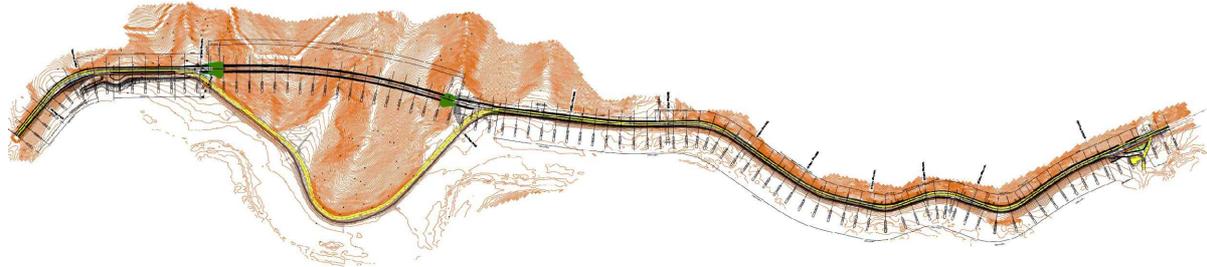


S.S. 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"

RETTIFICA DEL TRACCIATO E ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 41+500 al km 51+500
STRALCIO 1 - LAVORI DI ADEGUAMENTO ALLA SEZ. TIPO C2 DAL km 49+300 al km 51+500



PROGETTO DEFINITIVO

IMPRESA ESECUTRICE



GRUPPO DI LAVORO ANAS

PROGETTAZIONE



RESPONSABILE DEI LAVORI

IL PROGETTISTA

Ing. Valerio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°A26211
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA
 IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabrizio BAJETTI
 Ordine degli Ingegneri della
 provincia di Roma n°10112
 (Diretto tecnico Ingegneria del Territorio)



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Alessandro MICHELI

PROTOCOLLO

DATA

N. ELABORATO:

P101

P - PUT

P1 - PIANO UTILIZZO TERRE

PIANO UTILIZZO TERRE

CODICE PROGETTO

PROGETTO

PG0374D2201

NOME FILE

P101-T00SG00AMBRE01_A.dwg

CODICE
 ELAB.

T00SG00AMBRE01

REVISIONE

A

SCALA:

D

C

B

A

PRIMA EMISSIONE

FEBBRAIO
 2023

ING. FABRIZIO
 BAJETTI

ING. GIANCARLO
 TANZI

ING. VALERIO
 BAJETTI

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

SOMMARIO

1	PREMESSE.....	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	4
2.1	IL PROGETTO STRADALE.....	4
2.1.1	DATI DI PROGETTO.....	4
2.1.2	SEZIONI TIPO.....	5
2.1.3	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	5
2.1.4	VERIFICHE DI RISPONDENZA AL DM 05/11/2001.....	6
2.1.5	MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE.....	7
2.2	LA PISTA CICLABILE.....	8
2.3	LE OPERE STRUTTURALI.....	9
2.3.1	LE GALLERIE ARTIFICIALI E I MURI DI APPROCCIO.....	9
2.4	LE OPERE IDRAULICHE.....	12
2.4.1	I tombini circolari Ø1500.....	12
2.4.2	Il tombino scatolare.....	14
2.4.3	Il ponticello alla progressiva 1+315.....	15
2.5	LE OPERE DI SOSTEGNO.....	16
3	DEFINIZIONE STATO ATTUALE.....	17
3.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E INFRASTRUTTURALE.....	17
3.2	INQUADRAMENTO URBANISTICO.....	17
4	CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE.....	21
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO.....	22
5.1	INQUADRAMENTO TETTONICO GENERALE.....	23
5.2	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE.....	26
5.2.1	Cenni di geologia regionale.....	26
5.2.2	Geologia dell'area in studio.....	28
5.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE.....	32
5.4	UNITA' LITOTECNICHE.....	34
5.5	LE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE.....	35
6	MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	44
6.1	COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI.....	44
6.1.1	UNITÀ LITOTECNICA DA1.....	44
6.1.2	UNITÀ LITOTECNICA DA2.....	45
6.1.3	UNITÀ LITOTECNICA CO.....	46
6.2	COMPORTAMENTO MECCANICO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	47
6.2.1	RILIEVI GEOSTRUTTURALI.....	48
6.2.2	COMPORTAMENTO MECCANICO.....	49
6.3	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	57
7	ATTIVITA' DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA.....	61
8	BILANCIO E GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO IN FASE DI REALIZZAZIONE.....	62
8.1	Descrizione delle attività svolte sul sito.....	62
8.2	BILANCIO DEI MATERIALI.....	63

8.3	LA GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO	63
8.4	LE LITOLOGIE DEL MATERIALE DI SCAVO	65
8.5	CARATTERISTICHE QUALITATIVE ED AMBIENTALI DEI MATERIALI DI SCAVO.....	66
8.6	RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO	72
8.7	I SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO	73
8.8	MODALITÀ DI DEPOSITO DEI MATERIALI DI SCAVO	74
8.9	GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO COME RIFIUTI	75
8.10	GESTIONE DEI MATERIALI PROVENIENTI DALLE DEMOLIZIONI	76
8.11	CAVE, DISCARICHE E IMPIANTI DI RECUPERO MATERIALE INERTE	77
8.12	Cave	78
8.13	Impianti autorizzati alla gestione di terre e rocce da scavo in qualità di rifiuto (CER 170504).....	80
8.14	Aree autorizzate al ricevimento di terre e rocce da scavo come sottoprodotto	82

1 PREMESSE

Il presente elaborato descrive le modalità di gestione dei materiali di risulta nell'ambito dei lavori per la realizzazione del "Rettifica del tracciato e adeguamento alla sez. tipo C2 della S.S. 685 "delle tre valli umbre" dal km 49+300 al km 51+500"; il progetto costituisce il 1° stralcio funzionale dell'adeguamento della S.S.685 nel tratto che va dal km 41+500 al km 51+500, da attuare nel medio termine.

La finalità generale dell'intervento è quella di migliorare l'accessibilità all'area del cosiddetto "Cratere del terremoto" o "Cratere sismico" (con particolare riferimento alle aree che comprendono i centri di Norcia, Sellano, Cerreto di Spoleto, Visso) dalla viabilità primaria costituita dal tratto della S.S. 685 Spoleto-S. Anatolia di Narco e tramite questo, da Spoleto, dalla S.S. 3 in direzione Foligno-Perugia o Terni-Orte e dalla S.S. 685 in direzione Acquasparta / S.S. 3bis Perugia-Orte (A1).

Il tracciato della S.S.685 preso in esame è quello di fondo valle Nera che va dal km 41+500 (1 km dopo l'abitato di Borgo Cerreto) al km 51+500 (300 m prima dello svincolo con la SP 469 in prossimità di Castel S.Felice); all'interno di questo è stato individuato come 1° Stralcio, in relazione ai finanziamenti disponibili, il tratto terminale dal km 49+300 (intersezione con la SP 472 "di Vallo di Nera") al km 51+500.

L'obiettivo dell'intervento consiste nell'adeguamento (ove possibile) alla sezione tipo di rango inferiore prevista dal D.M. 05/11/2001 per le strade extraurbane secondarie, ovvero la sezione tipo C2, avente una larghezza complessiva della piattaforma pari a 9,50 m, ovvero circa 2,00 m maggiore dell'attuale, con le relative prestazioni in termini di velocità minima di progetto, di rispetto della corrispondente lunghezza minima di visuale libera e di allargamento delle corsie per la corretta iscrizione dei veicoli in curva.

Tale obiettivo deriva dalla volontà di eliminare o mitigare le criticità attualmente presenti nel tratto stradale oggetto di intervento:

- dimensioni della piattaforma, attualmente larga mediamente 7,50 m con corsie da 3,25-3,50 m, che in corrispondenza delle curve di raggio inferiore rappresentano un fattore di rischio quando si incrociano due veicoli pesanti/ingombranti;
- curve con raggio di curvatura inferiori a 118 m, che non consente la velocità di progetto minima prevista per le strade extraurbane secondarie (60 km/h) e necessitano quindi dell'apposizione di un limite di velocità inferiore a 50 km/h;
- assenza di una adeguata visuale libera in curva in corrispondenza della velocità di progetto congruente con i raggi di curvatura attuali, che rappresenta un ulteriore fattore di rischio.

2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

2.1 IL PROGETTO STRADALE

Il tracciato della S.S.685 preso in esame è quello che va da Vallo di Nera (41+500 km, 1 km dopo Borgo Cerreto), a Castel San Felice (51+500 km, circa 300 m prima dello svincolo con la S.P. 469).

L'obiettivo del progetto riguarda l'adeguamento alla sezione di tipo C2, ovvero a strada extraurbana secondaria, avente una larghezza complessiva della piattaforma pari a 9.50 m, maggiore di 2 m rispetto all'attuale. Tale adeguamento comporta nuovi valori di velocità minima di progetto, di rispetto della corrispondente lunghezza minima di visuale libera e di allargamento delle corsie per l'iscrizione in curva. In particolare, tra il km 50+950 e 51+200 circa dell'attuale tracciato, è presente una curva con raggio pari a 60 m che comporta forti limitazioni della velocità di progetto ($V_p = 45$ km/h, ovvero limite di velocità pari a 35 km/h). L'adeguamento di questo tratto risulta particolarmente difficoltoso, per questo motivo si è optato per un tratto in variante che permetta quindi di bypassare la curva suddetta. La variante è stata progettata sul lato di monte di monte in quanto quello di valle presentava i seguenti punti critici:

- Pista ciclopedonale esistente ubicata sul sedime della ferrovia dismessa Spoleto – Norcia.
- Presenza dell'area esondabile del fiume Nera con elevato rischio di allagamento.
- Necessitando di un elevato scostamento rispetto al tracciato attuale, comporterebbe notevoli impatti dal punto di vista paesaggistico.

Il tratto in variante sarà realizzato interamente in galleria con lunghezza totale pari a 490 m. In particolare si avrà:

- Galleria artificiale, di lunghezza pari a $L = 15$ m
- Galleria naturale, di lunghezza pari a $L = 440$ m
- Galleria artificiale, di lunghezza pari a $L = 35$ m

Il tratto di strada attuale verrà mantenuto dal km 51+450 circa, fino al cimitero, mentre il tratto successivo verrà chiuso, mantenendo però la connessione al km 50+700 circa, in modo da poter utilizzare il tratto dismesso in caso di necessità, ad esempio in occasione di chiusure della galleria.

Poiché il punto iniziale della variante si trova in prossimità dell'imbocco Sud della galleria, per effettuare la connessione al tratto di accesso al cimitero, si è realizzato un innesto con intersezione a raso.

Oltre all'adeguamento della piattaforma, che richiederà alcune opere di sostegno (muri, paratie etc.) per limitare gli ingombri e il consumo di territorio, è inoltre previsto:

- L'adeguamento di tutti gli elementi marginali e di arredo della sede stradale;
- La sostituzione dei dispositivi di ritenuta;
- L'adeguamento/ripristino di tutte le opere di regimazione idraulica;
- Il rifacimento della pavimentazione

2.1.1 DATI DI PROGETTO

Tracciato stradale soggetto ad intervento

- Lunghezza itinerario: 2+344 km
- Piattaforma stradale Tipo C2
- Intervallo velocità di progetto: 60 – 100 km/h per tipo C2;
- Svincoli in progetto=n. 2 - Svincolo di Cittaducale e Svincolo a rotatoria

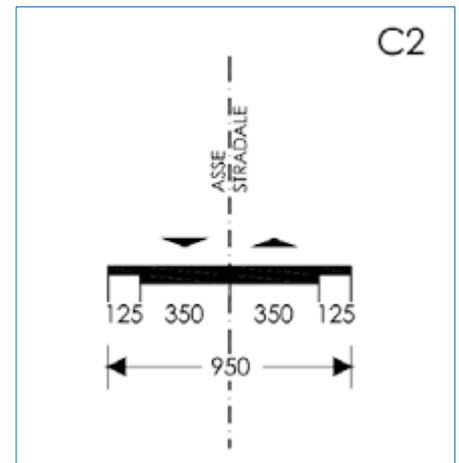
Opere d'arte principali

- Gallerie naturali = n.1
- Gallerie artificiali = n.2

2.1.2 SEZIONI TIPO

Le caratteristiche geometriche della piattaforma stradale sono quelle di una strada di tipo C2, così come definita dal D.M. 5/11/2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade" (Strade extraurbane secondarie). La piattaforma stradale è costituita da una carreggiata unica, con una corsia per senso di marcia da m. 3,5, con una banchina di 1,25 m. L'intervallo di velocità di progetto VP è 60-100 km/h.

In rilevato gli elementi marginali sono costituiti da arginelli erbosi ove alloggiavano le barriere di sicurezza. La conformazione delle scarpate, rivestite con terra vegetale, di norma ha una pendenza strutturale massima del 2/3. In trincea l'elemento marginale è costituito da una cunetta triangolare alla francese. La scarpata avrà pendenza congruente con le condizioni di stabilità degli scavi e in alcuni casi si sono adottate le reti anticaduta.



2.1.3 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nel primo tratto dell'intervento che va dalla progressiva 0+000 alla progressiva 0+280, è stato incrementato il raggio della prima curva da 120 m a 170 m, per garantire il rispetto della normativa.

A partire dalla progressiva 0+280, il nuovo tracciato si stacca da quello attuale e dalla 0+360 inizia il tratto in variante. Dalla 0+420 si ha il primo tratto di galleria artificiale lungo 15, segue poi il tratto in galleria naturale per una lunghezza pari a 440 m e un ultimo tratto in artificiale di lunghezza pari a 35 m. In galleria è presente una curva con raggio pari a 450 m che non richiede allargamenti della piattaforma per consentire un'adeguata visuale libera. All'uscita dalla galleria il tracciato torna a coincidere con quello attuale e si procede quindi solo con l'allargamento della sede stradale con l'inserimento di un muro di sostegno tra la nuova piattaforma e la pista ciclopedonale. Un adeguamento planimetrico avrebbe comportato uno spostamento notevole della piattaforma verso valle, andando a interferire con la pista ciclabile. Si è quindi deciso di lasciare invariato il tracciato dal punto di vista planimetrico e di prevedere però gli allargamenti in curva dove necessario per garantire una corretta visibilità.

Questo ha richiesto un arretramento della parete rocciosa nelle due curve a sinistra con raggio ridotto ($R=63$ m e 65 m) dalla sezione 1+760 alla 1+820 e dalla 1+980 alla 2+1000. Il versante così rimodellato verrà protetto con una rete paramassi. Inoltre alla progressiva 1+320 è presente un ponticello ad arco in pietra esistente che non verrà spostato né modificato.

La pista ciclabile non è stata modificata ad eccezione di un primo tratto che va dalla progressiva 0+060 alla 0+400. Infatti per i primi 150 m è stato necessario spostare il tracciato verso valle essendo aumentato il raggio della S.S. 685, mentre nel tratto successivo si è deciso di costeggiare l'innesto in modo tale da evitare che il percorso ciclabile attraversasse due volte il suddetto innesto. Inoltre sono state previsti due tratti che permettessero ai ciclisti su strada di poter percorrere il tracciato evitando la galleria. A Sud, lungo il tratto esistente in prossimità del cimitero, si stacca un tratto di pista ciclabile che sormonterà la galleria per poi riscendere e innestarsi alla S.S. 685 in corrispondenza della progressiva 0+400. Lungo quasi tutto il suddetto tracciato sarà presente un muro in destra, anche nell'ultimo tratto in affiancamento. Anche a Nord è stato previsto un intervento simile. La ciclabile si stacca dalla progressiva 1+200 della S.S. 685, passa sopra la galleria e si riaccosta alla strada esistente. Lungo quasi tutto il tracciato verrà inserito un muro di sostegno, tra cui anche nel tratto finale in accostamento alla strada.

Infine sono stati progettati due innesti. Un innesto a Sud regolato con intersezione a raso, che consente di collegare il tratto in variante della S.S. 685 al cimitero e un innesto a Nord che collega alla S.P.472. Quest'ultimo riduce l'attuale

difficoltà di svolta a destra per i veicoli diretti verso Vallo di Nera realizzando una rampa a senso unico sia per le provenienze da Borgo Cerreto che da S.Anatolia di Narco, rendendo a senso unico l'ultimo tratto della S.P. 472. Viene poi inserita una corsia specializzata al centro della carreggiata contenente due brevi corsie di accumulo per le svolte a sinistra, sia in ingresso che in uscita dalla SS 685.

2.1.4 VERIFICHE DI RISPONDENZA AL DM 05/11/2001

Il tracciato (ad eccezione del tratto già esposto in precedenza) è conforme alle prescrizioni contenute nel DM 05/11/2001 e risponde pienamente agli standard di sicurezza richiesti per rettifili, curve circolari e curve di transizione. Per i tratti di adeguamento sono stati presi degli accorgimenti ai fini del miglioramento della sicurezza stradale.

Verifiche di visibilità

La presenza di opportune visuali libere costituisce primaria e inderogabile condizione di sicurezza della circolazione. La distanza di visuale libera è definita dalla normativa come la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere davanti a sé indipendentemente dalle condizioni del traffico, atmosferiche e d'illuminazione. La distanza di visuale libera deve essere confrontata con:

- Distanza di visibilità per l'arresto, definita come lo spazio minimo necessario perché un conducente possa arrestare il veicolo in condizioni di sicurezza davanti ad un ostacolo improvviso;
- Distanza di visibilità per la manovra di sorpasso, definita come la lunghezza del tratto di strada occorrente affinché un conducente che si accinga alla manovra possa vedere un autoveicolo che sopraggiunge dalla corsia opposta in condizioni di sicurezza.

Lungo tutto il tracciato deve essere sempre garantita la distanza di visibilità per l'arresto mentre, per le strade extraurbane a unica carreggiata con doppio senso di marcia, la distanza di visibilità per il sorpasso dev'essere garantita per una conveniente percentuale di tracciato, in relazione al flusso di traffico smaltibile con il livello di servizio assegnato, in misura comunque non inferiore al 20%.

Distanza di visibilità per l'arresto

Le DVL per l'arresto desunte dal diagramma di velocità sono state confrontate con le relative distanze di visibilità disponibili. Le verifiche sono state condotte in entrambi i sensi di marcia ed è stato necessario prevedere l'inserimento di allargamenti di piattaforma. L'allargamento della piattaforma consiste nel mantenimento della corsia di marcia come da sezione tipo e un allargamento della banchina in modo tale da aumentare lo spazio di visuale libera per l'utente.

Distanza di visibilità per il sorpasso

Per quanto concerne la distanza di visibilità per il sorpasso, occorre ricordare che il progetto in questione riguarda l'adeguamento di una strada esistente, per cui le indicazioni del DM 05/11/2001, devono essere considerate alla stregua di obiettivi verso cui tendere, più che specifiche e vincolanti prescrizioni progettuali, ferme restando le inderogabili condizioni di sicurezza.

Sono stati adottati gli allargamenti alle seguenti progressive:

- Dalla 1+360 alla 1+440
- Dalla 1+700 alla 1+820
- Dalla 1+860 alla 1+940
- Dalla 1+940 alla 2+100

2.1.5 MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE

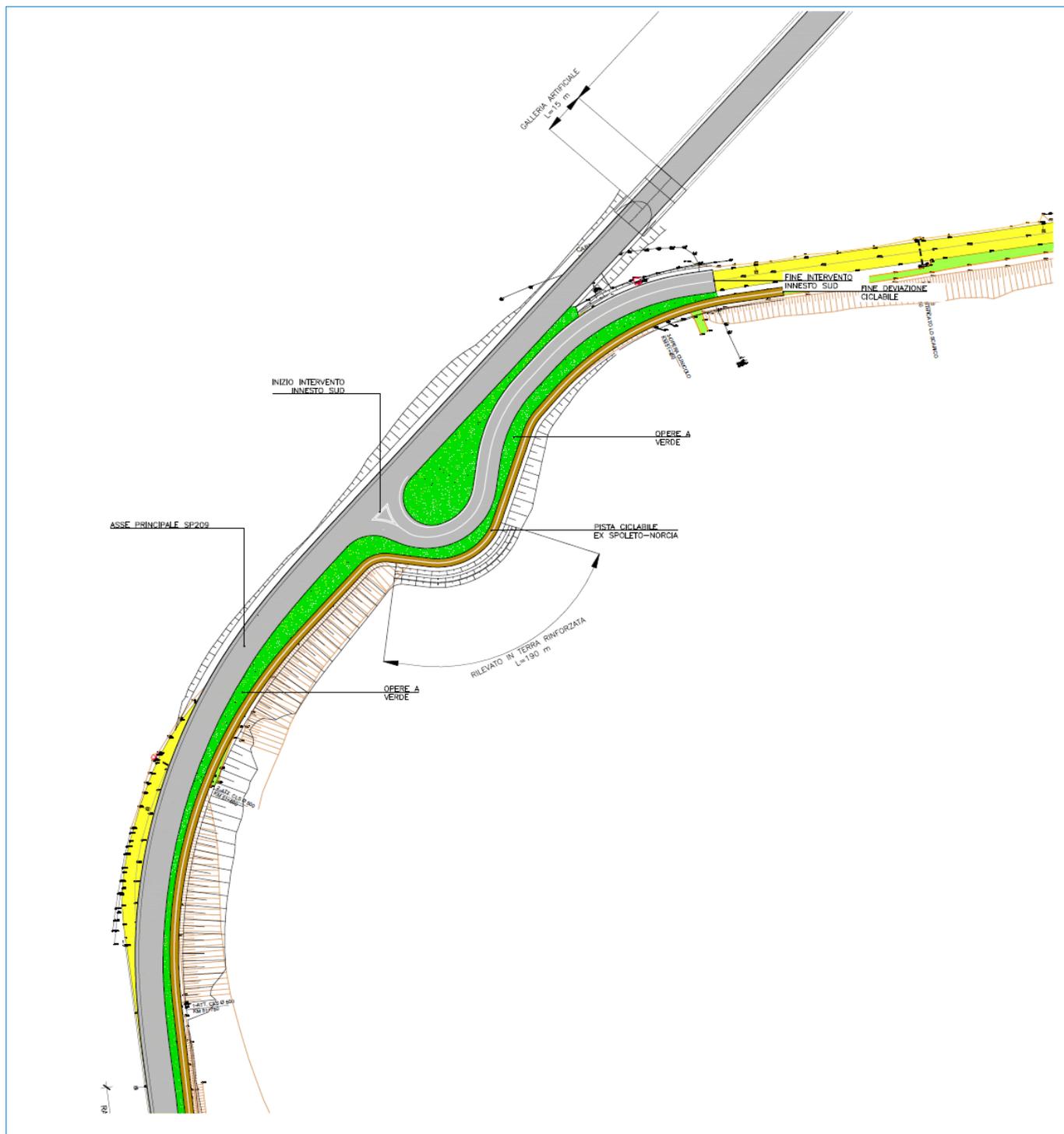
Nel presente progetto l'obiettivo dell'adeguamento della S.S. 685 riguardava sicuramente l'innalzamento degli standard di sicurezza.

Questo è stato garantito dall'introduzione degli allargamenti delle curve a raggio ridotto (in prossimità di Vallo di Nera), dalla risistemazione dell'intersezione a Nord e dall'aver reso il tracciato conforme a quanto prescritto nel D.M. 05/11/2001.

Inoltre il tracciato è stato migliorato avendo rettificato il tratto in galleria, permettendo così di dividere il flusso di traffico diretto al cimitero da quello che prosegue nelle due direzioni (Vallo di Nera e Castel San Felice) e avendo aumentato la velocità di progetto in tale zona da 60 km/h a 80 km/h.

2.2 LA PISTA CICLABILE

Lo scopo del presente progetto è quello dell'adeguamento della SP209, migliorando gli standard di sicurezza, con l'unico vincolo di mantenere quanto più inalterata possibile la pista ciclabile storica rappresentata dalla ex ferrovia Norcia-Spoleto. Viste le necessità progettuali nel tratto iniziale è stato necessario predisporre una deviazione dell'attuale pista ciclabile in modo da favorire l'inserimento di una strada che va a comporre quello che è definito innesto sud, mantenendo l'accesso ai terreni presenti lungo la vecchia viabilità SP209. A favore di sicurezza, la ciclabile è stata spostata esternamente alla viabilità, opportunamente separata da una barriera di sicurezza, che ne garantisce la separazione dei flussi, proteggendo di fatto i ciclisti che transitano lungo la pista ciclabile. Di seguito si riporta uno stralcio planimetrico dell'intervento di deviazione della pista ciclabile.



2.3 LE OPERE STRUTTURALI

Il progetto in esame non prevede (ad eccezione della galleria naturale) opere d'arte di particolare importanza.

Le opere più significative sono ovviamente le due gallerie artificiali.

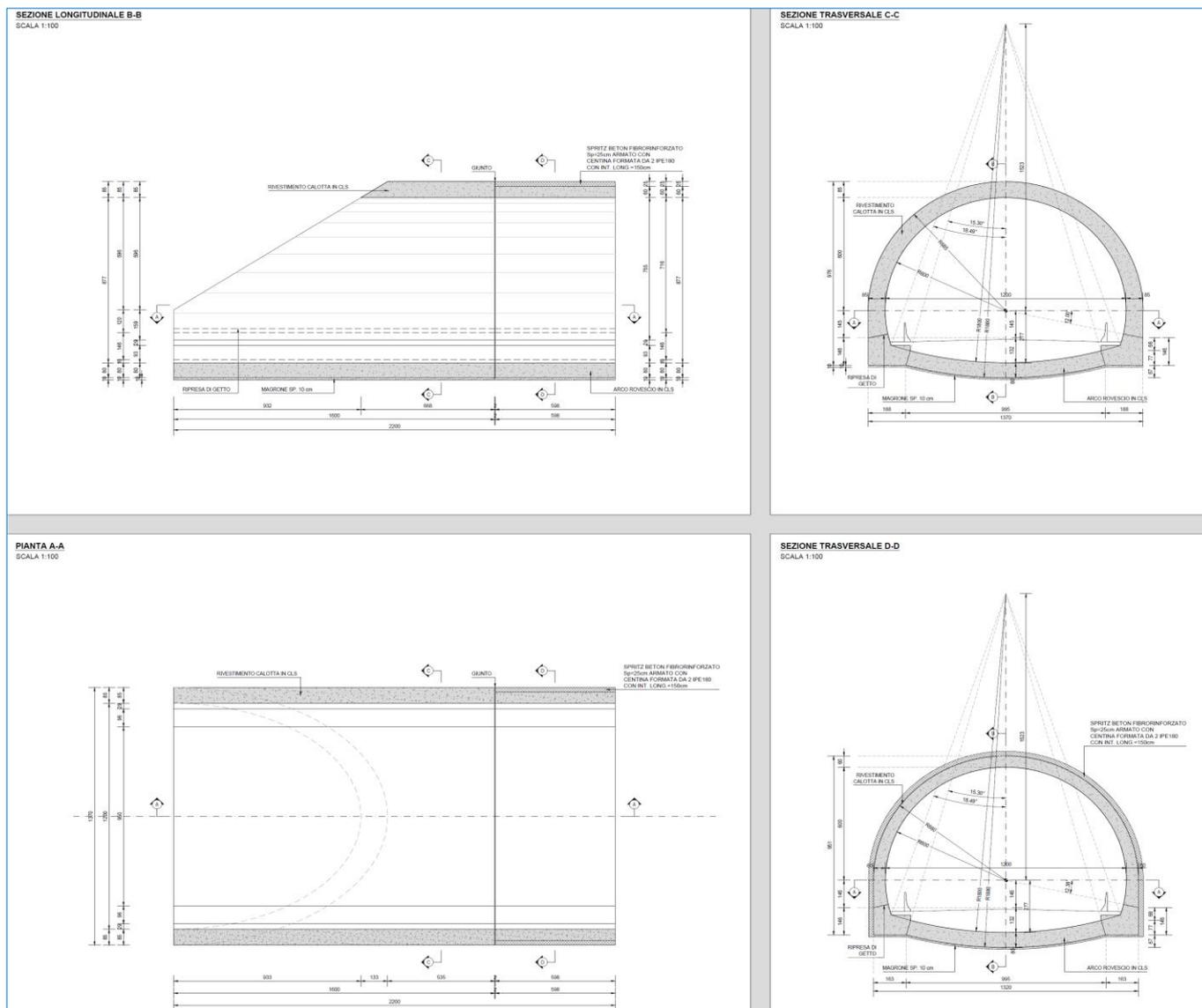
E' poi prevista la realizzazione di opere idrauliche e in particolare:

- n.10 tombini di cui n.10 circolari Ø1500
- n. 1 tombino scatolare di dimensione interne 300x200cm
- n. 1 opera idraulica di trasparenza di più ampia luce (600cm netti interni di larghezza)

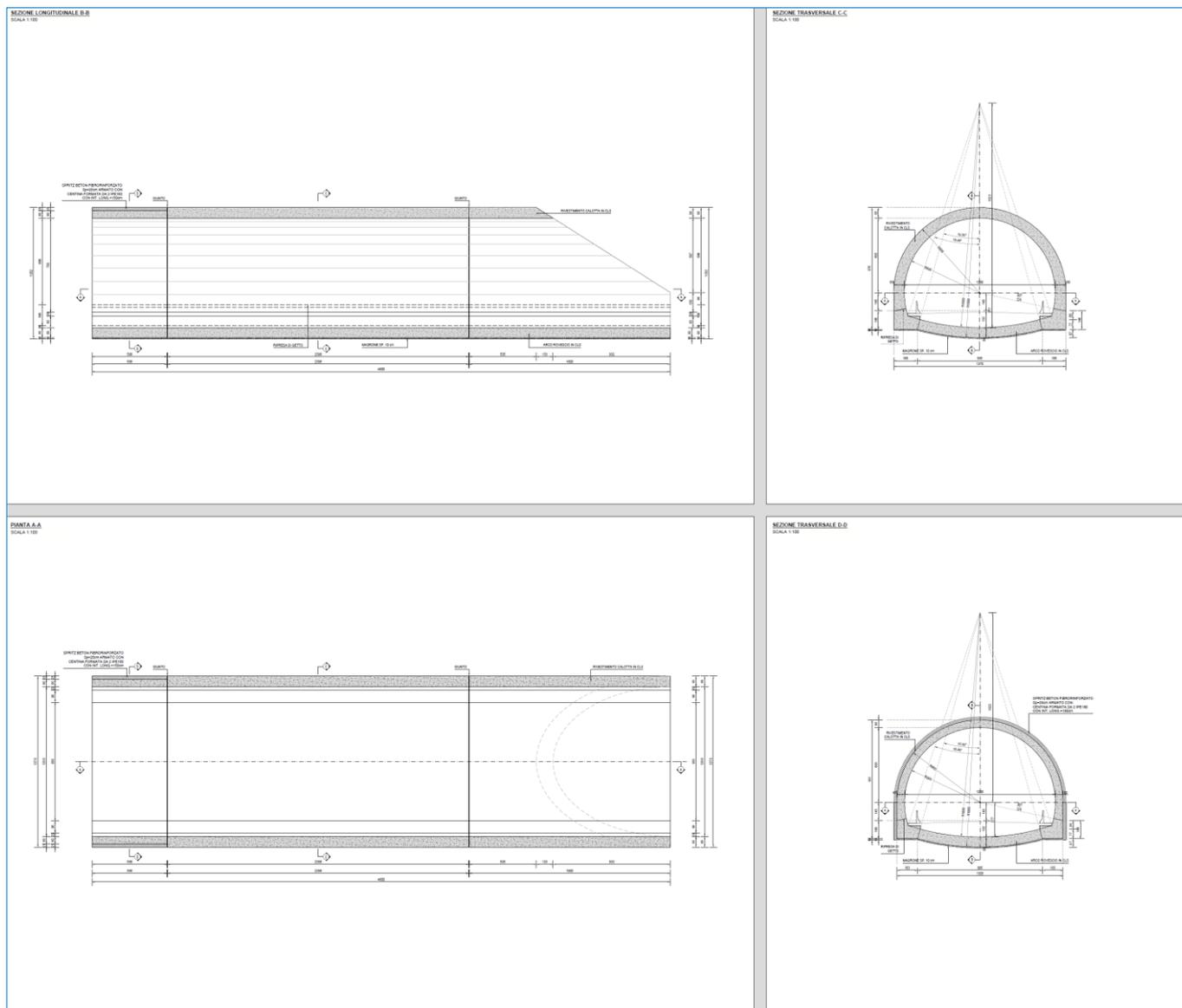
2.3.1 LE GALLERIE ARTIFICIALI E I MURI DI APPROCCIO

Per le zone di approccio della galleria naturale è prevista la realizzazione di n.2 galleria artificiale di cui quella sud di lunghezza complessiva pari a 22m e quella nord di lunghezza maggiore, pari a 46m.

