) con la tecnologia trenchless, superando così la dorsale collinare di Madonnetta di Vinci su cui insiste l'area in dissesto.

Tenuto conto delle condizioni morfologiche nel primo tratto (fondovalle pianeggiante) e dell'attraversamento in trenchless del versante, si ritiene che l'intervento in progetto non possa modificare in alcun modo le condizioni di stabilità del dissesto.



Foto 7.7/A: Area 8. Panoramica dell'attraversamento lungo il fondovalle a valle della SP n. 11

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 60 di 143	Rev. 0



Foto 7.7/B: Area 8. Panoramica del versante attraversato in trenchless

La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 61 di 143	Rev. 0

7.7.2 **Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni**

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 30 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH37;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT37A, spinta sino alla profondità massima di 16.8 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico ORAZI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.7/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 8 m spessore, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa estremamente consistente (formazione delle argille azzurre), attraverso una fascia di transizione (di circa 5 m di spessore) alterata e decompressa; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 12.5÷13.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di colore marrone e nocciola, da consistente a molto consistente, con veli di sabbia limosa, concrezioni carbonatiche nodulari e tracce di materiale organico (*coltre colluviale e formazione alterata*).

- | | | | |
|---|-------------|-----------|-------------------|
| • Peso di volume, | γ = | 19.5÷19.7 | kN/m ³ |
| • Contenuto d'acqua naturale, | W_N = | 22.0÷28.4 | % |
| • Limite liquido, | LL = | 44.2÷62.8 | % |
| • Indice di plasticità, | IP = | 22.2÷36.4 | - |
| • Classifica USCS, | = | CL e CH | |
| • Resistenza al taglio non drenata, | c_u = | 50÷150 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace (picco) | ϕ' = | 23.9÷26.5 | ° |
| • Coesione intercetta (picco), | c' = | 2.1÷15.6 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo) | ϕ'_r = | 16.6 | ° |
| • Coesione intercetta (residua), | c'_r = | 3.6 | kN/m ² |

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 62 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 12.5÷13.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente di colore nocciola e grigio-azzurro, con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastra (formazione plio-pleistocenica di base).

- | | | | |
|--|--------------|---------|-------------------|
| • Peso di volume, | $\gamma =$ | 21.0 | kN/m ³ |
| • Resistenza al taglio non drenata, | $c_u =$ | 200÷350 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace, | $\varphi' =$ | 24÷26 | ° |
| • Coesione intercetta, | $c' =$ | 40÷60 | kN/m ² |

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alle massime profondità investigate.

7.7.3 Verifica tecnica di compatibilità

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile formulare le seguenti considerazioni con funzioni di verifica tecnica di compatibilità:

- 1) la linea di progetto, inizialmente, attraversa l'area PAI per un breve tratto (circa 75 m) sul fondovalle, mantenendosi in parallelismo con la della S.P. n. 11 "Capodarco-Paludi" su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante tale da poter escludere che sia soggetta a particolari spinte tangenziali;
- 2) dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI con la metodologia trenchless, è possibile verificare che, nel tratto di interferenza, si trova a profondità comprese tra circa 30 m a più di 110 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile ed anche della porzione maggiormente alterata e decompressa della formazione di base, sviluppandosi completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 5 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-21-0022 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 63 di 143	Rev. 0

7.8 Area 9 (F-22-0060 P2)

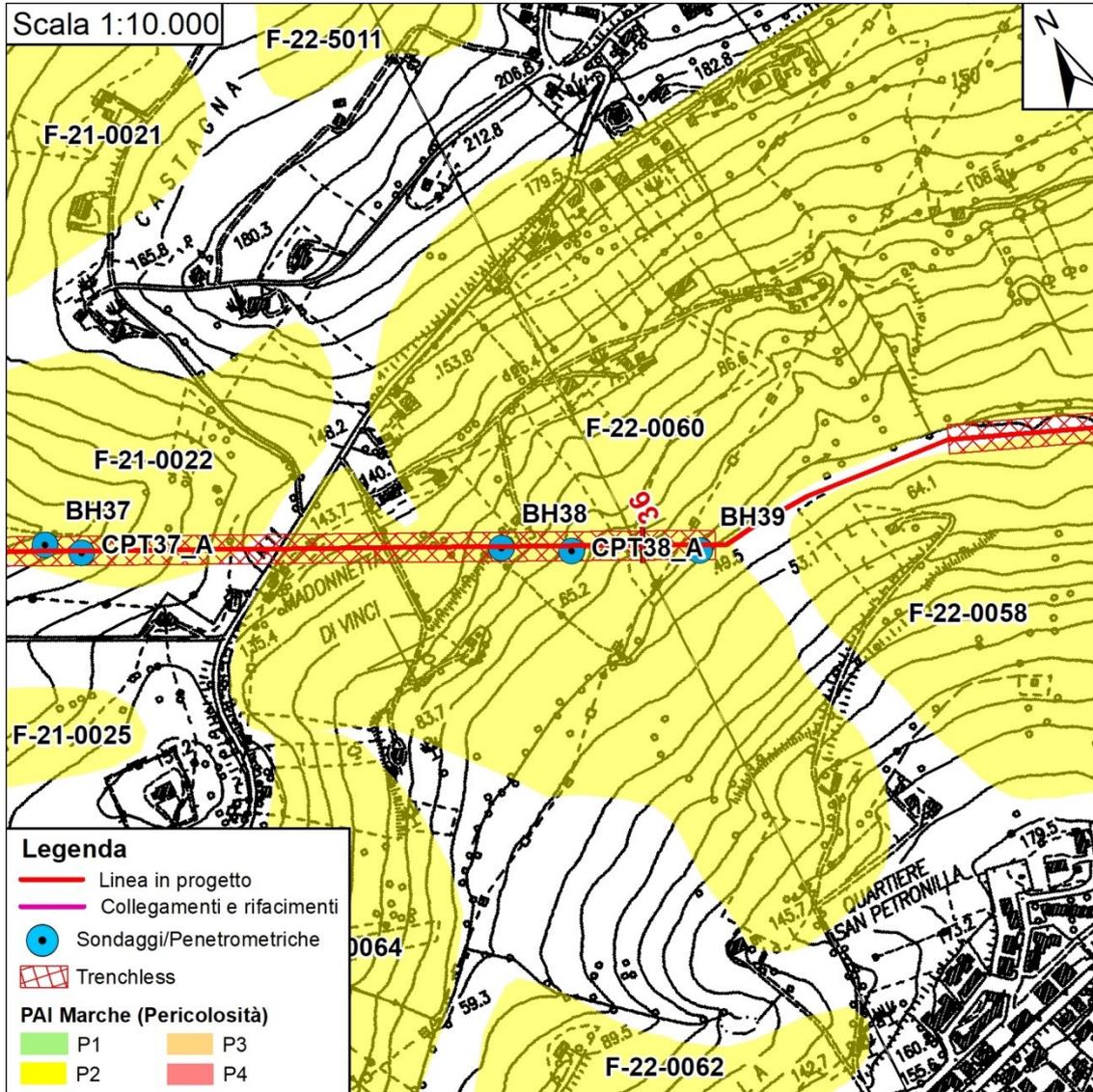


Figura 7.8/A Area 9: F-22-0060 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 64 di 143	Rev. 0

7.8.1 **Descrizione dell'area**

L'area F-22-0060 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media).

Si tratta di un dissesto di grandi dimensioni, che interessa il versante sud della dorsale di Capodarco e di Madonnetta di Vinci dal settore sommitale sino al fondovalle del fosso Valloscura. La larghezza massima dell'area è di circa 2 km, la lunghezza si aggira intorno a 500 m.

L'andamento morfologico del versante è relativamente acclive (circa 25-30%), con blande ondulazioni riconducibili alla presenza di movimenti gravitativi a carattere plastico interessanti la coltre di copertura. Il substrato è rappresentato da sequenze argillose della Formazione delle Argille azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (microtunnel Madonnetta di Vinci) impostata nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso se non per una breve tratto (di circa 70 m) nell'intorno dell'imbocco, situato nel fondovalle, in un settore a morfologia sub-pianeggiante.

La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.8/A: Area 9. Panoramica dell'uscita del microtunnel che sottopassa l'area PAI e percorrenza lungo il fondovalle del fosso Valle Oscura

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 65 di 143	Rev. 0

7.8.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 30 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH38;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT38A, spinta sino alla profondità massima di 13.2 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico ORAZI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.8/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di spessore variabile da 2 a 6 m, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre), con una fascia di alterazione anche di una decina di metri; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 2.2÷6.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di colore marrone e nocciola, molto consistente, con veli di sabbia limosa, concrezioni carbonatiche nodulari e tracce di materiale organico (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	15.9÷20.3	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	22.0÷28.4	%
• Limite liquido,	LL =	42.7÷49.6	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.4÷31.3	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	100÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	21.6÷23.2	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	22.4÷22.7	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	18.3÷19.8	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	0	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 66 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 2.2÷6.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente di colore nocciola e grigio-azzurro, con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastra (formazione plio-pleistocenica di base). E' presente uno orizzonte di alterazione a luoghi anche di una decina di metri di spessore.

- Peso di volume, $\gamma = 20.0 \div 20.7 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 120 \div 370 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 25.3^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 30.9 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alle massime profondità investigate.

7.8.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI è possibile affermare che la trenchless, nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 30 m a più di 85 m dal pc locale e quindi sicuramente si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra o della fascia di alterazione in corrispondenza delle terminazioni.

La parte terminale della trenchless avviene lungo la vallecchia del fosso di Valleoscura, in sinistra idrografica, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 6 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-22-0060 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 67 di 143	Rev. 0

7.9 Area 10 (F-22-0058 P2)

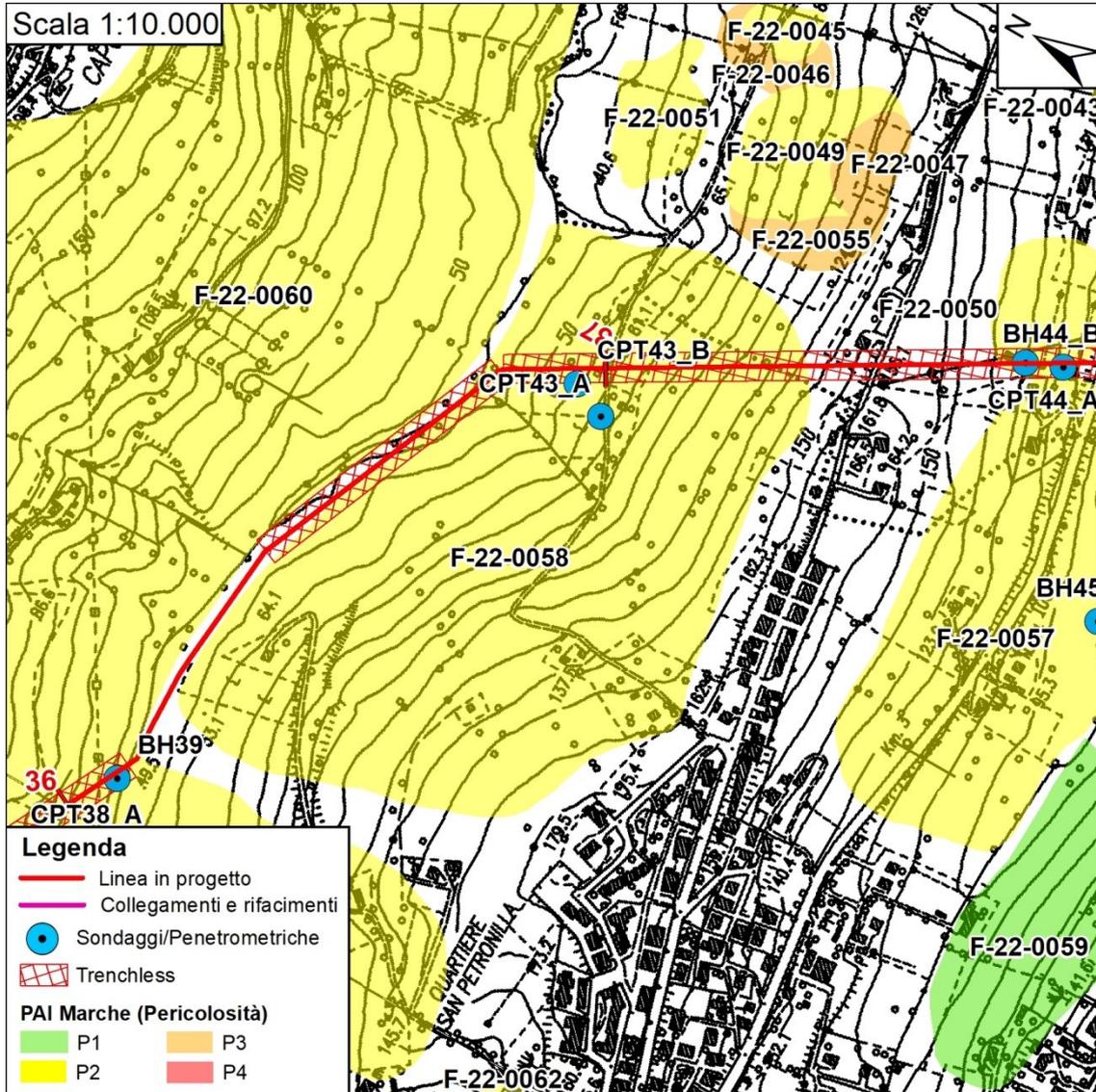


Figura 7.9/A Area 10: F-22-0058 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 68 di 143	Rev. 0

7.9.1 **Descrizione dell'area**

L'area F-22-0058 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media).

Si tratta di un dissesto di grandi dimensioni, che interessa il versante settentrionale della dorsale su cui sorge l'abitato Fermo fino alla vallecchia del fosso Valleoscura, in destra idrografica. La larghezza massima dell'area è di circa 800 m, la lunghezza si aggira intorno a 500 m.

L'andamento morfologico del versante è relativamente acclive (circa 25-30%), con locali blande ondulazioni riconducibili alla presenza di movimenti gravitativi a carattere plastico interessanti la coltre di copertura. Il substrato è costituito da sequenze argilloso-marnose della Formazione delle Argille Azzurre sormontate da coltri colluviali lungo i versanti e da depositi alluvionali nel fondovalle.

La linea di progetto, che nell'area è stata prevista in trenchless (TOC) interferisce con l'area PAI per un breve tratto (circa 120 m) sul fondovalle su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante; di seguito viene attraversata l'area PAI (la cui interferenza è di circa 450 m) con la tecnologia trenchless (microtunnel Santa Petronilla), superando così la dorsale collinare su cui sorge l'abitato di Fermo sul cui versante settentrionale si sviluppa l'area in dissesto.



Foto 7.9/A: Area 10. Percorrenza in trenchless del fosso Valleoscura; sullo sfondo l'imbocco del microtunnel che sottopassa l'area PAI

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 69 di 143	Rev. 0

Tenuto conto delle condizioni morfologiche nel primo tratto (fondovalle pianeggiante) e dell'attraversamento in trenchless del versante, si ritiene che l'intervento in progetto non possa modificare in alcun modo le condizioni di stabilità del dissesto.

La sezione stratigrafica schematica di attraversamento sono riportate in allegato alla presente relazione.

7.9.2 **Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni**

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico , a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH43;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT43B, spinta sino alla profondità massima di 15.8 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico ORAZI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.9/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di spessore attorno a 13-15 m, nella parte basale del versante, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini. La coltre di copertura eluvio-colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre); in particolare è possibile individuare:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 70 di 143	Rev. 0

Strato 1: (dal pc sino a 13.0÷14.8 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di colore marrone e nocciola, da consistente a molto consistente, con veli di sabbia limosa, concrezioni carbonatiche nodulari e tracce di materiale organico (coltre eluvio-colluviale).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.3÷20.1	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	21.3÷25.8	%
• Limite liquido,	$LL =$	40.8÷47.6	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	21.8÷26.0	-
• Classifica USCS,	$=$	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	60÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\phi' =$	27.3	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	1.5	kN/m ²

Strato 2: (da 12.5÷13.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente di colore nocciola e grigio-azzurro, con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastri (formazione plio-pleistocenica di base).

• Peso di volume,	$\gamma =$	21.0	kN/m ³
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	200÷350	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	$\phi' =$	24÷26	°
• Coesione intercetta,	$c' =$	40÷60	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alle massime profondità investigate.

7.9.3 Verifica tecnica di compatibilità

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile formulare le seguenti considerazioni con funzioni di verifica tecnica di compatibilità:

- 1) la linea di progetto, inizialmente, attraversa l'area PAI per un breve tratto (circa 120 m) sul fondovalle del fosso di Valleoscura, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante; in tutti i casi l'attraversamento è previsto mediante tecnologia trenchless (TOC) che permette di escludere che la condotta sia soggetta a particolari spinte tangenziali; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 7 dell'Allegato 1;
- 2) dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI con la metodologia trenchless, è possibile verificare che, nel tratto di interferenza, la condotta si trova a profondità comprese tra circa 20 m a più di 100 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile ed anche della porzione maggiormente alterata e decompressa della formazione di base, sviluppandosi quasi completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; il pozzo di ingresso del microtunnel altresì è stato individuato sul margine della vallecola

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 71 di 143	Rev. 0

del fosso Valleoscura in un tratto con andamento morfologico sub-pianeggiante;
la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 8 dell'Allegato 1;

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-22-0058 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 72 di 143	Rev. 0

7.10 Area 11 (F-22-0050 P2)

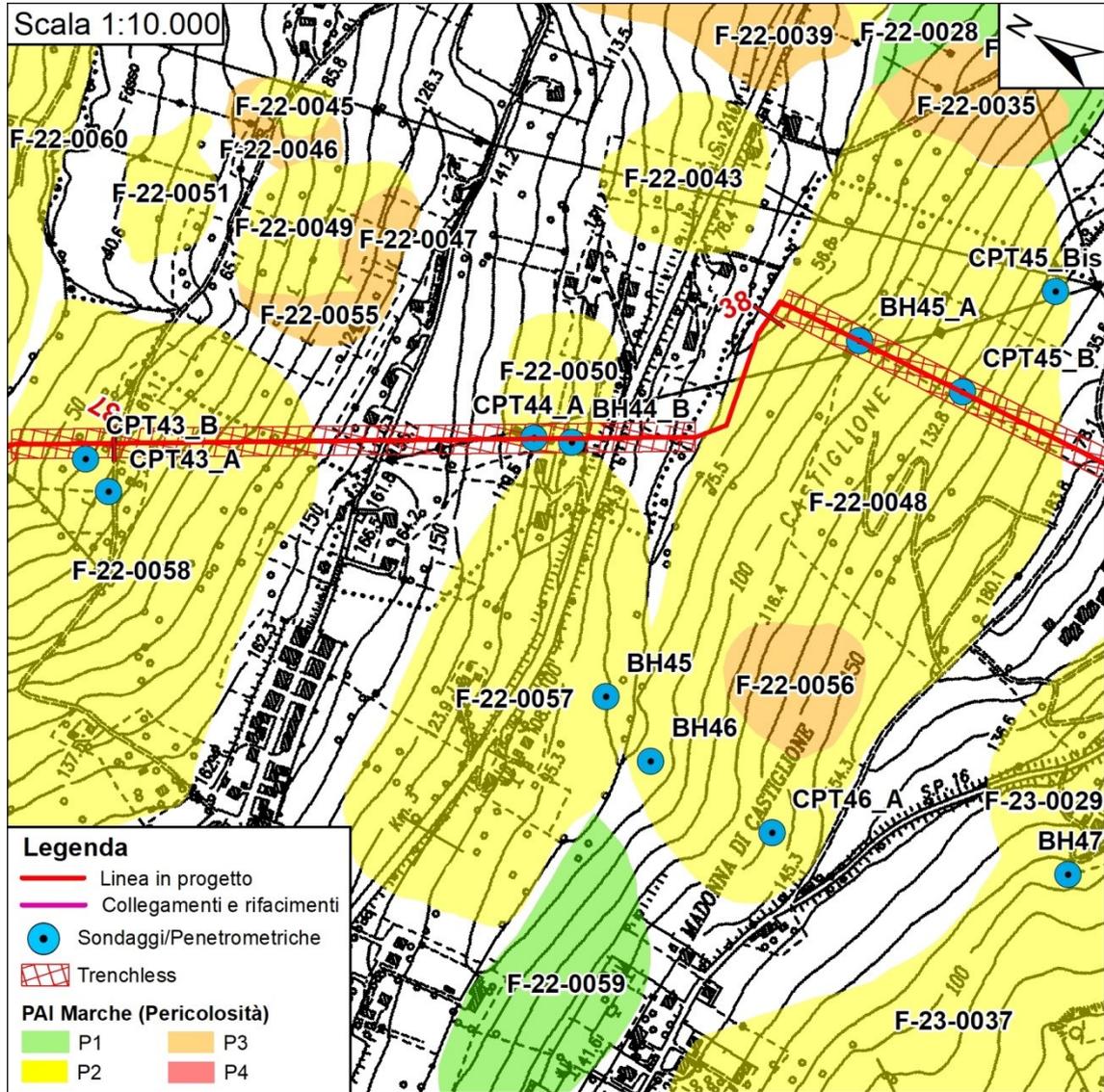


Figura 7.10/A Area 11: F-22-0050 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 73 di 143	Rev. 0

7.10.1 Descrizione dell'area

L'area F-22-0050 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media).

Si tratta di un dissesto di forma rettangolare, che interessa il versante meridionale della dorsale su cui sorge l'abitato Fermo fino alla vallecchia del Rio Petronilla, in sinistra idrografica. La larghezza massima dell'area è di circa 150 m, la lunghezza si aggira intorno a 100 m.

L'andamento morfologico del versante è relativamente acclive (circa 30%), con locali blande ondulazioni riconducibili ad un movimento gravitativo tipo scivolamento interessante la coltre di copertura. Il substrato è costituito da sequenze argilloso-marnose della Formazione delle Argille Azzurre sormontate da una coltre colluviale di alcuni metri di spessore.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (parte terminale del microtunnel Santa Petronilla) impostata nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica schematica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.10/A: Area 11. Attraversamento in trenchless dell'Area PAI F-22-0050 sulla discesa al Rio Petronilla; sullo sfondo l'imbocco del microtunnel che sottopassa l'adiacente area PAI F-22-0048

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 74 di 143	Rev. 0

7.10.2 *Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni*

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico , a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH44B;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT44A, spinta sino alla profondità massima di 12.2 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico ORAZI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.10/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di spessore attorno ad una decina di metri, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini. La coltre di copertura eluvio-colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre); in particolare è possibile individuare:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 75 di 143	Rev. 0

Strato 1: (dal pc sino a 6.0÷7.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di colore marrone e nocciola, da consistente a molto consistente, con veli di sabbia limosa, concrezioni carbonatiche nodulari e tracce di materiale organico (*coltre eluvio-colluviale*).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.7÷19.8	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	23.1÷26.8	%
• Limite liquido,	$LL =$	41.8÷53.6	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	20.6÷30.9	-
• Classifica USCS,	$=$	CH e CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	80÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\phi' =$	28.5	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	2.5	kN/m ²

Strato 2a: (dal pc sino a 10.3÷11.7 m di profondità)

Argilla limosa e limo argilloso, di colore marrone e nocciola, molto consistente, con veli di sabbia limosa (*formazione alterata*).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.5	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	25.5	%
• Limite liquido,	$LL =$	53.6	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	30.9	-
• Classifica USCS,	$=$	CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	100÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\phi' =$	24÷26	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	10÷30	kN/m ²

Strato 2b: (da 10.3÷11.7 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente di colore nocciola e grigio-azzurro, con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastra; (formazione plio-pleistocenica di base).

• Peso di volume,	$\gamma =$	20.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	24.4	%
• Limite liquido,	$LL =$	52.4	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	31.7	-
• Classifica USCS,	$=$	CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	150÷250	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace,	$\phi' =$	24÷26	°
• Coesione intercetta,	$c' =$	40÷60	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica, nella CPT44/A è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda a circa 5 m di profondità dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 76 di 143	Rev. 0

7.10.3 **Verifica tecnica di compatibilità**

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile formulare le seguenti considerazioni con funzioni di verifica tecnica di compatibilità.

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI con la metodologia trenchless, è possibile verificare che, nel tratto di interferenza, la condotta si trova a profondità comprese tra circa 45 m a più di 70 m dal pc locale e quindi ben al di sotto della coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile ed anche della porzione maggiormente alterata e decompressa della formazione di base, sviluppandosi completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 8 dell'Allegato 1;

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-22-0050 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 77 di 143	Rev. 0

7.11 Area 12 (F-22-0048 P2)

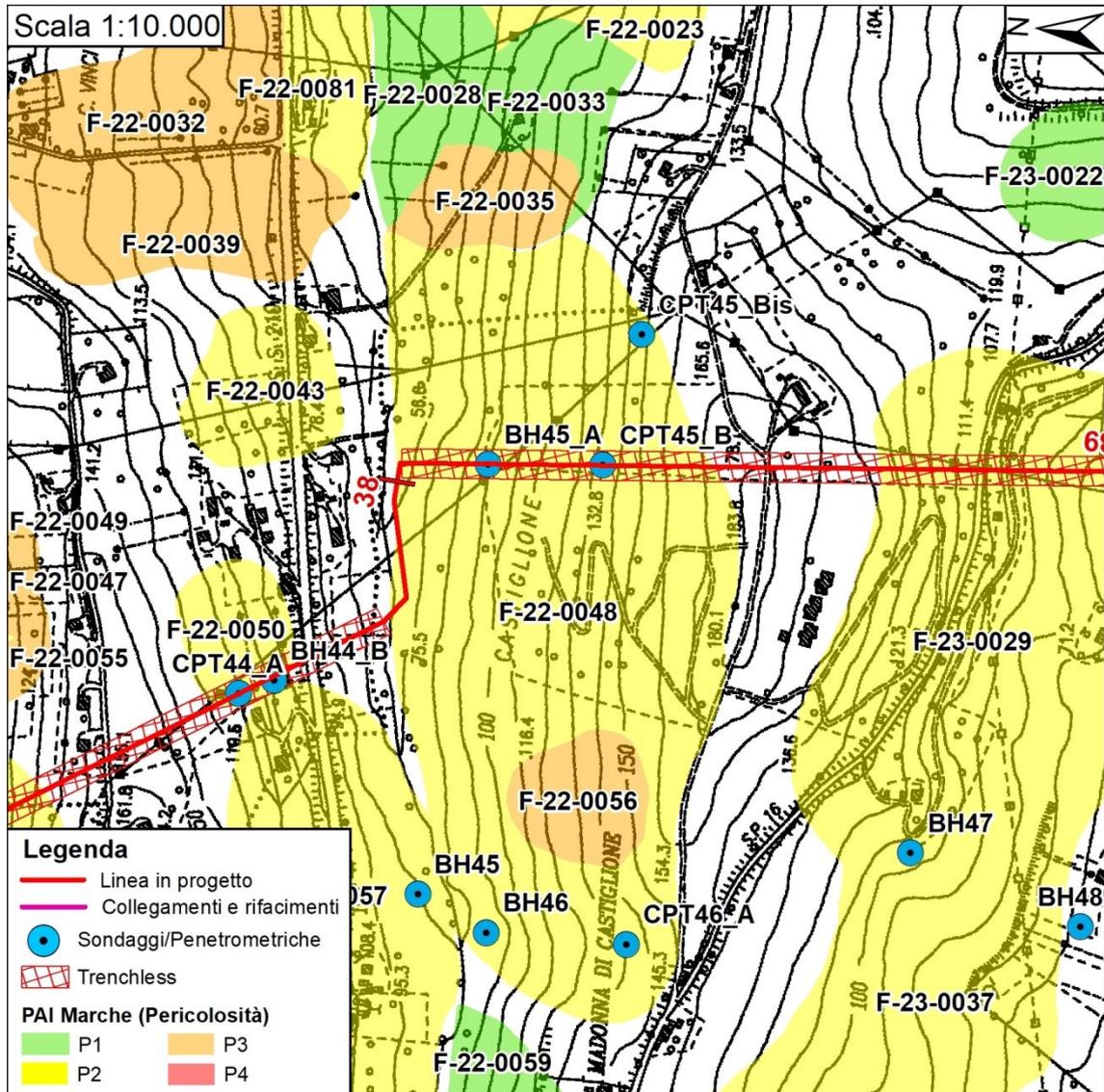


Figura 7.11/A Area 12: F-22-0048 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 78 di 143	Rev. 0

7.11.1 Descrizione dell'area

L'area F-22-0048 è classificata dal PAI con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media).

Il dissesto, di forma grossomodo quadrangolare, occupa gran parte della porzione in destra idrografica di un impluvio impostato sul versante nord-occidentale della dorsale di Madonna di Castiglione 1.5 km ad est dell'abitato di Fermo.

L'area F-22-0048, che interessa il versante di risalita dal Rio Petronilla, ha larghezza massima di oltre 1 km ed una lunghezza di circa 500 m, con profilo di superficie decisamente ondulato ed acclività media attorno al 30%. Il substrato è formato da terreni argillosi della Formazione delle Argille Azzurre. La linea di progetto attraversa l'area PAI per un tratto iniziale (circa 200 m) sul fondovalle del Rio Petronilla, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante; di seguito viene attraversata l'area PAI (la cui interferenze è di circa 450 m) con la tecnologia trenchless, superando così la dorsale collinare di Madonna di Castiglione.

Tenuto conto delle condizioni morfologiche nel primo tratto (fondovalle pianeggiante) e dell'attraversamento in trenchless del versante, si ritiene che l'intervento in progetto non possa modificare in alcun modo le condizioni di stabilità del dissesto. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.11/A: Area 12. Attraversamento in trenchless dell'Area PAI F-22-0048 sulla risalita dal Rio Petronilla; in primo piano l'uscita del microtunnel che sottopassa la precedente area PAI F-22-0050

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 79 di 143	Rev. 0

7.11.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo di Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 20 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH45A;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT43Bbis (in sostituzione della prova CPT43B a rifiuto a circa 2.6 m dal pc locale), spinta sino alla profondità massima di 8 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico ORAZI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.11/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 3÷6 m spessore, di natura prevalentemente limoso-argillosa, con ricorrenze di spessore centimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose fini. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da argilla limosa, debolmente marnosa da molto ad estremamente consistente (formazione delle argille azzurre), alterata e decompressa; in passaggio tra i due litotipi non è ben definibile ed è caratterizzato dalla presenza di un orizzonte con parzialmente cementazione; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.0÷6.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa, di colore marrone e nocciola, molto consistente, con veli di sabbia limosa e diffuse concrezioni carbonatiche in vene e noduli (coltre colluviale). Tra 3 e 5 m di profondità è presente un orizzonte estremamente consistente e parzialmente cementato.

• Peso di volume,	γ =	19.6÷20.3	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	18.5÷19.8	%
• Limite liquido,	LL =	44.0÷58.5	%
• Indice di plasticità,	IP =	21.2÷35.7	-
• Classifica USCS,	=	CL e CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	150÷250	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	27.3	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	2.2	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 80 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 3.0÷6.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, da molto consistente a estremamente consistente di colore nocciola e grigio-verdastro, con veli e straterelli di sabbia limosa giallastra (formazione plio-pleistocenica alterata).

- Peso di volume, $\gamma = 19.6\div 20.2 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 100\div 200 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 24\div 26^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 40\div 60 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alle massime profondità investigate.

7.7.3 Verifica tecnica di compatibilità

Sulla base di quanto riportato nei paragrafi precedenti è possibile formulare le seguenti considerazioni con funzioni di verifica tecnica di compatibilità:

- 1) la linea di progetto, inizialmente, attraversa l'area PAI per un tratto di circa 200 m sul fondovalle del Rio Petronilla, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante tale da poter escludere che si verifichino particolari spinte tangenziali;
- 2) dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI con la metodologia trenchless, nella risalita del versante destro del Rio Petronilla, è possibile verificare che, nel tratto di interferenza, la condotta si trova a profondità comprese tra circa 20 m a più di 120 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile ed anche della porzione maggiormente alterata e decompressa della formazione di base, sviluppandosi all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 9 dell'Allegato 1; per quanto riguarda il pozzo di imbocco ed i primi 10-15 di microtunnel, pur essendo impostati nella coltre di copertura colluviale, ricadono sul margine della vallecchia del Rio Petronilla, su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante tale che non si verifichino particolari spinte tangenziali;

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-21-0048 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 81 di 143	Rev. 0

7.12 Area 13 (F-23-0029 P2)

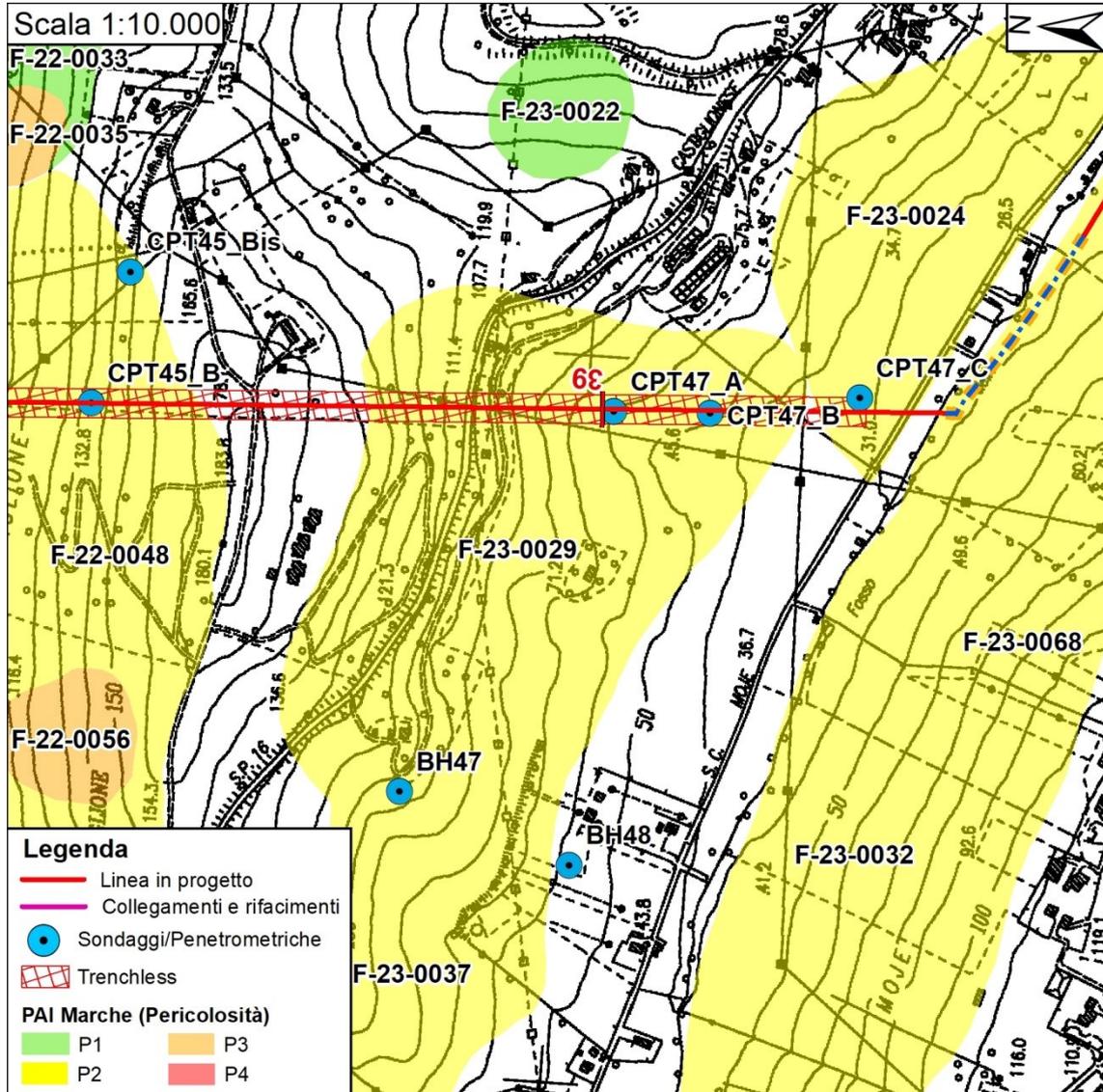


Figura 7.12/A Area 13: F-23-0029 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 82 di 143	Rev. 0

7.12.1 *Descrizione dell'area*

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante meridionale del modesto rilievo di Madonna di Castiglione posto in sinistra idrografica del fosso delle Moje.

L'area, classificata con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media), ha una forma leggermente trapezoidale, di circa 750 m di larghezza e 500 m di lunghezza, ed interessa un versante che presenta una porzione alta con un'acclività media attorno al 35% e la parte basale (riconducibile alla zona di accumulo) con acclività media attorno al 15% con evidenti ondulazioni legate alla zona di accumulo del movimento gravitativo. Il substrato è costituito da terreni argillosi della Formazione delle Argille Azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" impostato nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.12/A: Area 13. Panoramica del versante dalla Strada comunale "Moje" al piede dell'area PAI; sul lato destro della foto la zona dell'uscita del microtunnel "Madonna di Castiglione" (Foto da Google Street View)

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 83 di 143	Rev. 0

7.12.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta GEOSERVICE, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Settembre 2018, consistita in:

- n. 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica, identificate in planimetria con CPT47A-CPT47B, spinte sino alla profondità massima di 8.2-14.2 m dal pc locale.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.12/A mentre i diagrammi delle prove penetrometriche sono riportati nell'Allegato 2.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, in genere di circa 3÷8 m di spessore, di natura prevalentemente limoso-sabbiosa, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi argillosi. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da un'alternanza di argilla marnosa estremamente consistente e sabbia limosa, molto addensata (formazione delle Argille azzurre), in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.6÷7.8 m di profondità)

Limo argilloso e limo sabbioso molto consistente con interstrati di sabbia limosa mediamente addensata (coltre colluviale).

- | | | | |
|---|--------------|---------|-------------------|
| • Peso di volume, | $\gamma =$ | 19.0 | kN/m ³ |
| • Resistenza al taglio non drenata, | $c_u =$ | 100÷150 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace | $\varphi' =$ | 24÷28 | ° |
| • Coesione intercetta, | $c' =$ | 0÷20 | kN/m ² |

Strato 2: (da 3.6÷7.8 m sino alle massime profondità investigate)

Alternanza di argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente con strati di sabbia limosa addensata prevalente in profondità; in superficie (primi 2-6 m) il litotipo si presenta alterato e leggermente decompresso (formazione plio-pleistocenica di base).

- | | | | |
|--|--------------|---------|-------------------|
| • Peso di volume, | $\gamma =$ | 20.0 | kN/m ³ |
| • Resistenza al taglio non drenata, | $c_u =$ | 150÷250 | kN/m ² |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace, | $\varphi' =$ | 24÷35 | ° |
| • Coesione intercetta, | $c' =$ | 0÷60 | kN/m ² |

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche nella prova penetrometrica CPT47A a -9 m e nella CPT47B ad una profondità di -4 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 84 di 143	Rev. 0

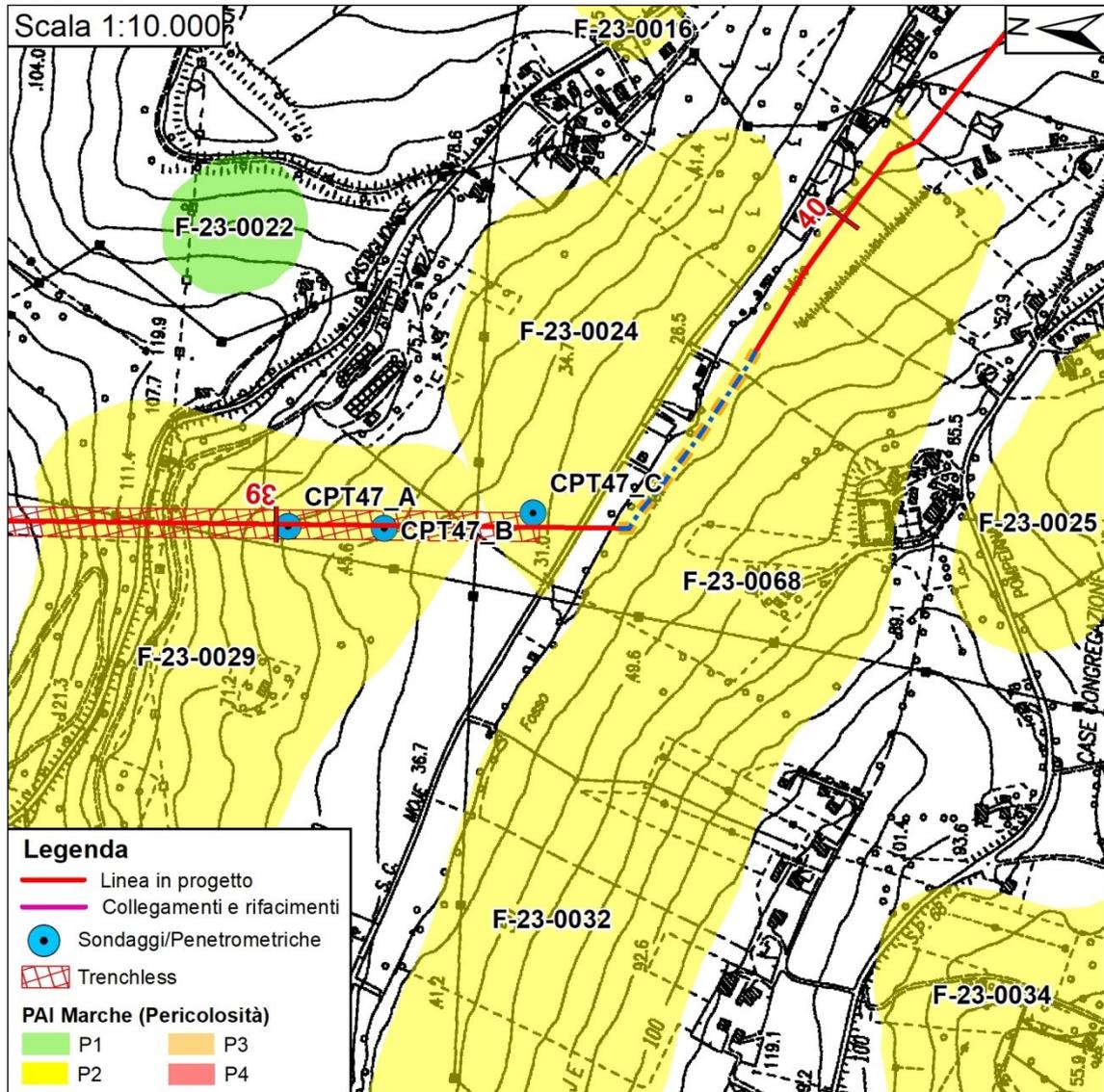
7.12.3 **Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI è possibile affermare che la trenchless (microtunnel Madonna di Castiglione), nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 8 m a più di 85 m dal pc locale e quindi sicuramente si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 10 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-23-0029 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 85 di 143	Rev. 0

7.13 Area 14 (F-23-0024 P2)



7.13.1 Descrizione dell'area

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante meridionale del modesto rilievo di Madonna di Castiglione posto in sinistra idrografica del fosso delle Moje e adiacenza della precedente Area F-23-0029.

L'area, classificata con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media), ha una forma leggermente triangolare, di circa 550 m di larghezza e 300 m di lunghezza, ed interessa un versante presenta una porzione alta con un'acclività media attorno al 20% e la parte basale con andamento morfologico sub-pianeggiante riconducibile

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 86 di 143	Rev. 0

ad un terrazzo alluvionale del fosso delle Moje. Il substrato è costituito da terreni argillosi della Formazione delle Argille Azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto mediante scavi a cielo aperto; l'andamento morfologico locale sub-pianeggiante, permette di escludere la possibilità di formazione o riattivazione di movimenti gravitativi con assenza di ripercussioni sulla condotta stessa.



Foto 7.13/A: Area 14. Panoramica del versante dalla Strada comunale “Moje” al piede dell’area PAI; sul lato sinistro della foto la zona dell’uscita del microtunnel “Madonna di Castiglione” (Foto da Google Street View)

7.13.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area dell'attraversamento in esame, la ditta GEOSERVICE Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Settembre 2018, consistita in:

- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT47C, spinta sino alla profondità massima di 9 m dal pc locale.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 87 di 143	Rev. 0

L'ubicazione della verticale di indagine è riportata nella Figura 7.13/A mentre i diagrammi della prova penetrometrica sono riportati nell'Allegato 2.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine alluvio-colluviale, di circa 3.5 m di spessore, di natura prevalentemente sabbioso-limosa, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi argillosi. La coltre di copertura alluvio-colluviale poggia sulla formazione pliocenica costituita da un'alternanza di argilla marnosa estremamente consistente e sabbia limosa, molto addensata (formazione delle Argille azzurre), in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.2 m di profondità)

Limo sabbioso e sabbia limosa mediamente addensata, con interstrati di limo argilloso molto consistente (coltre alluvio-colluviale).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 100\div 120 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 30\div 40^\circ$

Strato 2: (da 3.2 m sino alle massime profondità investigate)

Alternanza di argilla limosa e limo argilloso, estremamente consistente con strati di sabbia limosa addensata prevalente in profondità (formazione plio-pleistocenica di base).

- Peso di volume, $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 150\div 250 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 24\div 35^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 0\div 60 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche nella prova penetrometrica CPT47C ad una profondità di -3.2 m dal pc locale.