Per ambedue le gallerie è previsto un primo tratto di lunghezza pari a 6m che soggiace agli infilaggi e alle centinature del concio di attacco. L'uscita anche per ragioni di inserimento paesaggistico è prevista a becco di flauto. Il concio è stato progettato di estensione pari a 16m di cui i primi 6,6m lato galleria coperti e i restanti 9,40m aperti con profilo laterale degradante. Tale struttura consente sia il rinterro che la risagomatura del terreno superiormente (anche e soprattutto con valenza di mitigazione ambientale). Qui a seguire si riporta la geometria dell'imbocco sud.



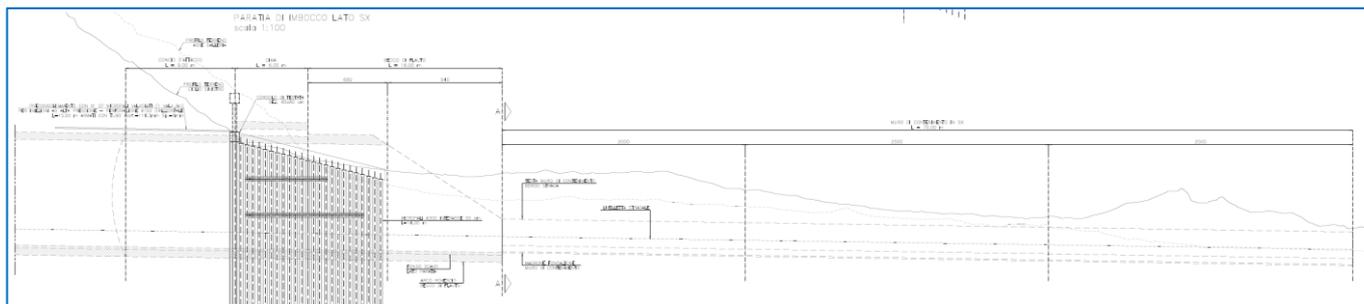
Qui a seguire si riporta invece la geometria dell'imbocco nord



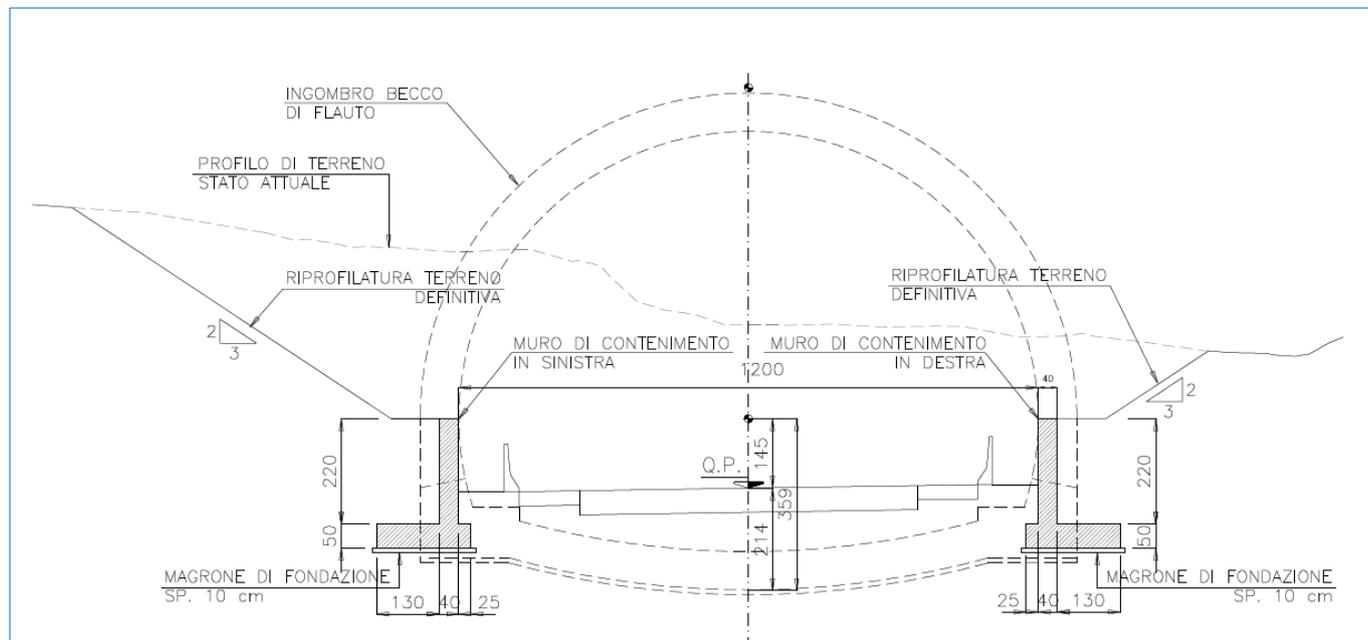
Il progetto salvo leggere ri-conformazione e adattamenti locali conferma nella sostanza le previsioni del progetto di fattibilità tecnico economica

L'unica sostanziale differenza riguarda l'imbocco nord dove tra il concio di attacco e il becco di flauto è presente un concio intermedio di estensione pari a 24m. Tale modifica è legata alla riprogettazione del tracciato e in particolare allo spostamento del tracciato stesso verso monte per assicurare un'adeguata copertura della galleria naturale nella zona centrale e in particolare in corrispondenza del passaggio in corrispondenza dell'impluvio esistente

Si riporta a seguire un breve estratto del progetto di fattibilità.



In uscita dalla galleria naturale il progetto di fattibilità prevedeva comunque delle opere di sostegno ma di modesta altezza (220cm l'altezza del paramento verticale). Utile a contenere la parte terminale delle scarpate delle trincee previste con pendenza 3/2. Ovviamente tale configurazione era resa possibile dall'assenza di opere infrastrutturali (la pista ciclabile monodirezionale) sul lato di monte.



Il progetto definitivo ha previsto in sostituzione la realizzazione di una cunetta a spalla alta (presente lungo l'intera tratta sul lato di monte) utile anche a evitare l'impatto diretto di un veicolo sulle pareti di monte raccordandosi in arrivo alla galleria artificiale con i profili redirettivi.

2.4 LE OPERE IDRAULICHE

2.4.1 I TOMBINI CIRCOLARI Ø1500

Per il corretto smaltimento delle acque sia di versante che di piattaforma è prevista la realizzazione di numerose opere idrauliche trasversali (11 in totale). Di queste n.9 sono previste realizzate con tombini circolari Ø1500 interni disposti in senso trasversale a tutta larghezza con superamento sia della nuova carreggiata stradale sia della pista ciclabile in terra esistente in generale presente sul lato di valle dell'infrastruttura.

In particolare i tombini raccolgono sul lato di monte sia

- la canaletta in c.a. (a sezione rettangolare) prefabbricata, posta monte della cunetta alla francese a spalla alta (canaletta deputata alla raccolta delle acque di versante)
- i collettori di raccolta delle acque di piattaforma posti al di sotto della cunetta alla francese a spalla alta (collettori deputati alla raccolta delle acque di piattaforma)

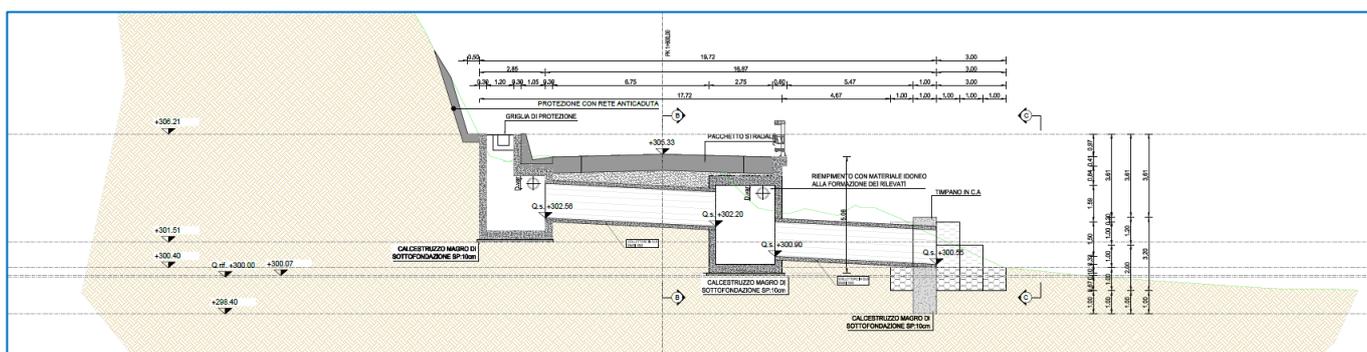
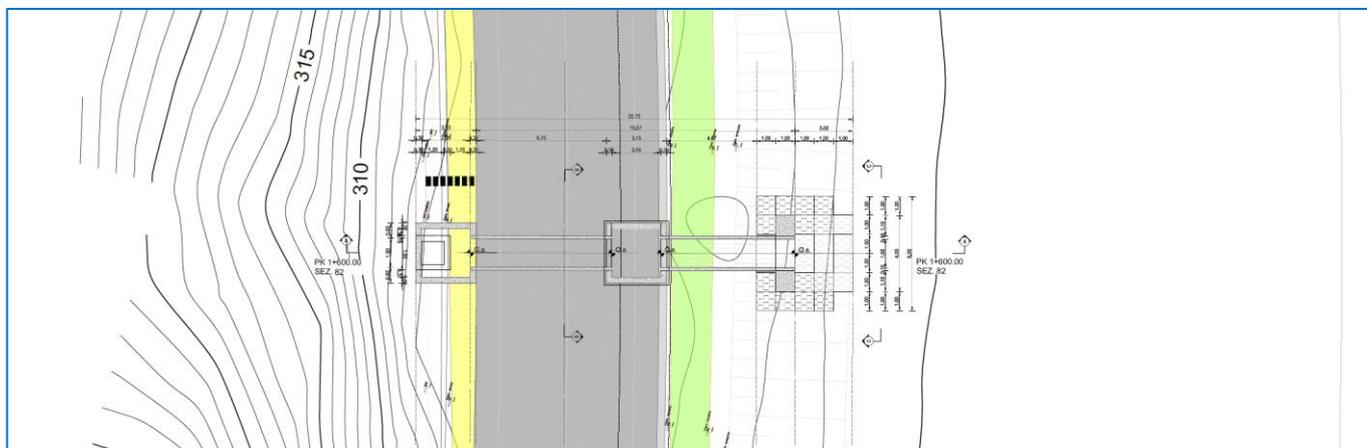
Ambedue questi elementi convergono in un grosso pozzetto di monte sagomato all'uopo previsto.

Sul lato di valle è invece prevista la realizzazione di una cameretta in cemento armato a pianta quadrata nella quale convergono esclusivamente i collettori di raccolta delle acque di piattaforma posti sul lato di valle dell'infrastruttura. Tale cameretta è anche deputata alla realizzazione di un salto del collettore Ø1500 ove necessario (in caso di elevato dislivello tra strada carrabile e pista ciclabile in terra).

Ambedue i manufatti sopra descritti sono previsti realizzati in opera in c.a. e sono completamente invisibili dal punto di vista paesaggistico

Il manufatto di sbocco lato Nera è invece stato previsto in gabbioni (provisto comunque di un setto / taglione in c.a. per la stabilità della zona di sbocco) così da assicurare un gradevole inserimento paesaggistico dell'opera.

Qui a seguire si riporta uno stralcio di un tombino esemplificativo



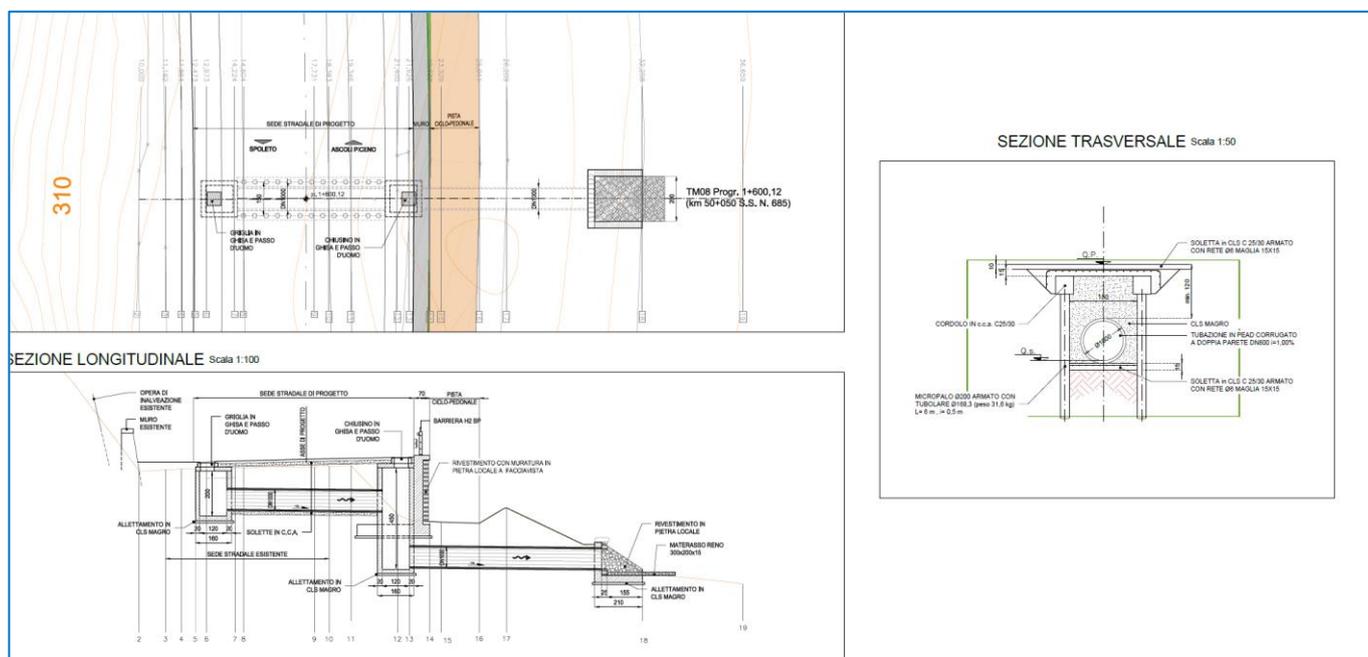
Il collettore Ø1500 previsto in c.a.v. con giunti a spessore, è previsto realizzato con scavo a sezione obbligato e rinfiancato in materiale selezionato comunque conforme per la realizzazione dei rilevati stradali.

A livello cantieristico è stata prevista un'apposita sequenza trasversale utile a consentire il mantenimento del transito (a senso unico alternato) lungo l'infrastruttura in esame.

I tombini sono stati confermati sostanzialmente nella posizione di quelli attuali (leggermente spostati per evitare che in fase cantieristica venga a mancare la necessaria trasparenza idraulica) e nella sostanza confermati rispetto alle previsioni del progetto di fattibilità tecnico economica)

Rispetto al livello progettuale precedente i collettori sono però stati aumentati di diametro (il preliminare prevedeva il ricorso a tubazione Ø1000 / Ø800) in conformità ai più moderni orientamenti progettuali e normativi al fine di garantire un adeguato franco e l'ispezionabilità delle opere.

La modifica del diametro ha comportato altresì la modifica del materiale in quanto si è privilegiato l'utilizzo di elementi in c.a.v. prefabbricati. Tale scelta consente anche di realizzare più comodamente i manufatti secondo un'adeguata sequenza trasversale.

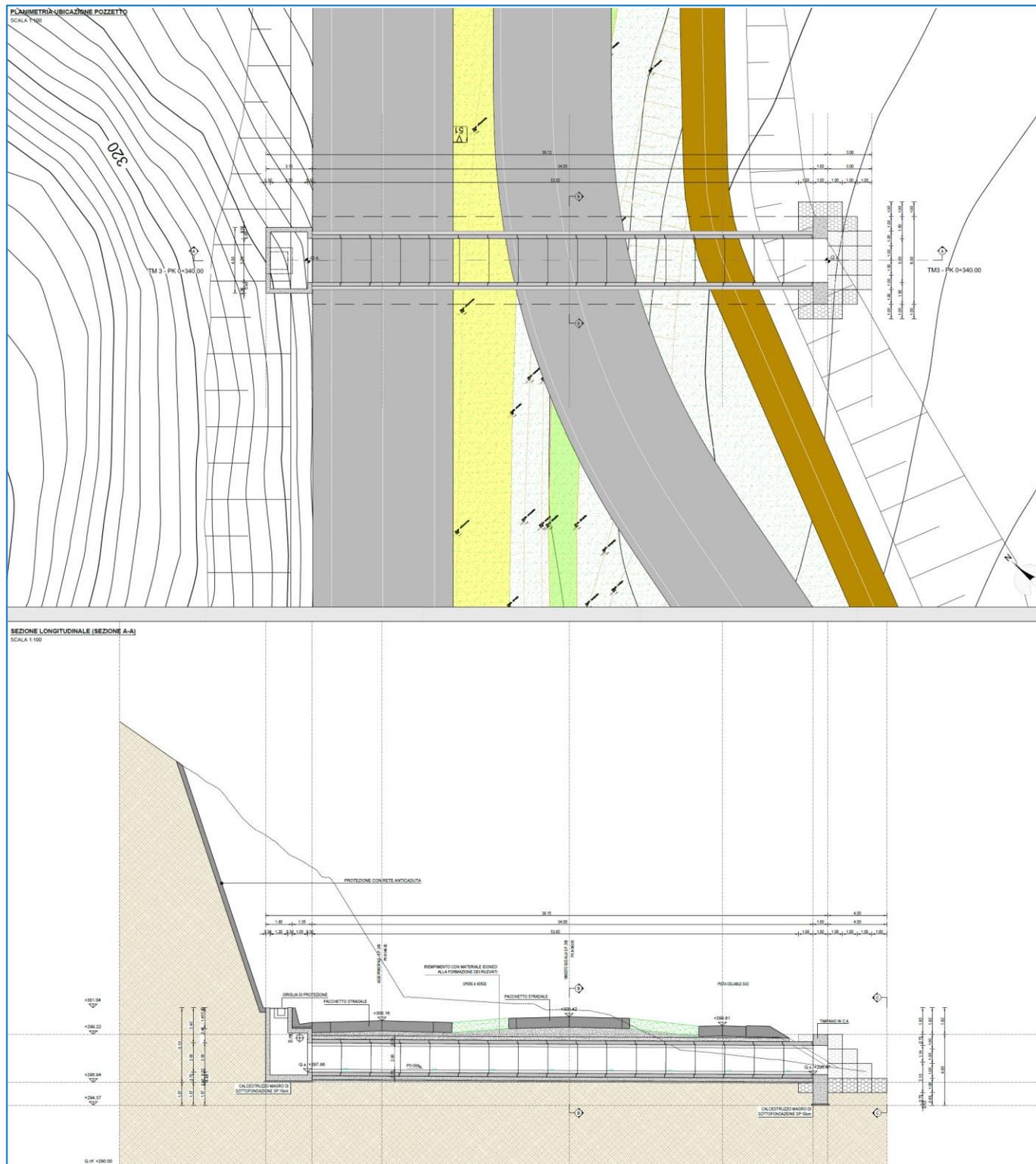


Vengono altresì eliminate tutte le opere provvisorie previste.

2.4.2 IL TOMBINO SCATOLARE

In corrispondenza della sezione alla progressiva 0+340 è prevista la realizzazione di un tombino scatolare il quale attraversa sia la viabilità di progetto che il ramo di svincolo di riconnessione alla viabilità locale di accesso al cimitero sia la pista ciclabile in terra di nuova realizzazione.

E' stata prevista la messa in opera di una struttura prefabbricata a conci in c.a.v. per velocizzare le attività di cantiere e minimizzare l'impatto ambientale in fase di costruzioni. Vengono infatti minimizzati i rischi di inquinamento del limitrofo Fiume Nera.

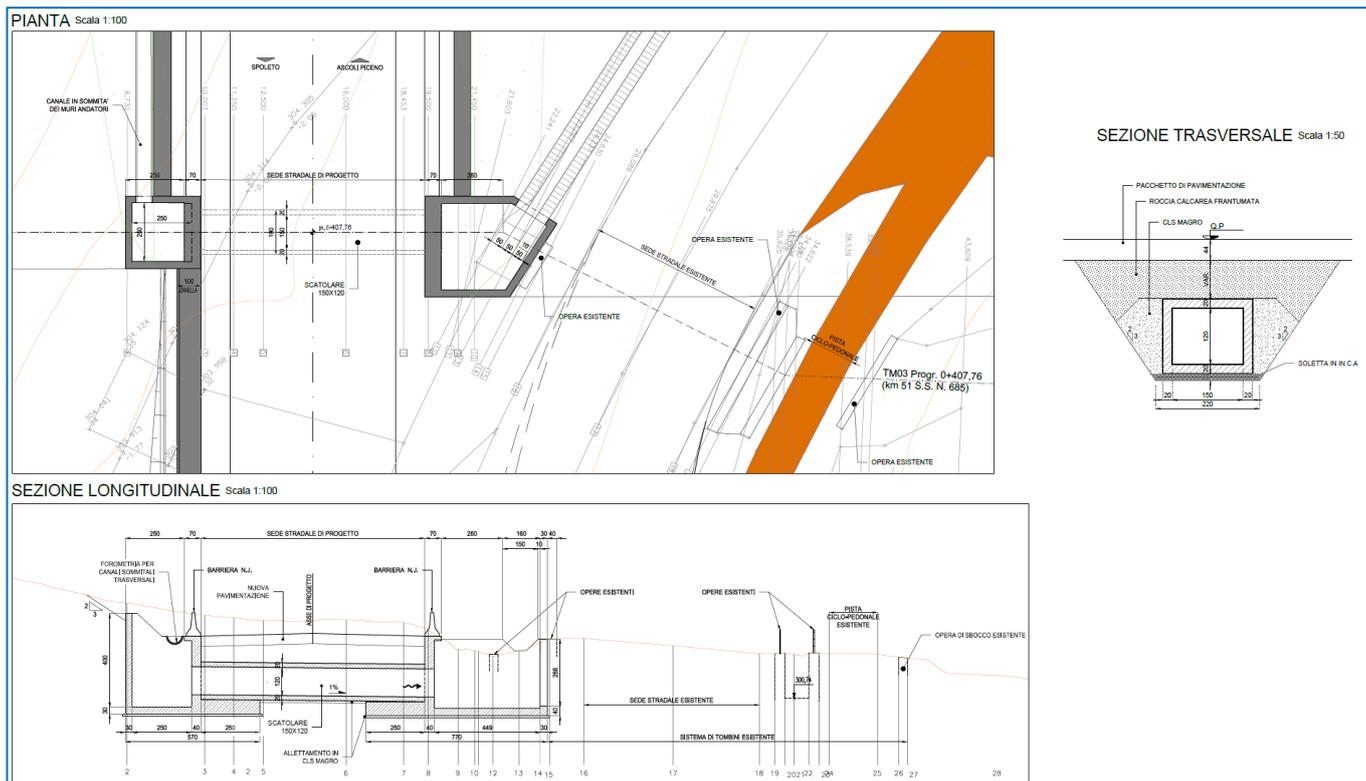


L'opera è prevista fondata su una soletta longitudinale di ripartizione armata con doppio strato di rete elettrosaldata utile a evitare cedimenti differenziali fra i conci.

I manufatti di imbocco e sbocco presentano caratteristiche assolutamente analoghe a quelle già descritte per i tombini circolari.

Lo scatolare è poi previsto rinfiancato in misto cementato per minimizzare i rischi di cedimenti differenziali del manto stradale sovrastante.

Rispetto alla previsione del progetto di fattibilità tecnico-economica tale opera è stata nella sostanza confermata al netto di un incremento delle dimensioni utile a consentire le attività di manutenzione del manufatto stesso.



L'opera è stata inoltre leggermente riposizionato verso sud attraversando tutte le 3 sedi viarie e ciclabili presenti. Tale modifica si è resa necessaria anche in considerazione dell'introduzione dei muri a "U" in approccio alla galleria naturale

2.4.3 IL PONTICELLO ALLA PROGRESSIVA 1+315

Allo stato attuale l'infrastruttura viaria scavalca l'unico impluvio significativo presente nella tratta attraverso un manufatto ad arco di luce pari a circa 6m.

Al fine di garantire il completo adeguamento della tratta viaria in esame dal punto di vista strutturale e sismico, il progetto ne ha previsto il completo rifacimento con una struttura in cemento armato gettata in opera di tipo scatolare. Il rifacimento dell'opera idraulica interessa esclusivamente la carreggiata viaria mentre a valle, sotto la pista ciclabile in terra, non sono stati previsti interventi di sorta sul manufatto esistente.

2.5 LE OPERE DI SOSTEGNO

Lungo il lato di valle dell'infrastruttura a nord della galleria naturale è stata prevista la realizzazione di un lungo muro di sostegno a mensola (realizzato in cemento armato gettato in opera) e rivestito in pietra locale di separazione tra la viabilità in progetto e l'esistente pista ciclabile in terra.