7.13.3 Verifica tecnica di compatibilità

In relazione allo sviluppo su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante lungo la vallecchia del fosso delle Moje al piede dell'area perimetrata nella cartografia allegata al PAI con il codice F-23-0024 a pericolosità P2, si ritiene che l'opera non vada a modificare le attuali condizioni del versante e non sia soggetta a particolari spinte tangenziali per cui è possibile affermare che esistono le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 88 di 143	Rev. 0

7.14 Area 15 (F-23-0068 P2)

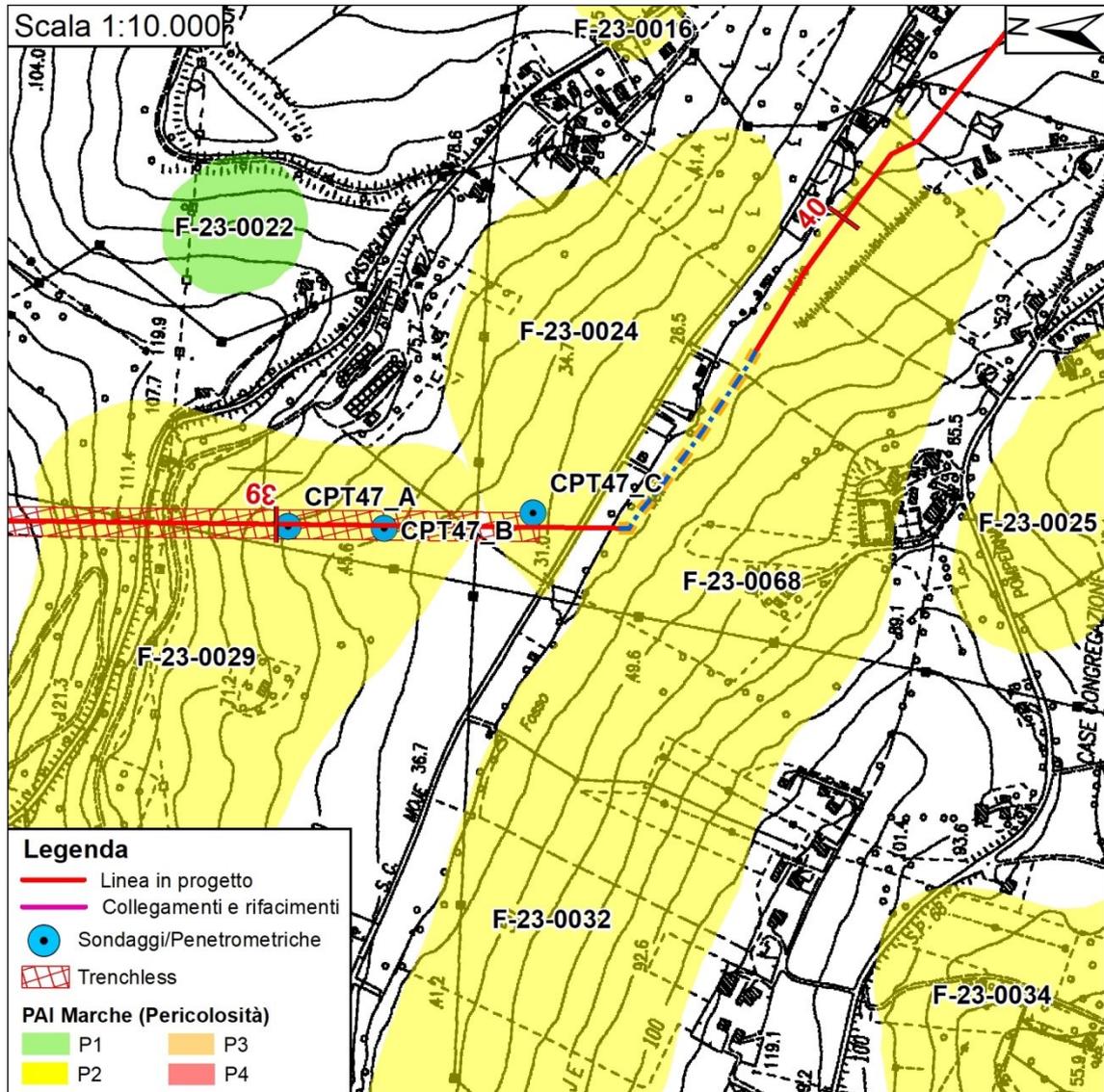


Figura 7.14/A Area 15: F-23-0068 P2 dell'AdB delle Marche.

7.14.1 Descrizione dell'area

Si tratta di un'ampia area che si sviluppa lungo tutto il versante settentrionale del crinale collinare in destra idrografica del fosso delle Moje.

L'area, classificata con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media), rappresenta una fascia di circa 4.5 km di larghezza e 300 m di lunghezza, ed interessa tutto il versante dall'abitato di Salvano sino a quello di Fermo e la parte basale con andamento morfologico sub-pianeggiante riconducibile ad un terrazzo alluvionale del fosso delle Moje. Il substrato è costituito da depositi alluvionali recenti del fosso

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 89 di 143	Rev. 0

delle Moje poggiate sopra i sedimenti argilloso-sabbiosi della Formazione delle Argille Azzurre.

L'attraversamento dell'area, viene previsto mediante scavi a cielo aperto; l'andamento morfologico locale sub-pianeggiante, permette di escludere la possibilità di formazione o riattivazione di movimenti gravitativi con assenza di ripercussioni sulla condotta stessa.



Foto 7.14/A: Area 15. Panoramica dell'attraversamento dell'Area PAI F-23-0068 lungo la vallecola del fosso delle Moje dalla SP n. 16 (Foto da Google Street View)

7.14.2 Verifica tecnica di compatibilità

In relazione allo sviluppo su terreni con andamento morfologico sub-pianeggiante lungo la vallecola del fosso delle Moje, in destra idrografica, al piede dell'area perimetrata nella cartografia allegata al PAI con il codice F-23-0068 a pericolosità P2, si ritiene che l'opera non vada a modificare le attuali condizioni del versante e non sia soggetta a particolari spinte tangenziali per cui è possibile affermare che esistono le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 90 di 143	Rev. 0

7.15 Area 16 (F-24-0028 P2)

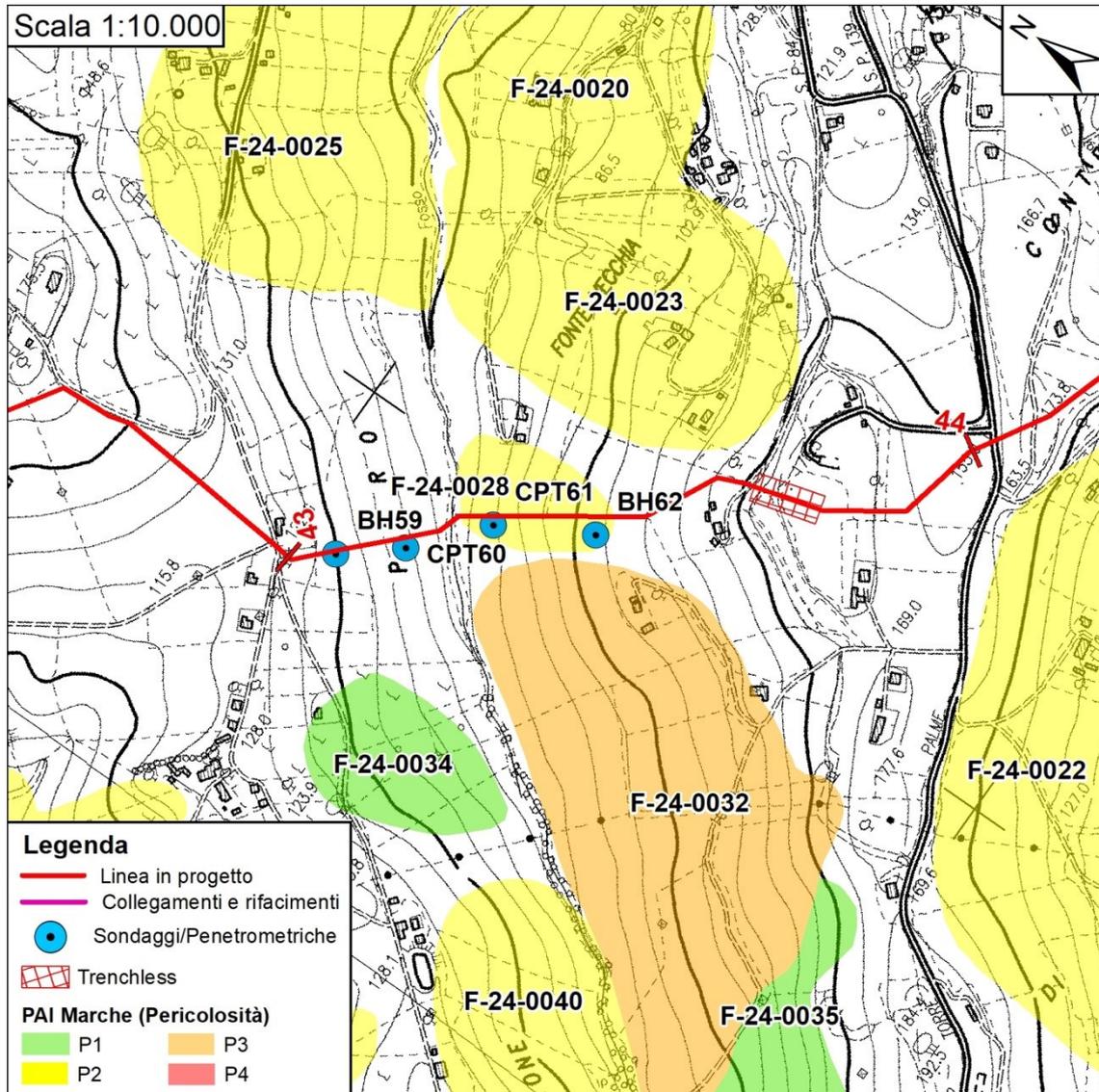


Figura 7.15/A Area 16: F-24-0028 P2 dell'AdB delle Marche.

7.15.1 Descrizione dell'area

L'area F-24-0028 classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è un dissesto di forma sub-circolare di modeste dimensioni (circa 100 m di larghezza per circa 200 m di lunghezza), situato sul versante settentrionale della dorsale di Torre di Palme.

Il versante è caratterizzato da acclività medio-alta (circa 30%); il substrato è costituito da terreni argillosi della Formazione delle Argille Azzurre.

La linea di progetto attraversa l'area per una lunghezza di circa 200 m, in massima pendenza. Lungo il profilo, regolare e caratterizzato solo da leggere

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 91 di 143	Rev. 0

ondulazioni, sono assenti indizi di movimenti di riattivazione recente; lo stato di attività può ritenersi quiescente.



Foto 7.15/A: Area 16. Panoramica dell'attraversamento dal versante opposto (Loc. Pero)

7.15.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame, la ditta Beduschi Geotecnica, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH62;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT61, spinta sino alla profondità massima di 12.0 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 92 di 143	Rev. 0

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.15/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di circa 4 m di spessore (nel sondaggio BH62), di natura argilloso-limosa e/o limoso-argillosa molto consistente, con ricorrenze di spessore decimetrico di limi sabbiosi e sabbie limose. La coltre di copertura eluvio-colluviale poggia sulla formazione pliocenica in facies prevalentemente argilloso-limosa estremamente consistente (formazione delle Argille azzurre). La situazione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti presenti possono essere schematizzate nel modo seguente:

Strato 1: (dal pc sino a 4.0 m di profondità)

Argilla limosa, limo argilloso e limo sabbioso molto consistente di colore marrone e nocciola (coltre eluvio-colluviale).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.5÷21.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	14.5÷29.5	%
• Limite liquido,	$LL =$	47.8÷64.4	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	24.6÷38.3	-
• Classifica USCS,	$=$	CL e CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	$c_u =$	100÷200	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\varphi' =$	22.2÷23.2	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	15.2÷41.1	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	$\varphi'_r =$	15.0÷20.2	°
• Coesione intercetta (residua),	$c'_r =$	4.4÷5.7	kN/m ²

Strato 2: (da 4.0 m sino alle massime profondità investigate)

Limo argilloso e limo sabbioso, estremamente consistente, di colore nocciola e grigio-azzurro, con strati di sabbia limosa addensata (formazione plio-pleistocenica).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.9÷20.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	27.8÷28.3	%
• Limite liquido,	$LL =$	58.0÷60.6	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	30.8÷36.1	-
• Classifica USCS,	$=$	CL	
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\varphi' =$	24	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	50	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche a – 8.5 m dal pc locale nella prova CPT61.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 93 di 143	Rev. 0

7.15.3 *Analisi di stabilità del versante*

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, sul profilo di progetto della condotta che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre copertura:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 17.5^\circ \quad c' = 5 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Nella sezione di calcolo, nella parte alta del versante, al di fuori dell'Area PAI, in corrispondenza di una scarpata morfologica, è stata individuata la formazione in facies sabbioso-conglomeratica.

Parametri sismici:

$$k_h = 0.088 \quad k_v = 0.044$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: assente Falda progetto: = -3.5 m

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 94 di 143	Rev. 0

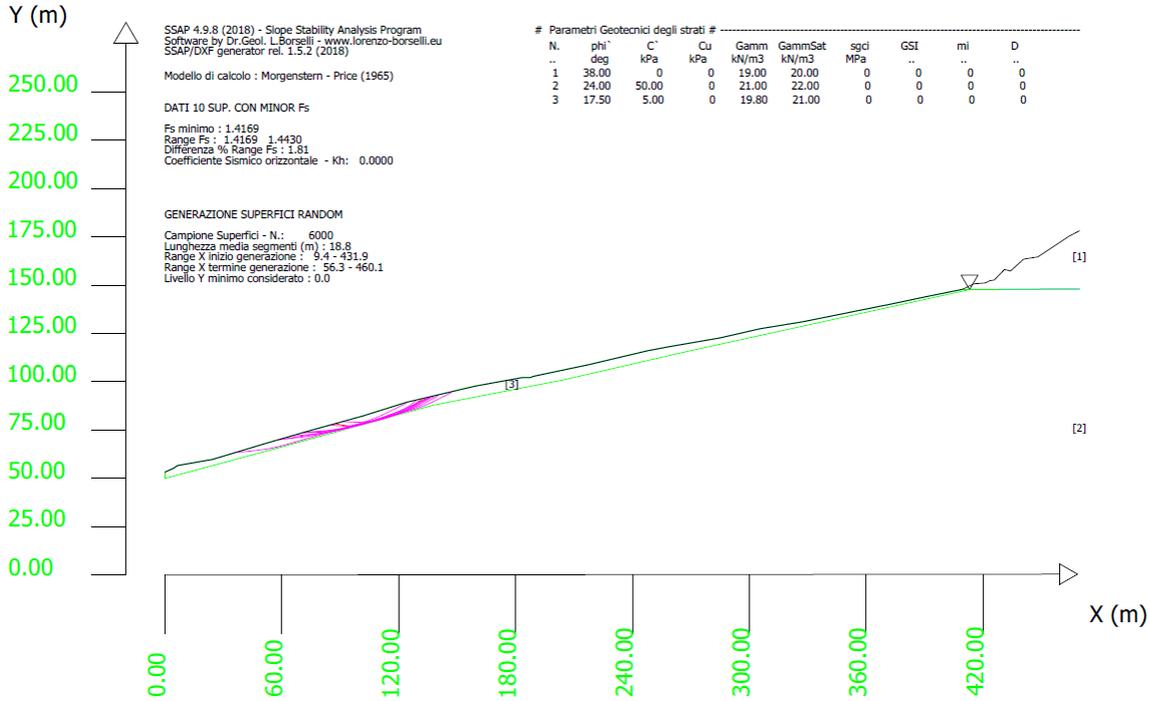


Figura 7.15/B: Situazione attuale: Falda assente – Assenza sisma

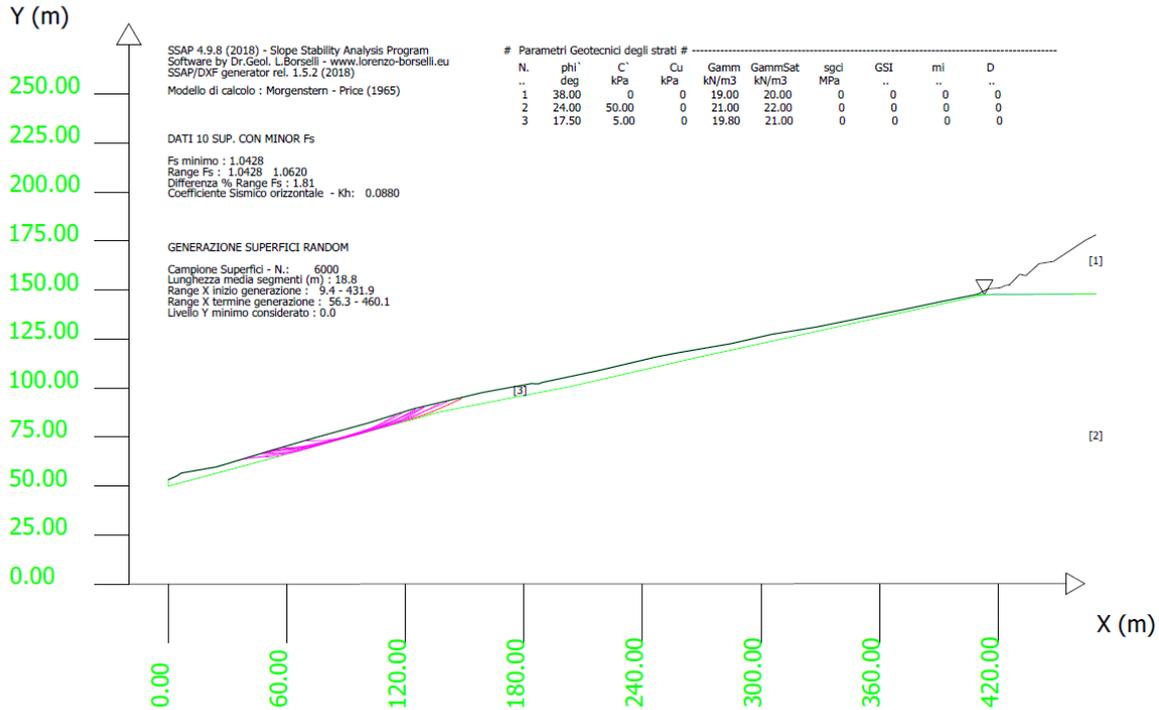


Figura 7.15/C: Situazione attuale: Falda assente – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 95 di 143	Rev. 0

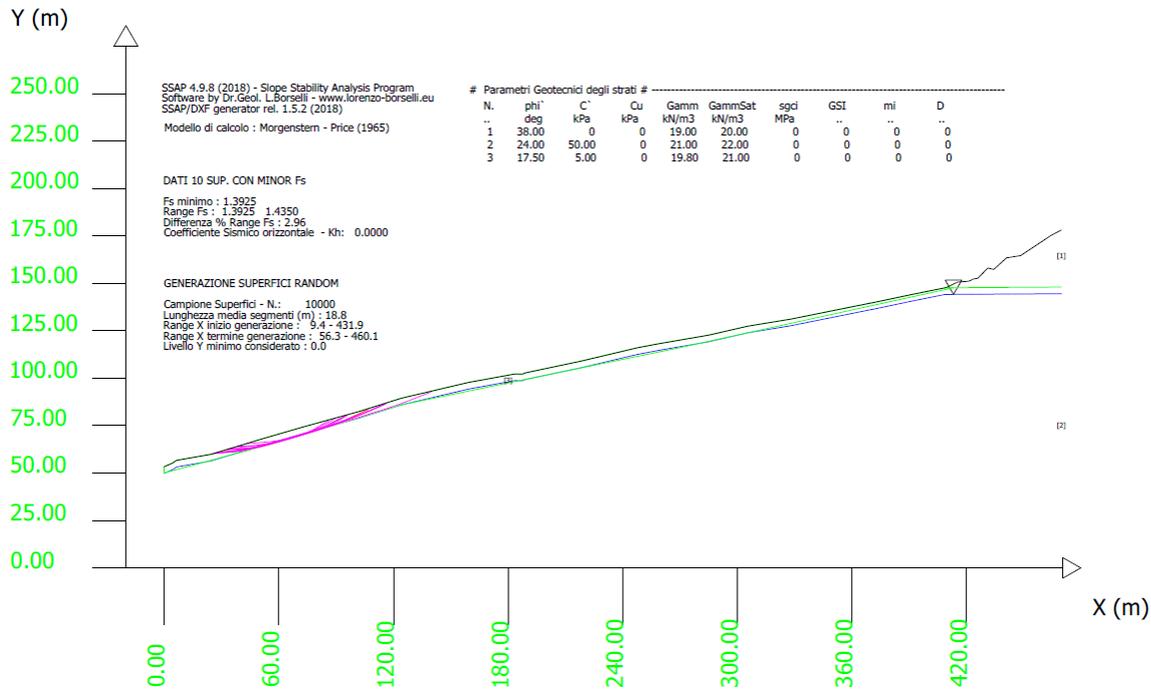


Figura 7.15/D: Situazione di progetto: Falda -3.5 m – Assenza sisma

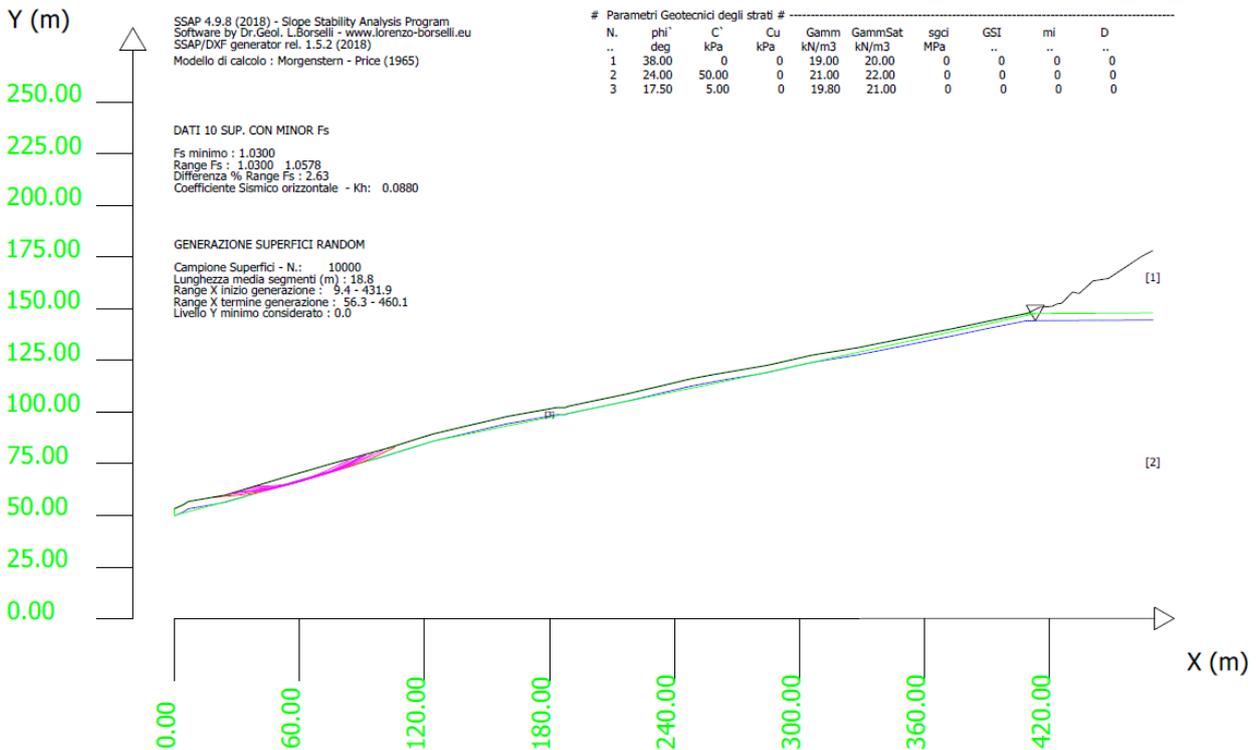


Figura 7.15/E: Situazione di progetto: Falda -3.5 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 96 di 143	Rev. 0

7.15.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda assente) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 1.417$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s = 1.043$ (Figura 7.15/B, Figura 7.15/C); tuttavia, al fine di garantire la stabilità della condotta anche nei confronti di una possibile saturazione dei sedimenti in concomitanza di periodi di forti e prolungati afflussi meteorici, andrà prevista almeno la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica risalga a quote superiori a -3.5 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.393$ (Figura 7.15/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.030$ (Figura 7.15/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-24-0028 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 97 di 143	Rev. 0

7.16 Area 17 (F-24-0010 P2)

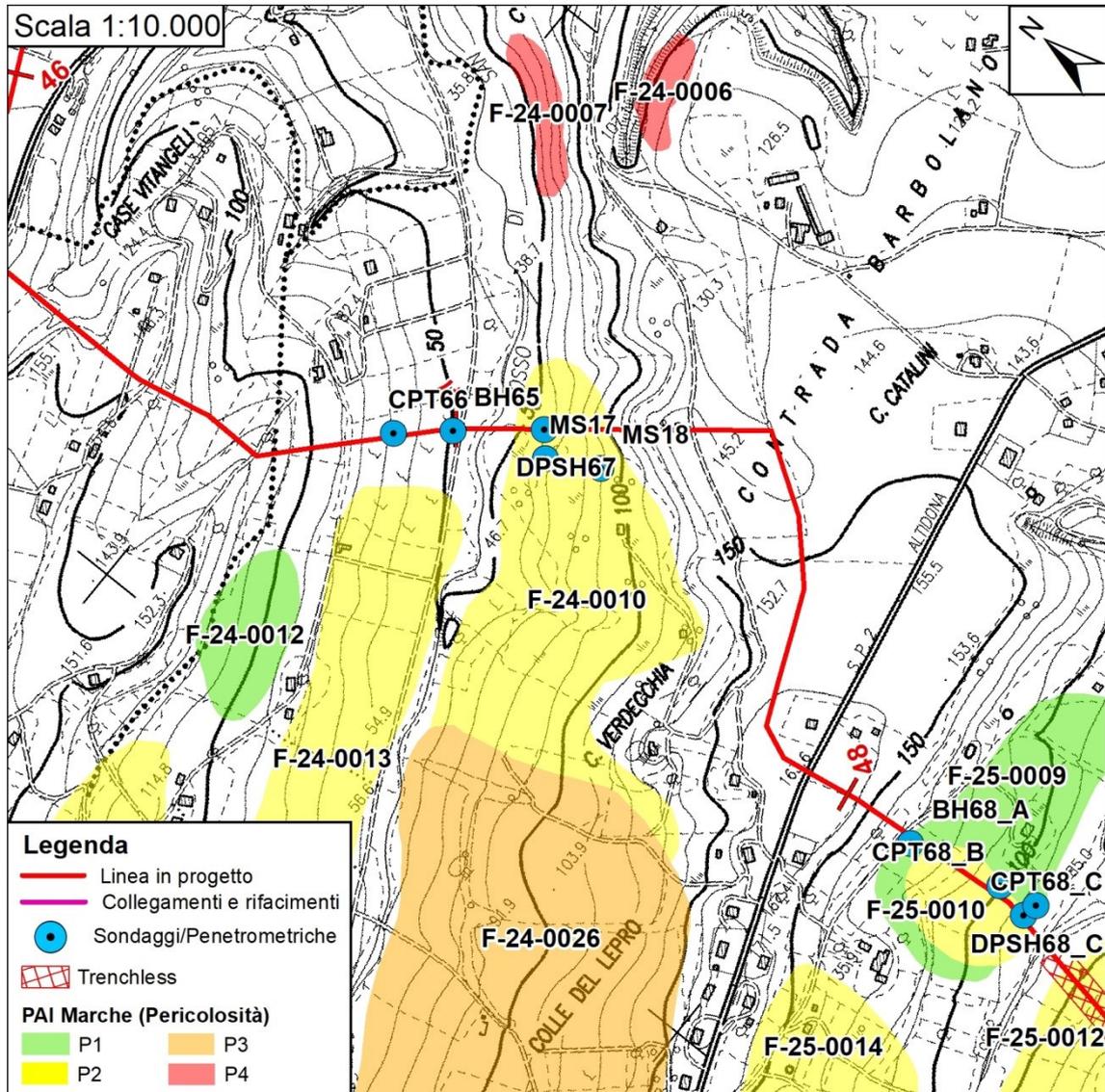


Figura 7.16/A Area 17: F-24-0010 P2 dell'AdB delle Marche.

7.16.1 Descrizione dell'area

L'area F-24-0010 classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è un dissesto di forma irregolarmente lobata (circa 500 m di larghezza e 300 m di lunghezza), situato sul versante settentrionale del rilievo tabulare di Contrada Barbolano. Il substrato è costituito dalla Formazione di Fermo, rappresentata inferiormente da facies arenacee e da depositi eluvio-colluviali di copertura e, nel settore sommitale del rilievo tabulare, da conglomerati con intercalazioni di limi argillosi.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 98 di 143 Rev. 0

La linea di progetto attraversa l'area nella parte più marginale, per una lunghezza di circa 150 m, in massima pendenza in un tratto acclività elevata (circa 50-60%). Il versante presenta un profilo di superficie uniforme con fitta vegetazione arborea, e senza indizi di movimenti gravitativi in atto o pregressi; lo stato di attività, nella porzione di interesse, può ritenersi inattivo.



Foto 7.16/A: Area 17. Panoramica della risalita del versante nell'area PAI dalla vallecchia del fosso di San Biagio

Il substrato è costituito dalla Formazione di Fermo, rappresentata inferiormente da facies arenacee e da depositi eluvio-colluviali di copertura, nel settore sommitale del rilievo tabulare da conglomerati con intercalazioni di limi argillosi.

7.16.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio 2017, la ditta Beduschi Geotecnica ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante Meardi), identificata in planimetria con DPSH67, spinta sino alla profondità massima di 10.0 m dal pc locale.

Per una migliore caratterizzazione dell'area, nel periodo di Novembre 2018, la ditta G.I.T. Service ha eseguito un'indagine geognostica integrativa consistita in:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 99 di 143	Rev. 0

- n. 2 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 20.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con MS17 e MS18.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.16/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici ed i diagrammi della prova penetrometrica dinamica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una esigua coltre di copertura di origine colluviale, di circa 2 m di spessore (maggiormente evidente nella prova DPSH67), di natura sabbioso-limosa e/o limoso-sabbiosa. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica in facies prevalentemente sabbioso-arenacea molto addensata con ricorrenze di spessore decimetrico di limi sabbiosi e/o limi argillosi molto consistenti (formazione di Fermo). Per quanto riguarda i parametri di resistenza al taglio dei terreni costituenti la coltre di copertura, in relazione alla natura granulare ed incoerente dei sedimenti, oltre all'utilizzo di correlazioni con i dati della prova DPSH (N_{30}), sono state eseguite delle prove di taglio diretto su campioni ricostituiti.

Per l'interpretazione dei dati della prova dinamica continua si è fatto riferimento alla correlazioni empirica (da Cestari, 1990) in cui $N_{30} \approx 0.5 \cdot N_{SPT}$.

La situazione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti presenti possono essere schematizzate nel modo seguente:

Strato 1: (dal pc sino a 2.0÷2.5 m di profondità)

Sabbia limosa fine e limo sabbioso addensato di colore nocciola con diffuse concrezioni carbonatiche (coltre colluviale).

- | | | | |
|--|------------|-----------|-----------------|
| • Peso di volume, | γ = | 19.0 | kN/m^3 |
| • Classifica USCS, | = | SC | |
| • Indice N_{30} , | = | 6÷10 | colpi/30cm |
| • Angolo di resistenza al taglio efficace (ricostituito) | ϕ' = | 30.1÷31.2 | ° |
| • Coesione intercetta (ricostituito), | c' = | 2.0÷3.3 | kN/m^2 |

Strato 2: (da 2.0÷2.5 m sino alle massime profondità investigate)

Sabbia e ghiaia limosa molto addensata e/o leggermente cementata, di colore giallastro e nocciola, con ricorrenze di limi argillosi molto consistenti (formazione plio-pleistocenica).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 100 di 143	Rev. 0

Facies sabbioso-conglomeratica

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} , $= 11 \div 40 \text{ colpi/30cm}$
- Indice SPT, $N_{SPT} = 21 \div 52 \text{ colpi/30cm}$
- Classifica USCS, $= \text{SC e GC}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 33 \div 40^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 20 \div 40 \text{ kN/m}^2$

I valori di coesione intercetta sono stati indicati solo per tenere in conto della leggera cementazione di alcuni livelli sabbiosi.

Intercalazioni limoso-argillose

- Peso di volume, $\gamma = 20.4 \div 20.7 \text{ kN/m}^3$
- Contenuto d'acqua naturale, $W_N = 17.5 \div 18.9 \%$
- Limite liquido, $LL = 27.5 \div 39.2 \%$
- Indice di plasticità, $IP = 11.7 \div 20.4 -$
- Classifica USCS, $= \text{CL}$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 50 \div 250 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace (picco), $\varphi' = 22.2 \div 23.2^\circ$
- Coesione intercetta (picco), $c' = 15.2 \div 41.1 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo), $\varphi'_r = 15.0 \div 20.2^\circ$
- Coesione intercetta (residua), $c'_r = 4.4 \div 5.7 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alle massime profondità investigate.

7.16.3 Analisi di stabilità del versante

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, sul profilo di progetto della condotta che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 "Verifiche di stabilità del versante – Generalità", in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 101 di 143	Rev. 0

Parametri geotecnici:

Coltre copertura:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 30.5^\circ \quad c' = 2.6 \text{ kN/m}^2$$

Formazione di base:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 35.0^\circ \quad c = 20 \text{ kN/m}^2$$

Nota ai parametri geotecnici:

- 1) Vista la elevata acclività del pendio oggetto di intervento che porta a condizioni limite della stabilità della esigua coltre di copertura colluviale, nella situazione di progetto, è stato assunto che la condotta venga posata ad una profondità superiore a quella della coltre di copertura potenzialmente instabile.
- 2) Per garantire la stabilità dello scavo e del pendio al di sopra della condotta in progetto sono state previste delle briglie in sacchetti e cemento. Il dimensionamento di tali briglie avverrà singolarmente nella fase di progetto esecutivo. Per tenere in conto della presenza di tali inserti il programma di calcolo richiede o la individuazione di setti invalicabili da parte delle superficie di scorrimento o l'assunzione di parametri geotecnici tali da impedire alle superfici di scivolamento di attraversare il corpo delle briglie stesse. Nel nostro caso abbiamo scelto di assumere la seconda ipotesi con dei parametri geotecnici tali da impedire alle superfici di scivolamento di attraversare il corpo delle briglie stesse:

$$\gamma = 24.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 45.0^\circ \quad c = 100 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.084 \quad k_v = 0.042$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: assente Falda progetto: = assente

Nota alle condizioni idrauliche:

- 1) Nel corso della campagna geognostica non è stata rinvenuta la superficie piezometrica della falda. In relazione alla elevata acclività del pendio oggetto di intervento, si prevede che nella coltre di copertura siano minime o nulle le infiltrazioni idriche nel corso delle precipitazioni meteoriche e, unitamente alla presenza di un letto di posa drenante al di sotto della condotta lungo tutto il versante ed alla natura prevalentemente granulare e permeabile dei sedimenti presenti permette di garantire condizioni di assenza di falda.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	SPC. LA-E-83031		Rev. 0
			Fg. 102 di 143	

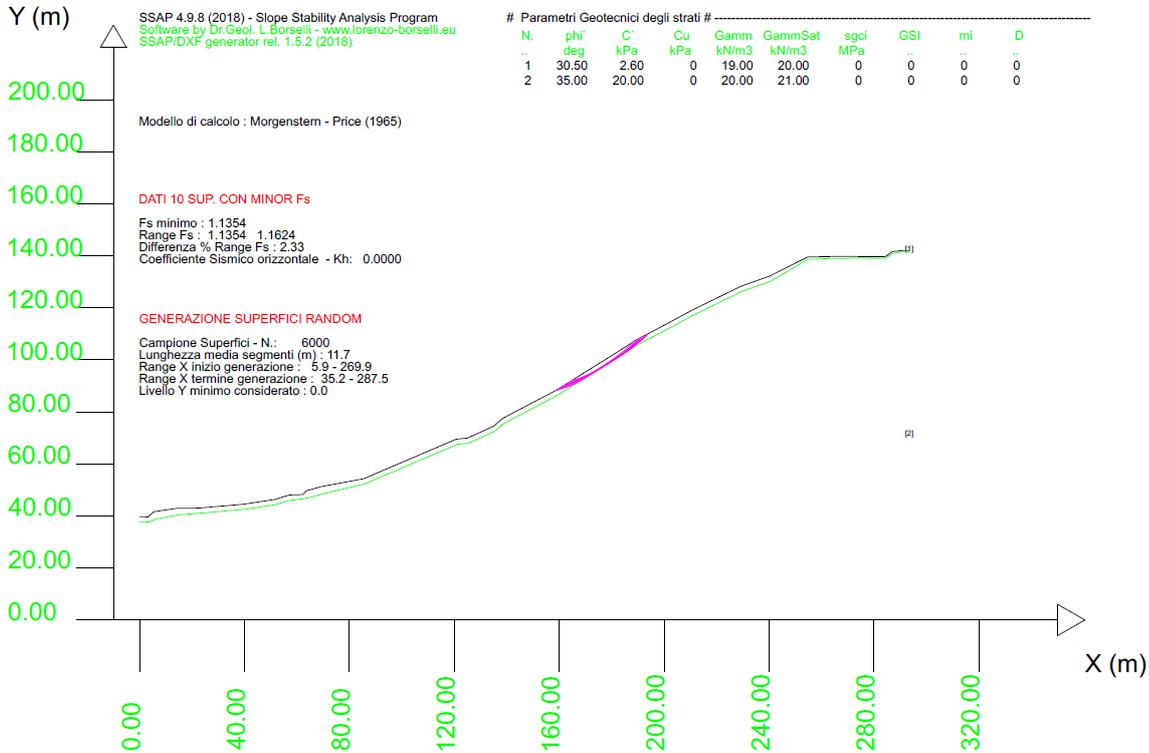


Figura 7.16/B: Situazione attuale: Falda assente – Assenza sisma

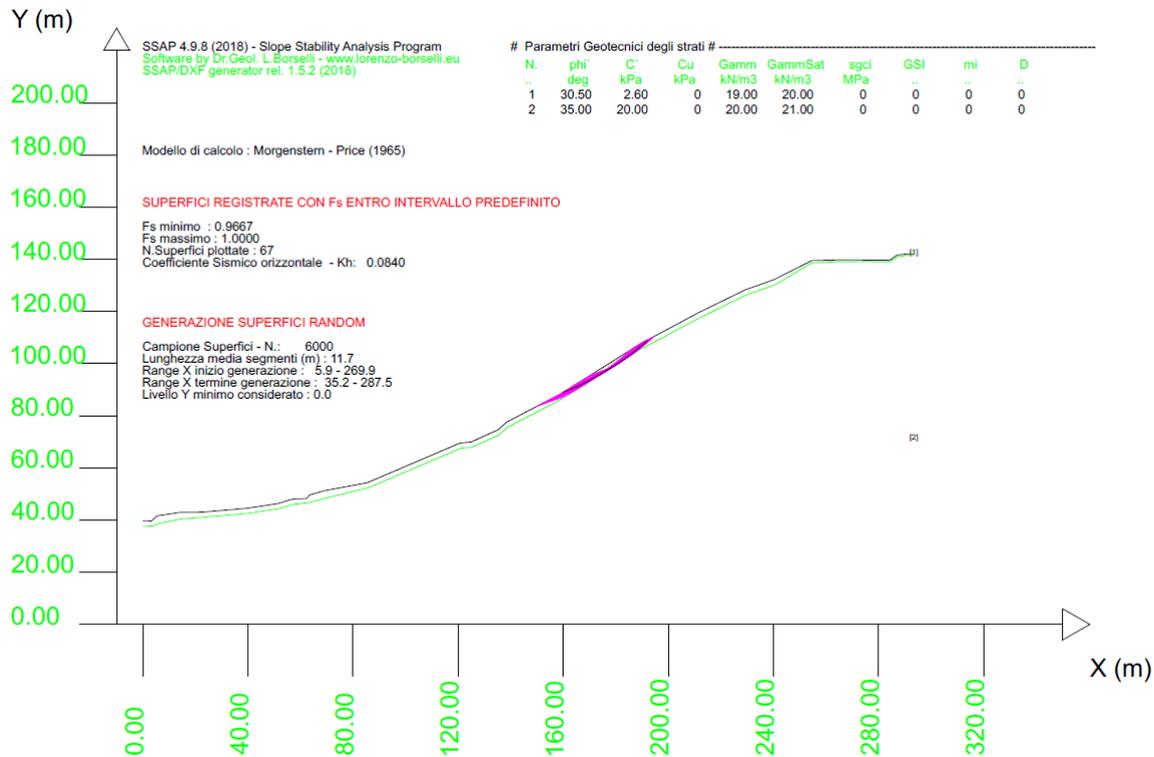


Figura 7.16/C: Situazione attuale: Falda assente – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 103 di 143	Rev. 0

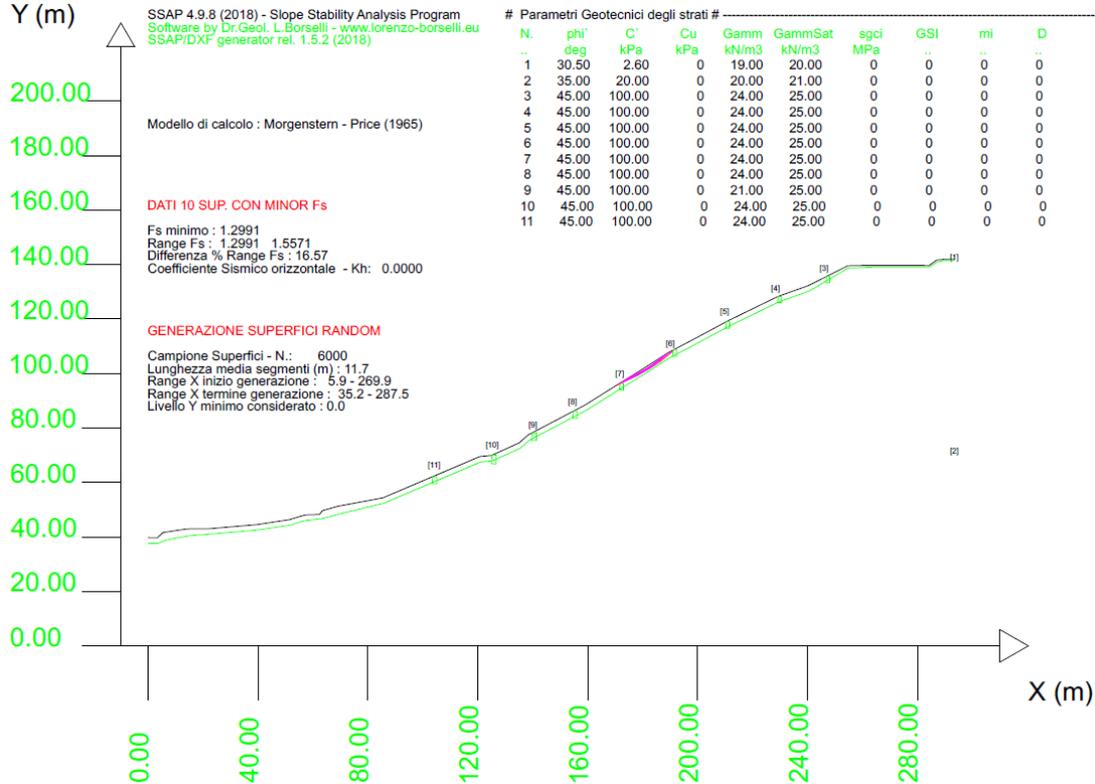


Figura 7.16/D: Situazione di progetto: Falda assente – Assenza sisma

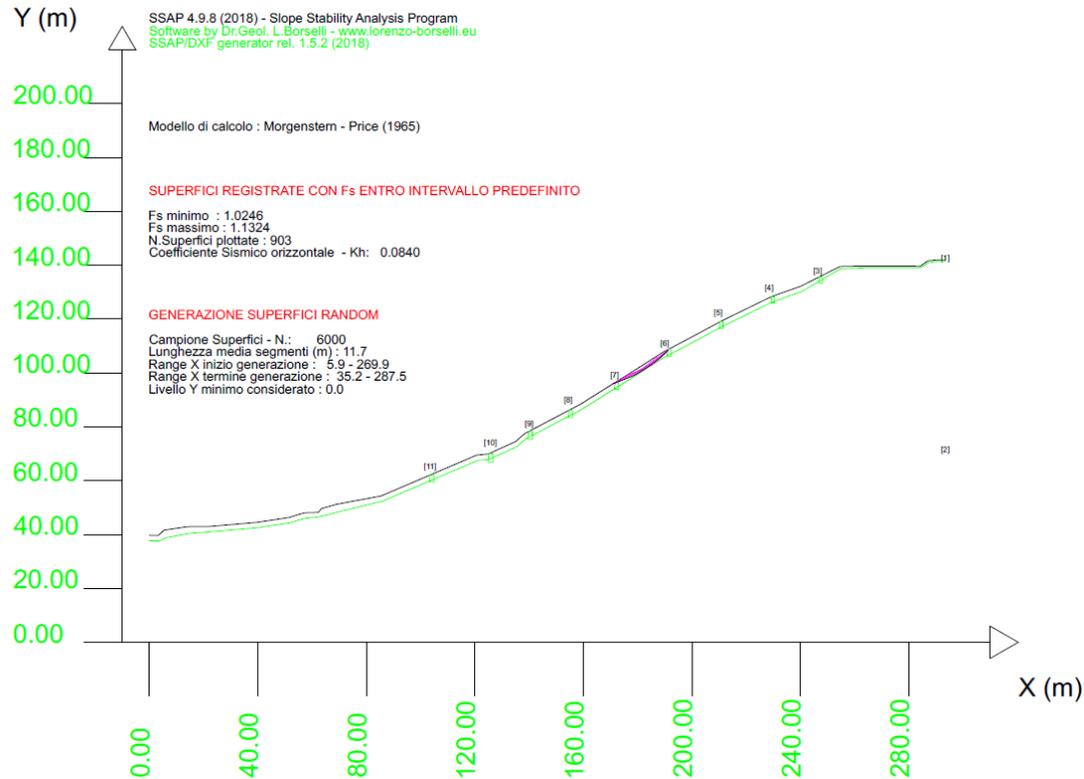


Figura 7.16/E: Situazione di progetto: Falda assente – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 104 di 143	Rev. 0

7.16.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda assente) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 1.135$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s < 1$ ($F_s = 0.967$) (Figura 7.16/B, Figura 7.16/C); tali risultati confermano una condizione di equilibrio limite della esigua coltre di copertura, presente lungo pendio, anche in assenza di falda.

Per questi motivi la condotta verrà posata nella formazione sabbioso-arenacea di base, a profondità superiori a quella della coltre di copertura potenzialmente instabile. Al fine di garantire la stabilità del rinterro dello scavo e del pendio al di sopra della condotta in progetto sono state previste delle briglie in sacchetti e cemento.

Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.299$ (Figura 7.16/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.025$ (Figura 7.16/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-24-0010 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio dello scavo della condotta, di opere di contenimento dei rinterri e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 105 di 143	Rev. 0

7.17 Area 18 (F-25-0009 P1) e Area 19 (F-25-0010 P2)

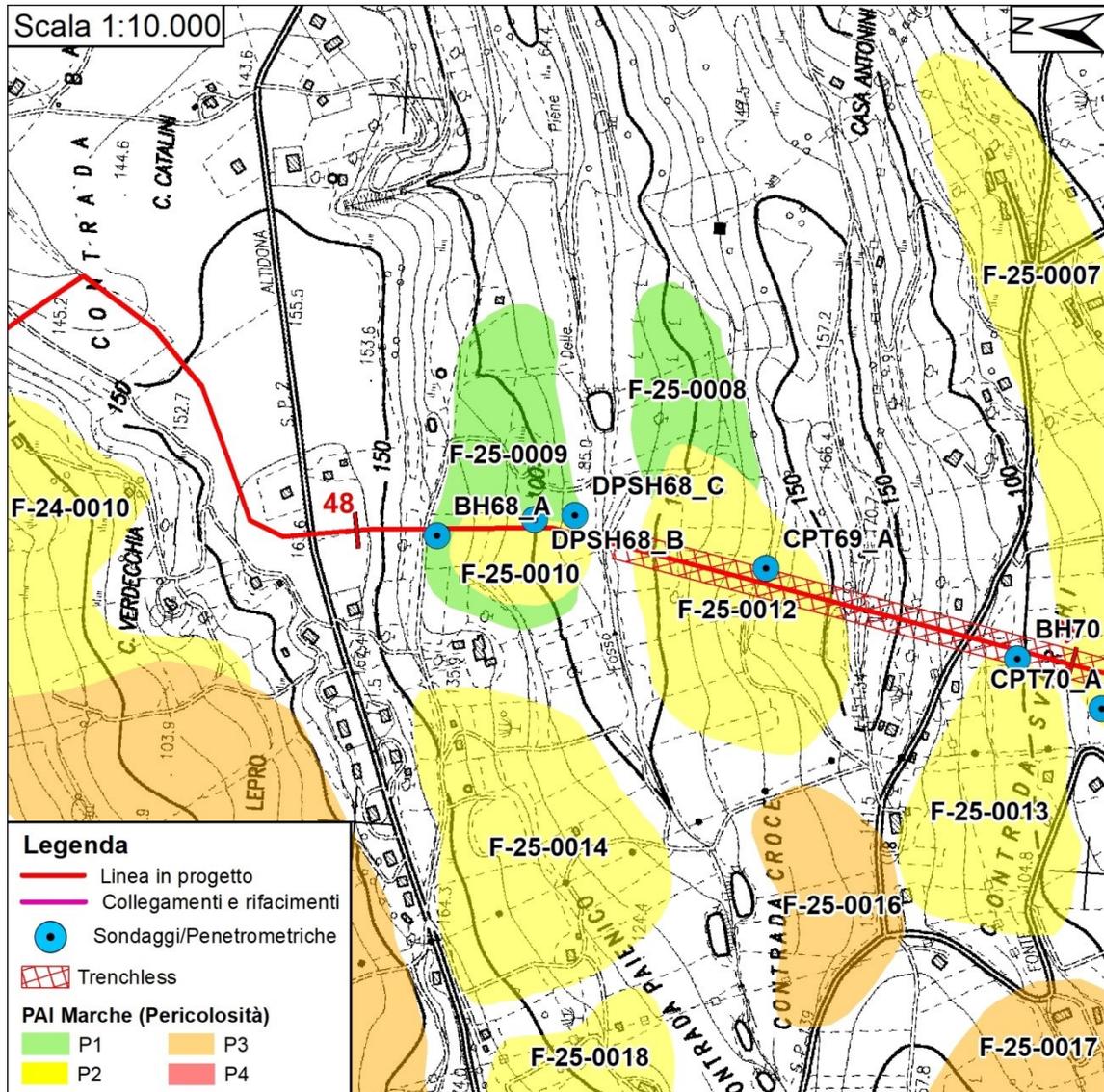


Figura 7.17/A Area 18 (F-25-0009 P1) e Area 19 (F-25-0010 P2) dell'AdB delle Marche.

7.17.1 Descrizione dell'area

L'area F-25-009, classificata con Indice di Pericolosità P1 (pericolosità moderata) presenta una forma allungata con una larghezza massima di 450 m ed una lunghezza di circa 200 m. Al suo interno nel settore occidentale la cartografia allegata al PAI individua l'area F-25-0010, classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media).

Il versante, che degrada verso la vallecchia del fosso delle Piane, in corrispondenza dell'attraversamento dei dissesti presenta un'acclività

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 106 di 143	Rev. 0

moderata (pendenza media intorno a 15-20%) con piccole scarpate e blande ondulazioni; il substrato è formato dalle litofacies arenaceo-conglomeratiche della Formazione di Fermo che poggiano sulle argille della Formazione delle Argille Azzurre, con giacitura a reggipoggio.

La linea di progetto attraversa l'area per una lunghezza di circa 200 m, in massima pendenza del pendio; sono assenti indizi di movimenti di riattivazione recenti; lo stato di attività può ritenersi quiescente.



Foto 7.17/A: Area 18-19. Panoramica dell'attraversamento dalla stradina sterrata presente nella parte alta del versante

7.17.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio 2017, la ditta Beduschi Geotecnica ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH68A;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante Meardi), identificata in planimetria con DPSH68B, spinta sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale.

Per una migliore caratterizzazione dell'area, nel periodo di Settembre 2018, la ditta Geoservice ha eseguito un'indagine geognostica integrativa consistita in:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 107 di 143	Rev. 0

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante Meardi), identificata in planimetria con DPSH68C, spinta sino alla profondità massima di 18.6 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.17/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una potente coltre di copertura di origine eluvio-colluviale, di natura sabbioso-limosa e/o limoso-argilloso-sabbiosa, che si rinviene sino alle massime profondità investigate (15.0-18.6 m); all'interno di tale coltre è possibile individuare una porzione più superficiale di circa 3-4 m di spessore (maggiormente evidente nelle prove DPSH68B e DPSH68C), con minore consistenza, mentre la restante parte presenta caratteristiche di un deposito ormai consolidato ed inattivo.

La situazione stratigrafica e le caratteristiche geotecniche dei sedimenti presenti possono essere schematizzate nel modo seguente:

Strato 1: (dal pc sino a 3.2÷4.2 m di profondità)

Limo argilloso, argilla limosa e limo sabbioso molto consistente di colore marrone e nocciola con elementi ghiaiosi sparsi (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	19.7÷21.3	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	17.4÷18.8	%
• Limite liquido,	LL =	32.1÷49.4	%
• Indice di plasticità,	IP =	14.6÷25.1	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	100÷200	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	27.7	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	21.5	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	15.1÷23.5	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	5.1÷5.5	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 108 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 3.2÷4.2 m sino alle massime profondità investigate)

Limo argilloso e limo sabbioso, molto consistente, di colore marrone e nocciola, con diffuse concrezioni carbonatiche nodulari (coltre eluvio-colluviale consolidata).

• Peso di volume,	$\gamma =$	19.9	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	$W_N =$	20.0	%
• Limite liquido,	$LL =$	31.3÷40.0	%
• Indice di plasticità,	$IP =$	12.5÷18.8	-
• Classifica USCS,	$=$	CL	
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	$\varphi' =$	28	°
• Coesione intercetta (picco),	$c' =$	20	kN/m ²

In relazione alla analogia litologica e formazionale tra i due orizzonti, i parametri di resistenza al taglio di questo litotipo sono stati assunti pari a quelli di picco ricavati dalla prova di taglio sul litotipo precedente.

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche a -8.2 m in DPSH68C e a - 12.0 m dal pc locale nel sondaggio BH68A.

7.17.3 Analisi di stabilità del versante

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, sul profilo di progetto della condotta che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 "Verifiche di stabilità del versante – Generalità", in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre colluviale:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 19.0^\circ \quad c' = 5 \text{ kN/m}^2$$

Coltre eluvio-colluviale consolidata:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 28.0^\circ \quad c = 20 \text{ kN/m}^2$$

Nella sezione di calcolo, nella parte alta del versante, al di fuori dell'Area PAI, in corrispondenza di una scarpata morfologica, è stato individuata la formazione in facies sabbioso-conglomeratica.

Parametri sismici:

$$k_h = 0.089 \quad k_v = 0.045$$

Condizioni idrauliche:

$$\text{Falda attuale: } -8 \div 12 \text{ m} \quad \text{Falda progetto: } = -3.0 \text{ m}$$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 109 di 143	Rev. 0

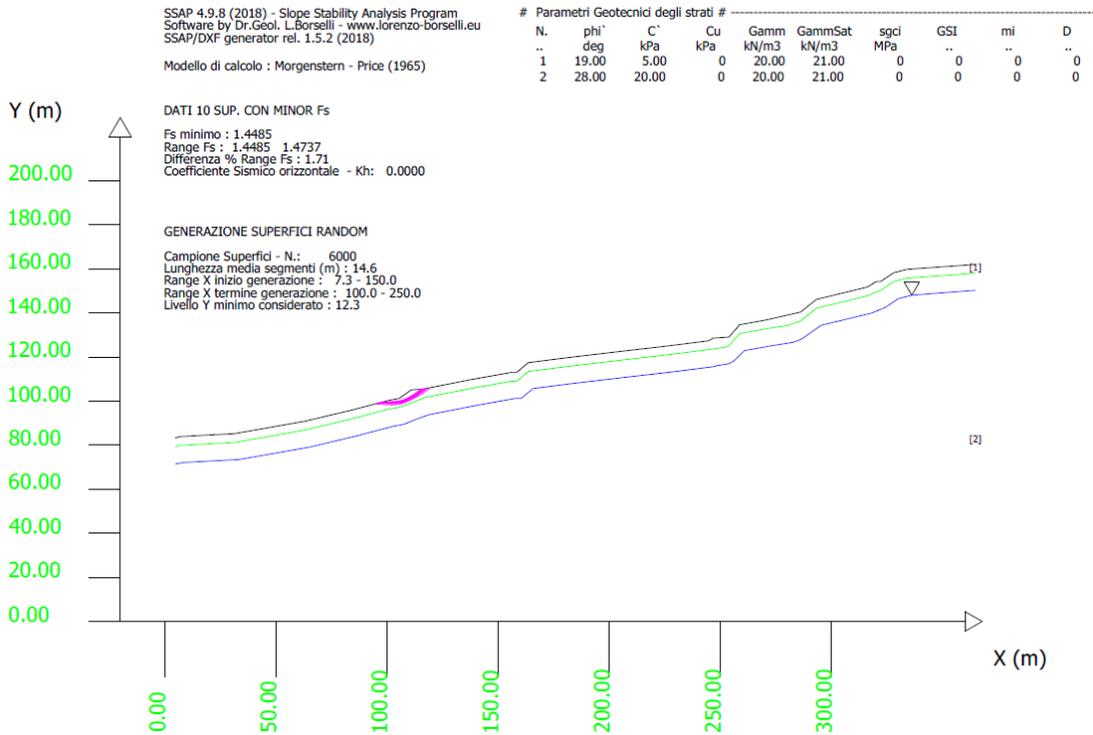


Figura 7.17/B: Situazione attuale: Falda -9÷12.0 m – Assenza sisma

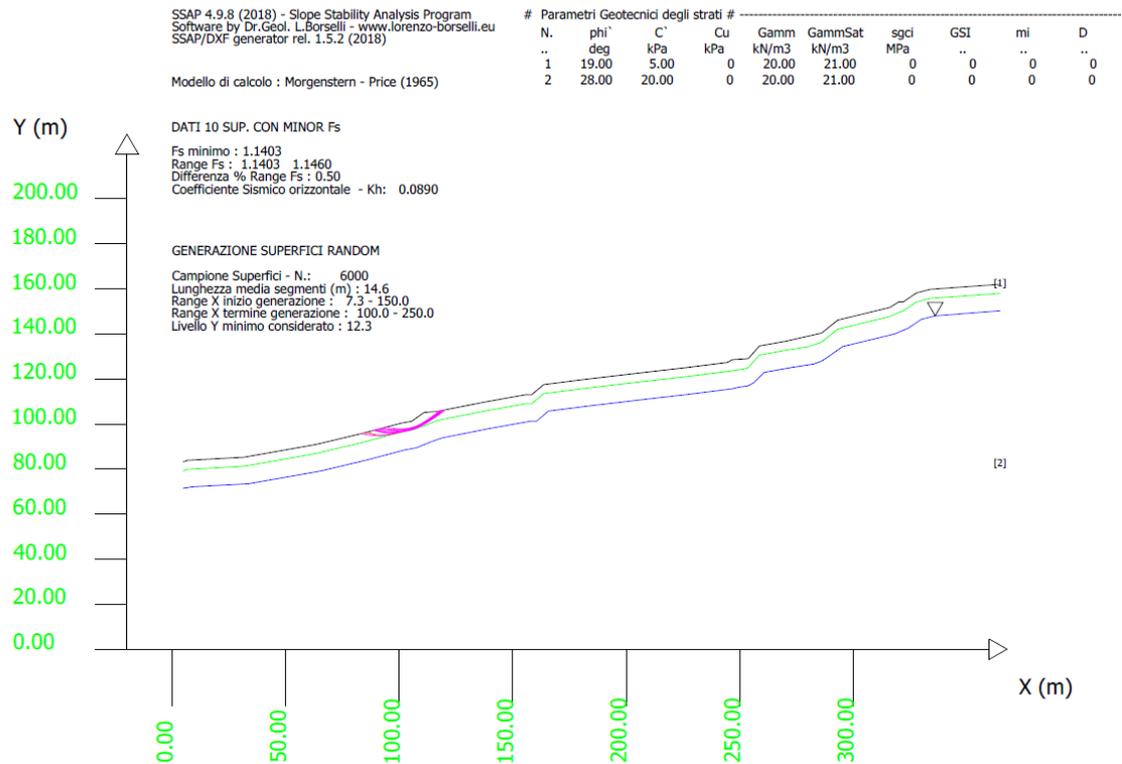


Figura 7.17/C: Situazione attuale: Falda -9÷12.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 110 di 143	Rev. 0

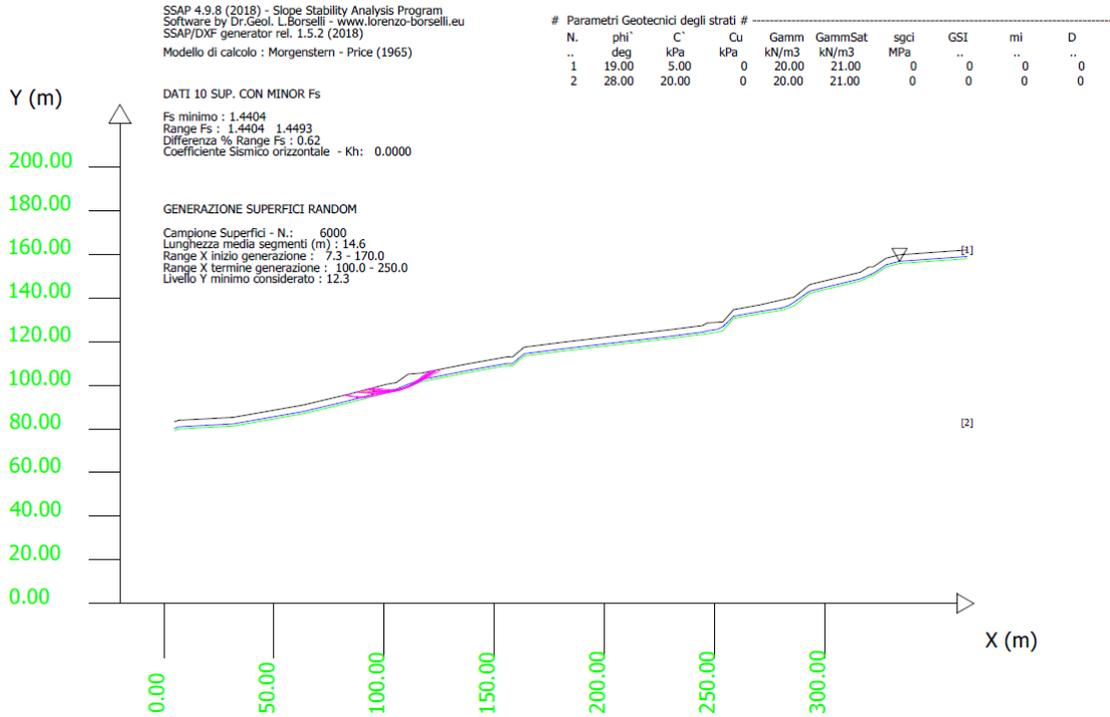


Figura 7.17/D: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

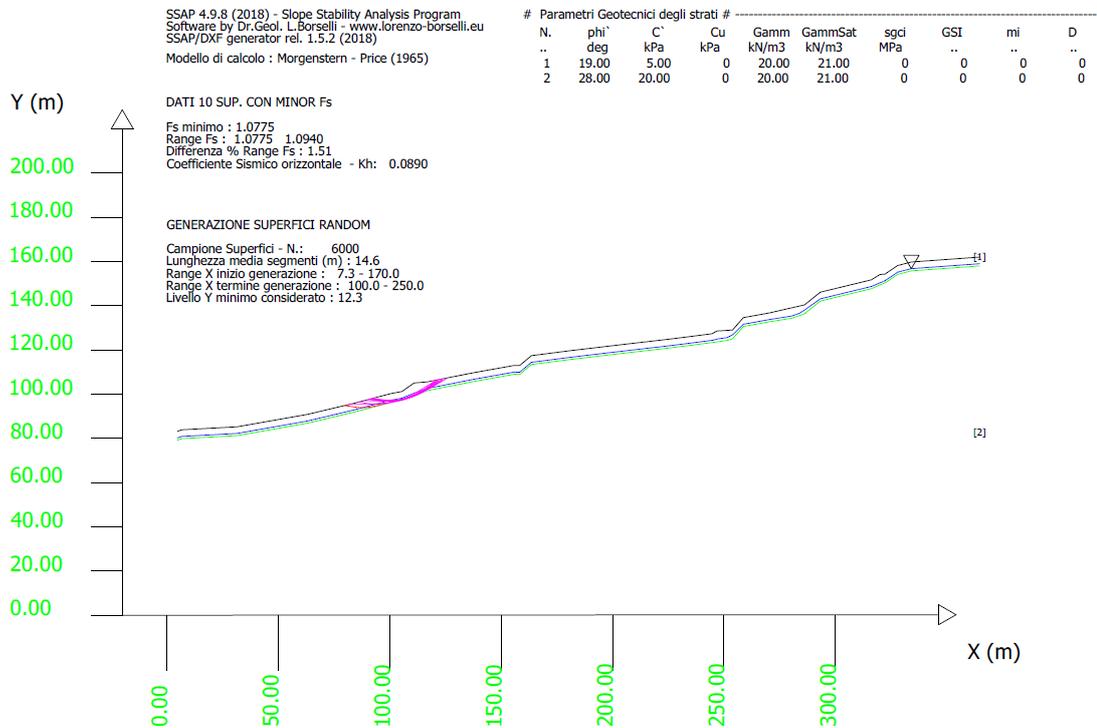


Figura 7.17/E: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 111 di 143	Rev. 0

7.17.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda 8-12 m dal pc locale) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 1.449$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s = 1.140$ (Figura 7.17/B, Figura 7.17/C); tuttavia, al fine di garantire la stabilità della condotta anche nei confronti di una possibile saturazione dei sedimenti in concomitanza di periodi di forti e prolungati afflussi meteorici, andrà prevista almeno la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.440$ (Figura 7.17/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.094$ (Figura 7.17/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-25-009 a pericolosità P1 e dell'Area F-25-010 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 112 di 143	Rev. 0

7.18 Area 20 (F-25-0012 P2)

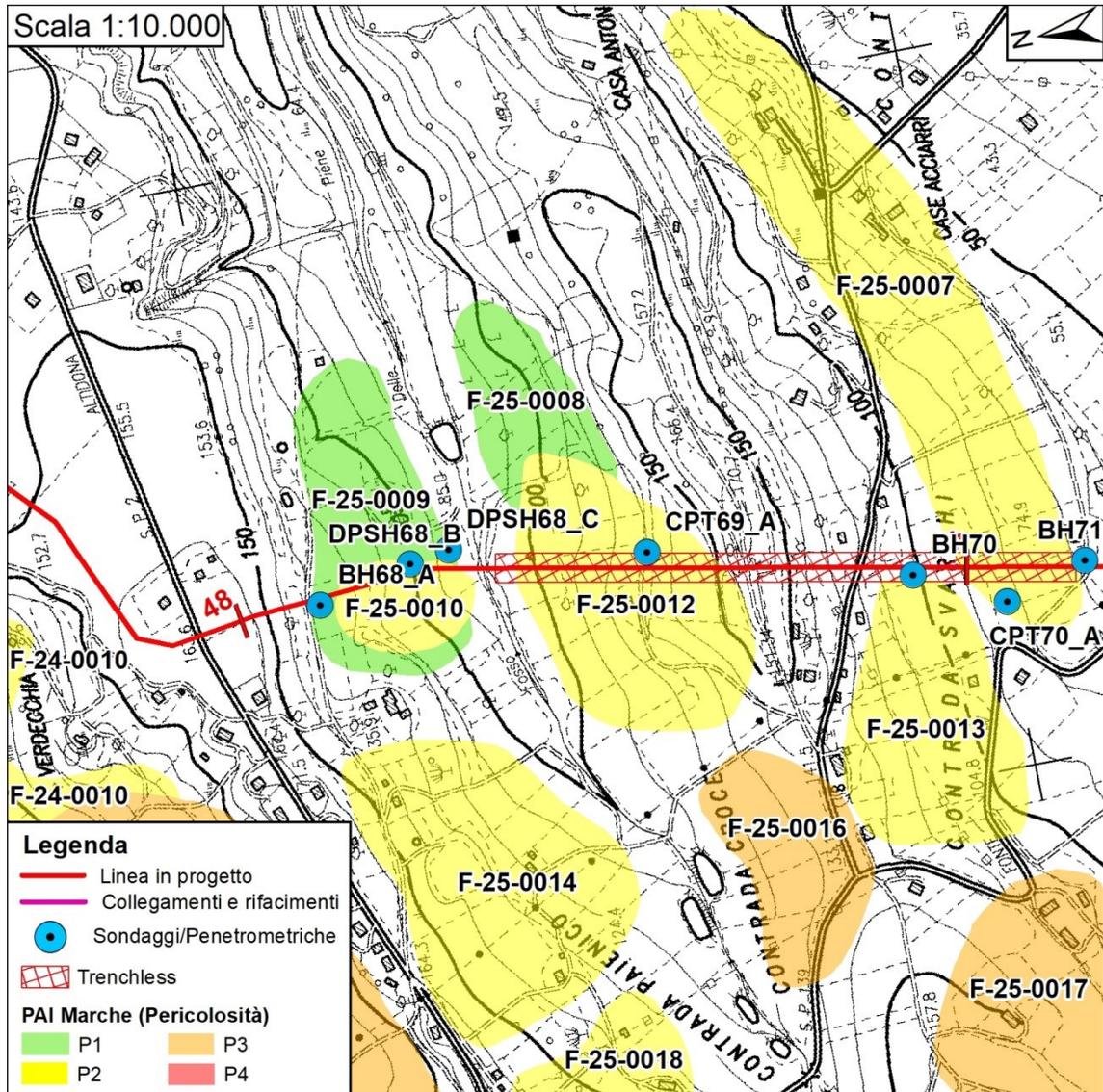


Figura 7.18/A Area 20: F-25-0012 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 113 di 143	Rev. 0

7.18.1 *Descrizione dell'area*

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante settentrionale del modesto rilievo di Contrada Svarchi in destra idrografica del fosso delle Piene.

L'area F-25-0012, classificata con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media), ha una forma ellissoidale, di circa 400 m di larghezza e 300 m di lunghezza, ed interessa un versante che presenta un profilo blandamente ondulato ed acclività media attorno al 20-25%. Il substrato è costituito da conglomerati con intercalazioni limoso-argillose, ricoperte da coltri eluvio-colluviali.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (microtunnel Contrada Svarchi) impostato nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.18/A: Area 20. Panoramica della risalita del versante; alla base l'ingresso del microtunnel "Contrada Svarchi"

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 114 di 143	Rev. 0

7.18.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio 2017, la ditta Beduschi Geotecnica ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante Meardi), identificata in planimetria con DPSH69A, spinta sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale.

L'ubicazione della verticale di indagine è riportata nella Figura 7.18/A mentre i diagrammi della prova penetrometrica sono riportati nell'Allegato 2.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso ad integrazione di quelli del rilievo geologico di campagna, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 4 m di spessore, di natura prevalentemente sabbioso-limosa mediamente addensata. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica costituita sabbie e ghiaie addensate con intercalazioni decimetriche di limi argillosi molto consistenti, nella parte alta del rilievo e argille limose estremamente consistenti in quella basale (formazione di Fermo); inizialmente (primi 2-3 m) è presente un orizzonte di alterazione.

Per l'interpretazione dei dati della prova dinamica continua si è fatto riferimento alla correlazioni empirica (da Cestari, 1990) in cui $N_{30} \approx 0.5 \cdot N_{SPT}$; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.9 m di profondità)

Sabbia limosa fine e limo sabbioso mediamente addensato (coltre colluviale).