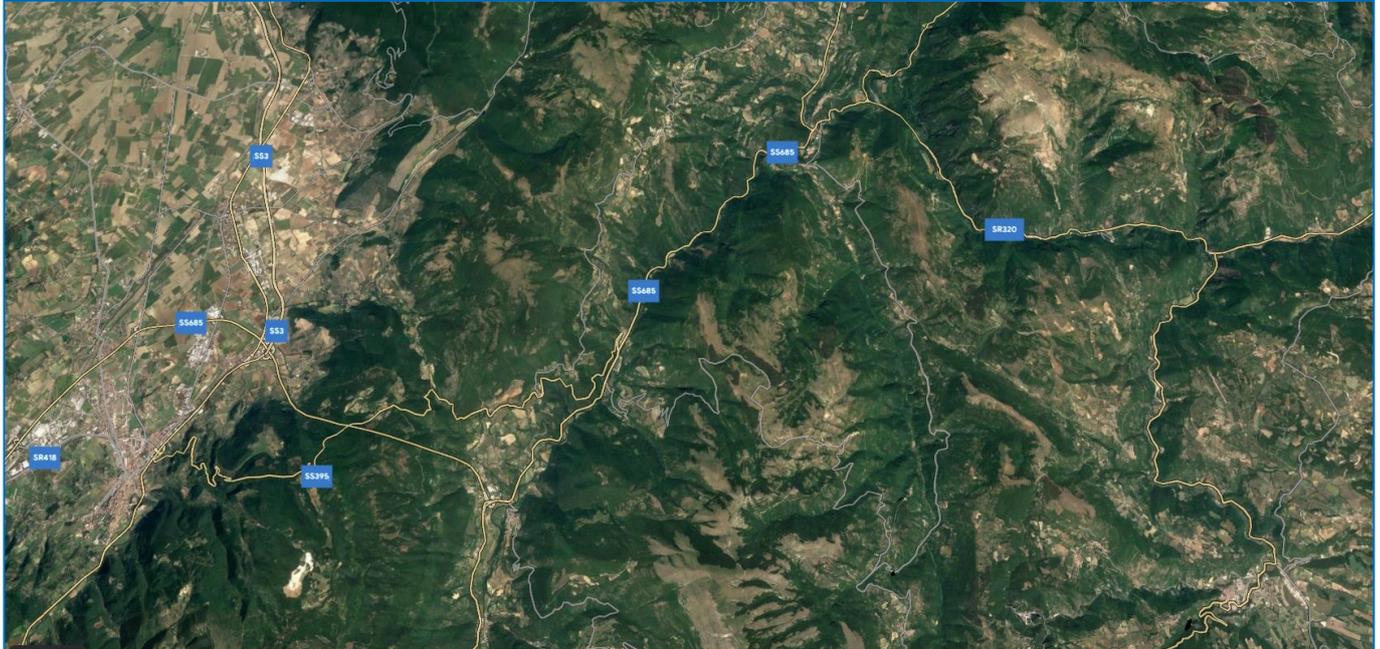
Tale muro segue di fatto le previsioni progettuali del progetto di fattibilità tecnico economica e prevede in testa un cordolo sommitale utile ad alloggiare le barriere laterali bordo ponte.

3 DEFINIZIONE STATO ATTUALE

3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E INFRASTRUTTURALE

La S.S. 685 svolge un importante ruolo di collegamento nord-sud tra la S.S:3 e la S.S.7

Non sono presenti localmente alternative di tracciato con caratteristiche prestazionali significative se non la stessa S.S.3 molto più a ovest



Il traffico pesante che grava sulla S.S:685 è comunque molto elevato.

Di tali fattori si è tenuto conto nella cantierizzazione evitando di prevedere chiusure dell'infrastruttura.

3.2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Gli strumenti pianificatori e programmatici vigenti nell'ambito territoriale di studio sono indicati dalla vigente legge regionale 1/2015 e smi "Testo unico Governo del territorio e materie correlate" che individua. A livello di scala locale lo strumento urbanistico è il Piano Regolatore Generale (PRG) il cui impianto è ripartito in:

- PRG – parte strutturale – di dimensione strategica e programmatica
- PRG – parte operativa – di dimensione regolativa

Il progetto della S.S.685 "Delle Tre Valli Umbre" insiste sul territorio di due comuni: Vallo di Nera e Sant'Anatolia di Narco, dotati di Programmi di Fabbricazione con cui vengono pianificati i rispettivi territori di competenza.

Comune di Vallo di Nera

La Variante del Programma di Fabbricazione (PdF) del Comune di Vallo di Nera è approvata con Decreto del Presidente della Giunta Regionale n. 1478 del 10/04/1975 ed ha l'obiettivo di disciplinare le trasformazioni del territorio e di fornire una pianificazione urbanistica essenziale focalizzata sui centri abitati e le zone di espansione degli stessi attraverso: la disciplina dei limiti di ciascuna zona del territorio comunale, l'individuazione di diverse tipologie edilizie e la definizione di eventuali direttrici di espansione urbane.

Il PdF di Vallo di Nera si compone di:

- Regolamento edilizio e norme di attuazione

- Elaborati grafici dei centri abitati

La disciplina del PdF è definita dal combinato disposto delle previsioni di testo e di quelle grafiche contenute negli elementi di cui sopra; il territorio comunale viene suddiviso nelle seguenti zone omogenee ai sensi dell'art.17 della Legge 765 e del D.M. 2/4/1968:

- A - complessi di carattere ambientali
- B - zone di ristrutturazione e completamento
- C - zone di nuovi insediamenti residenziali
- D - zone per impianti industriali e artigianali
- E - zone agricole
- F - zone per attrezzature ed impianti di interesse generali
- F¹ - verde

Come si evince dallo stralcio, sviluppato a partire dal Foglio 20 "Località Borbonea" dell'elaborato grafico del PdF di Vallo di Nera, l'intervento in oggetto attraversa una zona E, ovvero in una zona agricola.

Le zone E, ricadenti nelle parti di territorio destinato ad usi agricoli, come specificato nel capitolo terzo "Norme di attuazione" del Regolamento edilizio, disciplinano la costruzione di complessi agricoli e produttivi, i limiti di densità edilizia e la salvaguardia dell'aspetto del suolo nonché la tutela degli alberi in base alle norme regolamentari previste dalla Regione Umbria.

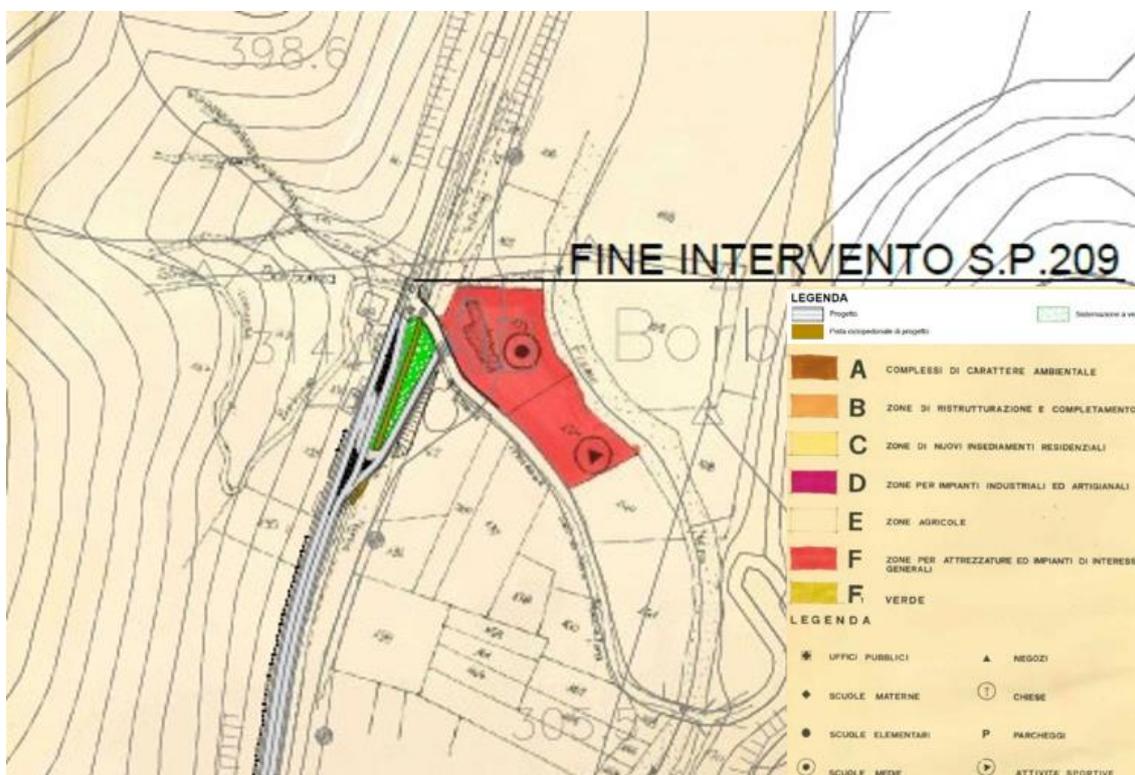


FIGURA 3-1 STRALCIO DEL FOGLIO 20 CONTENUTO NEGLI ELABORATI GRAFICI DEL PROGRAMMA DI FABBRICAZIONE DI VALLO DI NERA "LOCALITÀ BORBONEA" IN RAPPORTO ALL'INTERVENTO

A completamento dell'analisi appena effettuata, è necessario aggiungere che il Regolamento Edilizio, all'art. 21, fornisce alcune disposizioni a tutela del nastro stradale tramite:

- La definizione delle distanze minime dal nastro stradale ed in corrispondenza degli incroci
- La definizione del ciglio stradale
- La distinzione delle strade in:
 - Autostrade
 - Strade di grande comunicazione
 - Strade di media importanza
 - Strade di interesse locale
- Gli interventi edificatori consentiti nelle zone di rispetto delle strade

Comune di Santa Anatolia di Narco

La Variante del Programma di Fabbricazione (PdF) del Comune di Sant'Anatolia di Narco è approvata con Determinazione Dirigenziale della Regione Umbria n. 5653 del 23/07/1999 ed ha l'obiettivo di disciplinare, nell'ambito del territorio comunale, l'esecuzione di interventi urbanistici e edilizi, nonché ogni attività incidente sull'assetto urbano e territoriale, nel rispetto della normativa statale e regionale vigente ed in attuazione della pianificazione urbanistica generale attuativa.

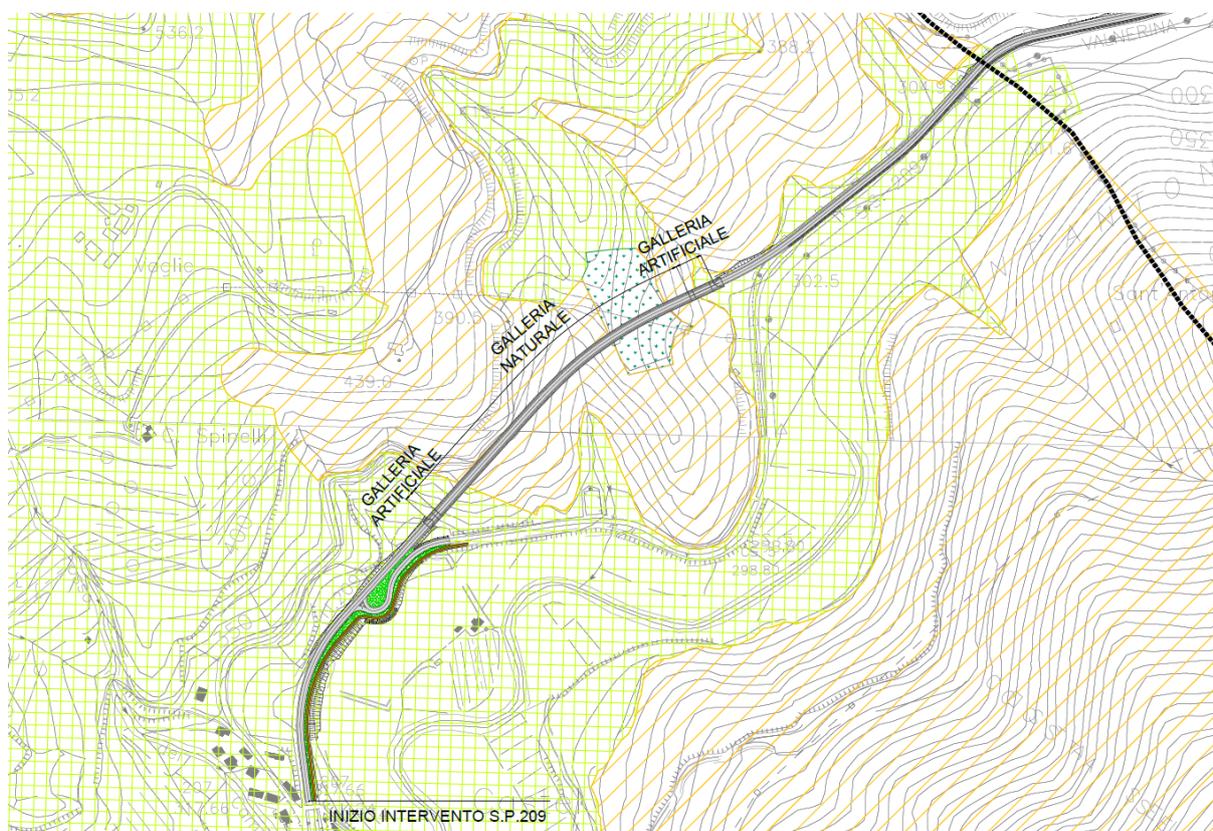
Il PdF di Sant'Anatolia di Narco si compone di:

- Regolamento edilizio e norme tecniche di attuazione del Programma di Fabbricazione Comunale
- Elaborati grafici

La disciplina del PdF è definita dal combinato disposto delle previsioni di testo e di quelle grafiche contenute negli elementi di cui sopra; in particolare l'Allegato tre delle norme tecniche del PdF, definisce le norme prescrittive e le modalità per la trasformazione edilizia, urbanistica e ambientale del territorio del Comune di Sant'Anatolia di Narco individuando i seguenti elementi areali omogenei:

- A – Zone a carattere storico ambientale
- B – Zone residenziali di completamento
- C – Zone residenziali di espansione
- V – Zone a verde
- P(n-x) - R – Categorie a destinazione prevalentemente produttiva
- A(x) – S – N – Aree a prevalente destinazione a servizi
- P(x) – Aree a parcheggi pubblici attrezzati
- F(x) – Categorie del patrimonio ambientale di rispetto
- G(x) – Categorie del patrimonio geomorfologico
- P(n) – Categorie del patrimonio paesistico
- E(n) – Categorie del patrimonio agricolo

Gli elementi sopra elencati sono, nella maggior parte dei casi, articolati ulteriormente in sottozone in base ai caratteri peculiari di ciascun'area individuata.



Programma di Fabbricazione Comune di Sant'Anatolia di Narco⁽²⁾

-  E₀ - ZONE AGRICOLE SPECIALI
-  E₁ - ZONE AGRICOLE AD ALTA PRODUTTIVITA'(SEMINATIVI - ORTI - ULIVETI)
-  E₂ - ZONE AD AGRICOLTURA SEMI-ESTENSIVA E O SEMI-ESTENSIVA (SEMINATIVI)
-  E₃ - ZONA AD AGRICOLTURA ESTENSIVA E AD ATTIVITA' AGRO-ZOOTECNICA (pascolo o incolte)
-  E₄ - ZONE BOSCADE O IN RIMBOSCHIMENTO

FIGURA 3-2 STRALCIO DELL'ELABORATO P1/A DELLA VARIANTE GENERALE AL PROGRAMMA DI FABBRICAZIONE DI SANT'ANATOLIA DI NARCO IN RAPPORTO ALL'INTERVENTO

Come si evince dallo stralcio, sviluppato a partire dall'elaborato P1/A "Categorie del patrimonio agricolo territoriale" del PdF di Sant'Anatolia di Narco, l'intervento in oggetto ricade in una zona E₂.

Le zone E, definite dall'art.132 delle Norme Tecniche di Attuazione del PdF in oggetto, riguardano le aree destinate all'esercizio dell'attività agricola non soggette a particolari limitazioni per cause indipendenti da detta attività; le NTA di cui sopra disciplinano, oltre alla manutenzione ordinaria e straordinaria degli edifici esistenti, anche la ristrutturazione e l'ampliamento degli stessi nonché la realizzazione di nuovi fabbricati e manufatti annessi. Nel caso specifico, le zone E₂ sono definite come zone ad agricoltura semi - intensiva o semi - estensiva e sono costituite da aree agricole non destinate all'attività agricola puramente intensiva.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO E IDROLOGICO

Le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche di questa parte del territorio di Vallo sul Nera (in provincia di Perugia) sono state dedotte dalle seguenti fonti:

- Elaborati geologici facenti parte del "Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica", consistenti nei seguenti documenti:

T 0 3 GE 0 1 GEO RE 0 1 B	Relazione geologica
T 0 3 GE 0 1 GEO RE 0 2 B	Raccolta delle indagini
T 0 3 GE 0 1 GEO RE 0 3 B	Raccolta schede di rilevamento
T 0 3 GE 0 1 GEO PU 0 1 B	Planimetria ubicazione indagini
T 0 3 GE 0 1 GEO CG 0 1 B	Carta geologica
T 0 3 GE 0 1 GEO CG 0 2 B	Carta geomorfologica
T 0 3 GE 0 1 GEO CI 0 1 B	Carta idrogeologica
T 0 3 GE 0 1 GEO FG 0 1 B	Profilo geologico longitudinale
T 0 3 GE 0 1 GEO SG 0 1 B	Sezioni geologiche trasversali

- Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 336 "Spoleto" (ISPRA)
- Note Illustrative al Foglio 336 Spoleto della Carta Geologica d'Italia (ISPRA)
- Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Centrale . Piano Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo delle Marche – "Carta del Rischio Idrogeologico" – Scala 1:10.000
- IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (ISPRA)
- Regione Umbria, Servizio Geologico e Sismico
- Regione Umbria – Servizio Geologico e Sismico – Carta Idrogeologica della Regione Umbria – Scala 1:100.000
- Regione Umbria – Piano di tutela delle Acque
- Autorità di Bacino del Fiume Tevere . Piano Assetto Idrogeologico (PAI)– Scala 1:10.000
- IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (ISPRA)

5.1 INQUADRAMENTO TETTONICO GENERALE

Per la descrizione delle strutture tettoniche e della geologia regionale si fa riferimento a quanto riportato Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 336 "Spoleto".

I lineamenti geotettonici dell' Appennino centrale sono essenzialmente individuabili in elementi strutturali di compressione, dovuti alla genesi tettonica della catena appenninica, che si è verificata nel territorio in esame dal Serravalliano al Messiniano/Pliocene Inferiore.

L'Appennino umbro-marchigiano deriva dalla deformazione di differenti domini paleogeografici e deposizionali disposti sul basamento della Placca adriatica: il Dominio toscano, il Dominio umbro-marchigiano ed il Dominio laziale-abruzzese. La paleogeografia di tali domini prima dell'inizio della deformazione è schematizzata nella Figura 3.1¹, ove sono indicati i fronti di accavallamento tettonico della Falda toscana, del Cervarola, di Olevano-Antrodoco-Monti Sibillini (OAMS) e del Gran Sasso (SG); nella Figura 3.2² viene mostrata la configurazione attuale delle unità tettoniche derivate dai suddetti domini deposizionali, in cui i cerchi rossi individuano principali apparati vulcanici quaternari dell'Umbria.

L'assetto strutturale di questa parte dell'Appennino è schematizzabile come una sovrapposizione di falde tettoniche separate da sovrascorrimenti.

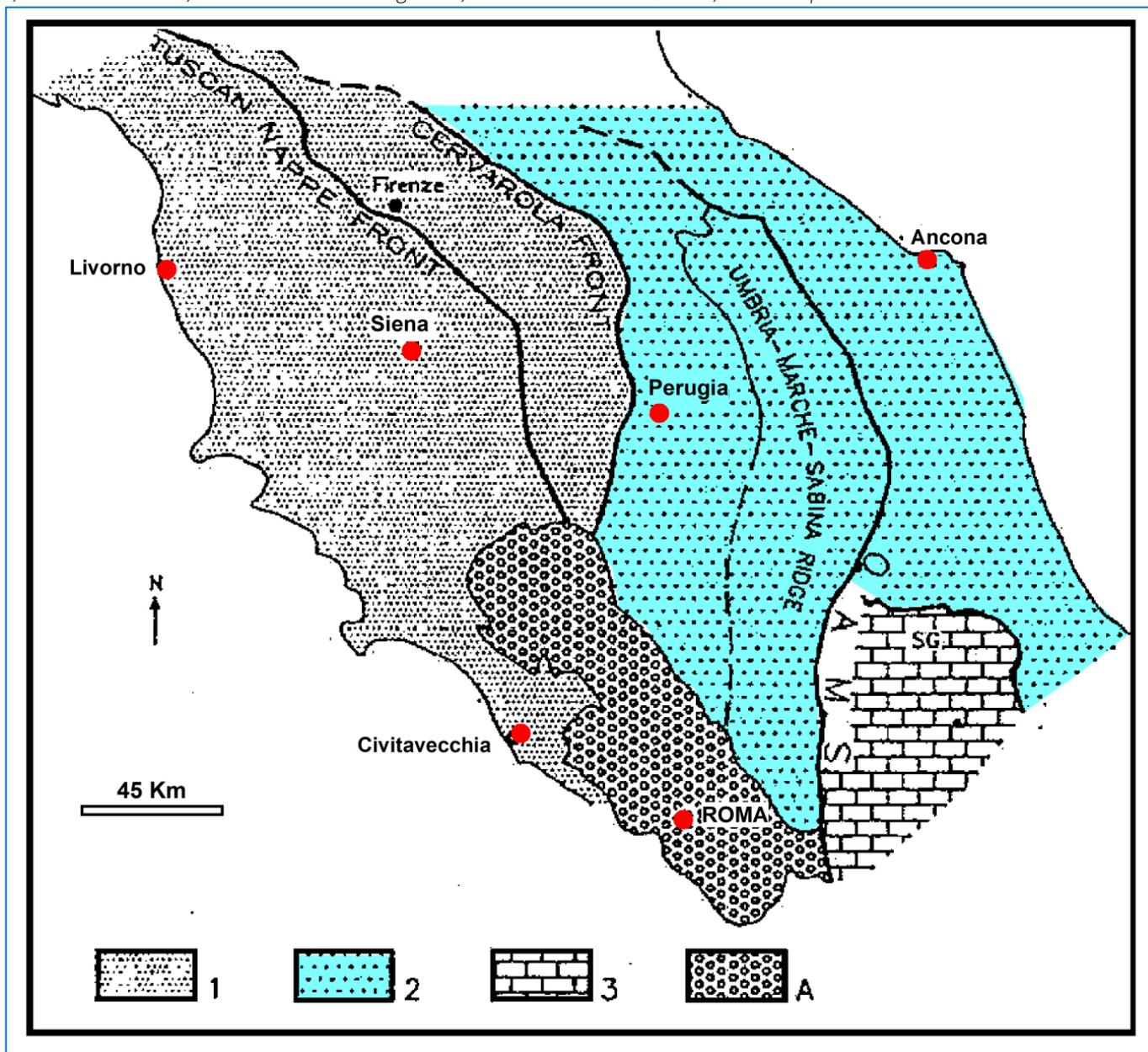
Il tema generale è la sovrapposizione di scaglie tettoniche, derivate dalla deformazione della copertura sedimentaria meso-cenozoica attraverso alcune superfici di accavallamento primarie (Cervarola, Narnese-amerina, M.ti Sabini, Olevano- Antrodoco-M.ti Sibillini, Gran Sasso, Laga e Struttura costiera) e molte altre secondarie. Il fronte di sovrascorrimento più interno (Cervarola) è coperto dalle vulcaniti quaternarie laziali, mentre i fronti più esterni (Laga e Strutture costiere) sono sepolti sotto la spessa coltre di sedimenti plio-quaternari del Bacino periadriatico. I sovrascorrimenti sono sempre associati a pieghe antiformali e sinformi; per esempio, nella Dorsale umbro-marchigiana, che corrisponde anche alla massima elevazione della catena, le formazioni mesozoiche sino al Calcare Massiccio affiorano al nucleo di anticlinali smantellate dall'erosione. Dal Pliocene la tettonica estensionale e transtensiva ha generato nel settore umbro una serie di ampie fosse, colmate di sedimenti fluvio-lacustri, come la Valtiberina e la Valle Umbra. I sistemi di faglie normali sono più recenti man mano che ci si sposta verso oriente, come indicato dalla serie di conche intramontane quaternarie, sismicamente molto attive, poste all'interno della Dorsale umbro-marchigiana (Gubbio, Gualdo Tadino, Colfiorito, Norcia, Cascia e Leonessa).

¹ Tratta e ridisegnata da "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano - Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università di Siena", 2014

² Tratta e ridisegnata da "Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco-Umbro-Marchigiano - Dipartimento di Scienze Fisiche, della Terra e dell'Ambiente - Università di Siena", 2014

Figura 3.1 - Attuale configurazione dei domini sedimentari nell'area umbro-marchigiana.

1) Dominio toscano 2) Dominio umbromarchigiano 3) Dominio laziale-abruzzese A) Vulcaniti quaternarie.



Il suddetto schema tettonico è complicato dalla presenza di sistemi di faglie distensive, derivanti dall'evoluzione post-orogena; inoltre diversi dati, stratigrafici e strutturali, indicano anche la presenza di importanti dislocazioni sinsedimentarie di età miocenica, anch'esse come le prime, a prevalente componente normale del movimento, che rendono particolarmente complessa l'evoluzione preorogena e la successiva strutturazione compressiva di questo settore del margine afro-adriatico.

Nella Figura 3.3 è riportato uno schema strutturale, tratto dalla carta Geologica del Foglio 336 "Spoleto", in cui l'area in studio è ubicata nell'ambito dell'Unità tettonica del Coscerno.

Uno schema delle vicende tettoniche di questa parte del territorio non è affrontabile sic et simpliciter nell'ambito del presente studio, giacchè richiederebbe richiami di geologia regionale e generale che esulano dagli scopi del presente lavoro; tuttavia si riassumono le fasi tettoniche che hanno interessato l'Appennino Centrale dal Giurassico in poi.

5.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

5.2.1 CENNI DI GEOLOGIA REGIONALE

Per la descrizione delle caratteristiche geologiche di questa parte del territorio in questa sede si fa espresso riferimento alle "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla Scala 1:50.000 - Foglio 336 "Spoleto", di cui si riportano alcuni concetti fondamentali e la sintesi di alcuni brani della parte descrittiva.

Nella zona dell'Appennino Centrale contemporaneamente alla fase tettonica compressiva che investe l'area di avampaese, le zone di retropaese vengono interessate da collasso tettonico, responsabile dello sviluppo di bacini sedimentari controllati da processi tettonici estensionali. In un tale contesto geodinamico, quindi, si sviluppa un sistema distensione-compressione in migrazione verso l'avampaese (Sartori, 1990; Patacca et alii, 1992a; Cavinato & De Celles, 1999; Cipollari et alii, 1999).

In Appennino Centrale gli effetti della migrazione del sistema distensione compressione sono registrati nell'assetto stratigrafico-strutturale delle unità tettoniche affioranti. Qui, come in tutti gli altri settori della catena appenninica è, infatti, possibile distinguere:

- a) una fase pre-orogena;
- b) una fase sin-orogena;
- c) una fase post-orogena.

Nel corso della fase pre-orogena, il settore coinvolto nella catena dell'Appennino centrale era caratterizzato da una paleogeografia dominata da sistemi piattaforma-bacino (Ciarapica, 1990; Ciarapica & Passeri, 2002; Bosellini, 2004). La tettonica medio-liassica, responsabile di questo assetto paleogeografico, in seguito allo smembramento di una paleopiattaforma appenninica (Norico-Lias inferiore), ha, inoltre, determinato lo sviluppo, nei domini bacinali, di Piattaforme Carbonatiche Pelagiche (PCP, sensu Santantonio, 1993) (Chiocchini et alii, 1975; Cosentino et alii, 1982; Galluzzo & Santantonio, 1994; Santantonio et alii, 1996; Galluzzo & Santantonio, 2002; Cosentino et alii, 2006). Le successioni stratigrafiche coinvolte nella strutturazione dell'Appennino centrale appartengono, quindi, a domini pelagici, di piattaforma carbonatica.

Nella fase sin-orogena, il settore appenninico centrale venne interessato dalla migrazione del sistema catena-avanfossa-avampaese, che costituisce una fase in cui si passa da una sedimentazione prevalentemente carbonatica, che caratterizza la successione pre-orogena, ad una silicoclastica torbidity tipica di bacini di avanfossa.

Il territorio in studio, tra l'Appennino settentrionale e quello centrale, comprende il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino a ovest ed il Dominio della Laga a est, attualmente separati dal sovrascorrimento Olevano-Antradoco-M. ti Sibillini che attraversa l'intera area in senso circa meridiano; la loro genesi ed evoluzione fino all'assetto attuale è riconducibile a fasi differenti dell'intera evoluzione dell'Appennino centro-settentrionale. Quest'ultima a sua volta è legata a quella del margine continentale della (micro)placca Adria soggetta a varie fasi più o meno intense di tettonica distensiva tra il Triassico ed il Paleogene e successivamente ai processi tettonici di flessurazione e orogenici determinati dalla convergenza della placca europea e di quella africana.

Il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino è caratterizzato da una successione sedimentaria di piattaforma carbonatica e di bacino pelagico, di età Triassico superiore-Miocene p.p. La variabilità di facies verticale e laterale e i rapporti stratigrafici e strutturali documentano l'evoluzione del margine passivo determinata da fasi tettoniche prevalentemente distensive, dal rifting Sinemuriano alla flessurazione miocenica e da processi e eventi ambientali, oceanografici ed eustatici registrati a scala globale e regionale. Il Dominio della Laga, invece, si è evoluto a partire dal Miocene superiore nell'ambito di un contesto di un bacino di avanfossa antistante la catena appenninica in via di sollevamento.