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} , $= 8 \div 19 \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\phi' = 32 \div 36^\circ$

Strato 2: (da 3.9 m sino alle massime profondità investigate)

Sabbia e ghiaia limosa molto addensata e/o leggermente cementata, con ricorrenze di limi argillosi molto consistenti e/o argilla limosa estremamente consistente (formazione plio-pleistocenica).

Facies sabbioso-conglomeratica

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} , $= 12 \div 41 \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\phi' = 33 \div 40^\circ$

Facies argilloso-limosa

- Peso di volume, $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 200 \div 300 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\phi' = 24^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 50 \text{ kN/m}^2$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 115 di 143	Rev. 0

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alla massima profondità investigata.

7.18.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI F-25-0012 è possibile affermare che la trenchless (microtunnel Contrada Svarchi), nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 8 m a più di 90 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 11 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-25-0012 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 116 di 143	Rev. 0

7.19 Area 21 (F-25-0007 P2)

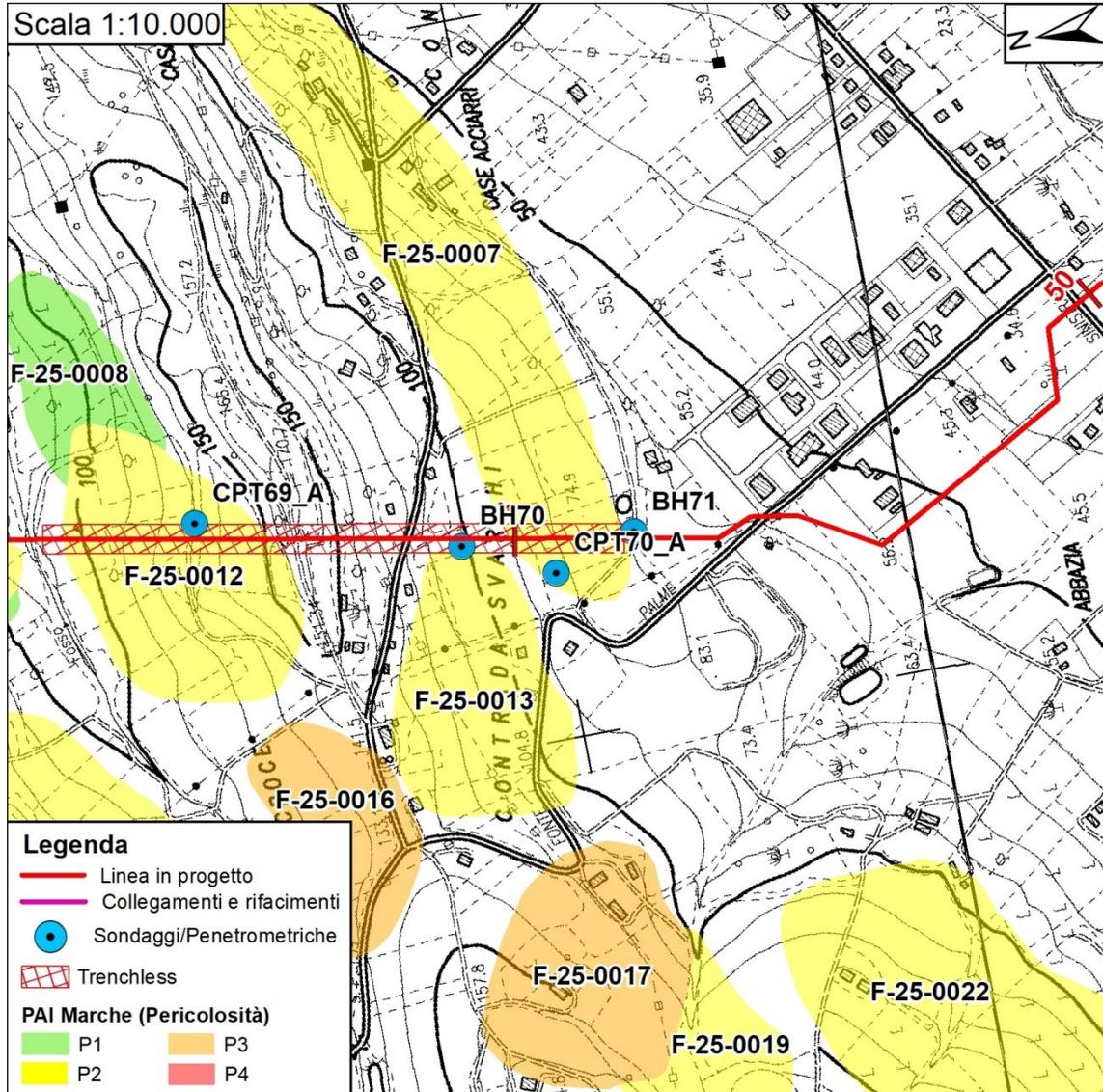


Figura 7.19/A Area 21: F-25-0007 P2 dell'AdB delle Marche.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 117 di 143	Rev. 0

7.19.1 **Descrizione dell'area**

Si tratta di un'area che si sviluppa lungo il versante meridionale del modesto rilievo di Contrada Svarchi in sinistra idrografica del fiume Aso.

L'area F-25-0007, classificata con Indice di Pericolosità P2 (Pericolosità media), ha una forma allungata (larghezza di 1 km e lunghezza di circa 150 m) ed interessa la parte basale di un versante che presenta un profilo uniforme ed acclività media attorno al 15%. Il substrato è costituito da sequenze argilloso-limose della Formazione delle Argille Azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (microtunnel Contrada Svarchi) impostato nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.19/A: Area 21. Panoramica dell'uscita del microtunnel "Contrada Svarchi" alla base del versante nella piana del fiume Aso

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 118 di 143	Rev. 0

7.19.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio 2017, la ditta Beduschi Geotecnica ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 2 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 15.0÷30.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con BH70 e BH71.

Per una migliore caratterizzazione dell'area, nel periodo di Settembre 2018, la ditta Geoservice ha eseguito un'indagine geognostica integrativa consistita in:

- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica, identificata in planimetria con CPT70A, spinta sino alla profondità massima di 15.4 m dal pc locale.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.19/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici ed i diagrammi della prova penetrometrica statica sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso ad integrazione di quelli del rilievo geologico di campagna, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una esigua coltre di copertura di origine colluviale, di circa 2 m di spessore, di natura prevalentemente limoso-argillosa, molto consistente. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica costituita sabbie e ghiaie addensate con intercalazioni decimetriche di limi argillosi molto consistenti (formazione di Fermo), nella parte alta del rilievo ed argille limose estremamente consistenti (formazione delle Argille azzurre) in quella basale; inizialmente (primi 2-3 m) è presente un orizzonte di alterazione; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 1.8÷2.0 m di profondità)

Limo argilloso e limo sabbioso molto consistente (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	20.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	26	%
• Limite liquido,	LL =	70.0	%
• Indice di plasticità,	IP =	34.7	-
• Classifica USCS,	=	MH	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	150÷300	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace, (picco)	ϕ' =	26.4	°
• Coesione intercetta, (picco)	c' =	6.5	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace, (residuo)	ϕ' =	16.0	°
• Coesione intercetta, (residua)	c' =	4.8	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 119 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 1.8÷2.0 m sino alle massime profondità investigate)

Sabbia e ghiaia limosa molto addensata e/o leggermente cementata, con ricorrenze di limi argillosi molto consistenti e/o argilla limosa estremamente consistente (formazione plio-pleistocenica).

Facies sabbioso-conglomeratica

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice SPT, $N_{\text{SPT}} = 37 \div \text{rifiuto} \text{ colpi/30cm}$
- Angolo di resistenza al taglio efficace $\varphi' = 35 \div 45^\circ$

Facies argilloso-limosa

- Peso di volume, $\gamma = 20.4 \div 21.2 \text{ kN/m}^3$
- Contenuto d'acqua naturale, $W_N = 15.6 \div 18.8 \%$
- Limite liquido, $LL = 37.6 \div 47.2 \%$
- Indice di plasticità, $IP = 16.1 \div 25.9 -$
- Classifica USCS, $= CL$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 150 \div 300 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, (picco) $\varphi' = 26.3^\circ$
- Coesione intercetta, (picco) $c' = 21.8 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, (residuo) $\varphi' = 20.8^\circ$
- Coesione intercetta, (residua) $c' = 1.5 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda sino alla massima profondità investigata.

7.19.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI F-25-0007 è possibile affermare che la trenchless (microtunnel Contrada Svarchi), nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 15 m a circa 50 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 11 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-25-0007 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 120 di 143	Rev. 0

7.20 Area 22 (F-26-0009 P2)

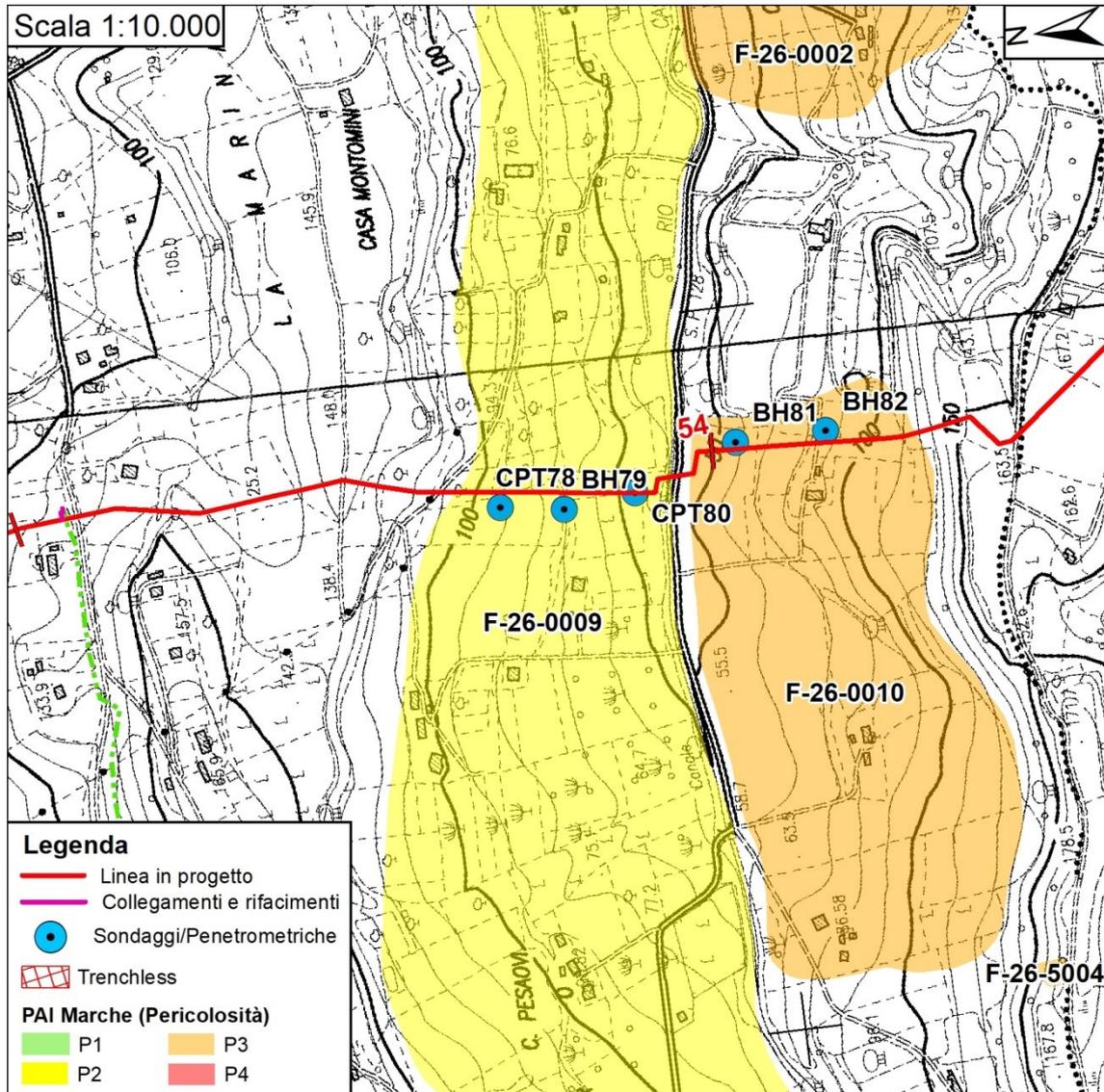


Figura 7.20/A Area 22 (F-26-0009 P2) dell'AdB delle Marche.

7.20.1 Descrizione dell'area

L'area F-26-009, classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è situata sul versante sinistro della valle del Rio Canale, a sud dell'abitato di Campofilone.

L'area F-26-009 forma estremamente allungata, occupa gran parte del versante sinistro della valle, per una larghezza di 2,5 km circa, ed una lunghezza di circa 500 m, dal crinale al fondovalle. Il versante, nella zona interessata dall'attraversamento della linea di progetto, presenta un'acclività media attorno al 25%. In quest'area il profilo del pendio è caratterizzato dalla presenza di scarpate e

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 121 di 143	Rev. 0

gradini nel settore superiore, da ondulazioni e forme di accumulo nella porzione inferiore.

L'immediato sottosuolo dell'area, nella parte inferiore del versante, a minore acclività, è costituito da coltri detritiche eluvio-colluviali; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies sabbioso-conglomeratica della formazione di Fermo che da origine a pendii di acclività più marcata.

Il tracciato della condotta in progetto attraversa l'area, nella porzione centrale, per una lunghezza di circa 300 m, lungo la linea di massima pendenza. L'assenza di indizi di movimenti di riattivazione recente evidenziano uno stato di attività sostanzialmente quiescente.



Foto 7.20/A: Area 22. Panoramica dell'attraversamento dell'area F-26-0009 dal versante opposto

7.20.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio 2017, la ditta Beduschi Geotecnica ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificato in planimetria con BH79;

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 122 di 143	Rev. 0

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante Meardi), identificata in planimetria con DPSH78, spinta sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica identificata in planimetria con CPT80, spinta sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale;

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.20/A, la stratigrafia del sondaggio geognostico ed i diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche e statiche sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

Per l'interpretazione dei dati della prova dinamica continua si è fatto riferimento alla correlazioni empirica (da Cestari, 1990) in cui $N_{30} \approx 0.5 \cdot N_{SPT}$.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine colluviale, di circa 3-5 m di spessore, di natura prevalentemente limoso-argillosa e limoso-sabbiosa, molto consistente; gli spessori maggiori della coltre si rilevano nella parte basale del versante. La coltre di copertura colluviale poggia sulla formazione plio-pleistocenica costituita sabbie e ghiaie addensate con intercalazioni decimetriche di limi argillosi molto consistenti (formazione di Fermo), nella parte alta del rilievo ed argille limose estremamente consistenti (formazione delle Argille azzurre) in quella basale; inizialmente (primi 2 m) è presente un orizzonte di alterazione; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.0÷5.0 m di profondità)

Limo argilloso, argilla limosa e limo sabbioso molto consistente di colore marrone e nocciola con elementi ghiaiosi sparsi (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	19.7÷21.3	kN/m ³
• Indice N_{30} ,	=	6÷9	colpi/30cm
• Indice SPT	N_{SPT} =	36-34	colpi/30cm
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	100÷200	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	24.2	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	6.2	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 123 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 3.0÷5.0 m sino alle massime profondità investigate)

Sabbia e ghiaia limosa molto addensata e/o leggermente cementata, con ricorrenze di limi argillosi molto consistenti e/o argilla limosa estremamente consistente (formazione plio-pleistocenica).

Facies sabbioso-conglomeratica

- Peso di volume, $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$
- Indice N_{30} = 28÷rifiuto colpi/30cm
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 40\div45^\circ$

Facies argilloso-limosa

- Peso di volume, $\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3$
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 200\div300 \text{ kN/m}^2$
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 24^\circ$
- Coesione intercetta, $c' = 50 \text{ kN/m}^2$

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza di venute idriche nella prova CPT80 a -5.7 m dal pc locale.

7.20.3 Analisi di stabilità del versante

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, sul profilo di progetto della condotta che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 "Verifiche di stabilità del versante – Generalità", in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre colluviale:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi' = 24.0^\circ \quad c' = 0 \text{ kN/m}^2$$

Formazione plio-pleistocenica argilloso-limosa:

$$\gamma = 21.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 50 \text{ kN/m}^2$$

Formazione plio-pleistocenica sabbioso-conglomeratica:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 40.0^\circ \quad c = 0 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.089 \quad k_v = 0.045$$

Condizioni idrauliche:

$$\text{Falda attuale: } -5.7 \text{ m} \quad \text{Falda progetto: } = -3.0 \text{ m}$$

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 124 di 143	Rev. 0

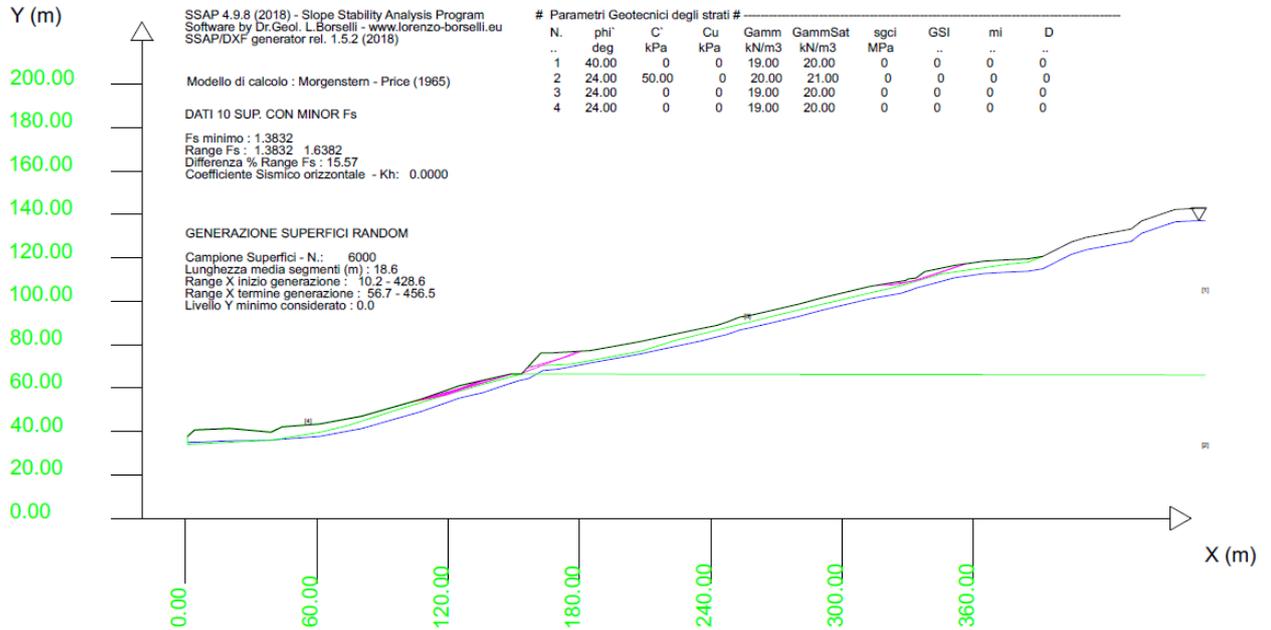


Figura 7.20/B: Situazione attuale: Falda -5.7 m – Assenza sisma

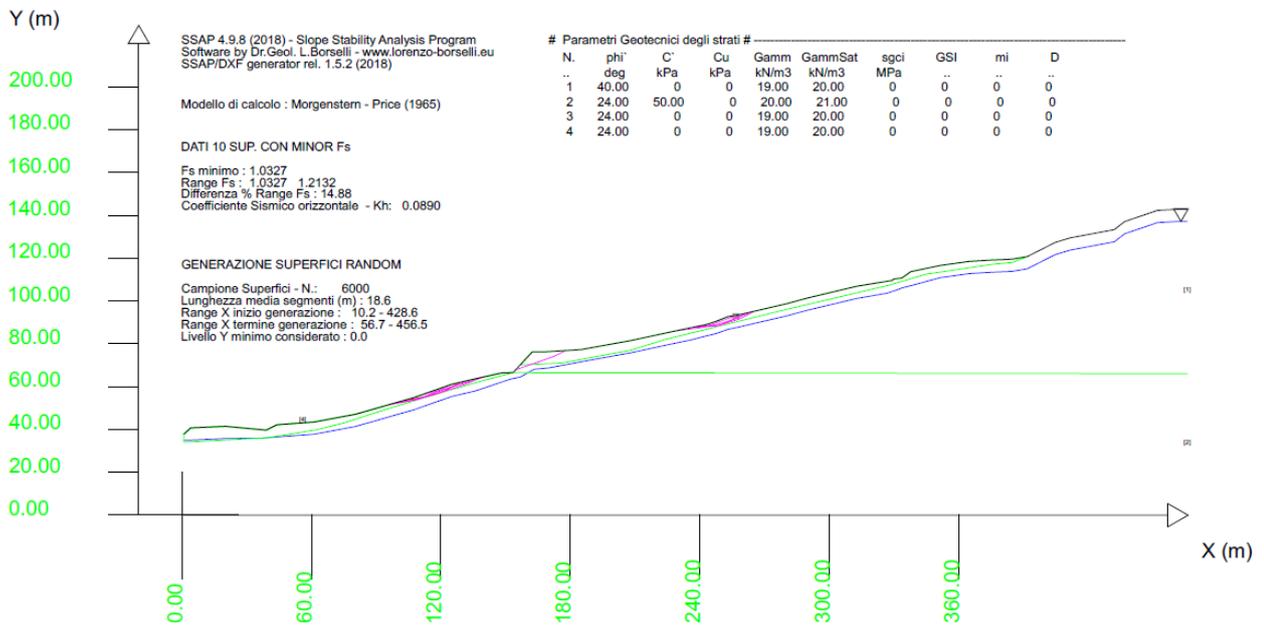


Figura 7.20/C: Situazione attuale: Falda -5.7 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 125 di 143	Rev. 0