L'assetto attuale è dovuto all'orogenesi Appenninica, processo cominciato nell'Oligocene, legato alla migrazione verso est del sistema catena-bacino di avampaese; attraverso lo sviluppo di sovrascorrimenti in piggy-back sequence e fuori sequenza, sono stati progressivamente coinvolti nella catena i diversi settori della placca adriatica, che risultano oggi impilati in diverse unità strutturali dall'interno verso l'esterno con polarità verso NE ed E. In questo quadro, il Dominio Umbro-Marchigiano-Sabino viene coinvolto nella catena a partire dal Tortoniano Superiore, mentre nel Messiniano il bacino della Laga costituisce l'avanfossa e viene coinvolto in catena nel Pliocene inferiore. Uno schema geologico interregionale molto esplicativo si rinvia nella "Carta geologica dell'Appennino Settentrionale - Regioni Emilia Romagna, Marche, Toscana ed Umbria", pubblicato dalla sinergia delle suddette regioni, dell'Università di Siena e del centro di GeoTecnologie di Siena, in scala 1:250.000. di cui si riporta uno stralcio che comprende il tratto di territorio in esame in Figura 5.1.

Figura 5.1 – Stralcio dello schema di geologia interregionale



Le singole unità stratigrafiche affioranti in base all'insieme dei loro caratteri sono riferibili ai seguenti cinque tipi di successioni:

- a) marina di piattaforma carbonatica (preorogena) sedimentatasi nel Lias inferiore p. p. su di una area interregionale vastissima in un ambiente di profondità ridotta; è rappresentata solo dal calcare massiccio;
- b) marina essenzialmente carbonatica (preorogena) sviluppatasi su di un margine passivo- dal Lias inferiore p. p. fino a parte del Burdigaliano, talora con discontinuità di sedimentazione. In letteratura questa successione è nota come "umbro-marchigiana". A causa di una intensa fase tettonica distensiva iniziata sul finire del Lias inferiore, la piattaforma carbonatica si è disarticolata e smembrata, sprofondando con modalità differenti da luogo a luogo. Si è venuta, così, a creare una serie di alti e di bassi morfologico-strutturali i quali determinano, durante l'intervallo Liassico medio-Malm, anche nell'ambito della stessa unità litostratigrafica, la diversificazione sia dei litotipi che degli spessori.
- c) marina silicoclastica sedimentatasi -essenzialmente per processi di torbida, a partire dall'alto Miocene inferiore (Burdigaliano p. p.) fino a tutto il Miocene medio (alto Serravalliano)- parte in un bacino di avanfossa e parte in un thrust-top-basin;
- d) continentale lacustre di età plio-pleistocenica (complessivamente corrisponde all'ex "ciclo Villafranchiano" dei vecchi A. A.) che costituisce la sedimentazione postorogena unitamente alla seguente successione (e);
- e) continentale fluviale con saltuari episodi da lacustri a palustri, di età pleistocenico- olocenica.

5.2.2 GEOLOGIA DELL'AREA IN STUDIO

Per il tratto di territorio studiato la distribuzione areale delle formazioni geologiche affioranti è stata cartografata su base topografica in scala 1:5.000 (cfr. Carta Geologica allegata), con riferimento alla Carta Geologica d'Italia Foglio 336 "Spoleto", in scala 1:50.000. Il dettaglio è stato prodotto in un'altra carta geologica in scala 1:2.000 su apposito rilievo limitatamente alla fascia di territorio in esame.

In ambedue le carte sia la simbologia che la descrizione adottate per ciascuna delle formazioni sono dedotte dai suddetti elaborati.

Le formazioni geologiche che ricadono nell'area di stretto interesse sono, dalle più recenti alle più antiche riportate nelle legende delle carte geologiche sopra elencate e di seguito descritte.

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

- a₁**  **Depositi di frana**
Deposito in assetto caotico sia attivi, con segni di evoluzione, che stabilizzati, a granulometria variabile - Pleistocene (?) - Olocene
- a₃**  **Detriti di falda**
Depositi detritici di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, generalmente sciolti o debolmente cementati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati - Pleistocene (?) - Olocene
- b**  **Depositi alluvionali**
Depositi detritici alluvionali in corrispondenza degli alvei o da "debris flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa rossastra e con accenni di stratificazione, costituenti antiche conoidi, anche attivi, allo sbocco di valli secondarie Pleistocene (?) - Olocene
- b₂**  **Coltre detritico-colluviale**
Depositi essenzialmente fini con subordinati clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto (eluvium) o trasportati in massa e/o per ruscellamento diffuso (colluvium) presenti sui versanti o sul fondo delle vallecole minori. Pleistocene (?) - Olocene
- bn**  **Depositi alluvionali terrazzati**
Depositi fluviali a prevalenti ghiaie da sciolte a variamente cementate con intercalazioni di lenti di sabbie bruno giallastre, di limi ed argille grigie. Rappresentano il colmamento di valli successivamente reincise. Pleistocene - Olocene

a₁ – Si tratta di depositi di frana con struttura caotica, sia attivi, con evidenti segni di evoluzione, sia stabilizzati; hanno a granulometria variabile e sono riferibili al Pleistocene (?) – Olocene; si rinvengono sia sulle versanti sinistro che destro, a varie quote e ricoprono aree molto vaste, come nei versanti a ridosso dell'abitato di Vallo della Nera.

a₃ – Costituiscono le coperture detritiche che ricoprono parte dei versanti; si tratta di detriti di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, generalmente sciolti o debolmente cementati,

in accumuli massivi o grossolanamente stratificati, ascrivibili al Pleistocene (?) – Olocene; si rinvencono in ambedue i versanti, a varie quote, con distribuzioni areali molto estese;

b – Depositi alluvionali; costituiscono dei sedimenti alluvionali in corrispondenza degli alvei o da "debris flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa rossastra e con accenni di stratificazione, costituenti antiche conoidi, anche attivi, allo sbocco di valli secondarie, anch'essi riferibili al periodo Pleistocene (?) – Olocene; occupano le pianure alluvionali del Fiume Nera e degli affluenti in destra e sinistra, alla cui confluenza si rinvencono estese formazioni di conoidi ad analoga composizione litologica e granulometrica;

b2 - Coltre detritico-colluviale, data essenzialmente da sedimenti fini con subordinati clasti di varie dimensioni, provenienti dal disfacimento delle rocce del substrato, accumulati sul posto (eluvium) o trasportati in massa e/o per ruscellamento diffuso (colluvium) presenti sui versanti o sul fondo delle vallecicole minori; ascrivibili al Pleistocene (?) – Olocene, sono presenti in una vallecicola nel versante in destra orografica sovrastante l'abitato di Castel S. Felice;

bn - depositi alluvionali terrazzati, a prevalenti ghiaie da sciolte a variamente cementate con intercalazioni di lenti di sabbie bruno giallastre, di limi ed argille grigie. Rappresentano il colmamento di valli successivamente reincise; ascrivibili al Pleistocene – Olocene; sono presenti in un piccolo affioramento nel versante in destra orografica a quota m 366, circa m 50 più in alto rispetto al fondovalle.

SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

SUCCESSIONI CONTINENTALI PLIO-PLEISTOCENICHE

MNS_a  **Sistema di Monteleone Sabino**
Depositi ruditici ad elevato grado di cementazione, molto grossolani, in strati da spessi ad estremamente spessi, di colore grigio-biancastro, di probabile ambiente fluvio-deltizio. Talora con accenni di stratificazione incrociata.
Pleistocene Inferiore - Medio

MNS_a – *Sistema di Monteleone Sabino*; si tratta di una formazione ruditica molto grossolana, disposta in strati molto spessi, di colore grigio-biancastro, probabilmente di ambiente originario fluvio-deltizio, come sembra testimoniare la locale stratificazione incrociata; appartengono al Pleistocene Inferiore Medio.

DOMINIO UMBRO – SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

DOMINIO UMBRO SUCCESSIONE MARINA PELAGICA

BIS		Bisciaro Calcarei marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongari, etc.. Aquitano Inferiore - Burdigaliano
SCC		Scaglia Cinerea Marne e marne argillose grigio-verdi o grigio cenere alternate alla base con calcari marnosi grigi in strati in genere sottili (10 - 30 cm) interessati da numerosi piani di taglio. Localmente intercalazioni di calcareniti grigie in strati di 10 - 60 cm. Eocene Superiore - Aquitano Inferiore
VAS		Scaglia Variegata Calcarei marnosi rossi o grigio-verdi, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazioni di spesso livelli di calcareniti. La stratificazione è sottile (2 - 20 cm). Localmente intercalazioni anche di calciruditi. Eocene Medio - Superiore
SAA		Scaglia Rossa Calcioliti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico. Turoniano Inferiore - Eocene Medio
SBI		Scaglia Bianca Calcioliti bianche o grigio chiaro a stratificazione medio-sottile (10 - 35 cm), con liste di selce nera o grigia nella parte alta, rosata nella parte basale. Sono presenti intercalazioni calcarenitiche, talora calciruditi. Albiano Superiore - Turoniano Inferiore
FUC		Marne a Fucoidi Ripetute alternanze di marne, da calcaree ad argillose, con livelli di elevata frazione argillosa, talora a lamine, di colore grigio scuro, verde, rosso o variegato con ripetute intercalazioni bituminose nere, nelle parti più marnose e marnoso-calcaree tracce di bioturbazione (Fucoidi) Aptiano Inferiore - Albiano Superiore
MAI		Malolica Calcarei micritici a grana finissima ed a frattura concoide, di colore bianco o avorio, talora giallastri, in strati regolari di spessore compreso tra 10 r 50 cm, sporadicamente con sottilissimi interstrati argillosi grigio-neri. Frequente la selce grigia in letti o noduli. Tironico Inferiore - Aptiano Inferiore
CDU		Calcarei Diasprigni Calcarei da micritici a granulari, quasi sempre sottilmente stratificati, (4 - 10 cm) talora con interstrati costituiti da argille marnose. La selce in noduli, liste e livelli decimetrici è spesso prevalente. Colore variabile dal rossiccio al verde-grigio. Presenti sottilissimi livelli di sabbie radiolaritiche. Bajociano Superiore - Tironico Inferiore

BIS – *Formazione di Biasciaro*; è formata da calcari marnosi grigio scuri alternati a marne grigie. Nella parte inferiore si rinvencono caratteristici livelli di selce nera e sottili intercalazioni di vulcanoclastiti ocracee molto alterate. L'unità contiene denti di pesci, echidni, spicole di spongiarii, etc., ascrivibile all'Aquitano Inferiore – Burdigaliano; questa formazione affiora in una vasta area in Contrada san Martino e Borgo Agelli e in aree più ristrette nel medesimo versante a varie quote.

SCC – *Scaglia Cinerea*, costituita da ripetute alternanze di calcari marnosi e di marne, calcaree in basso ed argillose in alto, di colore grigio verde o cenere. La stratificazione in genere è sottile (10-30 cm), con strati spesso amalgamati o fogliettati a causa di movimenti di taglio. Calcareniti grossolane bioclastiche (a macro foraminiferi), in strati da medi a spessi di color avana, sono presenti nella sinclinale di Montefiorello, a Forchetta di Usigni [070], presso Fosso della Forca e S. Valentino; la potenza dell'unità è mal valutabile a causa sia della scarsa competenza dei materiali che la costituiscono e, di conseguenza, della sua elevata deformabilità, sia della localizzazione in essa di numerosi piani di taglio; nell'area in studio affiora nella parte mediana del versante in destra orografica,

VAS – *Scaglia Variegata*, Si hanno alternanze policrome, sovente a fiamme, di colore rosso, grigio e verde di marne variamente argillose e di calcari marnosi sottilmente stratificati (strati spessi 5-20 cm), a luoghi con selce nera e rossa come a Castel S. Felice. Calcareniti in strati sottili sono presenti nelle aree di ESE. Talvolta l'unità non è ben individuabile sul terreno per i suoi caratteri transizionali e talora si presentano tre membri, dal basso verso l'alto: a) calcareo marnoso rosso e grigio-verde; b) calcari e marne grigie con selce nera; c) marnoso rosso. Gli spessori complessivi oscillano fra i 30 ed i 60 metri, ma è segnalato un valore massimo di 70-90 m nei rilievi ad W del F. Nera. Il passaggio alla soprastante Scaglia Cinerea, non sempre ben precisabile per la sua gradualità, si è fatto convenzionalmente coincidere con la fine delle colorazioni rossastre e con il marcato aumento della frazione argillosa; questo passaggio è ben esposto lungo la strada per Mucciafora e Roccatamburo e, in giacitura rovesciata, lungo la strada per Collegiacone. Eocene medio - Superiore

SAA – *Scaglia Rossa*, nota anche come Scaglia Rosata, è l'unità che, assieme alla maiolica, occupa la maggior parte del tratto di territorio in studio. Nell'unità sono distinguibili tre litofacies dal basso verso l'alto: a) calcari fango-sostenuti (mudstones) e calcari marnosi rosati a luoghi con bande policrome, con selce rossa in liste e noduli; b) marne calcaree e marne di colorazione più intensa talora rosso mattone scuro; c) calcari fango-sostenuti e calcari marnosi rosati con selce in liste e noduli. I calcari, dalla tipica frattura a scaglie, non raramente appaiono di colore biancastro per decolorazione. La stratificazione è netta con strati spessi 10-40 cm. Sono presenti calcareniti e calcilutiti, in strati anche metrici, talora gradati o con laminazioni da correnti trattive, evidenziate, quando calcilutitiche, dalla disposizione degli abbondanti foraminiferi. Questi episodi, la cui colorazione biancastra li rende sovente individuabili anche a distanza, sono presenti in entrambi i Settori a varie altezze stratigrafiche, con particolare sviluppo. La Scaglia Rossa passa verso l'alto sia alla Scaglia Variegata, che alla litofacies delle Marne di Colle Castellano. Il passaggio alla scaglia variegata è graduale ed avviene con: scomparsa della selce; aumento della componente marnosa; comparsa di livelli grigio verdastri. Nell'area in studio affiora estesamente in ambedue i versanti sia in prossimità dell'alveo del Fiume Nera che alla sommità dei rilievi. È ascrivibile al Turoniano inferiore - Eocene medio.

SBI – *Scaglia Bianca*, affiora in continuità nelle stesse località di quelli delle marne a fucoidi e lungo la valle del F. Nera. Una esposizione quasi completa della formazione si ha a Monte San Vito, mentre esposizioni parziali si hanno lungo le strade tra Vallo di Nera e Mucciafora e fra Baiano di Spoleto e Meggiano presso il F. so S. Antonio. Si tratta di calcari fango-sostenuti variamente marnosi, da bianchi a debolmente grigiastri, in strati di 10-35 cm, eccezionalmente di 50 cm, con intercalazioni assai subordinate sia di marne che di liste e noduli di selce nera o grigiastri, talora zonata, bianco o rosata. Sul versante orientale di M. Pianciano (Fonte Canale,

Fosso di Montefiorello) viene segnalato un orizzonte di calcari anche selciferi, di colore rosato e verdognolo con selce rossa e nera, facilmente confondibile sul terreno con alcuni orizzonti della soprastante scaglia rossa. Come età è ascrivibile all'Albiano Superiore – Turoniano Inferiore.

FUC – *Marne a Fucoidi*, in passato designata con l'appellativo di Scisti a fucoidi. Gli affioramenti dell'unità fiancheggiano le principali strutture in entrambi i versanti. L'unità è costituita da ripetute alternanze di marne calcaree, marne e marne argillose di colore da verdastro a grigio (da scuro a chiaro), a rossastro o variegato in cui la componente calcarea aumenta verso l'alto. In base alla colorazione, regionalmente vi sono stati distinti i seguenti cinque livelli, dal basso verso l'alto: a) grigio verdastro con alla base il "livello Selli", marker di importanza regionale; b) rossastro inferiore; c) nerastro-marrone in cui prevalgono argille bituminose e black shales; d) rossastro superiore; e) biancastro con altri livelli di black shales. Gli strati sono assai regolari e sottili (10-25 cm), con superfici nette e le marne, di differente cromatismo, risultano fissili in laminae millimetriche, da cui l'antica denominazione di "scisti". La selce è talora presente in liste, rossa o nera nella porzione centrale dell'unità, mentre appare diffusa in quella sommitale.

Questa unità, per l'elevata presenza della frazione argillosa, oltre che costituire uno dei principali livelli "impermeabili" dell'intera successione, rappresenta uno dei principali livelli incompetenti che nel corso delle dislocazioni, favorendo la localizzazione delle zone di taglio, ha subito notevoli fenomeni tettonici di laminazione o di ispessimento.

Le potenze risultano variabili in funzione degli apporti detritici, in genere si raggiungono gli 80-100 m. Il passaggio alla soprastante scaglia bianca è molto graduale ed avviene in un tratto di dieci metri, con una diminuzione del contenuto marnoso. Come età è collocabile all'Aptiano Inferiore - Albiano superiore.

MAI – *Maiolica*, L'unità è conosciuta in letteratura -specie se antica- con il nome di "Calcare rupestre" per la sua elevata resistenza all'erosione. Affiora assai estesamente nella porzione sommitale di tutte le dorsali come lungo la S. S. della Valnerina e lungo la strada montana tra Monte San Vito e Campofoglio. Nel tratto di territorio in esame affiora in sinistra orografica lungo il versante di incisione secondaria presso l'abitato di vallo del Nera; questa formazione è costituita da calcari fango-sostenuti (mudstones) bianchi o avorio, a frattura concoide, in strati spessi 10-50 cm che presentano tipiche stiloliti e selce in noduli, lenti e liste, di colore grigio o nero. A luoghi sono presenti intercalazioni centimetriche di argille marnose nerastre, in alcuni casi bituminose, che tendono ad aumentare verso l'alto. Nella roccia sono presenti impurità costituite da minute sferule nere visibili a occhio nudo (ossidi metallici) nonché grossi noduli di marcassite che raggiungono un diametro anche di 10 cm. Localmente, nella porzione inferiore dell'unità, si hanno intercalazioni di calcareniti spesse anche 70-80 cm, che presentano laminazioni da torbida e colorazione rosata e nocciola. In corrispondenza degli alti morfologico-strutturali giurassici le facies basali di questa unità sembrano leggermente differenziate: la selce sembra più scarsa e gli strati presentano facce nodulari, con tracce di dolomitizzazioni che appaiono come numerosissime e minute "sferule" di colore arancione ocraceo, talora estese a tutto lo strato. Lo spessore della formazione è variabile e raggiunge i 300 m. Il passaggio alle soprastanti marne a fucoidi si realizza gradualmente nell'ambito di una decina di metri. Come età è collocabile nel Tortonico Inferiore - Aptiano Inferiore.

CDU – *Calcari Diaspri*, in passato identificati con l'appellativo di Calcari a Posidonia, Calcari ad Aptici, Marne ad Aptici, Scisti ad Aptici, Calcari granulari con diaspri, Radiolariti, Diaspri. Nell'area in studio affiora sul versante in sinistra orografica tra le quote m 700 ed 800 s.l.m presso Casale Grotti. In molti affioramenti sono riconoscibili sia litofacies dei calcari a Saccocoma (attualmente riconosciuta come membro) e ad Aptici sia le caratteristiche intercalazioni calcarenitiche, che il passaggio alla soprastante maiolica. L'unità è costituita da calcari, da fango-sostenuti a grano-sostenuti, e da calcari selciferi, di colore grigio verdastro, con noduli, liste e livelli di selce (25 ÷ 40 cm), particolarmente abbondanti nella porzione centrale se non, addirittura, prevalenti, di colore rosso, vinaccia,

bruno, o tipicamente verde. La stratificazione particolarmente sottile (4-10 cm) è un carattere diagnostico, anche se in alcuni casi sono presenti strati di 30-40 cm di materiale detritico. A luoghi sono state osservate intercalazioni centimetriche di marne variamente argillose o di areniti grossolane radiolaritiche ocracee, talora sciolte e talaltra cementate; a volte, nella porzione sommitale dell'unità è presente la litofacies dei calcari a Saccocoma e ad Aptici, potente da 0 a 40 m, cui sono frequentemente associati potenti livelli di calcareniti. Si tratta di calcari da biancastri ad avana a grigio verdi, nocciola, a frattura piano-concoide molto ampia, a volte con puntini arancioni, in strati più spessi dei sottostanti (10-30 cm) talora con superfici irregolari o nodulari, con spessi livelli bioclastitici verdastri. Complessivamente i calcari diasprigni presentano potenze comprese fra i 50 e gli 80 m, localmente con aumenti anche notevoli dovuti alla presenza di intercalazioni detritiche. Questa formazione è ascrivibile come età al Bajociano Superiore - Titonico Inferiore.

5.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'area in studio, come già accennato in precedenza, è ubicata nella valle del Fiume Nera i cui versanti sono costituiti dalle successioni delle formazioni prevalentemente calcaree e calcareo-marnose sopra descritte.

L'assetto idrogeologico delle aree delle dorsali carbonatiche appenniniche è caratterizzato da estesi acquiferi, la cui permeabilità è molto elevata per fessurazione e carsismo nell'ambito delle formazioni carbonatiche. Questi acquiferi, i più importanti dell'Appennino, sono estesi per diverse centinaia di km² e alimentano sorgenti basali ubicate nelle zone più depresse, dove l'acquifero è tamponato da sedimenti a permeabilità più bassa, costituiti dai depositi terrigeni torbiditici tardo-miocenici o dai sedimenti plio-quadernari di riempimento delle valli fluviali e delle depressioni tettoniche intermontane. I sedimenti quadernari, costituiti da depositi di versante, depositi alluvionali e sedimenti lacustri e/o palustri, presentano una permeabilità variabile in funzione della granulometria e comunque inferiore a quella degli acquiferi carbonatici, in alcuni casi consentono travasi sotterranei dalle falde degli acquiferi regionali negli acquiferi porosi multistrato.

Per quanto attiene alla circolazione idrica nell'ambito delle varie formazioni carbonatiche si possono esprimere alcune valutazioni e considerazioni generali, di seguito formulate.

Lungo gli orizzonti e strati calcarei fratturati delle formazioni si può avere una discreta permeabilità per fessurazione, la cui entità dipende dalla dislocazione spaziale e dal tipo delle discontinuità (aperte, chiuse, combacianti, etc); essi possono costituire delle vie di deflusso preferenziale delle acque di infiltrazione. Ne consegue che nelle alternanze calcareo - marnose si può avere una permeabilità di tipo "orientato", relegata, cioè, ai soli orizzonti calcarei permeabili; in tali successioni la permeabilità è variabile in relazione alla litologia dello strato o livello al quale si riferisce. Così nell'ambito della stessa alternanza si riscontrano situazioni estreme, date dai livelli di marne impermeabili e dai livelli calcarei fratturati, permeabili. Ne consegue che parallelamente alla stratificazione, in corrispondenza delle bancate calcaree fratturate, si possono avere valori di permeabilità sensibilmente alti, mentre in corrispondenza degli orizzonti marnosi o pelitici si hanno condizioni di quasi impermeabilità. Ne deriva che l'alternanza, nel suo complesso, si può comportare come un terreno poco permeabile, o addirittura impermeabile, nella direzione ortogonale alla stratificazione; si può invece riscontrare una permeabilità, generalmente molto limitata o scarsa, nella direzione parallela alla stratificazione, relegata ai livelli calcarei fratturati. Tale differenza di permeabilità tra le due direzioni (ortogonale o parallela alla stratificazione) è più o meno marcata in relazione alla prevalenza dei termini argillosi calcarei.

Per le formazioni prevalentemente costituite da calcari la permeabilità è funzione del reticolo di fratturazione e dalla dislocazione spaziale delle fratture; in particolare la spaziatura, frequenza ed apertura delle fessurazioni ed il tipo delle stesse (beante, chiusa o riempita di materiali) costituiscono gli elementi che determinano l'entità della permeabilità e trasmissività.

Nell'ambito del territorio esaminato esistono numerose emergenze idriche tra cui N° 9 sono segnalate nella allegata carta Idrogeologica in scala 1:5.000, alcune delle quali designate con un toponimo:

- Le sorgenti indicate con i numeri 1, 3, 4, 5, 8 senza designazione, sono ubicate su ambedue i versanti del Fiume Nera a varie quote, sempre nell'ambito delle spesse coperture quaternarie di terreni prevalentemente granulari sciolti (coperture detritiche)
- La sorgente N° 2 = Fonte del Frate è ubicata sul versante in destra orografica quasi al contatto tra un deposito detritico e la sottostante formazione della Scaglia Cinerea;
- La sorgente N° 6 = Sorgente Paletto è ubicata in sinistra orografica nell'ambito di una vasta area in frana;
- La sorgente N° 7 = Fonte Tofele è ubicata nella stessa zona della precedente, circa 300 m più a monte;
- La sorgente N° 9 = Sorgente del Saletto è ubicata nel versante in sinistra orografica nell'ambito della formazione dei calcari a Fucoidi.

Dall'ARPA Umbria si ricavano importanti elementi di idrogeologia regionale, di seguito sintetizzati.

Nella dorsale montuosa che occupa la parte orientale della regione esistono due sistemi idrogeologici separati dalla linea tettonica denominata "linea della Valnerina" dove è individuabile un limite di permeabilità che corre a quote variabili tra 350 e 700 m s.l.m.: a sud il "Sistema della Valnerina" imponente struttura idrogeologica che si estende fino alla linea tettonica Ancona-Anzio e a nord il "Sistema dell'Umbria nord-orientale", che è limitato a ovest da un motivo tettonico distensivo, nella parte meridionale, e dal passaggio stratigrafico a terreni a bassa permeabilità in quella settentrionale, mentre ad est si estende ben al di fuori dei limiti territoriali regionali dove è delimitato dal passaggio stratigrafico a terreni meno permeabili.

L'intera dorsale del Sistema della Valnerina è prevalentemente costituita da strutture carbonatiche sature fino a quote superiori a 800 metri. I livelli piezometrici decrescono da est ad ovest fino a raggiungere la minima quota in corrispondenza dell'alveo del Nera, che costituisce il livello di base principale del sistema. Lungo questa linea di drenaggio dominante, diretta SO-NE, si hanno importanti sorgenti lineari responsabili di notevoli incrementi di portata del fiume Nera. Studi pregressi hanno stimato che lungo il tratto umbro del fiume Nera si hanno emergenze in alveo per una portata media complessiva superiore a 15 metri cubi al secondo. Oltre alle emergenze in alveo si trovano numerose sorgenti localizzate che erogano una frazione molto subordinata delle risorse idriche sotterranee della struttura valutabile in qualche centinaio di litri al secondo. Il nucleo della dorsale del Sistema dell'Umbria nord orientale è saturo fino a quote superiori a 700 metri. Il sistema dà origine a importanti emergenze idriche sia lineari lungo i principali corsi d'acqua che localizzate.

L'ARPA fornisce il monitoraggio delle principali sorgenti, che si riporta in Tabella 6.1

Tabella 6.1 - Portate minime, medie e massime delle principali sorgenti monitorate in continuo

		PORTATA SORGENTI (l/s)					
		Monti delle valli del Topino e del Menotre				Monti della Valnerina	
		Bagnara ⁽¹⁾	San Giovenale ⁽²⁾	Acquabianca ⁽³⁾	Alzabove ⁽⁴⁾	Lupa ⁽⁵⁾	Pacce ⁽⁶⁾
1998	minima	42,4	216,0	42,3	178,0	175,9	-
	media	112,6	326,7	48,0	211,2	128,0	-
	massima	300,7	499,3	84,9	247,1	88,6	-
1999	minima	49,5	199,4	25,5	185,5	89,0	285,4
	media	153,2	452,5	71,2	226,8	164,7	76,2
	massima	361,2	648,0	115,1	285,1	262,8	11,8
2000	minima	27,6	229,6	18,1	223,7	81,5	1,9
	media	137,2	397,0	57,3	233,0	142,2	86,2
	massima	282	614,7	113,4	272,5	210,6	287,6
2001	minima	18	218,2	15,0	208,1	68,6	0
	media	115,6	449,5	52,2	240	142,0	43,5
	massima	244,4	709,3	98,8	279,7	206,5	113,6
2002	minima	1,2	118,2	19,7	188,3	51,1	0
	media	34,8	153,5	26,1	208,1	66,4	0
	massima	317,1	334,6	33,8	241,4	89,6	0

(1) dal 10.04.98 (2) dal 29.06.98 (3) dal 28.06.98 (4) dal 27.01.98 (5) dal 01.01.98 (6) dal 29.03.99

5.4 UNITA' LITOTECNICHE

Nel presente lavoro si prendono in considerazione solo le formazioni che interessano direttamente o indirettamente il tracciato della strada in progetto, qui di seguito elencate e rappresentate in dettaglio nella Carta Geologica in Scala 1:2.000, per le quali si riportano anche le sigle adottate nella relazione geologica, identiche a quelle del Foglio 336 "Spoleto" del CARG:

- detriti di falda, sigla a3
- depositi alluvionali, sigla b
- Scaglia Variegata, sigla VAS
- Scaglia Rossa, sigla SAA

Le suddette formazioni vengono identificate, per gli scopi del presente lavoro, in "unità litotecniche" poste alla base delle caratterizzazioni e verifiche geotecniche; vengono quindi identificate le seguenti unità litotecniche:

- a) UNITÀ LITOTECNICA DT, descritta come costituita da depositi detritici di falda e di versante a granulometria variabile, da ben classificati a fortemente eterometrici, generalmente sciolti o debolmente cementati, in accumuli massivi o grossolanamente stratificati; corrisponde alla formazione geologica a₃;
- b) UNITÀ LITOTECNICA CO - descritta come costituita da depositi di conoidi, in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, in matrice sabbioso-limosa rossastra e con accenni di stratificazione, presenti allo sbocco di valli secondarie; in geologia questi terreni vengono inclusi nei depositi alluvionali con sigla b;
- c) UNITÀ LITOTECNICA DA1 - descritta come costituita da depositi alluvionali, depositi detritici alluvionali in corrispondenza degli alvei o da "debris flow", in taluni casi maggiormente grossolani, eterometrici, costituiti da ghiaia e sabbia in matrice sabbioso-limosa rossastra e con accenni di stratificazione; corrisponde alla formazione geologica con sigla b;
- d) UNITÀ LITOTECNICA DA2 - Costituisce una facies di sedimenti fini dei depositi alluvionali riscontrata nel corso dei sondaggi geognostici e formata da limi sabbiosi argillosi, formati da limi sabbiosi marroni-rossastri
- e) UNITÀ LITOTECNICA SV - descritta come Scaglia Variegata formata da calcari marnosi rossi o grigio-verdi, calcari e marne grigie con selce nera e marne rosse con intercalazioni di spessi livelli di calcareniti, con stratificazione sottile (2 - 20 cm); in geologia corrisponde alla formazione con la sigla VAS;
- f) UNITÀ LITOTECNICA SR - descritta come Scaglia Rossa, formata da calcilutiti, calcari marnosi e marne da rosati a rosso scuro o biancastri, ben stratificati, con selce in noduli o liste generalmente rossa o rosea. Sono presenti calcareniti di colore grigio o bianco, talora di spessore anche metrico; in geologia corrisponde alla formazione con la sigla SAA.

In sintesi, quindi, si hanno N° 6 Unità litotecniche appartenenti alle seguenti classi con comportamenti meccanici del tutto differenti:

- a) Terreni *prevalentemente incoerenti*, granulari e sciolti, cui appartengono le seguenti unità litotecniche:
Unità DT
Unità CO
Unità DA1
- b) Terreni *prevalentemente coesivi*, dati da limi sabbiosi, cui appartiene la seguente unità:
Unità DA2
- c) Terreni *prevalentemente lapidei*, cui appartengono le seguenti unità:
Unità SV
Unità SR

5.5 LE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE

Nell'anno 2022 è stata effettuata dalla ditta CNP s.r.l. una campagna di indagini consistente in indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche, di seguito esposte, la cui ubicazione è riportata in appositi elaborati in scala 1:5.000 ed 1:2.000..

- N° 6 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità massima di m 20,00 dal p.c. effettuati con carotaggio continuo, con attrezzatura oleodinamica montata su cingoli.
- prelievo di N° 1 campione indisturbato
- prelievo di N° 2 campioni rimaneggiati
- N° 8 prove SPT in foro
- posa in opera di N° 6 piezometri a tubo aperto (tipo Norton)
- N° 6 Prove Penetrometriche Dinamiche
- N° 4 indagini sismiche MASW
- N° 4 indagini sismiche HVSR

Nella Tabella 8.1 è riportata la sintesi dettagliata delle suddette indagini.

Tabella 7.1 – Indagini 2023

Sondaggio	Profondità	Campioni indisturbati (CI)	Campioni rimaneggiati (CR)	Profondità di prelievo dei campioni	SPT
Sigla	m	N°	N°	(m)	N°
S.1	20,00		1	11,20 ÷ 11,70	2
S.2	20,00				
S.3	15,00	1	1	2,00 ÷ 2,50 (CI) - 7,40 ÷ 7,80 (CR)	2
S.4.	15,00				
S.5	10,00				2
S.6	17,00				2

Nella tabella 8.2 sono riportati i dati inerenti alle prove Standard Penetration Test effettuate nel corso dei sondaggi mediante attrezzatura di caratteristiche standard, con massa battente da 63,5 Kg, altezza di caduta pari a cm 76, dispositivo per lo sganciamento automatico della massa battente, campionatore tipo "Raymond" a scarpa tagliente, sezionato longitudinalmente.

Tabella 8.2 – Prove S.P.T.

Sondaggio	Profondità		Tratti di infissione – N° Colpi			Valore
	da m	a m	15 cm	15 cm	15 cm	
S.1	1,50	1,95	9	9	7	16
	4,00	4,45	3	5	8	13
S.3	1,50	1,95	10	10	12	22
	4,00	4,45	3	5	4	9
S.5	2,00	2,45	2	3	4	7
	7,00	7,45	2	4	6	10
S.6	2,50	2,95	2	3	5	8
	5,00	5,45	3	7	13	20

Nella Tabella 4.3 sono riportati i dati inerenti al prelievo dei campioni nel corso della perforazione.

Tabella 4.3 – Campioni prelevati nei sondaggi

DATI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	I Indisturbato R Rimameggiato L Lapideo
S.1	CR1	11,20	11,70	R
S.3	CI1	2,00	2,50	I
	CR1	7,40	7,80	R

Inoltre per la determinazione dei parametri sismici, ai sensi delle NTC 2018, sono state effettuate N° 4 prove MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), ubicate alle seguenti progressive:

- MASW.1 Progr. 0+380,00
- MASW.2 Progr. 0+920,00
- MASW.3 Progr. 1+280,00
- MASW.4 Progr. 1+580,00

Negli stessi siti delle indagini MASW sono state eseguite N° 4 prove HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) finalizzate a determinare alcune caratteristiche dei depositi sedimentari superficiali e più in particolare allo studio delle frequenze di risonanza dei terreni.

Si ripropongono qui di seguito le sintesi dei logs stratigrafici di ciascun sondaggio.

Sondaggio S.1			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	0,70	Detrito	Ghiaia con limo marrone poco addensata con frammenti vegetali e residui nerastrici organici
0,70	2,30	Depositi alluvionali	Ghiaia grossolana con clasti calcarei angolosi eterometrici rossi e rosati da 0,2 a > 10 cm, con limo, poco addensata
2,30	5,50		Ghiaia con limo da poco a mediamente addensata marrone con clasti sub angolosi calcarei da 0,2 a 4 cm
5,50	8,60		Limo argilloso-ghiaioso plastico, poco consistente marrone con clasti angolosi calcarei eterometrici < 1 cm
8,60	10,80		Limo con argilla sabbioso grigio chiaro plastico con frazione sabbiosa biancastra ed inclusi carbonatici
10,80	15,00		Limo con ghiaia moderatamente consistente, grigio con clasti angolosi da 0,2 a 2 cm
15,00	20,00		Limo consistente ghiaioso con clasti arrotondati e subarrotondati

Sondaggio S.2			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	0,80	Detrito/Conoide	Ghiaia limosa marrone scura poco addensata con frammenti vegetali
0,80	3,00		Ghiaia limo-sabbiosa marrone mediamente addensata con clasti calcarei angolosi eterometrici rossi e rosati da 0,5 a 7 cm
3,00	10,00	Scaglia Variegata	Calcarei micritici rossi e rosati estremamente fratturati, tettonizzati ed alterati
10,00	15,00		Calcarei micritici rossi e rosati estremamente fratturati, tettonizzati ed alterati
15,00	20,00		Calcarei micritici rossi stratificati molto fratturati con giunti tettonici molto ravvicinati chiusi o con riempimento calcitico

Dalle foto delle cassette catalogatrici è stato valutato un RQD nei calcari pari al 5%.

Sondaggio S.3			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	0,90	Detrito	Ghiaia sabbiosa sciolta marrone con clasti angolosi prevalentemente calcarei da 0,2 a 4 cm con subordinati frammenti vegetali e materiale organico
0,90	2,00	Depositi alluvionali	Ghiaia con limo argillosa marrone poco addensata con clasti calcarei angolosi generalmente < 1 cm
2,00	5,00		Limo argilloso con ghiaia marrone rossastro con clasti eterometrici calcarei da 0,2 a 3 cm da subarrotondati a subangolosi
5,00	10,30		Limo argilloso ghiaioso consistente, plastico marrone rossastro con clasti subangolosi da 0,2 a 3 cm
10,30	11,40		Sabbia fina limosa biancastra travertinoso addensata
11,40	12,00		Limo argilloso marrone scuro ad alto contenuto organico, poco consistente
12,00	15,00		Ghiaia grossolana con clasti grigiastri con selce da 1 a 6 cm prevalentemente angolosi e raramente arrotondati

Sondaggio S.4			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	1,20	Detrito colluviale	Ghiaia limosa con clasti calcarei eterometrici da 0,2 a > 10 cm e frammenti vegetali
0,80	3,00		Ghiaia limo-sabbiosa grossolana con clasti prevalentemente angolosi e subordinatamente arrotondati da biancastri a rossi
3,00	15,00	Scaglia Rossa	Calcari rossi e rosati estremamente fratturati, tettonizzati ed alterati

Dalle foto delle cassette catalogatrici è stato valutato un RQD nei calcari pari al 4%.

Sondaggio S.5			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	1,00	Detrito	Ghiaia limosa con clasti calcarei eterometrici centimetrici e frammenti vegetali
1,00	8,50	Depositi alluvionali	Ghiaia limo-sabbiosa grossolana con clasti angolosi da 0,2 ad 8 cm da biancastri a rossi
8,50	10,00	Scaglia Rossa	Calcari rossi e rosati estremamente fratturati, tettonizzati ed alterati

Sondaggio S.6			
da m	a m	Formazione	Litologia
0,00	1,00	Detrito	Ghiaia con limo poco addensata con clasti calcarei eterometrici da 0,2 a 7 cm da angolosi a subarrotondati e frammenti vegetali
1,00	4,00	Depositi alluvionali	Ghiaia con limo poco addensata con clasti angolosi eterometrici da 0,2 a 7 cm da angolosi a subarrotondati
4,00	9,00		Ghiaia con limo moderatamente addensata con clasti calcarei eterometrici da 0,2 a >10 cm e frammenti di selce da angolosi a subarrotondati
9,00	17,00	Scaglia Rossa	Calcari rosati con selce rossa in strati da 5 a 30 cm e interstrati centimetrici pelitici rosso scuri con inclinazione circa 30°

Dalle foto delle cassette catalogatrici è stato valutato un RQD nei calcari pari al 40%.

Per le Prove Penetrometriche Dinamiche, eseguite con penetrometro super pesante DPSH (Dynamic Penetration Super Heavy) sono stati rielaborati i diagrammi N° colpi - profondità, esposti nelle seguenti Figure 4.1, 4.2 e 4.3.

Figura 4.1 – Prove DPSH - PP.1 e PP.2

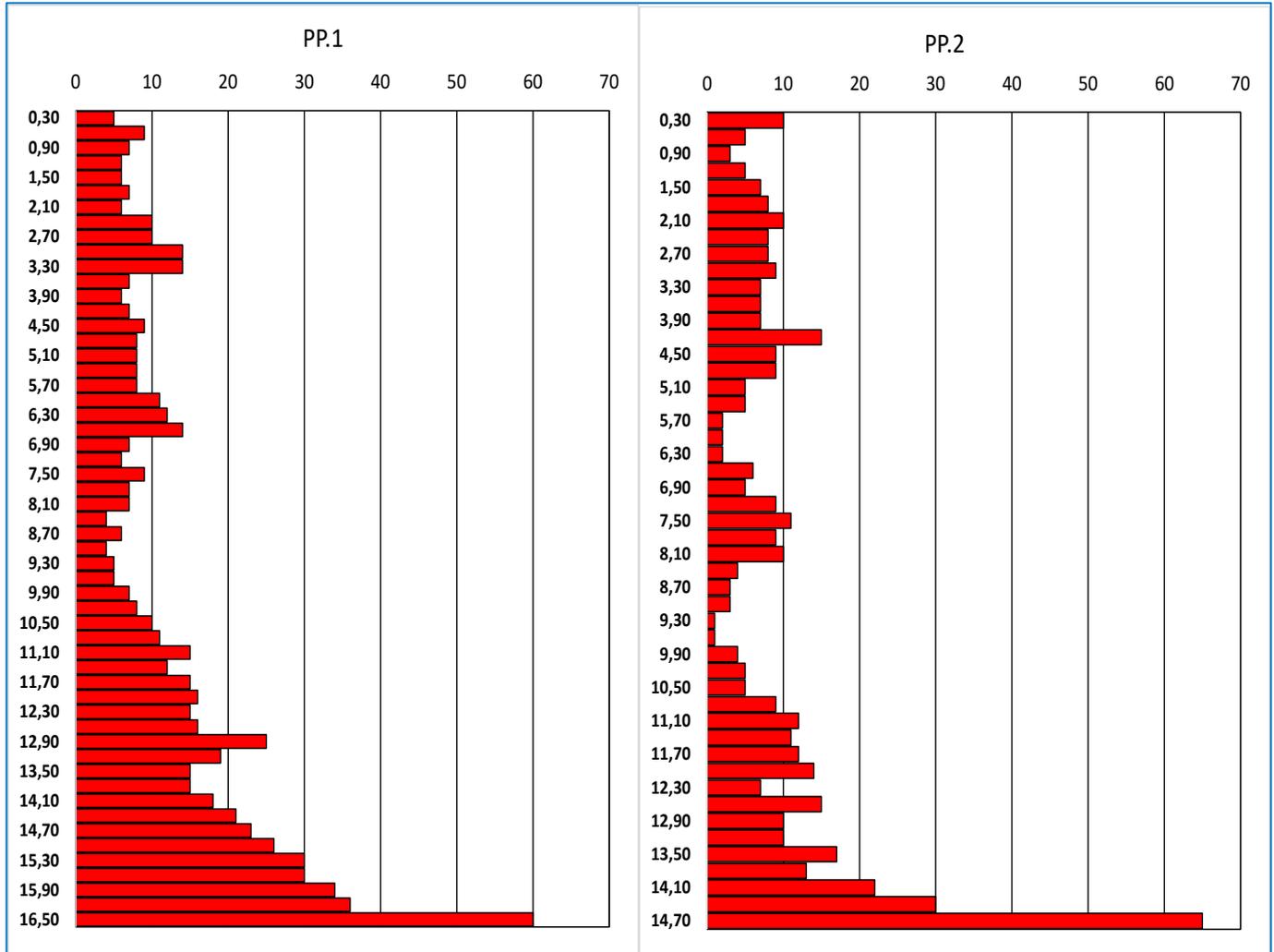


Figura 4.2 – Prove DPSH - PP.3 e PP.4

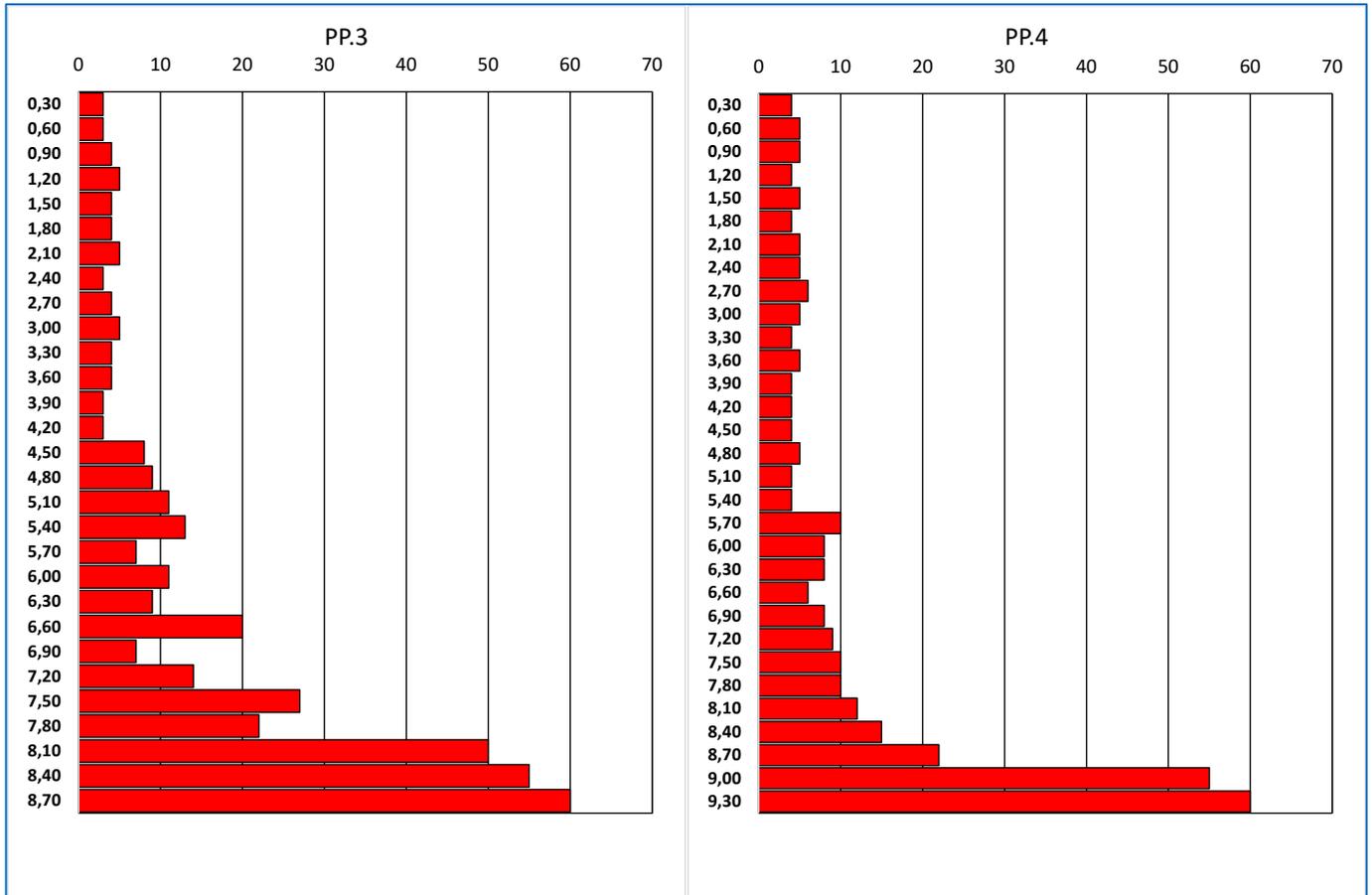
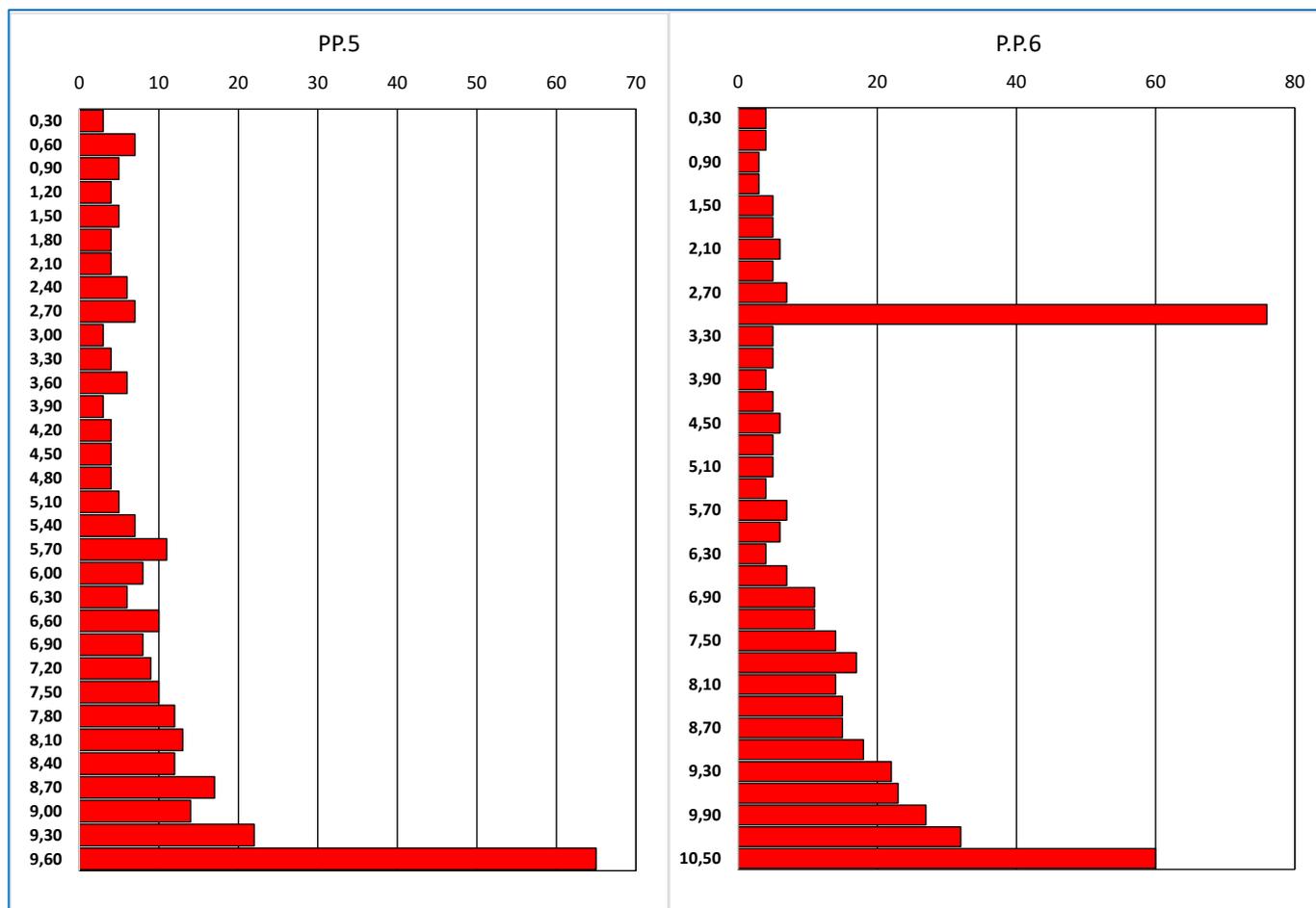


Figura 4.3 – Prove DPSH - PP.5 e PP.6



I risultati delle prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono stati rielaborati ed i risultati sono esposti nelle figure 4.4 e 4.5, da cui risulta che per le NTC2018:

- le MASW 1 e 2 individuano suoli di tipo B, essendo $V_{s,eq} < 360$ m/sec
- le MASW 3 e 4 individuano suoli di tipo C, essendo $360 < V_{s,eq} < 800$ m/sec

Figura 4.4 – Interpretazione delle MASW 1 e 2

MASW. 1					$V_{s,eq}$	MASW. 2					$V_{s,eq}$
Profondità	Spessore H_i	V_s	H_i/V_s	Profondità		Spessore H_i	V_s	H_i/V_s			
m	m	m/sec		m	m	m/sec					
0,30	0,30	80	0,00375	0,30	0,30	80	0,00375				
0,80	0,50	200	0,00250	0,80	0,50	200	0,00250				
2,80	2,00	250	0,00800	2,80	2,00	250	0,00800				
6,80	4,00	280	0,01429	6,80	4,00	280	0,01429				
10,80	4,00	300	0,01333	10,80	4,00	300	0,01333				
15,80	5,00	300	0,01667	15,80	5,00	300	0,01667				
22,80	7,00	800	0,00875	22,80	7,00	800	0,00875				
32,80	10,00	800	0,01250	32,80	10,00	800	0,01250				
72,80	40,00	800	0,05000	72,80	40,00	800	0,05000				
Bedrock					Bedrock						

Figura 4.5 – Interpretazione delle MASW 3 e 4

MASW. 3				
Profondità	Spessore Hi	Vs	Hi/Vs	V _{s,eq}
m	m	m/sec		519,83
0,30	0,30	80	0,00375	
0,80	0,50	200	0,00250	
2,80	2,00	350	0,00571	
4,80	2,00	400	0,00500	
8,80	4,00	500	0,00800	
13,80	5,00	500	0,01000	
20,80	7,00	700	0,01000	
30,80	10,00	700	0,01429	
Bedrock	70,80	40,00	800	0,05000

MASW. 4				
Profondità	Spessore Hi	Vs	Hi/Vs	V _{s,eq}
m	m	m/sec		542,21
0,30	0,30	80	0,00375	
0,80	0,50	300	0,00167	
1,80	1,00	500	0,00200	
3,80	2,00	600	0,00333	
7,80	4,00	700	0,00571	
12,80	5,00	700	0,00714	
	19,80	7,00	800	0,00875
Bedrock	29,80	10,00	800	0,01250
	69,80	40,00	800	0,05000

Sui campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati nel corso delle perforazioni sono state eseguite le analisi geotecniche di laboratorio evidenziate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 – Analisi geotecniche di laboratorio eseguite

CAMPIONI RIMANEGGIATI																				
DATI DEL CAMPIONE					Denominazione Geotecnica	Umidità naturale	Peso di volume	Peso specifico dei granuli	Prove sulle terre											
Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	Indisturbato Rimameggiato L Lapideo					Limiti di Atterberg	Caratteristiche granulometriche			Taglio CD	Triassiale CD		Prova ELL, UU				
										LL	LP	IP		Ghiaia	Sabbia		Limo	Argilla	Coesione C	Angolo di attrito φ'
S.3	C1	2,00	2,50	I	Limo argilloso-sabbioso con ghiaia	19,00	20,40	26,40	45,40	22,80	22,60	28,00	17,70	33,00	21,30	22,000	28,000			101,35
S.3	CR1	7,40	7,80	R	Limo con argilla	29,00	26,40	26,40	58,20	28,30	29,90	0,00	4,10	54,60	41,30					
S.1	CR1	11,20	11,70	R	Limo ghiaioso deb. sabbioso con argilla	28,60	19,60	25,00	56,20	26,00	30,20	23,60	12,00	33,90	30,50	20,000	25,000			

Inoltre sono state effettuate delle prove Point Load Test su blocchi di roccia calcarea, i cui risultati sono esposti nelle seguenti Tabelle 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8.

Tabella 4.5 – Campioni "A" di roccia di Scaglia Rossa

PROVE SU BLOCCHI - CAMPIONI "A" - SCAGLIA ROSSA									
DATI DEL CAMPIONE					Peso di volume	Prove sulle rocce			
Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	Indisturbato Rimameggiato L Lapideo		Prova di compres.	Prova Brasiliana	Point Load Test	
					Resistenza alla compressione monoassiale	Resistenza alla trazione indiretta	Indice di resistenza alla punta	Indice di resistenza alla punta	
					kN/m ³	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
A	Campioni a forma di blocco			L	26,20			2,207	53,85
				L		3,416	80,27		
				L		2,563	50,49		
				L		3,930	69,24		
				L		3,295	60,74		
				L		2,244	56,58		
				L		5,794	117,29		
				L		3,673	73,70		
				L		4,293	83,41		
VALORE MEDIO =								Is50	73,01

Tabella 4.6 – Campioni "C" di roccia di Scaglia Rossa

PROVE SU BLOCCHI - CAMPIONI "C" - SCAGLIA ROSSA									
DATI DEL CAMPIONE					γ_s	Prove sulle rocce			
Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	Indisturbato Rimameggiato L Lapideo I R		Peso di volume kN/m^3	Prova di compres.	Prova Brasiliana	Point Load Test
					Resistenza alla compressione monoassiale		Resistenza alla trazione indiretta	Indice di resistenza alla punta	Indice di resistenza alla punta
						Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
C	Campioni a forma di blocco			L	25,90			6,152	122,31
				L				3,900	81,42
				L				4,488	80,71
				L				5,465	100,74
				L				3,030	79,95
				L				3,099	70,30
				L				4,361	79,61
				L				3,731	77,89
				L				4,275	86,92
								3,833	71,90
VALORE MEDIO =								85,18	

Tabella 4.7 – Campioni "D" di roccia di Scaglia Variegata

PROVE SU BLOCCHI - CAMPIONI "D" - SCAGLIA VARIEGATA									
DATI DEL CAMPIONE					γ_s	Prove sulle rocce			
Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	Indisturbato Rimameggiato L Lapideo I R		Peso di volume kN/m^3	Prova di compres.	Prova Brasiliana	Point Load Test
					Resistenza alla compressione monoassiale		Resistenza alla trazione indiretta	Indice di resistenza alla punta	Indice di resistenza alla punta
						Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
D	Campioni a forma di blocco			L	25,70			1,490	30,16
				L				4,484	90,35
				L				4,616	96,36
				L				6,654	130,49
				L				3,072	65,23
				L				3,929	80,24
				L				3,498	68,59
				L				3,868	80,05
				L				5,252	103,94
								4,936	100,37
VALORE MEDIO =								84,58	

Tabella 4.8 – Campioni "F" di roccia di Scaglia Variegata

PROVE SU BLOCCHI - CAMPIONI "F" - SCAGLIA ROSSA									
DATI DEL CAMPIONE					γ_s	Prove sulle rocce			
						Prova di compres.	Prova Brasiliana	Point Load Test	
Sondaggio	Denominazione Campione	da m	a m	Indisturbato Rimameggiato L Lapideo	Peso di volume	Resistenza alla compressione monoassiale	Resistenza alla trazione indiretta	Indice di resistenza alla punta	Indice di resistenza alla punta
						kN/m^3	Mpa	Mpa	Mpa
								Is50	
F	Campioni a forma di blocco			L	25,90			3,933	30,1679,97
				L				2,275	53,05
				L				2,012	43,08
				L				3,255	59,12
				L				3,162	59,15
				L				3,101	57,45
				L				5,933	109,90
				L				2,668	60,51
				L				4,360	102,04
								4,159	93,58
VALORE MEDIO =								70,88	

6 MODELLO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

6.1 COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI

Il comportamento meccanico delle varie unità litotecniche viene definito sulla scorta dell'interpretazione, correlazione ed elaborazione di tutte le prove disponibili in situ ed in laboratorio.