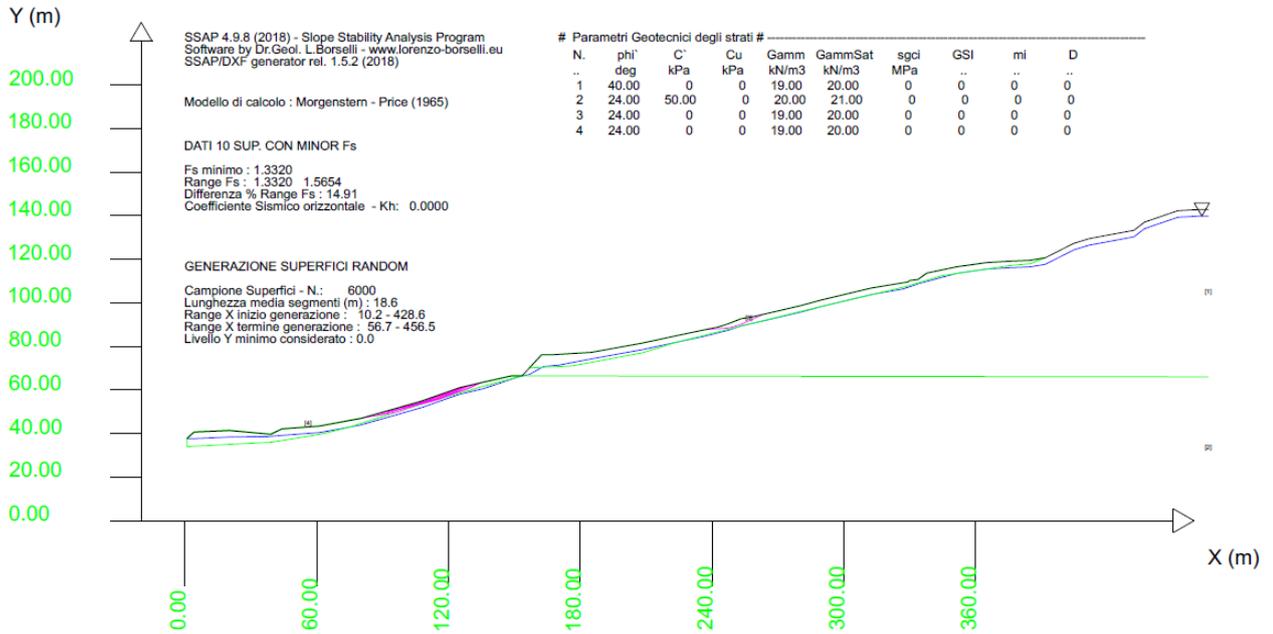


Figura 7.20/D: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Assenza sisma

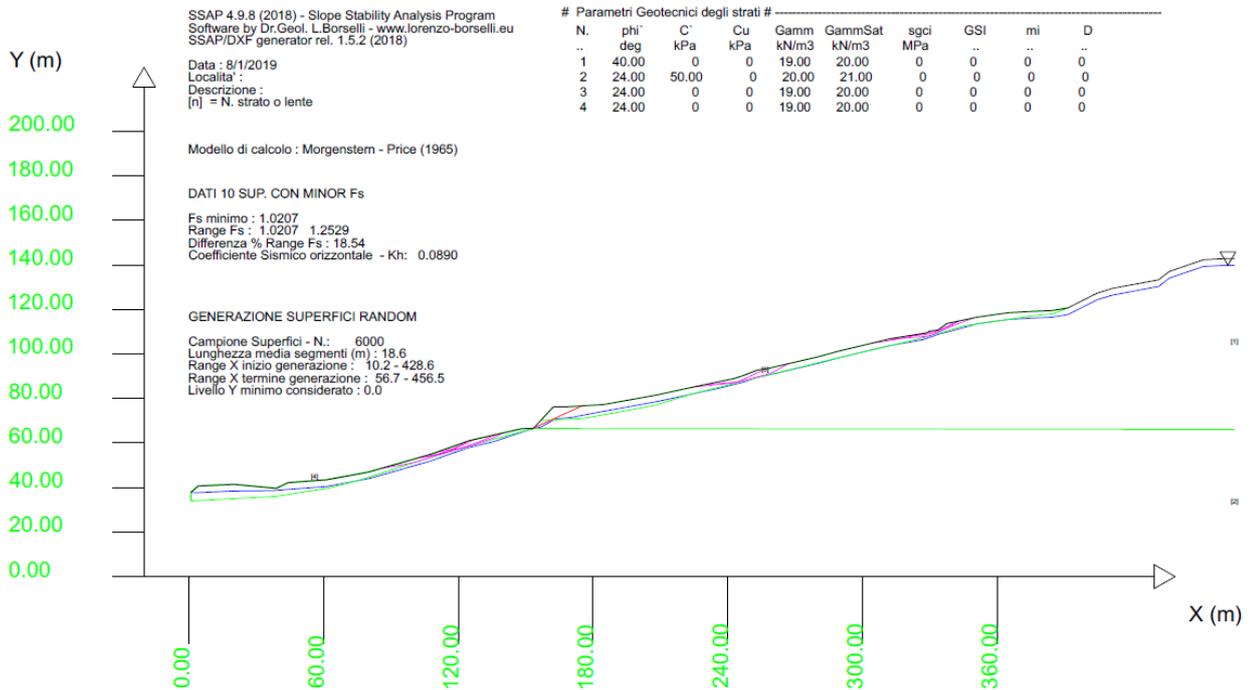


Figura 7.20/E: Situazione di progetto: Falda -3.0 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 126 di 143	Rev. 0

7.20.4 *Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità*

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (falda -5.7 m dal pc locale) il pendio, in condizioni statiche presenta un fattore di sicurezza $F_s > 1.383$ mentre in caso di sollecitazioni sismiche si hanno valori del fattore di sicurezza minimo $F_s = 1.033$ (Figura 7.20/B, Figura 7.20/C); tuttavia, al fine di garantire la stabilità della condotta anche nei confronti di una possibile saturazione dei sedimenti in concomitanza di periodi di forti e prolungati afflussi meteorici, andrà prevista almeno la realizzazione di un dreno sottocondotta, in grado di impedire che la superficie piezometrica risalga a quote superiori a -3.0 m dal pc locale. Queste ipotesi progettuali fanno sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.332$ (Figura 7.20/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.021$ (Figura 7.20/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-26-0009 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 127 di 143	Rev. 0

7.21 Area 28 (F-16-0021 P1)

Rifacimento Met. Montelupone – Arcalgas 1^a presa – DN100 (4'') 75 bar

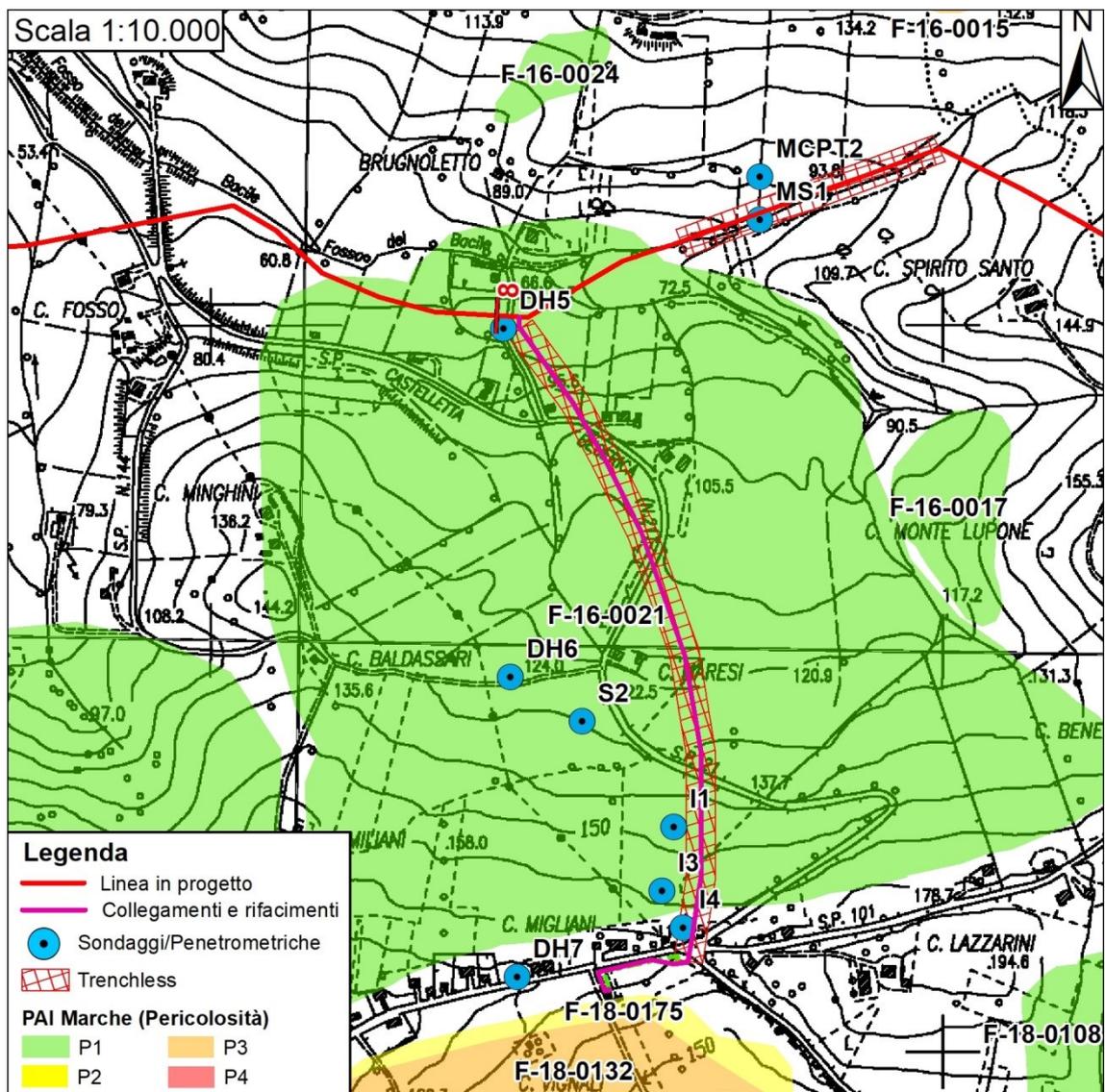


Figura 7.21/A Area 28: F-16-0021 P1 dell'AdB delle Marche.

7.21.1 Descrizione dell'area

L'area interessa quasi tutto il versante settentrionale del crinale collinare su cui sorge l'abitato di Sant'Ignazio, frazione posta subito a est di Montelupone.

L'area F-16-0021 classificata con Indice di Pericolosità P1 (Pericolosità moderata) ha una forma a grandi linee trapezoidale, con larghezza di circa 800 m ed una lunghezza di circa 960 m ed acclività media al 10-12%. La morfologia, riconducibile ad un accumulo di frana di tipo complesso inattivo, è caratterizzata da una porzione

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 128 di 143	Rev. 0

centrale a bassa acclività ed un tratto sommitale e basale a maggiore pendenza media (circa 20%).

L'immediato sottosuolo di tutta l'area, è costituito da una coltre di origine eluvio-colluviale di spessore variabile da pochi metri a più di una decina di metri; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies argilloso-marnosa della formazione delle argille azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (TOC Montelupone) impostato nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.21/A: Area 28. Panoramica dell'attraversamento dell'area PAI dalla sommità del versante

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 129 di 143	Rev. 0

7.21.2 Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area dell'attraversamento in esame, la ditta GEOSERVICE Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

- n. 3 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinti sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con DH5-DH6-DH7.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il laboratorio geotecnico GEOSTUDI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

Per una migliore caratterizzazione dell'area, sono stati reperiti altresì i dati di vecchie indagini eseguite dalla Aquater SpA nel 1978 e nel 1996, per lo studio della frana, ed in particolare sono state prese in considerazione le stratigrafie dei sondaggi I1, I3, I4, S2.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.21/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono riportate nell'Allegato 2 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata dalla presenza di una coltre di copertura colluviale argilloso-limosa, da molto consistente a estremamente consistente, di circa 1.5÷7 m di spessore poggiate sulla formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa localmente (primi 2÷8 m) decompressa ed alterata; gli spessori maggiori della coltre di copertura si rinvergono al piede del versante; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 1.5÷7.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone chiaro, con concrezioni carbonatiche nodulari sparse e veli sabbiosi giallastri (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	19.5÷20.3	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	18.4÷27.1	%
• Limite liquido,	LL =	38.2÷47.5	%
• Indice di plasticità,	IP =	20.3÷28.2	-
• Classifica USCS,	=	CL, ML	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	100÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	22.6÷22.9	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	16.3÷24.6	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	16.3÷20.3	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	0	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 130 di 143	Rev. 0

Strato 2: (da 1.5÷7.0 m sino a 3.0÷15.0 m di profondità)

Argilla limosa e limo argilloso, di colore nocciola e grigio-verdastro, da molto consistente a estremamente consistente con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastri (formazione plio-pleistocenica alterata). Lo spessore di alterazione è maggiore nella porzione centrale e nella parte basale del versante.

• Peso di volume,	γ =	18.7÷20.6	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	20.9÷29.6	%
• Limite liquido,	LL =	40.1÷49.6	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.3÷30.6	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	50÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23÷25	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	10÷30	kN/m ²

Strato 3: (da 3.0÷15.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, di colore grigio-azzurro, estremamente consistente con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastri (formazione plio-pleistocenica integra).

• Peso di volume,	γ =	20.2÷20.5	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	19.9÷21.4	%
• Limite liquido,	LL =	38.7÷50.2	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.5÷30.4	-
• Classifica USCS,	=	CL e CH	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	200÷250	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23÷25	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	10÷30	kN/m ²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica nel sondaggio DH6 ad una profondità prossima al p.c. locale e nel sondaggio S2 ad una profondità di circa 5 m dal p.c. locale.

7.21.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI F-16-0021 è possibile affermare che la trenchless (TOC Montelupone), nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra circa 7 m e circa 50 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; soltanto nella zona iniziale, nel tratto in cui la morfologia diviene sub-pianeggiante, viene intercettata la parte più superficiale ed alterata della formazione di base; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 2 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-16-0021 a pericolosità P1 esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 131 di 143	Rev. 0

7.22 Area 29 (F-19-0156 P1)

Collegamento al comune di Morrovalle – DN100 (4'') 75 bar

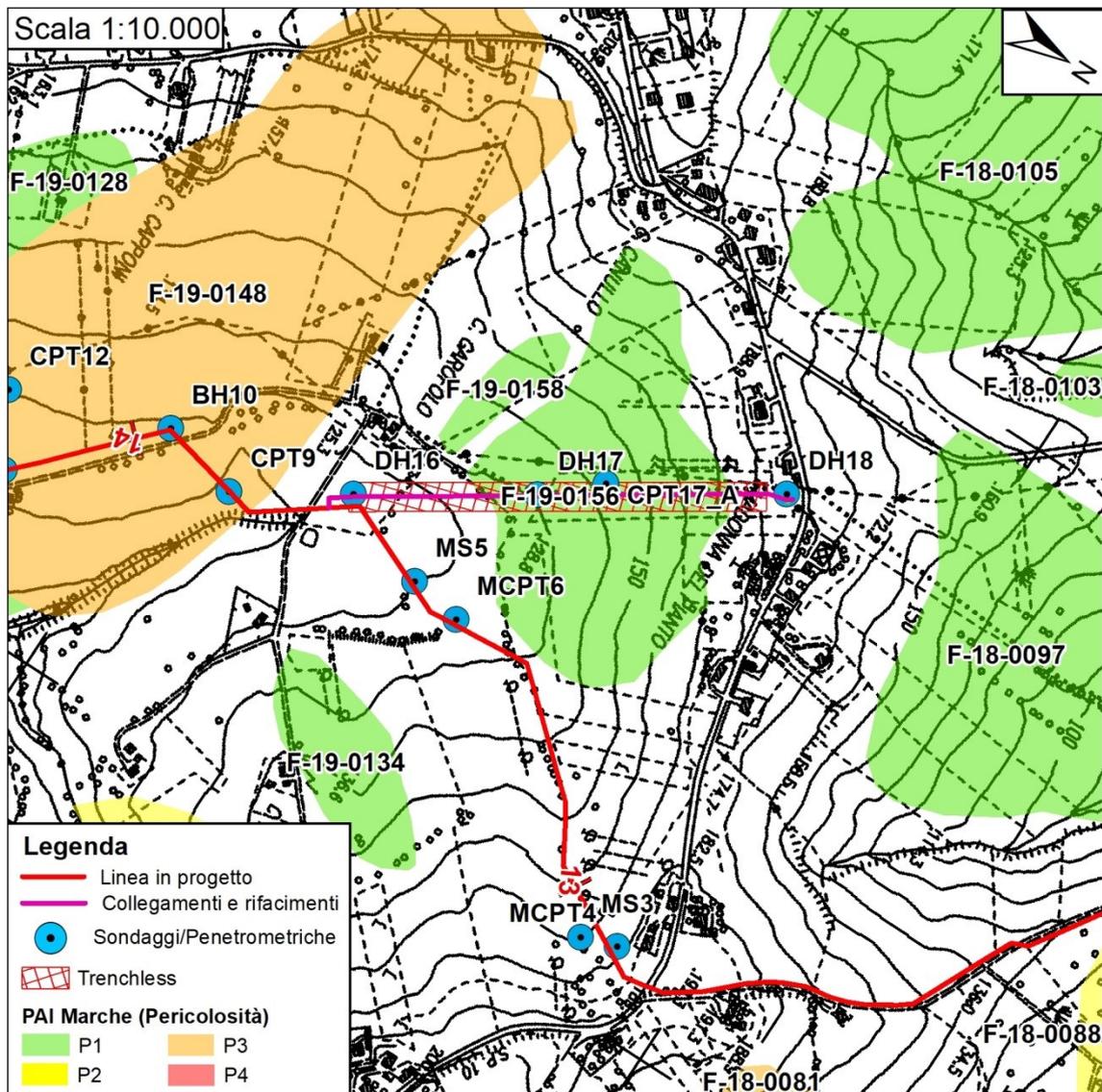


Figura 7.21/A Area 29: F-19-0156 P1 dell'AdB delle Marche.

7.22.1 Descrizione dell'area

L'area interessa gran parte di una ampia conca situata sul versante meridionale del rilievo della frazione di Madonna del Pianto.

L'area F-19-0156 classificata con Indice di Pericolosità P1 (Pericolosità moderata) ha una forma irregolare, lobata, con larghezza massima di 600 m, lunghezza di 300 m. La morfologia, riconducibile ad un accumulo di frana di tipo complesso inattivo, è caratterizzata da una porzione centrale a bassa acclività (circa il 10%) ed un tratto sommitale a maggiore pendenza media (circa 20%).

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 132 di 143	Rev. 0

L'immediato sottosuolo di tutta l'area, è costituito da una coltre di origine eluvio-colluviale di spessore variabile da pochi metri a più di una decina di metri; nella parte sommitale del rilievo affiora la litofacies argilloso-marnosa della formazione delle Argille azzurre.

L'attraversamento dell'area viene previsto con metodologia "trenchless" (microtunnel "Madonna del Pianto") impostato nel substrato, a profondità superiori a quelle del dissesto, senza determinare interferenze significative con esso. La sezione stratigrafica di attraversamento è riportata in allegato alla presente relazione.



Foto 7.22/A: Area 29. Panoramica dell'attraversamento dell'area PAI dalla SP n. 10; sul lato sinistro è indicato l'ingresso del microtunnel "Madonna del Pianto" (foto da Street View)

7.2.2 *Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni*

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area dell'attraversamento in esame, la ditta GEOSERVICE Srl, ha eseguito un'indagine geognostica, nel periodo Luglio 2017, consistita in:

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 133 di 143	Rev. 0

- n. 3 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, spinti sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con DH5-DH6-DH7.

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il laboratorio geotecnico GEOSTUDI ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.22/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici sono riportate nell'Allegato 2 mentre le tabelle riassuntive delle prove di laboratorio geotecnico sono riportate nell'Allegato 3.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso, ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata dalla presenza di una coltre di copertura colluviale argilloso-limosa, da molto consistente a estremamente consistente, di circa 2.5÷6.0 m di spessore poggiate sulla formazione plio-pleistocenica argilloso-marnosa localmente (primi 3÷8 m); in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 2.5÷6.0 m di profondità)

Limo argilloso ed argilla limosa da molto consistente a estremamente consistente, di colore marrone chiaro, con concrezioni carbonatiche nodulari sparse e veli sabbiosi giallastri (coltre colluviale).

• Peso di volume,	γ =	20.0÷21.0	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	15.4÷23.0	%
• Limite liquido,	LL =	43.9÷49.2	%
• Indice di plasticità,	IP =	26.5÷31.7	-
• Classifica USCS,	=	CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	50÷150	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	19.7÷26.9	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	15.1÷33.5	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo)	ϕ'_r =	16.0÷20.5	°
• Coesione intercetta (residua),	c'_r =	0	kN/m ²

Strato 2: (da 2.5÷6.0 m sino alle massime profondità investigate)

Argilla limosa e limo argilloso, di colore nocciola e grigio-azzurro, estremamente consistente con veli e straterelli di sabbia limosa grigiastri; inizialmente (primi 3÷8 m) il litotipo si presenta alterato e leggermente decompresso (formazione plio-pleistocenica).

• Peso di volume,	γ =	19.7÷21.5	kN/m ³
• Contenuto d'acqua naturale,	W_N =	16.4÷24.2	%
• Limite liquido,	LL =	41.8÷54.4	%
• Indice di plasticità,	IP =	22.1÷33.8	-
• Classifica USCS,	=	CH e CL	
• Resistenza al taglio non drenata,	c_u =	150÷250	kN/m ²
• Angolo di resistenza al taglio efficace (picco)	ϕ' =	23÷25	°
• Coesione intercetta (picco),	c' =	30÷50	kN/m ²

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 134 di 143	Rev. 0

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica nel sondaggio DH17 ad una profondità prossima al p.c. locale e nel sondaggio DH18 ad una profondità di circa 7 m dal p.c. locale.

7.2.3 Verifica tecnica di compatibilità

Dall'esame della sezione stratigrafica schematica dell'attraversamento dell'area PAI F-19-0156 è possibile affermare che la trenchless (microtunnel Madonna del Pianto), nel tratto di interesse, si trova a profondità comprese tra 10 m e 40 m dal pc locale e quindi si sviluppa ben al di sotto della esigua coltre di copertura colluviale potenzialmente instabile e completamente all'interno della formazione plio-pleistocenica integra; soltanto nella zona iniziale, nel tratto in cui la morfologia diviene sub-pianeggiante, viene intercettata la parte più superficiale ed alterata della formazione di base; la sezione di attraversamento è riportata nella Tavola 3 dell'Allegato 1

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-19-0156 a pericolosità P1 esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 135 di 143	Rev. 0

7.23 Area 30 (F-29-0008 P2)

Nuovo Collegamento Centrale ENI SpA Grottammare – DN250 (10") 75 bar

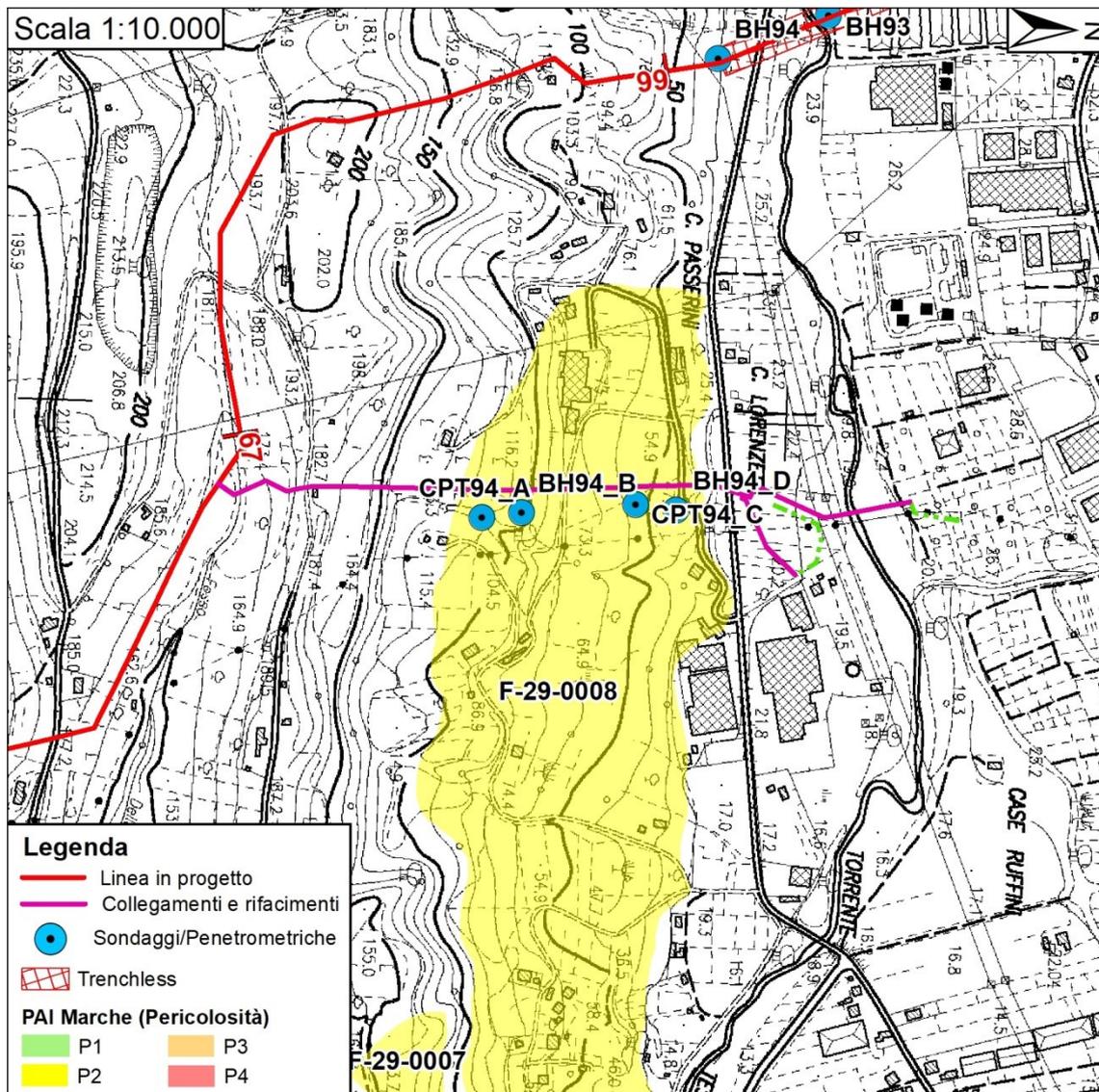


Figura 7.23/A Area 30 (F-29-0008 P2) dell'AdB delle Marche.