Per ciascuna litofacies vengono determinati i valori dei parametri geotecnici desumibili dai dati a disposizione.

6.1.1 UNITÀ LITOTECNICA DA1

Si dispone di N° 5 prove SPT ricadenti nel suddetto litotipo, la cui elaborazione è evidenziata in Tabella 8.1 in cui si riporta la media delle determinazioni.

Tabella 8.1 – Parametri geotecnici da N1(60) – Unità DA1

PARAMETRI GEOTECNICI DA PROVE S.P.T. - UNITA' LITOTECNICA DA1							
Sondaggio	N'(60)	N(60)	Angolo di Attrito ϕ (°)		Densità Relativa DR (%)	Modulo Elastico E (Kg/cm ²)	Modulo edometrico Ed (Kg/cm ²)
N°	Valori Nspt Normalizzati	Valori Nspt Normalizzati	Japanese National Railway	Amantia Scuderi F. (2022)	Bazaraa (1962)	Jamiolkowski et Al. (!988)	Begemann (1974) (sabbie e ghiaie)
S.1	21,24	11,34	33,37	33,64	40,07	103,17	123,34
S.1	10,57	9,21	30,17	29,66	33,86	85,83	112,67
S.3	29,21	15,59	35,76	35,95	46,98	138,08	131,31
S.6	8,23	5,67	29,47	28,53	27,58	54,06	110,33
S.6	16,48	16,07	31,94	32,03	43,67	144,13	118,58
Media valori			Angolo di Attrito ϕ (°)		Densità Relativa DR (%)	Modulo Elastico E (Kg/cm²)	Modulo edometrico Ed (Kg/cm²)
			32,05		38,43	105,05	119,25

Dall'interpretazione delle prove SPT si ricavano quindi i seguenti valori medi:

- Angolo di attrito $\phi' = 32^\circ$
- Modulo elastico $E_{ed} = 119 \text{ Kg/cm}^2$

Dalle correlazioni con le Prove Penetrometriche Dinamiche DPSH si ricavano i valori riportati in Tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Valori dell'angolo di attrito da prove DPSH

Prova DPSH	Angolo di attrito medio	Modulo Elastico Medio
N°	ϕ' (°)	E (Kg/cm ²)
PP.2	29,5	93,98
PP.3	31,43	121,38
PP.4	30,32	103,15
PP.5	30,09	91,35
PP.6	30,64	96,44

6.1.2 UNITÀ LITOTECNICA DA2

Si dispone di una sola prova SPT, effettuata a m 4,0 di profondità, ricadenti nel suddetto litotipo, dalla cui elaborazione è risulta un valore di

$$N(60) = 6,38$$

per il quale dalle correlazioni in precedenza riportate si ottiene un valorte medio della coesione non drenata C_u pari a

$$C_u = 0,415 \text{ Kg/cm}^2$$

Per questa Unità litotecnica si dispone di N° 3 analisi geotecniche di laboratorio, da cui risultano i seguenti range di parametri geotecnici:

- Peso di volume $\gamma = 19,60 \div 20,40 \text{ kN/m}^3$
- Limite Liquido $WL = 45,40 \div 58,20 \%$
- Limite Plastico $WP = 22,80 \div 28,30 \%$
- Indice Plastico $IP = 22,60 \div 30,20 \%$
- Prova di Taglio Diretto CD
 - ⇒ Coesione $C' = 20 \div 22 \text{ kPa}$
 - ⇒ Angolo di attrito interno $\phi' = 25^\circ \div 28^\circ$
- Prova di Espansione Laterale Libera
 - ⇒ Coesione non drenata $C_u = 101,35 \text{ kPa}$

Dalle correlazioni tra la resistenza al taglio non drenata (S_u) ed i limiti di consistenza determinati sui campioni si ricavano valori della coesione non drenata C_u sensibilmente più bassi, che si incrementano con la profondità:

- a m 2,00 $C_u = 3,68 \div 4,32 \text{ kPa}$
- a m 7,4 $C_u = 15,51 \div 18,21 \text{ kPa}$
- a m 11,20 $C_u = 23,59 \div 27,70 \text{ kPa}$

Trattandosi di sedimenti normalconsolidati si può ragionevolmente ammettere che, nell'ipotesi di sedimento omogeneo, la coesione non drenata C_u si incrementi con andamento lineare con la profondità.

6.1.3 UNITÀ LITOTECNICA CO

Questa unità si presenta come caratteristiche litologiche e granulometriche del tutto analoga alla DA1, dalla quale nel corso dei sondaggi è praticamente impossibile distinguerne il limite od il passaggio.

Solo per la prova DPSH PP.1 si ha la ragionevole certezza che essa abbia interessato esclusivamente questa unità, per la quale si riportano in Tabella 8.3 i risultati delle correlazioni.

Tabella 8.3 – Correlazioni tra DPSH PP.1 ed N1(60)

PP. 1 - CORRELAZIONE DPSH - SPT				UNITA' CO	
N'(60)	N(60)	Angolo di Attrito φ (°)		Densità Relativa DR (%)	Modulo Elastico E (Kg/cm ²)
Valori N _{spt} Normalizzati	Valori N _{spt} Normalizzati	Japanese National Railway	Amantia Scuderi F. (2022)	Bazaraa (1962)	Jamiolkowski et Al. (1988)
Media valori		Angolo di Attrito φ (°)		Densità Relativa DR (%)	Modulo Elastico E (Kg/cm ²)
		30,4		33,62	112,55

6.2 COMPORTAMENTO MECCANICO DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

A questa categoria di terreni appartengono le unità litotecniche SR e SV prevalentemente litoidi, per le quali il comportamento meccanico viene definito sulla scorta dei seguenti criteri:

- rilievi geostruturali
- prove Point Load Test

Prima di sintetizzare i risultati dei rilievi geostruturali, di fondamentale importanza per la definizione del comportamento meccanico d'insieme degli ammassi rocciosi, si ritiene utile richiamare alcuni concetti fondamentali di meccanica delle rocce, giacchè il comportamento meccanico è condizionato dalle discontinuità presenti, costituite da fessurazioni variamente orientate, che si rinvencono con interdistanza variabile.

La "massa rocciosa" va quindi intesa come un insieme di elementi "roccia" definiti, giustapposti e combacianti, di forma grossolanamente prismatica, parallelepipedica o appiattita, le cui proprietà meccaniche risultano decisamente inferiori a quelle del singolo elemento e dipendono da tanti fattori strutturali, legati alla dislocazione spaziale dei sistemi di discontinuità.

In genere le "famiglie" di discontinuità sono limitate, da 1 a 5, più frequentemente 3, e vengono indicate con: K1, K2,Kn

Le superfici di stratificazione vengono invece indicate con altre sigle (es.: Ks).

Di ciascuna porzione di ammasso roccioso in esame vengono determinati i sottoelencati parametri:

e_2 *estensione bidimensionale*, che rappresenta la superficie (in m^2) della discontinuità in oggetto; si ottiene anche moltiplicando la estensione monodimensionale (l) di un sistema di fratture in due piani all'incirca tra essi ortogonali:

$$e_2 = l_1 \times l_2 \quad (m^2)$$

le_2 *indice di estensione bidimensionale*, che è dato dal rapporto tra l'area (A) di tutte le discontinuità complanari e l'area totale della sezione rocciosa (A_s) in cui si effettua la misura:

$$le_2 = (AK_1 + AK_2 + \dots + AK_n) / A_s$$

Val la pena rammentare che:

$0,75 \leq le_2 \leq 1$ individua porzioni di roccia in cui, lungo le discontinuità analizzate, si mobilitano solo forze di attrito;
 $le_2 \leq 0,75$ individua invece porzioni di roccia in cui, lungo le discontinuità analizzate, oltre alle forze di attrito si mobilitano anche forze di resistenza al taglio della roccia integra;

s *frequenza*: rappresenta il numero delle discontinuità presenti per unità di superficie analizzata; la frequenza si misura in piani ortogonali alle superfici di discontinuità;

d *spaziatura*: viene espressa in cm e rappresenta la distanza tra le discontinuità; si determinano una spaziatura massima, media e minima; il valore della spaziatura media è pari all'inverso della frequenza: $d = 1/s$;

e_3 *estensione tridimensionale*: si ottiene come prodotto dell'estensione bidimensionale per la frequenza:

$$e_3 = e_2 \times s$$

V_u *volume roccioso unitario*: rappresenta il più piccolo volume di roccia integra estraibile dalla porzione di ammasso roccioso considerata; si esprime in mc ed è anche ricavabile dalla seguente relazione:

$$V_u = (1/s_1) \times (1/s_2) \times (1/s_3)$$

Da quanto esposto deriva che si possono avere, per ciascuna formazione litoide, varie zone a diversa "omogeneità", ciascuna delle quali caratterizzata da differenti parametri.

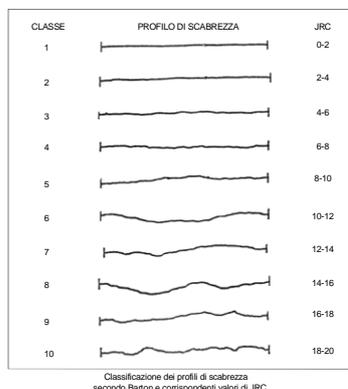
Altri fattori molto importanti nella determinazione del comportamento meccanico di un ammasso roccioso sono la "scabrezza" dei giunti ed il materiale di "riempimento" degli stessi.

La scabrezza dei giunti viene indicata distinguendo pareti di tipo: a scalini, ondulato, planare.

Ciascun tipo viene poi diviso in *levigato*, *liscio*, *scabro*.

Il profilo di ciascun giunto viene annotato sulla scorta della schematizzazione proposta da BARTON (1973), evidenziata nella Figura 9.1.

Figura 9.1 – Profili di scabrosità dei giunti



6.2.1 RILIEVI GEOSTRUTTURALI

Sono stati acquisiti i rilievi geostretturali effettuati, nell'area in studio, con il metodo della linea di scansione (scan line), che consiste nel raccogliere, lungo essa i dati relativi allo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso.

La linea di scansione viene definita tramite la posa di una rotella metrica lungo l'affioramento roccioso. Una volta determinata la lunghezza della linea di scansione, si definisce il verso di rilievo individuando il punto di partenza della stessa, che viene in questo modo a costituire lo zero iniziale.

Lungo la linea di scansione vengono individuate le discontinuità dell'ammasso, (piani di strato, giunti, faglie, ecc.), rilevandone l'assetto e la distanza dallo 0 iniziale. Le discontinuità vengono poi riunite in famiglie e codificate con un codice di riconoscimento (S, K1, K2; ecc.). Viene rilevata la distanza tra le discontinuità appartenenti alla medesima famiglia definendo così la spaziatura.

Per ogni famiglia di discontinuità vengono misurati:

- direzione di immersione delle discontinuità e inclinazione delle discontinuità, con bussola da geologo analogamente alla misura dei piani di strato;
- spaziatura delle diverse discontinuità (lungo la linea di scansione);
- misura del rimbalzo del martello di Schmidt (sclerometro da roccia).

Sono state acquisite N° 23 stazioni di rilievo, designate con le sigle SS1, SS2,SS23, la cui ubicazione viene riprodotta in apposito elaborato su base cartografica in scala 1:2.000.

Nella Tabella 9.1 vengono sintetizzati i dati di localizzazione delle suddette stazioni di rilievo.

Tabella 9.1 – Ubicazione delle stazioni di rilievo geostretturale

Stazione N°	Latitudine N			Longitudine E			Orientamento (°)	Immersione Fronte (°)	Lunghezza (m)
	°	'	''	°	'	''			
SS.1	42	44	52.68	12	50	40.16	75 N	165/60	10,00
SS.2	42	44	54.23	12	50	41.22	20 E	110/74	2,00
SS.3	42	44	54.52	12	50	41.47	15 E	105/60	6,00
SS.4	42	44	54.79	12	50	41.90	10 E	90/85	7,50
SS.5	42	44	54.96	12	50	42.08	8 E	90/88	8.20
SS.6	42	44	55.16	12	50	42.37	342 E	72/55	9.3
SS.7	42	44	55.31	12	50	42.55	30 E	120/40	6.00

Stazione N°	Latitudine N			Longitudine E			Orientamento (°)	Immersione Fronte (°)	Lunghezza (m)
	°	'	"	°	'	"			
SS.8	42	44	55.25	12	50	42.73	140 W	230/70	6.80
SS.9	42	44	54.66	12	50	43.26	140 W	230/45	12.00
SS.10	42	44	53.74	12	50	43.71	135 S	225/40	20.00
SS.11	42	44	55.27	12	50	43.86	105 S	195/85	19.00
SS.12	42	44	55.87	12	50	44.32	94 S	184/85	8.00
SS.13	42	44	53.97	12	50	38.01	108 S	198/80	15.00
SS.14	42	44	53.92	12	50	38.89	100 S	190/70	10.00
SS.15	42	44	57.39	12	50	50.90	16 E	106/70	20.00
SS.16	42	44	55.45	12	50	50.93	20 E	110/85	20.00
SS.17	42	44	52.79	12	50	31.83	110 S	200/50	14.00
SS.18	42	44	50.84	12	50	30.85	50 S	140/70	65.00
SS.19	42	45	1.86	12	50	49.88	325 E	55/60	17.00
SS.20	42	44	58.67	12	50	37.88	25 E	115/40	15.00
SS.21	42	45	0.88	12	50	39.03	30 E	120/40	35.00
SS.22	42	44	52.11	12	50	35.51	75 S	165/70	106.00
SS.23	42	44	52.55	12	50	32.78	122 S	212/40	15.00

6.2.2 COMPORTAMENTO MECCANICO

Gli ammassi rocciosi sono stati classificati facendo riferimento al Rock Mass Rating (RMR; 1972-1989) di Z.T.Bieniawski.

I parametri geomeccanici per la determinazione del valore del RMR e della conseguente classe qualitativa dell'ammasso roccioso sono:

- R1: resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta;
- R2: percentuale di recupero modificata (Rock Quality Designation: RQD);
- R3: spaziatura tra i piani di discontinuità principali;
- R4: condizioni delle superfici di discontinuità;
- R5: condizioni idriche in sottterraneo;
- R6: orientazione dei piani di discontinuità principali rispetto al tracciato di scavo.

Dalla somma del valore assunto per ciascuno dei sei parametri si ottiene il valore numerico del RMR, in funzione del quale all'ammasso roccioso viene assegnata una delle cinque classi geomeccaniche di Bieniawski.

Hoek e Brown hanno introdotto il loro criterio di rottura nel tentativo di fornire dei dati per le analisi necessarie alla progettazione di scavi sotterranei in roccia dura. Il criterio è stato derivato dai risultati della ricerca, sulla rottura fragile della roccia intatta, di Hoek e, su studi del modello del comportamento dell'ammasso roccioso giuntato, di Brown.

Il criterio è partito dalle proprietà della roccia intatta e ha introdotto dei fattori per ridurre queste proprietà sulla base delle caratteristiche dei giunti in un ammasso roccioso. Gli autori hanno cercato di collegare il criterio empirico ad osservazioni geologiche per mezzo di uno degli schemi di classificazione disponibili dell'ammasso roccioso e, a tal fine, hanno scelto la classificazione proposta da Bieniawski.

A causa della mancanza di alternative adeguate, il criterio è stato presto adottato dalla comunità della meccanica delle rocce ed il suo utilizzo si diffuse rapidamente al di là dei limiti originali usati nel derivare le relazioni per la riduzione della resistenza.

Di conseguenza, si è reso necessario riesaminare queste relazioni ed introdurre di volta in volta nuovi elementi in ragione della vasta gamma di problemi pratici a cui il criterio è stato applicato. Tipiche di questi miglioramenti sono state l'introduzione del concetto di ammassi rocciosi 'indisturbati' e 'disturbati' di Hoek e Brown, e l'introduzione di un criterio modificato per imporre a zero la resistenza a trazione dell'ammasso roccioso per gli ammassi di qualità

molto scarsa (Hoek, Wood and Shah).

Una delle prime difficoltà derivava dal fatto che molti problemi geotecnici, in particolare problemi di stabilità dei pendii, sono più convenientemente affrontati in termini di tensioni tangenziali e normali piuttosto che con le relazioni della tensione principale del criterio originale di Hoek-Brown, definita con l'equazione:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^{0,5}$$

dove σ'_1 e σ'_3 sono rispettivamente la maggiore e minore tensione efficace a rottura principale, σ_{ci} è la resistenza alla compressione uniaassiale del materiale roccioso intatto e m ed s sono costanti del materiale, dove s = 1 per la roccia intatta.

Una relazione esatta tra l'equazione e le tensioni a rottura normali e tangenziali è stata ottenuta da J. W. Bray e successivamente da Ucar e Londe.

Hoek ha discusso la derivazione di angoli di attrito equivalenti e forze coesive per varie situazioni pratiche. Queste derivazioni si basavano sulle tangenti all'involuppo di Mohr ottenuto da Bray. Hoek ha suggerito che la forza coesiva determinata inserendo una tangente all'involuppo curvilineo di Mohr è un valore limite superiore e può dare risultati ottimistici nei calcoli di stabilità. Di conseguenza, un valore medio, determinato dall'inserimento di una relazione lineare di Mohr-Coulomb con il metodo dei minimi quadrati, potrebbe essere più appropriato. In questo lavoro Hoek ha introdotto anche il concetto del Criterio Generalizzato di Hoek-Brown nel quale la forma del piano della tensione principale o dell'involuppo di Mohr poteva essere modificata per mezzo di un coefficiente variabile a in luogo del termine della radice quadrata nell'equazione di cui sopra.

Hoek e Brown hanno cercato di consolidare tutti i precedenti miglioramenti in una presentazione completa del criterio di rottura e hanno dato un certo numero di esempi concreti per illustrare la sua applicazione pratica.

In aggiunta ai cambiamenti nelle equazioni, è stato anche riconosciuto che la classificazione dell'ammasso roccioso di Bieniawski non era più adeguata come veicolo di relazione tra il criterio di rottura e le osservazioni geologiche nel settore, in particolare per gli ammassi rocciosi molto deboli. Ciò ha comportato l'introduzione dell'indice GSI di Hoek, Wood e Shah, Hoek e Hoek, Kaiser e Bawden. Questo indice fu successivamente esteso per gli ammassi rocciosi deboli in una serie di articoli da Hoek, Marinos e Benissi, Hoek e Marinos e Marinos e Hoek.

Il Criterio Generalizzato di Hoek-Brown è espresso come

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

dove m_b è un valore ridotto della costante del materiale m_i ed è dato da

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right)$$

s ed a sono costanti per l'ammasso roccioso date dalle seguenti relazioni:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{-GSI/15} - e^{-20/3} \right)$$

D è un fattore che dipende dal grado di disturbo a cui la massa rocciosa è sottoposta dal danneggiamento dell'esplosione e dal rilassamento della tensione. Esso varia da 0 per masse rocciose in situ indisturbate a 1 per masse rocciose molto disturbate.

GSI (Geological Strength Index), che deriva da quello RMR (Rock Mass Rating) attraverso la relazione:

$$GSI = URMR - 5$$

Essendo URMR = RMR calcolato con R5 = 15 e R6 = 0

La resistenza alla compressione uniassiale è ottenuta fissando

$$\sigma_3' = 0$$

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot S^a$$

e, la resistenza a trazione è data da:

$$\sigma_t = \frac{S \sigma_{ci}}{m_b}$$

Quest'ultima equazione è stata ottenuta impostando

$$\sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_t$$

nell'equazione precedente del criterio generalizzato. Questa rappresenta una condizione di tensione biassiale. Hoek ha dimostrato che, per materiali fragili, la resistenza a trazione uniassiale è uguale alla resistenza a trazione biassiale.

Si noti che il 'passaggio' a GSI = 25 per i coefficienti *s* e *a* è stato eliminato nelle equazioni che danno transizioni continue uniformi per l'intera gamma dei valori di GSI. I valori numerici di *a* ed *s*, dati da queste equazioni, sono molto simili a quelli dati dalle precedenti equazioni.

Le tensioni normali e tangenziali sono correlate alle tensioni principali attraverso le equazioni pubblicate da Balmer.

$$\sigma_n' = \frac{\sigma_1' + \sigma_3'}{2} - \frac{\sigma_1' - \sigma_3'}{2} \cdot \frac{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} - 1}{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} + 1}$$

$$\tau = \sigma_1' - \sigma_3' \cdot \frac{\sqrt{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'}}}{\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} + 1}$$

$$\frac{d\sigma_1'}{d\sigma_3'} = 1 + am_b \left(\frac{m_b \sigma_3'}{\sigma_{ci} + s} \right)^{a-1}$$

Il modulo di deformazione dell'ammasso roccioso è dato da:

$$E_m (\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{[(GSI-10)/40]}$$

L'equazione è valida per

$$\sigma_{ci} \leq 100 \text{MPa}$$

Nel caso di $\sigma_{ci} > 100 \text{MPa}$

si adotta la seguente equazione

$$E_m (\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \cdot 10^{[(GSI-10)/40]}$$

Il fattore D consente di tener conto degli effetti dei danni provocati dalle esplosioni e del conseguente rilassamento della tensione.

Resistenza a compressione dell'ammasso roccioso

La resistenza d'ammasso è ottenibile dalle relazioni:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} * s^a$$

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} \cdot \frac{(m_b + 4s - a(m_b - 8s))(m_b / 4 + s)^{a-1}}{2(1+a)(2+a)}$$

ove:

σ_c = resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso roccioso ottenuta dal criterio di rottura di Hoek-Brown (σ_1 per $\sigma_3=0$);

σ_{cm} = resistenza a compressione globale dell'ammasso roccioso.

La σ_{cm} esprime il comportamento globale di un ammasso roccioso in condizioni di scarso confinamento; le dimensioni della zona soggetta a tali condizioni risultano nella realtà pratica superiori a quelle della zona localizzata in cui si ha effettivamente $\sigma_3=0$, per cui nell'insieme la resistenza (σ_{cm}) risulta maggiore a quella limite (σ_c).

Coesione, angolo di resistenza al taglio e dilatanza dell'ammasso roccioso

I valori dell'angolo di resistenza al taglio " ϕ " e della coesione " c " che esprimono la resistenza del materiale secondo il criterio di rottura lineare di Mohr-Coulomb sono espressi attraverso le seguenti relazioni suggerite dall'Autore:

$$\phi = \text{sen}^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b\sigma_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b\sigma_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma_{3n}](s + m_b\sigma_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + \frac{6am_b(s + m_b\sigma_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)}}}$$

ove:

$$\sigma_{3n} = \sigma_{3max} / \sigma_{ci}$$

$$\sigma_{3max} = \sigma_{cm} \cdot 0.47 \left(\frac{\sigma_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.94} \quad (H = \text{profondità})$$

La dilatanza " α " è ricavabile dalla correlazione empirica suggerita dagli Autori:

$$\alpha = \phi / K$$

Per ammassi rocciosi quali quello in oggetto il coefficiente K può essere assunto pari a 8.

Modulo di Deformazione

Il valore del Modulo di deformazione dell'ammasso roccioso è ottenibile tramite la relazione:

$$E_D = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\left(\frac{GSI-10}{40} \right)} \quad [\text{GPa}]$$

Dal valore di RMR_{base} si derivano i parametri caratteristici dell'ammasso, che secondo Bieniawsky assumono il valore:

- coesione di picco $c_p (kPa) = 5 \cdot RMR_b$
- angolo di attrito di picco $\phi_p = 0,5 \cdot RMR_b + 5$
- modulo di deformazione $E (GPa) = 2 \cdot RMR_b - 100$

I valori della coesione residua e dell'angolo di attrito residuo si ricavano introducendo nelle formule sopra indicate un valore di RMR_b modificato secondo la:

$$RMR_b = RMR_{b,orig} - \left[0,2 \cdot RMR_{b,orig} \right] \quad (\text{Priest, 1983})$$

La formula di E è però da considerare valida per valori di RMR superiori di 50, mentre per valori inferiori si utilizza la formula di SERAFIM & PEREIRA (1983):

$$E(GPa) = 10^{(RMR_b - 10 / 40)}$$

Il valore di GSI (*Geological Strength Index*) viene ricavato dalla:

$$GSI = RMR - 5$$

dove RMR viene calcolato tenendo conto dei punteggi assegnati ai primi quattro parametri e assumendo condizioni idrauliche asciutte ($A5 = 15$). Tale relazione è da ritenersi valida per $RMR > 23$.

Per i valori di resistenza alla compressione monoassiale si fa riferimento alle prove Point Load Test (PLT) effettuate su campioni di roccia, designate con le sigle Campioni "A", "C", "D" ed "F".

Per ciascuna famiglia di campioni sono state effettuate N° 10 determinazioni di PLT.

Per l'Unità litotecnica SR (Scaglia Rossa) si hanno i risultati esposti in Tabella 9.2.

Tabella 9.2 – Prove Point Load Test per l'Unità SR

UNITA' LITOTECNICA SR (Scaglia Rossa)								
CAMPIONI	Indice di resistenza alla punta	Resistenza a Compressione monoassiale	CAMPIONI	Indice di resistenza alla punta	Resistenza a Compressione monoassiale	CAMPIONI	Indice di resistenza alla punta	Resistenza a Compressione monoassiale
	Mpa	Mpa		Mpa	Mpa		Mpa	Mpa
	<i>Is50</i>			<i>Is50</i>			<i>Is50</i>	
A	2,207	53,85	C	6,152	122,31	F	3,933	79,97
	3,416	80,27		3,900	81,42		2,275	53,05
	2,563	50,49		4,488	80,71		2,012	43,08
	3,930	69,24		5,465	100,74		3,255	59,12
	3,295	60,74		3,030	79,95		3,162	59,15
	2,244	56,58		3,099	70,30		3,101	57,45
	5,794	117,29		4,361	79,61		5,933	109,90
	3,673	73,70		3,731	77,89		2,668	60,51
	4,293	83,41		4,275	86,92		4,360	102,04
	4,273	84,56		3,833	71,90		4,159	93,58
VALORE MEDIO =	73,01			85,18			71,79	

Per l'Unità litotecnica SV (Scaglia variegata) si hanno i risultati esposti in Tabella 9.3.

Tabella 9.3 – Prove Point Load Test per l'Unità SV

UNITA' LITOTECNICA SV (Scaglia Variegata)		
CAMPIONI	Indice di resistenza alla punta	Resistenza a Compressione monossiale
	Mpa	Mpa
	<i>Is50</i>	
D	1,490	30,16
	4,484	90,35
	4,616	96,36
	6,654	130,49
	3,072	65,23
	3,929	80,24
	3,498	68,59
	3,868	80,05
	5,252	103,94
	4,936	100,37
		84,58

Per ciascuna delle 23 stazioni di rilievo geostrutturale sono stati calcolati i valori RMR do Bieniawski ed i parametri di Hoek-Brown, in cui i valori di "m_i" suggeriti da Hoek sono stati desunti dalla Tabella 9.4.

Tabella 9.4 – Valori di m_i

ROCCE SEDIMENTARIE			
	Roccia	m _i	±
1	Conglomerato	21	3
2	Arenaria	17	4
3	Siltite	7	2
4	Argillite	4	2
5	Argilloscisto	6	2
6	Chalk	7	2
7	Breccia	20	2
8	Calcere cristallino	12	3
9	Calcere sparitico	10	5
10	Calcere micritico	8	3
11	Dolomia	9	3
12	Marna	7	2
13	Gesso	10	2
14	Anidride	12	2
15	Granito	32	3
16	Granodiorite	29	3
17	Diorite	25	5
18	Gabbro	27	3
19	Norite	20	5
20	Dolerite	16	5
21	Riolite	25	5
22	Dacite	25	3
23	Peridotite	25	5
24	Porfirite	20	5
25	Andesite	25	5
26	Basalto	25	5
27	Diabase	15	5
28	Ossidiana	19	3
29	Marmo	9	3
30	Cornubianite	19	4
31	Metaquarzite	20	3
32	Quarzite	20	3
33	Migmatite	29	3
34	Anfibolite	26	6
35	Gneiss	28	5
36	Scisti argillosi	7	4
37	Scisti	10	3
38	Filladi	7	3

Analogamente la valutazione del fattore "D" che descrive lo stato di "disturbo" dell'ammasso roccioso viene ricavato dai valori della Tabella 9.5, in cui sono distinti le applicazioni per gallerie e per versanti.