7.23.1 Descrizione dell'area

L'area F-29-008, classificata con Indice di Pericolosità P2 (pericolosità media) è situata sul versante destro della valle fiume Tesino, subito a sud della Zona industriale Bore Tesino.

L'area F-29-008 forma estremamente allungata, occupa gran parte del versante destro della valle, per una larghezza di 1,5 km circa, ed una lunghezza di circa 400 m. Il versante, nella zona interessata dall'attraversamento della linea di progetto, presenta un'acclività media attorno al 35-35%. In quest'area il profilo del

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 136 di 143	Rev. 0

pendio è caratterizzato dalla presenza di scarpate e gradini nel settore superiore, da ondulazioni e forme di accumulo nella porzione inferiore. Il raccordo la valle del fiume Tesino è costituito da una scarpata di circa 25 m di altezza completamente boscata e senza indizi di fenomeni gravitativi in atto e/o pregressi, riconducibile ad una antica scarpata di erosione fluviale.

L'immediato sottosuolo dell'area è costituito da coltri detritiche eluvio-colluviali di alcuni metri di spessore, di natura prevalentemente sabbiosa nella parte alta dell'area di interesse e da sedimenti limoso-sabbioso-argillosi in quella basale; nella parte sommitale del rilievo altresì affiora la litofacies sabbioso-conglomeratica della formazione di Fermo che da origine a pendii di acclività più marcata, al di fuori dell'area di interesse.

Il tracciato della condotta in progetto attraversa l'area, nella porzione orientale, per una lunghezza di circa 300 m, lungo la linea di massima pendenza. L'assenza di indizi di movimenti di riattivazione recente evidenziano uno stato di attività sostanzialmente quiescente.

7.23.2 **Caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni**

Al fine di definire la natura litologica e le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area in esame nel periodo di Luglio-Settembre 2018, la ditta Geoservice ha eseguito un'indagine geognostica consistita in:

- n. 2 sondaggi geognostici, a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di 15.0 m dal pc locale, identificati in planimetria con BH94B e BH94D;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua (con penetrometro superpesante tipo Emilia), identificata in planimetria con DPSH94C, spinta sino alla profondità massima di 19.0 m dal pc locale;
- n. 1 prova penetrometrica statica con punta meccanica identificata in planimetria con CPT94A, spinta sino alla profondità massima di 7.2 m dal pc locale;

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso il Laboratorio Geomeccanico Orazi ove sono state eseguite prove geotecniche di classificazione fisico-volumetrica e meccaniche per la determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

L'ubicazione delle verticali di indagine è riportata nella Figura 7.23/A, le stratigrafie dei sondaggi geognostici ed i diagrammi delle prove penetrometriche dinamiche e statiche sono riportati nell'Allegato 2 mentre la tabella riassuntiva delle prove di laboratorio geotecnico è riportata nell'Allegato 3.

Per l'interpretazione dei dati della prova dinamica continua si è fatto riferimento alla correlazioni empirica (da Cestari, 1990) in cui $N_{20} \approx 0.5 \cdot N_{SPT}$.

L'esame dei dati stratigrafici e geotecnici in possesso ha messo in evidenza, nell'area, una successione stratigrafica, caratterizzata da una coltre di copertura di origine detritico-colluviale, di circa 3-5 m di spessore, di natura prevalentemente sabbiosa (nella parte alta del corpo franoso) e limoso-argilloso-sabbiosa, in quella basale. La coltre di copertura detritico-colluviale poggia sulla formazione plio-

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 137 di 143	Rev. 0

pleistocenica costituita sabbie e ghiaie addensate con intercalazioni decimetriche di limi argillosi molto consistenti (formazione di Fermo), che diventano più frequenti e potenti nella parte basale del versante; in particolare è possibile individuare:

Strato 1: (dal pc sino a 3.0÷5.0 m di profondità)

Sabbia e ghiaia limosa, addensata, con intercalazioni di limo argilloso e limo sabbioso molto consistente di colore marrone e nocciola passanti a limo sabbioso molto consistente di colore marrone nella parte basale dell'area (coltre colluviale).

Parte superiore dell'area – Litotipo prevalentemente sabbioso

- Peso di volume, $\gamma = 19.0$ kN/m³
- Indice SPT $N_{SP} = 22$ colpi/30cm
- Angolo di resistenza al taglio efficace (ricostituito) $\varphi' = 30.2$ °
- Coesione intercetta (ricostituito), $c' = 3.1$ kN/m²

Parte basale dell'area – Litotipo prevalentemente limoso

- Peso di volume, $\gamma = 20.0$ kN/m³
- Indice N₂₀, $= 8\div 13$ colpi/20cm
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 100\div 200$ kN/m²
- Angolo di resistenza al taglio efficace (picco) $\varphi' = 26.4$ °
- Coesione intercetta (picco), $c' = 21.9$ kN/m²
- Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo) $\varphi'_r = 22.2$ °
- Coesione intercetta (residua), $c'_r = 4.8$ kN/m²

Strato 2: (da 3.0÷5.0 m sino alle massime profondità investigate)

Sabbia e ghiaia limosa molto addensata e/o leggermente cementata, con ricorrenze di limi argillosi molto consistenti e/o argilla limosa estremamente consistente (formazione plio-pleistocenica).

Facies sabbioso-conglomeratica

- Peso di volume, $\gamma = 19.0$ kN/m³
- Indice SPT $N_{SPT} = 31\div 47$ colpi/30cm
- Angolo di resistenza al taglio efficace, $\varphi' = 36\div 40$ °

Facies limoso-sabbiosa

- Peso di volume, $\gamma = 20.0$ kN/m³
- Resistenza al taglio non drenata, $c_u = 150\div 200$ kN/m²
- Angolo di resistenza al taglio efficace (picco) $\varphi' = 24.1$ °
- Coesione intercetta (picco), $c' = 31.0$ kN/m²
- Angolo di resistenza al taglio efficace (residuo) $\varphi'_r = 18.2$ °
- Coesione intercetta (residua), $c'_r = 4.7$ kN/m²

Falda acquifera

Nel corso della campagna geognostica non è stata rilevata la presenza della superficie piezometrica della falda in nessuna delle verticali eseguite.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 138 di 143	Rev. 0

7.23.3 *Analisi di stabilità del versante*

Nel presente paragrafo vengono analizzati i risultati delle analisi di stabilità di versante effettuate lungo n. 1 sezione rappresentativa, sul profilo di progetto della condotta che si sviluppa lungo la linea di massima pendenza del versante, secondo i criteri riportati nel precedente Capitolo 6 “*Verifiche di stabilità del versante – Generalità*”, in particolare le verifiche sono state eseguite sulla base delle seguenti assunzioni:

Parametri geotecnici:

Coltre detritico-colluviale sabbiosa:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 30.0^\circ \quad c = 3 \text{ kN/m}^2$$

Coltre detritico-colluviale limosa:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 22.0^\circ \quad c = 4.5 \text{ kN/m}^2$$

Formazione plio-pleistocenica sabbioso-conglomeratica:

$$\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 35.0^\circ \quad c = 5 \text{ kN/m}^2$$

Formazione plio-pleistocenica limoso-sabbiosa:

$$\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi = 24.0^\circ \quad c = 30 \text{ kN/m}^2$$

Parametri sismici:

$$k_h = 0.089 \quad k_v = 0.045$$

Condizioni idrauliche:

Falda attuale: saturazione coltre copertura Falda progetto: = -3.5 m

Nota alle condizioni idrauliche:

- 1) *Nel corso della campagna geognostica non è stata rinvenuta la superficie piezometrica della falda. In relazione alla elevata acclività del pendio oggetto di intervento, si prevede che nella coltre di copertura siano minime o nulle le infiltrazioni idriche nel corso delle precipitazioni meteoriche e, unitamente alla presenza di una trincea drenante al di sotto della condotta lungo tutto il versante ed alla natura prevalentemente granulare e permeabile dei sedimenti presenti permette di garantire condizioni di assenza di falda. Tuttavia per una migliore analisi delle condizioni di stabilità del pendio che possano portare all'innescio di fenomeni gravitativi è stata considerata l'ipotesi limite di completa saturazione della coltre di copertura detritico-colluviale nel caso di periodi di forti e prolungati afflussi meteorici.*

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ		Regione Marche	SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 139 di 143	Rev. 0

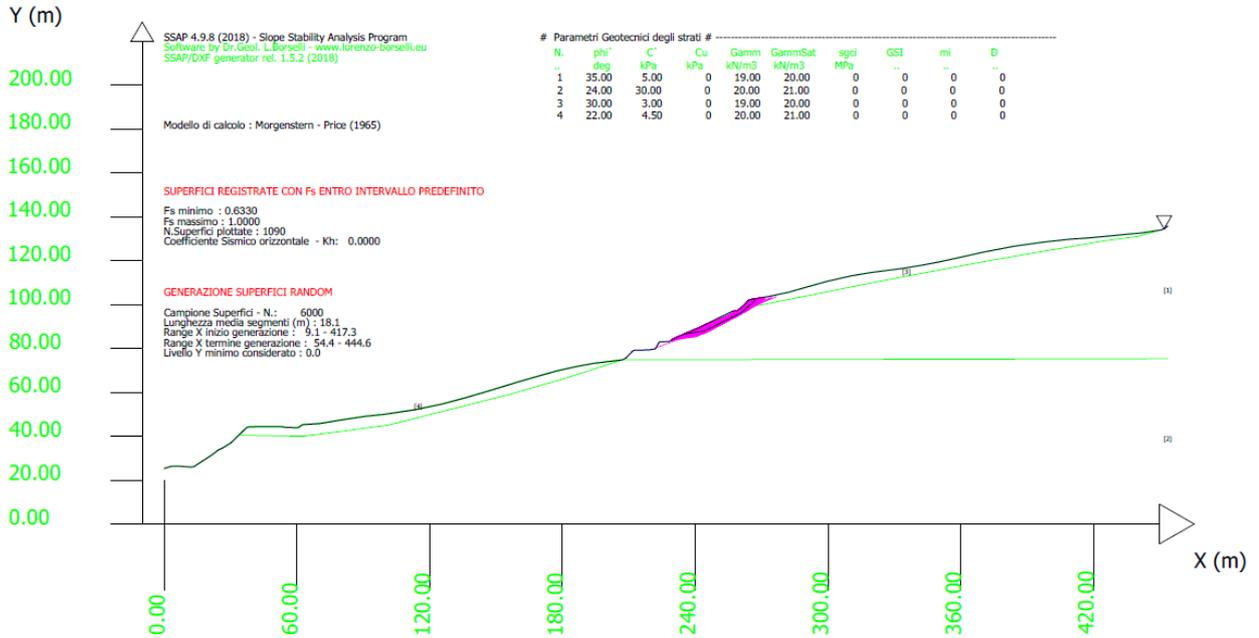


Figura 7.23/B: Situazione attuale: saturazione coltre – Assenza sisma

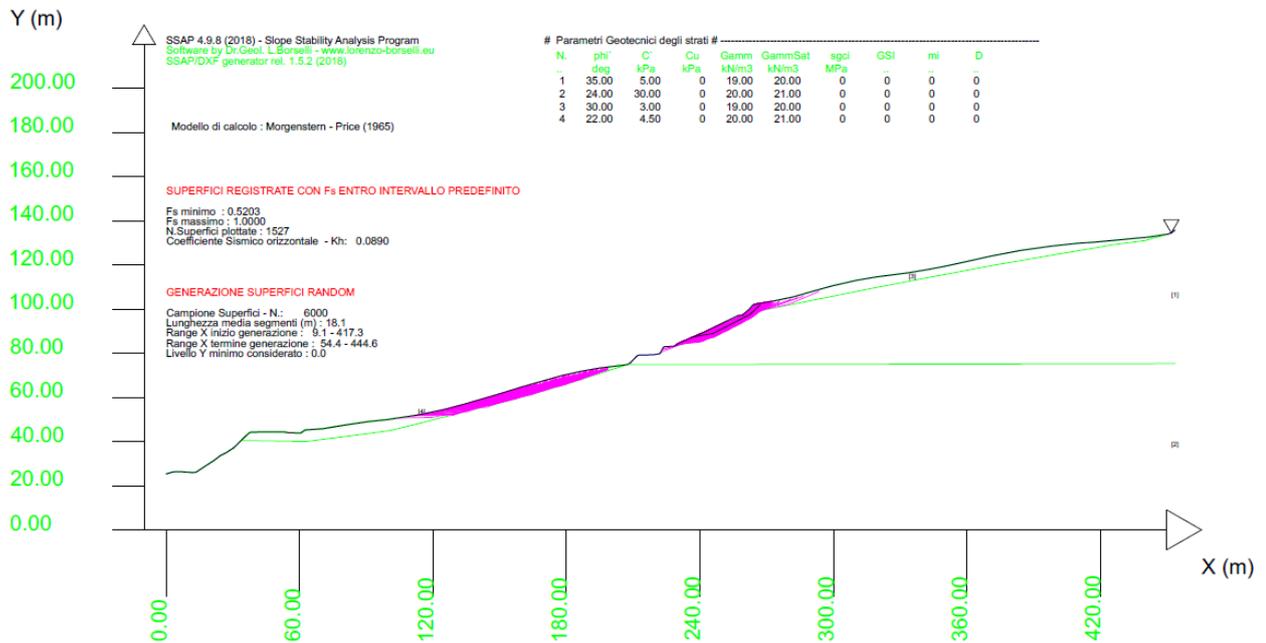


Figura 7.23/C: Situazione attuale: saturazione coltre – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 140 di 143	Rev. 0

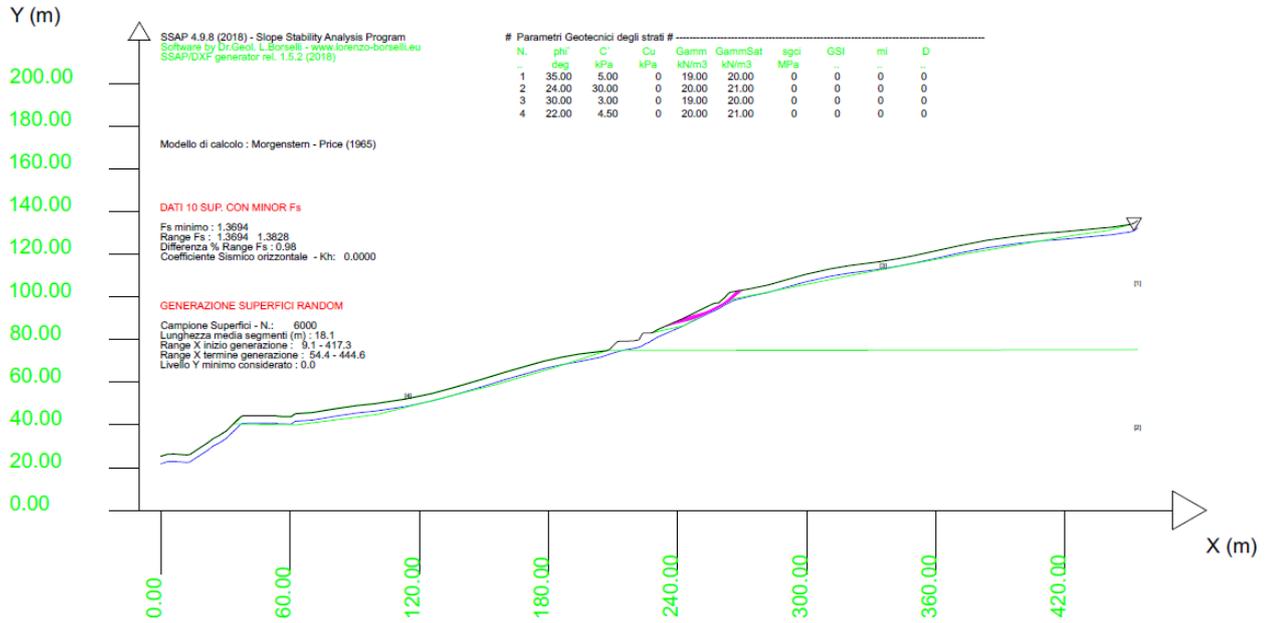


Figura 7.23/D: Situazione di progetto: Falda -3.5 m – Assenza sisma

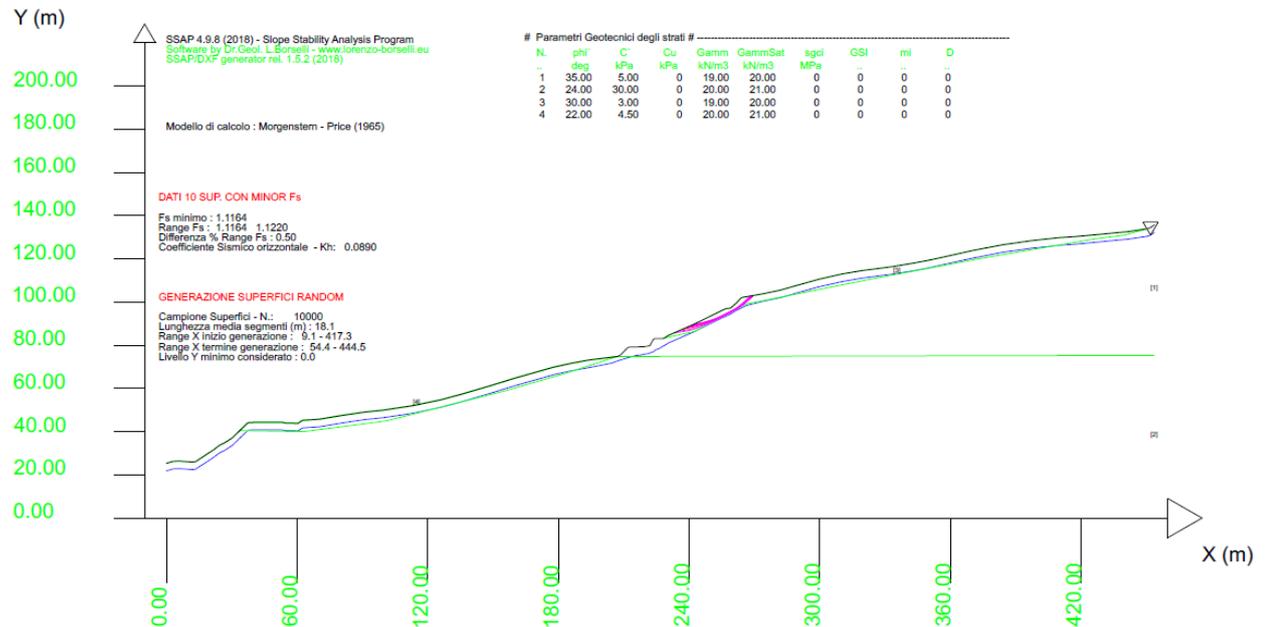


Figura 7.23/E: Situazione di progetto: Falda -3.5 m – Presenza sisma

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche		SPC. LA-E-83031	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto		Fg. 141 di 143	Rev. 0

7.23.4 **Analisi dei risultati e Verifica tecnica di compatibilità**

Dall'esame dei dati delle verifiche di stabilità del versante, riportati schematicamente nelle sezioni del paragrafo precedente, è possibile formulare le seguenti considerazioni:

Nella situazione attuale (situazione limite di totale saturazione della coltre di copertura detritico-colluviale) il pendio, sia in condizioni statiche che in presenza di sollecitazioni sismiche presenta fattori di sicurezza minimi $F_s < 1$ ($F_s = 0.633$ e $F_s = 0.520$ rispettivamente) (Figura 7.23/B, Figura 7.23/C); tuttavia, la prevista realizzazione di una trincea drenante in grado di impedire che la saturazione dei sedimenti fino a -3.5 m dal pc locale, fa sì che nella situazione di progetto, in condizioni statiche si abbiano valori minimi di $F_s > 1.369$ (Figura 7.23/D) e in presenza di sollecitazioni sismiche valori di $F_s > 1.116$ (Figura 7.23/E).

Per i motivi sopra esposti si ritiene che nella percorrenza dell'Area F-29-0008 a pericolosità P2, esistano le condizioni di compatibilità tra l'intervento in progetto e le condizioni di rischio esistenti.

La previsione degli interventi di drenaggio profondo e di regimazione delle acque meteoriche superficiali fa sì che non vi sia un aggravio delle condizioni di sicurezza dell'area.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 142 di 143	Rev. 0

7.24 Interferenze della linea in dismissione con le aree PAI

Lungo la linea in dismissione, la condotta fuori esercizio sarà rimossa ripristinando, in generale, le condizioni morfologiche e le opere di stabilizzazione esistenti (come opere di sostegno e di drenaggio).

Nei tratti di linea in dismissione, ricadenti in aree PAI, i lavori di rimozione non comporteranno un aggravio delle preesistenti condizioni di stabilità del versante.

Si consideri che i lavori per la rimozione della condotta fuori esercizio e del successivo rinterro della trincea non comportano sostanziali modifiche delle condizioni di stabilità dei versanti preesistenti ai lavori di rimozione, in quanto poco invasivi e richiedenti movimenti terra di ridotta entità.

Infatti, le principali fasi di lavoro consistono in:

- a) scotico di terreno nella fascia a cavallo della condotta;
- b) taglio della condotta in sezioni individuate in base alla lunghezza da rimuovere, alle condizioni morfologiche delle aree, alla presenza d'infrastrutture, ecc.;
- c) estrazione della condotta, per ogni tratto, procedendo con idonei mezzi di tiro e/o di sollevamento;
- d) ripristini morfologici e delle opere di stabilizzazione, se presenti.

Per quanto riguarda l'ultima fase di lavoro, si evidenzia che:

- le opere di stabilizzazione, se presenti, saranno ricostruite come preesistenti;
- i drenaggi verranno ripristinati in modo da assicurarne la loro continuità funzionale;
- le opere di drenaggio superficiale (cunette, fascinate, ecc.) verranno ricostruite.

In aggiunta, è da evidenziare che la condotta in dismissione è generalmente posizionata sulla massima pendenza dei versanti; conseguentemente, tale configurazione non comporta scavi o allentamenti di terreno trasversali al potenziale movimento gravitativo.

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche		SPC. LA-E-83031
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 143 di 143	Rev. 0

8 ALLEGATI

Allegato 1: Sezioni longitudinali interferenze aree PAI con trenchless

Allegato 2: Indagini geognostiche

Allegato 3: Tabelle riassuntive prove di laboratorio