Tabella 9.5 – Valori di "D"

APPLICAZIONE	CONDIZIONI DELL'AMMASSO	D
Gallerie	Scavo con esplosivo con microritardi o scavo con TBM	0
Gallerie	Scavo meccanizzato in ammassi di scarsa qualità senza uso di esplosivo	0
Gallerie	Idem in presenza di rocce spingenti o rigonfianti	0,5
Gallerie	Utilizzo di esplosivo non controllato in rocce ompetenti	0,8
Versanti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (ad esempio strade, imposte di dighe) con uso di esplosivo con cariche controllate	0,7
Versanti	Taglio di scarpate per opere di ingegneria civile (ad esempio strade, imposte di dighe) con uso di esplosivo con cariche non controllate o con uso di scavo meccanizzato	1
Versanti	Cave o lavori minerari a cielo aperto con coltivazione con uso di esplosivo	1
Versanti	Cave o lavori minerari a cielo aperto con coltivazione a scavo meccanizzato	0,7
Versanti	Scarpate naturali non disturbate da faglie o zone di taglio	0

Alla fine per ogni stazione di rilievo sono state elaborate delle schede sintetiche in cui sono riportati i dati salienti secondo le classificazioni di Bieniawski ed Hoek & Brawn, di cui nelle Tabelle 9.6 e 9.7 si riporta l'esempio per la stazione SS.1.

Tabella 9.6 – SS.1 - Parametri di Bieniawski

LOCALITA'	
S.S. N° 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE" STRALCIO 1 - DAL KM 49+300 AL KM 51+500	
STAZIONE RILIEVO	SS.1
SCAGLIA VARIEGATA	
BIENIAWSKI	
R1 = Resistenza a compressione monoassiale	7,81
R2 = R.Q.D.	0,09
R3 = Spaziatura delle discontinuità	12,64
R4 = Condizione dei giunti	31,50
R5 = Condizioni acqua	15
R6 = Indice di correzione	25
RMR _{base} =	67,04
RMR _{corretto} =	42,04
GSI	39,2
Angolo di attrito interno (°)	φ' = 38,52
Coesione MPa	c' = 0,34
Modulo di elasticità MPa	E = 34.076,55

Tabella 9.7 – SS.1 - Parametri di Hoek & Brown

HOEK & BROWN			
Resistenza a compressione monoassiale roccia intatta	Mpa	$\sigma_{cl} =$	80,0
Fattore disturbo		D =	0,5
Parametro roccia		$m_i =$	7,0
GEOLOGICAL STRENGTH INDEX		GSI =	39,2
Peso di volume	kN/m ³	γ	0,03
Altezza del pendio	m	H	15,00
Angolo di attrito interno	(°)	$\varphi' =$	52,89
Coesione	MPa	$c' =$	0,20
Modulo di elasticità	MPa	E =	3.608,38

Le 23 schede di calcolo sono riportate in Allegato "A".

6.3 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

La definizione dei *parametri geotecnici caratteristici* viene effettuata per le unità di seguito elencate, tenendo conto di tutte le indagini geotecniche effettuate in situ ed in laboratorio, espone nel precedente capitolo. A ciascuna unità litotecnica verranno assegnati i parametri geotecnici caratteristici, da considerare giustamente cautelativi.

a) Unità Litotecnica DT (Detrito)

Sebbene le coperture detritiche non verranno direttamente interessate dalle opere in progetto, in quanto nella maggior parte dei casi verranno asportate, tuttavia in mancanza di prove geotecniche sui suddetti litotipi si ritiene di poter indicare dei parametri caratteristici medi da considerare giustamente cautelativi:

Peso di volume	γ	kN/m ³	19,00
Angolo di attrito interno	ϕ'	(°)	30°
Coesione	C'	kPa	0
Modulo elastico	E	MPa	12,00

b) Unità Litotecnica DA1 (Depositi Alluvionali)

Per i parametri di taglio dall'elaborazione dei valori N1(60) ricavati dalle prove SPT risulta un angolo di attrito medio

$$\phi' = 32^\circ$$

Dall'elaborazione ed interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche DPSH risultano i seguenti valori medi:

Prova	PP.1	PP.2	PP.3	PP.4	PP.5	PP.6
Angolo di attrito medio	30,4	29,5	31,43	30,32	30,09	30,64

Il modulo elastico E dalle prove Nspt risulta compreso nel seguente range:

$$E = 85 \div 144 \text{ Kg/cm}^2$$

I suddetti valori sono alquanto sottostimati, giacchè i valori di N(60) necessari al calcolo avrebbero dovuto essere corretti per la granulometria con il coefficiente correttivo C_{sg} di TOKIMATSUE & YOSHIMI

$$C_{sg} = - 0,2049 \cdot \ln(D_{50}) + 0,712$$

Il valore di E viene anche calcolato per sabbie e ghiaie con la relazione proposta in ASSHTO (1997)

$$E = 1,2 \cdot N1(60)$$

Dalla quale si ottengono seguenti i valori

N1(60)	E (Mpa)	E (Kg/cm ²)
11,34	13,608	138,76
9,21	11,052	112,70
15,59	18,708	190,77
5,67	6,804	69,38
16,07	19,284	196,64

Dalle correlazioni tra prove penetrometriche ed i valori di N1(60) risulta il seguente campo di variabilità del modulo elastico E:

$$91,35 < E < 121,38 \text{ Kg/cm}^2$$

Si ritiene di poter affidare alla suddetta unità litotecnica i seguenti parametri geotecnici

Peso di volume	γ	kN/m ³	20,00
Angolo di attrito interno	ϕ'	(°)	32°
Coesione	C'	kPa	0
Modulo elastico	E	MPa	15,00

c) Unità Litotecnica DA2 (Depositi Alluvionali - Facies limoso-argillosa)

Per questa unità si dispone di analisi geotecniche di laboratorio su 3 campioni ed una prova SPT da cui si ricavano i seguenti dati:

- Dalla prova SPT risulta un valore medio della resistenza al taglio in termini di sforzi totali:

$$C_u = 0,451 \text{ Kg/cm}^2$$

- Dalle analisi geotecniche di laboratorio risultano i seguenti valori (i diagrammi delle prove di Taglio Diretto sono stati elaborati e visualizzati nelle Figure 10.1 e 10.2)

- Peso di volume $\gamma = 19,6 \div 20,4 \text{ kN/m}^3$

- Parametri di taglio (sforzi efficaci)

Coesione $C' = 20^\circ \div 22^\circ$

Angolo di attrito interno $\phi' = 25^\circ \div 28^\circ$

- Parametri di taglio (sforzi totali)

Coesione non drenata $C_u = 1,01 \text{ Kg/cm}^2$

Figura 10.1 – Prova di TD - Sondaggio S.1 Campione CR1 (m 11,20 – 11,70)

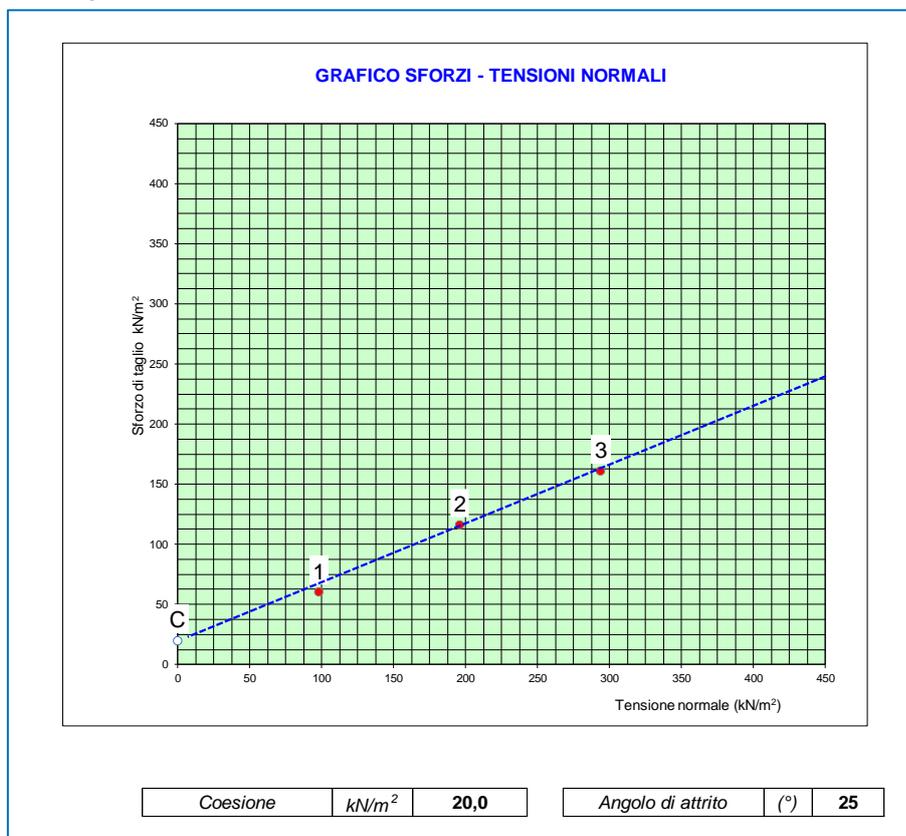
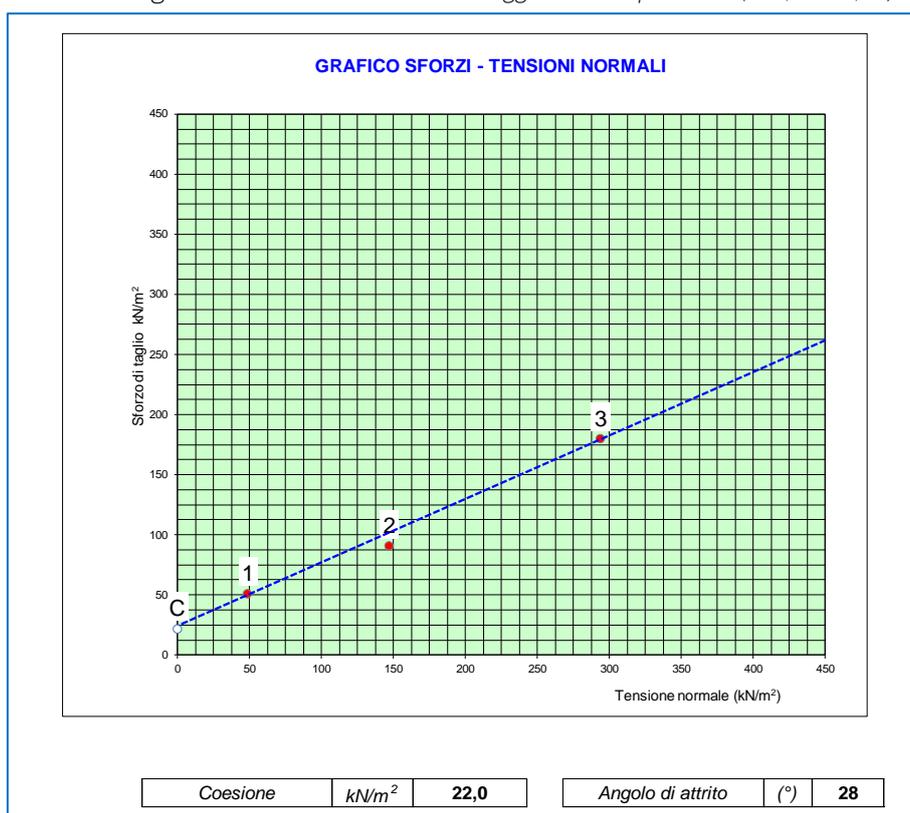


Figura 10.3 – Prova di TD - Sondaggio S.3 Campione C11 (m 2,00 – 2,50)



Alla suddetta unità di possono affidare i seguenti parametri geotecnici caratteristici

Peso di volume	γ	kN/m ³	20,00
Angolo di attrito interno	φ'	(°)	25°
Coesione efficace	C'	kPa	20
Coesione totale	C _u	kPa	50
Modulo elastico	E	MPa	5,00

d) Unità litotecnica CO (Conoidi)

Poiché le caratteristiche litologiche e granulometriche non sono distinguibili da quelle dei depositi alluvionali a questa unità litotecnica si possono attribuire gli stessi parametri geotecnici caratteristici dei depositi alluvionali, qui di seguito richiamati.

Peso di volume	γ	kN/m ³	20,00
Angolo di attrito interno	φ'	(°)	32°
Coesione	C'	kPa	0
Modulo elastico	E	MPa	15,00

e) *Unità Litotecnica SV (Scaglia Variiegata)*

Sulla scorta delle determinazioni ed interpretazioni geomeccaniche, basate sia sui rilievi geostrutturali che sulle prove Point Load Test, alla suddetta unità litotecnica si possono affidare i seguenti *parametri geotecnici caratteristici*.

UNITA' LITOTECNICA SV – Scaglia variegata

Peso di volume	γ	kN/m ³	=	26,0	
Resistenza alla compressione uniassiale	σ_c	MPa	=	80,0	÷ 84,0
GSI	-		=	30	÷ 40
Angolo di attrito interno	ϕ	(°)	=	40	÷ 45
Coesione efficace	C'	MPa	=	0,20	÷ 0,40
RMR	-		=	60	÷ 85
RMR _{corretto}	-		=	45	÷ 55
Modulo elastico	E	GPa	=	10,0	÷ 15,0

f) *Unità Litotecnica SR (Scaglia Rossa)*

Anche per questa unità litotecnica i *parametri geotecnici caratteristici* vengono individuati della base dei rilievi geostrutturali e delle prove Point Load Test..

SCAGLIA ROSSA SR – Scaglia rossa

Peso di volume	γ	kN/m ³	=	26,0	
Resistenza alla compressione uniassiale	σ_c	MPa	=	72,0	÷ 76,0
GSI	-		=	27	÷ 34
Angolo di attrito interno	ϕ	(°)	=	32	÷ 38
Coesione efficace	C'	MPa	=	0,15	÷ 0,25
RMR	-		=	57	÷ 62
RMR _{corretto}	-		=	30	÷ 35
Modulo elastico	E	GPa	=	2,0	÷ 5,0

7 ATTIVITA' DI CONTROLLO E MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

In fase di esecuzione delle opere si procederà ad eseguire ulteriori indagini al fine di confermare quanto già evidenziato in fase progettuale. Di seguito si riportano quindi i criteri generali di esecuzione della caratterizzazione in corso d'opera che avverrà conformemente a quanto stabilito dall'Allegato 9 del DPR 120/2017.

8 BILANCIO E GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO IN FASE DI REALIZZAZIONE

8.1 Descrizione delle attività svolte sul sito

Come evidente si tratta di un'opera complessa in quanto interessa, un tratto a mezza costa / trincea in roccia e prevede la realizzazione di complesse opere fra cui una galleria naturale.

Le opere da realizzare possono essere raggruppate nelle seguenti lavorazioni:

- Opere di scavo in sotterraneo e di sbancamento;
- Opere provvisorie e definitive di sostegno;
- Realizzazione di gallerie artificiali;
- Realizzazione di gallerie naturali;
- Formazione di rilevati stradali;
- Formazione di fondazioni stradali;

I materiali di scavo sono riutilizzabili o per la costruzione della stessa opera.

Dal punto di vista normativo, come già detto nelle premesse, il materiale proveniente da scavi può essere gestito come sottoprodotto e utilizzato per riempimento delle cave in disuso e/o in esercizio o ricollocato in altro sito a qualsiasi titolo autorizzato.

Un materiale si definisce sottoprodotto se vengono rispettati i seguenti requisiti:

- sia destinato all'effettivo riutilizzo per rinterri, riempimenti, rilevati e macinati - non provenga da siti inquinati o sia prodotto di bonifiche
- le concentrazioni di inquinanti siano contenute entro i limiti del DM 471/99

Tramite il riutilizzo in senso longitudinale dei materiali di scavi è stata infatti eliminata completamente la necessità di approvvigionamento dall'esterno.

Per la restante parte del materiale in esubero è previsto il trasporto a discarica.

Per le stime e lo studio della cantierizzazione è stato ipotizzato che l'approvvigionamento dei materiali relativi ai calcestruzzi e asfalti avvenga tramite forniture esterne mentre all'interno del cantiere vi è solo l'approvvigionamento del materiale proveniente dagli scavi

8.2 BILANCIO DEI MATERIALI

Come disposto dal D.P.R. n° 120/2017 il materiale da scavo verrà utilizzato, in conformità al piano di utilizzo, per la realizzazione di rinterri, riempimenti, rimodellazioni, ecc. o, come previsto dal comma 2 dello stesso articolo 4: in processi produttivi, in sostituzione del materiale di cava.

In particolare per i rimodellamenti e i rinterri in generale si utilizzerà materiale proveniente dagli scavi più superficiali (essenzialmente quelli di bonifica) di scadenti caratteristiche meccaniche.

Gli scavi in roccia e della galleria saranno invece impiegati per la realizzazione dei rilevati previa eventuale stabilizzazione granulometrica del materiale (integrazione del fuso con materiale proveniente da cava) da realizzarsi in cantiere.

Lo scotico verrà utilizzato come materiale di inerbimento ed in parte come materiale per rinterri.

8.3 LA GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO

Si riporta nel seguito un riepilogo dei movimenti terra

Per quel che attiene gli scavi:

- la voce A.01.001 del computo (u.m. = mc) = 25.871,90mc (scavi a cielo aperto in materiale sciolto e granulare)
- la voce A.01.002 del computo (u.m. = mc) = 22.418,24mc (scavi in materiale roccioso)
- la voce A.02.001.b del computo (u.m. = mq), stata moltiplicata per il fattore moltiplicativo 0,2m (spessore medio dello strato di scotico) = $6.906,52mq \times 0,2 = 1.381,30mc$
- la voce A.02.001.e del computo (u.m. = mq), stata moltiplicata per il fattore moltiplicativo 0,5m (spessore medio dell'ammorsamento su rilevati esistenti) = $2.987,80mq \times 0,5 = 1.489,40mc$
- la voce B.01.001.a del computo (u.m. = mc) = 2.851,76mc (scavi a sezione obbligata a cielo aperto in materiale sciolto e granulare)
- la voce B.01.001.b del computo (u.m. = mc) = 1.845,97mc (scavi a sezione obbligata a cielo aperto in materiale roccioso)
- la voce C.01.002.b del computo (u.m. = mc) = 53.275,24mc (scavi galleria naturale)

Totale materiale di scavo = 109.133,81mc

Per quel che attiene i rilevati:

- la voce A.02.007.a del computo (u.m. = mc) = 13.395,06mc (rilevati stradali)
- la voce A.02.008 del computo (u.m. = mc) = 3.948,96mc (rimodellamenti)
- la voce A.02.015.c del computo (u.m. = mc) = 1.827,91mc (materiali aridi anticapillari)
- la voce C.03.020.b del computo (u.m. = mc) = 3.972,66mc (drenaggio su arco rovescio)
- la voce A.02.001.b del computo (u.m. = mq), stata moltiplicata per il fattore moltiplicativo 0,2m (spessore medio dello strato di scotico) = $6.906,52mq \times 0,2 = 1.381,30mc$
- la voce A.02.001.e del computo (u.m. = mq), stata moltiplicata per il fattore moltiplicativo 0,5m (spessore medio dell'ammorsamento su rilevati esistenti) = $2.987,80mq \times 0,5 = 1.489,40mc$

Totale materiale per rilevato / rinterri = 26 015,29mc

Il materiale da conferire a discarica è pertanto pari a **83.118,52 mc**

Tutti i dati si riferiscono al materiale in banco. Considerando comunque la litologia del terreno non coesivo e il fatto che parte degli scavi sono comunque di tipo superficiale e quindi con scarso strato di compattazione si può considerare per i conferimenti a discarica un fattore di rigonfiamento pari al 15%.

Il progetto prevede altresì la fresatura di circa 1.293,36mc di pavimentazioni in conglomerato bituminoso.

La sequenza operativa dell'opera e la tipologia dei materiali previsti in progetto non consente un riutilizzo in situ del materiale proveniente dalle fresature che verrà quindi approvvigionato a sito di recupero e/o a discarica.

Si precisa comunque che i prezzi dei materiali finiti prevedono comunque la possibilità di approvvigionamento di materiali con percentuali di materiale da recupero variabili dal 10% al 30% in funzione degli strati (dall'usura alla base).

Per quel che riguarda gli scavi all'aperto gli stessi interessano le seguenti formazioni:

- Materiale sciolto di deposito antropico, conoidi e alluvioni per quel che attiene la voce A.01.001 del computo (u.m. = mc) = 25.871,90mc
- Unità SR Scaglia rossa per quel che attiene la voce A.01.002 del computo (u.m. = mc) = 22.418,24mc

8.5 CARATTERISTICHE QUALITATIVE ED AMBIENTALI DEI MATERIALI DI SCAVO

Le osservazioni di seguito esposte discendono dall'analisi dell'assetto geologico che caratterizza l'ambito territoriale influenzato dalla realizzazione dell'infrastruttura. A partire da questo è stato possibile effettuare una valutazione sulle caratteristiche delle formazioni che saranno interessate dall'opera ai fini della loro gestione nell'ambito del progetto.

Questa previsione è basata sulla caratterizzazione geologico-litotecnica dei materiali, effettuata a livello di caratteri formazionali d'insieme, integrata con le informazioni sulle loro proprietà fisiche e meccaniche ricavate nel corso delle indagini effettuate e sulle relative prove di laboratorio. Tale previsione dovrà chiaramente essere approfondita ed affinata nella successive fasi progettuali.

I terreni presenti lungo il tracciato di progetto, mostrano, anche se parzialmente (unità rocciose a prevalente componente calcarea interessate dallo scavo in sotterraneo) una buona attitudine al riutilizzo tal quali.

L'opera in progetto insiste su unità di copertura pleistoceniche – oloceniche (terreni di riporto, depositi alluvionali e depositi detritici) e su unità rocciose della Serie Umbro Marchigiana ed in particolare sulle Formazioni della Scaglia Rossa e della Scaglia Variegata.

I terreni di migliori caratteristiche, ai fini dell'eventuale riutilizzo quali materiali per la formazione dei rilevati, dei riempimenti e dei sottofondi, affiorano in corrispondenza della tratta della galleria ed in particolare nella seconda parte della stessa, in quanto interessante unità francamente calcaree appartenenti alla Formazione della Scaglia Rossa. La Scaglia Variegata, posta stratigraficamente al disopra della Scaglia Rossa, risulta genericamente meno interessante in quanto i litotipi calcarei sono alternanti a strati marnosi e calcareo marnosi di spessore da centimetrico a decimetrico; tale caratteristica diventa progressivamente più marcata muovendosi verso la parte alta della Formazione.

Per quanto riguarda la Scaglia Rossa si tratta di calcari micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Presenti liste e noduli di selce rossa. La parte bassa della formazione è quasi esclusivamente calcarea, la parte più alta può contenere intercalazioni marnoso-argillose relativamente più spesse. Sono inoltre presenti calcareniti da grigie a bianche talora di spessore metrico.

La Scaglia Variegata è invece genericamente costituita da calcari marnosi e calcari da rosati a policromi alternati a marne argillose e calcareniti. Le tratte intercettate a componente calcarea prevalente potrebbero anch'esse essere utilizzate per la per la formazione dei rilevati, dei riempimenti e dei sottofondi (dando priorità e preferendo comunque i litotipi calcarei della Scaglia Rossa), mentre la parte di formazione caratterizzata da un'alternanza di calcari e marne dovrà generalmente essere portata a discarica/deposito.

I terreni di copertura ricomprendono i detriti di falda, i depositi di piana alluvionale, i conoidi alluvionali e terreni di riporto costituenti il rilevato della strada esistente e del percorso ciclopedonale adiacente. Tali unità sono costituite da litofacies molto variabili dal punto di vista granulometrico, che vanno dalle ghiaie eterometriche in matrice limo sabbiosa ai limi e limi argillosi spesso da debolmente ghiaiosi a con ghiaia. Per il complesso di tali depositi di copertura, data l'eterogeneità e la composizione, appare improbabile il loro riutilizzo tal quale.

Per quanto concerne le caratteristiche ambientali dei terreni interessati dall'opera, è stata effettuata una verifica preliminare con analisi di laboratorio, concentrata sui terreni di copertura che per la loro natura e per la loro esposizione ad eventuali agenti inquinanti risultano essere quelli a maggior rischio di contaminazione.

E' comunque da evidenziare che tale campagna di analisi di laboratorio è da non considerare in alcun modo esaustiva e che, in funzione dell'iter progettuale e realizzativo delle opere, nelle successive fasi, si dovrà ottemperare a tutti gli obblighi di legge relativi alla caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo, sia in caso di utilizzo come sottoprodotto, che nel caso di smaltimento come rifiuto.

Sono stati quindi eseguiti n. 2 sondaggi a carotaggio continuo della profondità di 2 m da p.c. con prelievo di un campione ambientale per sondaggio nell'intervallo di profondità 0.5-1.5 m da p.c. . Il prelievo dei campioni è stato eseguito da tecnico della ditta esecutrice della campagna di indagini.

L'ubicazione dei sondaggi ambientali è osservabile nella Planimetria ubicazione indagini.

Nei campioni di terreno prelevati ai fini ambientali sono state eseguite le seguenti determinazioni:

- composti inorganici [As, Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Zn, Hg, Cr totale, CrVI]
- idrocarburi [C > 12]
- aromatici organici [BTEX]
- aromatici policiclici [IPA]
- amianto [Amianto]

In entrambi i campioni è inoltre stato eseguito un test di cessione.

Dalle analisi eseguite sono stati ottenuti i seguenti risultati.

CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE MATERIALE DA SCAVO

In base alle analisi effettuate, nessuno dei campioni in esame ha presentato superamenti dei valori rispetto ai limiti di soglia di cui alla Tabella 1, Colonna A (Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale) dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 .

Il test di cessione non ha evidenziato superamenti dei limiti di norma.

Si ribadisce che una più esauriente caratterizzazione ambientale, dovrà essere eseguita, secondo le indicazioni di legge, in funzione dell'iter progettuale e realizzativo delle opere, nelle successive fasi.

CLASSIFICAZIONE PRELIMINARE DEL RIFIUTO

Considerando la caratterizzazione litologica dei terreni ed i dati a disposizione, si può preliminarmente ipotizzare, per quanto riguarda la definizione dei i terreni oggetto di scavo in qualità di rifiuto, l'attribuzione del codice CER 170504.

Anche in questo caso una specifica campagna di analisi di caratterizzazione dovrà essere eseguita nelle successive fasi progettuali e realizzative in modo tale da definire per i vari terreni oggetto di scavo la corretta e specifica classificazione dei terreni in qualità di rifiuti e l'ammissibilità in discarica o in impianti di recupero.



CBF LABORATORI S.R.L.
Via dello Scalo snc, 05026 Montecatilli (TR)
0744/192.32.02 – 329/25.13.363
studiotecnico@libero.it - cbflaboratori@pec.net
www.analischimichecbf.it
P.IVA: 01463060556

COMMITTENTE	CNP COSTRUZIONI SRL - Zona Ind.le Ponterio, 06059 Todi (PG)	
TIPO DI PROVA	Analisi di un campione di Terra e Rocce da Scavo – S1 A	
PROVENIENZA	SS 685 delle Tre Valli" Rettifica tracciato e corsia di arrampicamento tra Borgo Cerreto e Vallo Di Nera tra le progressive Km 41+500 e Km 51+500	
VERBALE DI CAMPIONAMENTO N°	UNI 10802 – campionamento effettuato da tecnico del committente	
PRELIEVO: 12/03/22	RESPONSO: 04/04/22	N. REGISTRO: R2203/139A

RAPPORTO DI PROVA N. R2203/139A

Tabella 1 Allegato 5 parte IV D.lgs 152/06 e smi					
Parametri Controllati*	Metodo di prova	Unità di Misura	A - Siti ad uso Residenziale	B - Siti ad uso Commerciale e Industriale	Risultati analitici
Composti inorganici					
Cadmio	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	2	15	< 0,2
Cobalto	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	20	250	3,87
Cromo totale	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	150	800	22,56
Cromo VI	CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986	mg/kg s.s.	2	15	< 0,2
Nichel	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	120	500	20,62
Piombo	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	100	1000	14,10
Rame	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	120	600	23,47
Zinco	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	150	1500	38,98
Arsenico	CNR IRSA 10 Q64 Vol. 3 1985	mg/kg s.s.	20	50	< 2
Mercurio	CNR IRSA 10 Q64 Vol. 3 1985	mg/kg s.s.	1	5	< 0,1
Idrocarburi					
C > 12	ISO 16703:2004	mg/kg s.s.	50	750	< 5
BTEX					
Benzene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,1	2	< 0,01
Toluene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
Etilbenzene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
Xilene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
IPA					
Benzo(a)antracene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(a)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Benzo(b)fluorantene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(k)fluorantene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(g,h,i)terilene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Crisene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	5	50	< 0,5
Dibenzo(a,e)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,l)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,i)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,h)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,h)antracene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Indenopirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	5	< 0,01
Pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	5	50	< 0,5
Sommatoria policiclici aromatici	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	10	100	< 1
Altre sostanze					
Amianto	DM 06/09/94 – allegato 1B	mg/kg s.s.	1000	1000	i.l.r.s.





CBF LABORATORI S.R.L.
Via dello Scalo snc, 05026 Montecastrilli (TR)
0744/192.32.02 – 329/25.13.363
studiotecnico@libero.it - cbflaboratori@pec.net
www.analischimichecbf.it
P.IVA: 01463060556

*Tabella 1: Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti (DPR 120/2017 - D.M. 161/2012 - ex Art. 186 D.lgs 152/06).

LEGENDA: i.l.r.s.= inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

TEST DI CESSIONE				
(ALLEGATO 3 - D. M. 5 Febbraio 1998, come modificato dall'Allegato D.M. 186 del 05/04/2006)				
Parametri	Metodi di analisi	Unità di misura	Limiti di Norma	Risultati di analisi
Nitrati	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l NO ₃	50	22,37
Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l F	1,5	< 0,15
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l SO ₄	250	34,65
Cloruri	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l Cl	100	26,98
Cianuri	APAT CNR IRSA 4070 MAN 29/2003	µg/l CN	50	< 5
Bario	APAT CNR IRSA 3090 MAN 29/2003	mg/l Ba	1	< 0,1
Rame	APAT CNR IRSA 3250 MAN 29/2003	mg/l Cu	0,05	< 0,005
Zinco	APAT CNR IRSA 3320 MAN 29/2003	mg/l Zn	3	< 0,3
Berillio	APAT CNR IRSA 3100 MAN 29/2003	µg/l Be	10	< 1
Cobalto	APAT CNR IRSA 3140 MAN 29/2003	µg/l Co	250	< 25
Nichel	APAT CNR IRSA 3220 MAN 29/2003	µg/l Ni	10	< 1
Vanadio	APAT CNR IRSA 3310 MAN 29/2003	µg/l V	250	< 25
Arsenico	APAT CNR IRSA 3080 MAN 29/2003	µg/l As	50	< 5
Cadmio	APAT CNR IRSA 3120 MAN 29/2003	µg/l Cd	5	< 0,5
Cromo totale	APAT CNR IRSA 3150 MAN 29/2003	µg/l Cr	50	< 5
Piombo	APAT CNR IRSA 3230 MAN 29/2003	µg/l Pb	50	< 5
Selenio	APAT CNR IRSA 3260 MAN 29/2003	µg/l Se	10	< 1
Mercurio	APAT CNR IRSA 3200 MAN 29/2003	µg/l Hg	1	< 0,1
Amianto	DM 06/09/94 – allegato 1B	mg/l	30	Assente
COD	APAT CNR IRSA 5130 MAN 29/2003	mg/l O ₂	30	3,08
pH	APAT CNR IRSA 2060 MAN 29/2003	unità di pH	5,5 - 12	7,35

NOTA - Per la determinazione del test di cessione si applica l'appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2. Solo nei casi in cui il campione da analizzare presenti una granulometria molto fine, si deve utilizzare, senza procedere alla fase di sedimentazione naturale, una ultracentrifuga (20000 G) per almeno 10 minuti. Solo dopo tale fase si potrà procedere alla successiva fase di filtrazione secondo quanto riportato al punto 5.2.2 della norma UNI EN 12457-2.

Note:

- Strumentazione sottoposta a preventiva taratura da Instrument Service sas, Torgiano (PG)
- Standard e materiali di riferimento Carlo Erba Reagenti Srl
- Laboratorio certificato UNI EN ISO 9001:2015 n. IT302569 - 1

CONCLUSIONI: Terreno idoneo al trasporto e riutilizzo per "Siti ad uso Residenziale" (ex Art. 186 D.lgs 152/06 – Tab. A – Siti ad uso Residenziale – ora D.M. 161/2012 – DPR 120/2017).

PRELIEVO: 12/03/22	RESPONSO: 04/04/22	N. REGISTRO: R2203/139A
--------------------	--------------------	-------------------------

IL TECNICO
Dr. Fabio Bassetti
Dottore in Analisi Chimico-Biologiche



[Valido a tutti gli effetti di Legge ai sensi del Decreto Ministero della Sanità n.745 del 26/09/94, Art.3 - D.L. n.502 del 30/12/92, Art.6 comma 3 - R.D. n. 275 dell'11/02/29, Art.16 e 18 - Riconoscimento Ministero della Sanità del 30/12/98 Prot. n. 600.5/59.649/2989 – Cons. Stato n. 5417 del 03/08/04 – ISO 9001:2015]





CBF LABORATORI S.R.L.

Via dello Scalo snc, 05026 Montecastrilli (TR)
0744/192.32.02 – 329/25.13.363
studiotecnico@libero.it - cbflaboratori@pec.net
www.analisichimichecbf.it
P.IVA: 01463060556

COMMITTENTE	CNP COSTRUZIONI SRL - Zona Ind.le Ponterio, 06059 Todi (PG)	
TIPO DI PROVA	Analisi di un campione di Terra e Rocce da Scavo – S3 A	
PROVENIENZA	SS 685 delle Tre Valli" Rettifica tracciato e corsia di arrampicamento tra Borgo Cerreto e Vallo Di Nera tra le progressive Km 41+500 e Km 51+500	
VERBALE DI CAMPIONAMENTO N°	UNI 10802 – campionamento effettuato da tecnico del committente	
PRELIEVO: 12/03/22	RESPONSO: 04/04/22	N. REGISTRO: R2203/139B

RAPPORTO DI PROVA N. R2203/139B

Tabella 1 Allegato 5 parte IV D.lgs 152/06 e smi

Parametri Controllati*	Metodo di prova	Unità di Misura	A - Siti ad uso Residenziale	B - Siti ad uso Commerciale e Industriale	Risultati analitici
Composti inorganici					
Cadmio	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	2	15	< 0,2
Cobalto	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	20	250	3,01
Cromo totale	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	150	800	25,36
Cromo VI	CNR IRSA 16 Q64 Vol. 3 1986	mg/kg s.s.	2	15	< 0,2
Nichel	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	120	500	25,41
Piombo	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	100	1000	18,22
Rame	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	120	600	25,09
Zinco	D.M. 13/09/99 XI.1	mg/kg s.s.	150	1500	40,41
Arsenico	CNR IRSA 10 Q64 Vol. 3 1985	mg/kg s.s.	20	50	< 2
Mercurio	CNR IRSA 10 Q64 Vol. 3 1985	mg/kg s.s.	1	5	< 0,1
Idrocarburi					
C > 12	ISO 16703:2004	mg/kg s.s.	50	750	< 5
BTEX					
Benzene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,1	2	< 0,01
Toluene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
Etilbenzene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
Xilene	EPA 5021 A 2003+EPA 8260 C 2006	mg/kg s.s.	0,5	50	< 0,05
IPA					
Benzo(a)antracene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(a)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Benzo(b)fluorantene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(k)fluorantene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,5	10	< 0,05
Benzo(g,h,i)terilene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Crisene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	5	50	< 0,5
Dibenzo(a,e)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,l)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,i)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,h)pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Dibenzo(a,h)antracene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	10	< 0,01
Indenopirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	0,1	5	< 0,01
Pirene	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	5	50	< 0,5
Sommatoria policiclici aromatici	CNR IRSA 25a Q64 vol. 3 1998	mg/kg s.s.	10	100	< 1
Altre sostanze					
Amianto	DM 06/09/94 – allegato 1B	mg/kg s.s.	1000	1000	i.l.r.s.





CBF LABORATORI S.R.L.

Via dello Scalo snc, 05026 Montecastrilli (TR)
0744/192.32.02 – 329/25.13.363
studiotecnico@libero.it - cbflaboratori@pec.net
www.analischimichecbf.it
P.IVA: 01463060556

***Tabella 1:** Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti (DPR 120/2017 - D.M. 161/2012 - ex Art. 186 D.lgs 152/06).

LEGENDA: i.l.r.s.= inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

TEST DI CESSIONE				
(ALLEGATO 3 - D. M. 5 Febbraio 1998, come modificato dall'Allegato D.M. 186 del 05/04/2006)				
Parametri	Metodi di analisi	Unità di misura	Limiti di Norma	Risultati di analisi
Nitrati	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l NO ₃	50	14,64
Fluoruri	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l F	1,5	< 0,15
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l SO ₄	250	29,66
Cloruri	APAT CNR IRSA 4020 MAN 29/2003	mg/l Cl	100	31,02
Cianuri	APAT CNR IRSA 4070 MAN 29/2003	µg/l CN	50	< 5
Bario	APAT CNR IRSA 3090 MAN 29/2003	mg/l Ba	1	< 0,1
Rame	APAT CNR IRSA 3250 MAN 29/2003	mg/l Cu	0,05	< 0,005
Zinco	APAT CNR IRSA 3320 MAN 29/2003	mg/l Zn	3	< 0,3
Berillio	APAT CNR IRSA 3100 MAN 29/2003	µg/l Be	10	< 1
Cobalto	APAT CNR IRSA 3140 MAN 29/2003	µg/l Co	250	< 25
Nichel	APAT CNR IRSA 3220 MAN 29/2003	µg/l Ni	10	< 1
Vanadio	APAT CNR IRSA 3310 MAN 29/2003	µg/l V	250	< 25
Arsenico	APAT CNR IRSA 3080 MAN 29/2003	µg/l As	50	< 5
Cadmio	APAT CNR IRSA 3120 MAN 29/2003	µg/l Cd	5	< 0,5
Cromo totale	APAT CNR IRSA 3150 MAN 29/2003	µg/l Cr	50	< 5
Piombo	APAT CNR IRSA 3230 MAN 29/2003	µg/l Pb	50	< 5
Selenio	APAT CNR IRSA 3260 MAN 29/2003	µg/l Se	10	< 1
Mercurio	APAT CNR IRSA 3200 MAN 29/2003	µg/l Hg	1	< 0,1
Amianto	DM 06/09/94 – allegato 1B	mg /l	30	Assente
COD	APAT CNR IRSA 5130 MAN 29/2003	mg/l O ₂	30	3,85
pH	APAT CNR IRSA 2060 MAN 29/2003	unità di pH	5,5 - 12	7,22

NOTA - Per la determinazione del test di cessione si applica l'appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2. Solo nei casi in cui il campione da analizzare presenti una granulometria molto fine, si deve utilizzare, senza procedere alla fase di sedimentazione naturale, una ultracentrifuga (20000 G) per almeno 10 minuti. Solo dopo tale fase si potrà procedere alla successiva fase di filtrazione secondo quanto riportato al punto 5.2.2 della norma UNI EN 12457-2.

Note:

- Strumentazione sottoposta a preventiva taratura da Instrument Service sas, Torgiano (PG)
- Standard e materiali di riferimento Carlo Erba Reagenti Srl
- Laboratorio certificato UNI EN ISO 9001:2015 n. IT302569 - 1

CONCLUSIONI: Terreno idoneo al trasporto e riutilizzo per "Siti ad uso Residenziale" (ex Art. 186 D.lgs 152/06 – Tab. A – Siti ad uso Residenziale – ora D.M. 161/2012 – DPR 120/2017).

PRELIEVO: 12/03/22

RESPONSO: 04/04/22

N. REGISTRO: R2203/139B

IL TECNICO
Dr. Fabio Bassetti
Dottore in Analisi Chimico-Biologiche



Bassetti

[Valido a tutti gli effetti di Legge ai sensi del Decreto Ministero della Sanità n.745 del 26/09/94, Art.3 - D.L. n.502 del 30/12/92, Art.6 comma 3 - R.D. n. 275 dell'11/02/29, Art.16 e 18 - Riconoscimento Ministero della Sanità del 30/12/98 Prot. n. 600.5/59.649/2989 – Cons. Stato n. 5417 del 03/08/04 – ISO 9001:2015]



8.6 RIUTILIZZO FINALE INTERNO AL PROGETTO

In sintesi la formazione dei rilevati, dei rinterri e il riempimento dell'arco rovescio è realizzata integralmente con il recupero dei materiali provenienti dagli scavi della galleria e/o della WBS CS02 (tratto a nord della galleria naturale). Il materiale proveniente dagli scavi sarà oggetto di normali pratiche industriali (operazioni, anche condotte non singolarmente, alle quali possono essere sottoposte le terre e rocce da scavo, finalizzate al miglioramento delle loro caratteristiche merceologiche per renderne l'utilizzo maggiormente produttivo e tecnicamente efficace),

Nel caso di specie i materiali saranno soggetti a

- selezione granulometrica delle terre e rocce da scavo, con l'eventuale eliminazione degli elementi/materiali antropici;
- riduzione volumetrica mediante macinazione.

Le operazioni di normale pratica industriale finalizzate a migliorare le caratteristiche merceologiche, tecniche e prestazionali dei materiali da scavo per il loro riutilizzo, che verranno esercitate sui materiali da scavo descritti nel P.U. sono unicamente quelle previste dall'articolo 1 comma 1 lettera p del D.M. n° 161 del 10/08/2012, come elencate, in via esemplificativa, nell'Allegato 3 del medesimo decreto. In particolare per i siti in cui è previsto l'utilizzo del materiale da scavo per riempimenti e rimodellazioni (art. 3 comma 1 lettera b1) verrà eventualmente esercitata, se necessario valutando caso per caso in fase di escavazione, la selezione granulometrica del materiale da scavo. Nel caso invece di utilizzo in processi produttivi in sostituzione del materiale di cava (art. 3 comma 1 lettera b2) potrà essere eventualmente esercitata, anche la riduzione volumetrica mediante macinazione, sempre valutandone la necessità caso per caso in fase di escavazione. Inoltre si evidenzia che:

È prevista una separazione fisica del materiale scavato rispetto ai rifiuti eventualmente presenti nei siti indicati nel Piano in quanto, dagli approfondimenti analitici condotti, è emerso che dei terreni in prossimità del portale Nord, come meglio di seguito specificato, sono caratterizzati da una contaminazione naturale di Arsenico, con valori sopra le soglie consentite. Questi materiali verranno considerati rifiuti e gestiti in conformità alla vigente normativa in materia e verranno tenuti fisicamente separati dai materiali gestiti come sottoprodotti nell'ambito del presente P.U.

Per la parte restante è stato previsto il conferimento a discarica.

8.7 I SITI DI DEPOSITO INTERMEDIO

I materiali di scavo destinati ad essere riutilizzati nell'ambito del progetto saranno temporaneamente allocati presso le aree di stoccaggio interne al cantiere (siti di deposito in attesa di utilizzo) ed eventualmente sottoposti ad operazioni di normale pratica industriale. I materiali movimentati e stoccati nei suddetti siti di deposito temporanei, dovranno essere tracciati all'interno del cantiere e sempre chiaramente riconducibili a luogo e fase temporale del cantiere, senza promiscuità alcuna.



8.8 MODALITÀ DI DEPOSITO DEI MATERIALI DI SCAVO

Le aree di deposito e zone di movimentazione (carico/scarico) saranno allestite presso l'area di deposito temporaneo di cui ai cantieri operativi.

La movimentazione dei materiali avverrà in generale avvalendosi delle seguenti dotazioni: escavatori, pale gommate, autocarri e pale meccaniche.

Ciascuna piazzola sarà preventivamente modellata in maniera da minimizzare le asperità naturali del terreno; sarà realizzato, su tre lati, un argine di protezione in terra a sezione trapezoidale.

Inoltre, verrà realizzata una idonea rete di raccolta e drenaggio delle acque meteoriche volta ad evitare il ruscellamento incontrollato delle acque venute a contatto con i materiali ivi depositi.

Da un punto di vista costruttivo si procederà quindi come segue:

modellamento della superficie su cui sorgerà il modulo di deposito temporaneo tramite limitate movimentazioni di materiale, allo scopo di regolarizzare la superficie e creare una pendenza omogenea dell'ordine dello 1% in direzione del lato privo di arginatura;

predisposizione di una canaletta di sezione trapezoidale posta ai piedi della pendenza;

impermeabilizzazione della canaletta con geotessile tessuto in polietilene ad alta densità (HDPE), rivestito con uno strato di polietilene a bassa densità (LDPE);

realizzazione di un pozzetto di sicurezza posto lateralmente all'area di stoccaggio nel quale verranno convogliate le acque raccolte dalla canaletta di cui al punto precedente.

Qualora, durante la fase di deposito temporaneo il livello dell'acqua nel pozzetto raggiungesse il franco di sicurezza, si procederà allo svuotamento tramite autobotte conferendo l'acqua ad idoneo impianto autorizzato, sempre previa caratterizzazione analitica.

Seguirà poi l'impermeabilizzazione della superficie e degli argini in terra con telo di materiale polimerico (HDPE) previa stesura di tessuto non tessuto a protezione del telo stesso. Al di sopra della geomembrana impermeabilizzante sarà, quindi, posato uno strato di terreno compattato dello spessore di 10 - 15 cm per evitare danneggiamenti della struttura impermeabile realizzata dovuti al transito dei mezzi d'opera.

Al termine di ogni giornata di lavoro si provvederà a stendere sopra ciascun cumulo un telo impermeabile in PE, opportunamente ancorato, in modo da evitare fenomeni di dilavamento dei materiali ivi depositati da parte delle acque meteoriche.

Nel caso di aree di stoccaggio adibite sia ad ospitare i materiali da scavo che i materiali non gestiti come sottoprodotto si sottolinea il fatto che ogni piazzola presente sarà adibita ad ospitare i materiali per singola e ben distinta tipologia: le piazzole in cui depositare i materiali terrigeni di scavo potranno ospitare solo quelli, mentre quelle adibite al deposito rifiuti (suddivisi a loro volta per tipologia merceologica) potranno ricevere solo i rifiuti.

In tal modo all'interno del cantiere saranno sempre tenuti ben distinti i materiali terrigeni di scavo da gestire in regime di sottoprodotto dai materiali gestiti in qualità di rifiuto.

All'interno delle aree i materiali depositati saranno suddivisi in cumuli; la tracciabilità dei materiali sarà assicurata avendo cura di utilizzare sistemi identificativi di ogni cumulo (cartellonistica), al fine di poterne rintracciare la tipologia e, inoltre, il sito e la lavorazione (WBS) di provenienza.

8.9 GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO COME RIFIUTI

I materiali di scavo in esubero e proveniente dalle demolizioni non riutilizzati nell'ambito delle lavorazioni come sottoprodotti ai sensi del DPR 120/2017 saranno gestiti in regime rifiuti: tali materiali ammontano a 422.106,76 mc (in banco) e saranno gestiti ai sensi della Parte IV del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. ed inviati ad impianti autorizzati al loro recupero/smaltimento.

Per le terre e rocce da scavo qualificate con i codici dell'elenco europeo dei rifiuti 17.05.04 o 17.05.03* il deposito temporaneo di cui all'articolo 183, comma 1, lettera bb), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sarà effettuato, attraverso il raggruppamento e il deposito preliminare alla raccolta realizzati presso il sito di produzione, nel rispetto delle seguenti condizioni:

- a) le terre e rocce da scavo qualificate come rifiuti contenenti inquinanti organici persistenti di cui al regolamento (CE) 850/2004 sono depositate nel rispetto delle norme tecniche che regolano lo stoccaggio dei rifiuti contenenti sostanze pericolose e sono gestite conformemente al predetto regolamento;
- b) le terre e rocce da scavo sono raccolte e avviate a operazioni di recupero o di smaltimento secondo una delle seguenti modalità alternative:
 - 1) con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito;
 - 2) quando il quantitativo in deposito raggiunga complessivamente i 4.000mc, di cui non oltre 800 mc di rifiuti classificati come pericolosi. In ogni caso il deposito temporaneo non potrà avere durata superiore ad un anno;
 - c) il deposito sarà effettuato nel rispetto delle relative norme tecniche;
 - d) nel caso di rifiuti pericolosi, il deposito sarà realizzato nel rispetto delle norme che disciplinano il deposito delle sostanze pericolose in essi contenute e in maniera tale da evitare la contaminazione delle matrici ambientali, garantendo in particolare un idoneo isolamento dal suolo, nonché la protezione dall'azione del vento e dalle acque meteoriche, anche con il convogliamento delle acque stesse.

Per le modalità di gestione dei materiali di risulta nel regime rifiuti (materiali di scavo derivanti dagli scavi tradizionali eventualmente in esubero - CER 17.05.04), nella presente fase progettuale si ritiene pertanto verosimile ipotizzare le seguenti soluzioni di conferimento:

Discarica per rifiuti inerti

Discarica per rifiuti non pericolosi

A seguito dei risultati della caratterizzazione preliminare ai fini della gestione come rifiuti, i quali hanno evidenziato eccedenze per COD e Cloruri ai limiti finalizzati al recupero ai sensi del DM n.186 05/04/2006, non è possibile utilizzare queste terre per il ripristino ambientale di ex-cave.

Per l'individuazione delle Ditte necessarie all'acquisizione inerti per la formazione di rilevati e per il conferimento a deposito dei materiali di risulta, si rimanda all'elaborato grafico "U004-T00EG01AMBCO01

Per quanto riguarda la caratterizzazione ambientale dei terreni, per la loro gestione in regime di rifiuti, si dovrà provvedere ad eseguire:

Analisi sul tal quale ai fini della classificazione e dell'omologa

Test di cessione ai fini del recupero

Test di cessione ai fini dello smaltimento

Per i dettagli relativi alle sopracitate analisi e test si veda paragrafo seguente

8.10 GESTIONE DEI MATERIALI PROVENIENTI DALLE DEMOLIZIONI

I materiali di risulta provenienti dalle demolizioni saranno gestiti in regime rifiuti ed inviati ad impianti autorizzati al loro recupero/smaltimento.

Per le modalità di gestione dei materiali derivanti da demolizioni (CER 17.09.04-17.03.02), si ritiene pertanto verosimile ipotizzare le seguenti soluzioni di conferimento:

Impianto di recupero;

Discarica per rifiuti inerti

Discarica per rifiuti non pericolosi

Per le modalità di caratterizzazione e per l'indicazione dei siti di conferimento si rimanda ai precedenti paragrafi relativi alla gestione dei materiali di scavo in regime di rifiuti.

8.11 CAVE, DISCARICHE E IMPIANTI DI RECUPERO MATERIALE INERTE

La ricerca effettuata sul territorio d'interesse ha portato ad individuare i siti estrattivi esistenti, idonei ad essere utilizzati per la costruzione dell'opera, unitamente a quelle aree le quali, per destinazione autorizzativa, vocazione morfologica, posizione logistica o caratteristiche ambientali, meglio si prestano ad essere utilizzate per il conferimento delle terre di scarto o come sottoprodotto o come rifiuto con adeguato codice CER.

La ricerca dei siti di cava attivi è partita dall'analisi dai dati a disposizione all'interno del Sito online della Regione Umbria ed in particolare all'interno delle pagine dedicate alle Cave e Miniere.

Di seguito è osservabile la lista delle cave attive al Febbraio 2022, scaricato dalle suddette pagine.

N.	Id PRAE	Titolare	Località	Comune	Prov.	Materiali
1	02 518	C.U.S.I. S.r.l.	Roma Vecchia	Bastia Umbra	PG	Ghiaie e sabbie
2	04 301	FBM Fornaci Briziarelli Marsciano S.p.a.	Arquata	Bevagna	PG	Argille
3	07 497	Umbria Filler S.r.l.	Castel S. Maria	Cascia	PG	Calcari
4	07 145	Giovannoli Alberto	Rotondo - Chivavano - Villa S. Silvestro	Cascia	PG	Calcari
5	07 535	S.E.A. S.n.c.	Castel S. Giovanni - Valle Orsara	Cascia	PG	Calcari
6	11 303	Ceramica San Sepolcro S.r.l.	Fighille	Citerna	PG	Argille
7	12 307	SOFER S.r.l.	Poggiovalle	Città della Pieve	PG	Ghiaie e sabbie
8	13 496	Piselli Cave S.r.l.	San Secondo	Città di Castello	PG	Ghiaie e sabbie
9	15 152	Impresa Edile Gradassi Mario	La Fonte (Fr. Migliana)	Corciano	PG	Calcari
10	15 176	Marinelli A. Calce Inerti S.r.l.	Mantignana	Corciano	PG	Calcari
11	18 148	Edicalce Viola Olindo e figli S.p.a.	Fosso Rio	Foligno	PG	Calcari
12	18 486	S.E.Mo.Ter. S.n.c. F.Lli Mattioli	Moano	Foligno	PG	Ghiaie e sabbie
13	18 482	Consorzio Recuperi S.r.l.	Moano	Foligno	PG	Ghiaie e sabbie
14	18 322	De Santis Quartilio di De Santis Agostino	Capodacqua - Collelungo	Foligno	PG	Calcari
15	20 512	FBM Fornaci Briziarelli Marsciano S.p.a.	Poggio Cammello	Fratte Todina	PG	Argille
16	21 190	Colle Lucciolo S.r.l.	Colle Lucciolo e Fosso Aisa	Giano dell'Umbria	PG	Calcari
17	21 522	B.I.E.S. S.r.l.	Corone	Giano dell'Umbria	PG	Calcari
18	22 187	G.M.P. S.p.a.	Monte Pelato	Gualdo Cattaneo	PG	Calcari
19	22 521	Consorzio Pietra Rosa San Terenziano S.c.a.r.l.	Monticello	Gualdo Cattaneo	PG	Calcari
20	23 40	Cave Fabriano e Gualdo S.r.l.	Colle dei Mori - Pian delle Quaglie (Vaccara)	Gualdo Tadino	PG	Calcari
21	26 221	Consorzio VPM	Montebuono Voc. Costa di Casa	Magione	PG	Calcareniti
22	26 153	Impresa Edile Gradassi Mario	Montemelino	Magione	PG	Calcareniti
23	27 539	G.M.P. S.p.a.	Voc. Casa Nova	Marsciano	PG	Ghiaie e sabbie
24	27 532	Tecnostrade S.r.l.	Schiavo	Marsciano	PG	Ghiaie e sabbie
25	27 531	G.M.P. S.p.a.	Voc. Ripe	Marsciano	PG	Ghiaie e sabbie
26	27 346	FBM Fornaci Briziarelli Marsciano S.p.a.	Fornaci	Marsciano	PG	Argille
27	34 355	MO.TE.MI. S.r.l.	Loc. Vallupaia - Roncaria	Nocera Umbra	PG	Calcari
28	34 357	Omya S.p.a.	Monte Acciano	Nocera Umbra	PG	Calcari
29	34 441	Omya S.p.a.	Monte Pennino	Nocera Umbra	PG	Calcari
30	34 217	Umbria Filler S.r.l.	Camporia	Nocera Umbra	PG	Calcari
31	39 177	Marinelli A. Calce Inerti S.r.l.	Colle Umberto I (Monticchio-Monte Petroso)	Perugia	PG	Calcari
32	39 536	Protercave S.p.a. Curatela Fallimentare	S. Orfeto Voc. Palazzaccia	Perugia	PG	Ghiaie e sabbie
33	39 26	Piselli Cave S.r.l.	San Marco	Perugia	PG	Calcari
34	40 34	Piselli Cave S.r.l.	Casali di Accovile	Piegaro	PG	Calcareniti
35	42 163	Edilmonte Vannicelli S.r.l.	Forchetta di Usigni Voc. Col Martina e Macea	Poggiodomo	PG	Calcari
36	48 50	Gubbiotti Cave S.r.l.	Le Pura	Sellano	PG	Calcari
37	48 189	Centauro S.r.l.	Monte Cervara	Sellano	PG	Calcari
38	51 368	Spoletto Cementi S.r.l.	S. Chiodo	Spoletto	PG	Calcari
39	51 164	Eredi Marcucci Alfio S.n.c.	Poreta M.	Spoletto	PG	Ghiaie e sabbie

40	51 87	Barbetti Materials S.p.A.	Vallocchia	Spoletto	PG	Calcari
41	51 369	Spoletto Cementi S.r.l.	S. Martino in Trignano	Spoletto	PG	Argille
42	52 106	Toppetti 2 S.p.A.	Pontenaia	Todi	PG	Argille
43	52 372	Burlarelli S.r.l.	Izzalini - Torre Baldo	Todi	PG	Calcari
44	52 15	Tuderpietra di Faticoni Enzo & C. S.n.c.	Izzalini	Todi	PG	Calcari
45	54 167	Luigi Metelli S.p.a.	Manciano	Trevi	PG	Calcari
46	55 376	Borgia Giulio & Mauro S.n.c.	S. Agata	Tuoro sul Trasimeno	PG	Arenarie
47	55 33	La Cava S.r.l.	S. Agata	Tuoro sul Trasimeno	PG	Arenarie
48	56 06	Piselli Cave S.r.l.	Galera	Umbertide	PG	Calcari
49	56 377	SEAS S.r.l.	Scannata	Umbertide	PG	Calcari
50	92 385	FBM Fornaci Briziarelli Marsciano S.p.a.	Dunarobba	Avigliano Umbro	TR	Argille
51	69 196	Basalti Orvieto S.r.l.	Il Cornale	Castel Viscardo	TR	Basalti
52	69 507	Bernasconi Luigi	Voc. Fornaci	Castel Viscardo	TR	Argille
53	69 537	Consorzio Estrazione Argilla di Castel Viscardo	Le Sode	Castel Viscardo	TR	Argille
54	69 538	Consorzio Argilla B.F.B.	Le Fornaci	Castel Viscardo	TR	Argille
55	69 540	Sugaroni Vincenzo S.r.l.	Baccano	Castel Viscardo	TR	Argille
56	73 505	Effe Service S.r.l.	I Renari	Giove	TR	Ghiaie e sabbie
57	76 397	FBM Fornaci Briziarelli Marsciano S.p.a.	Collesecco	Montecastrilli	TR	Argille
58	76 49	D'Ubaldo Renato	Paragnano	Montecastrilli	TR	Calcari
59	77 169	Rancichino Luciano	Cordigliano	Montecchio	TR	Travertino
60	81 479	C.S.C. S.r.l.	Pozzo Freddo	Narni	TR	Ghiaie e sabbie
61	81 91	Unicalce S.p.a.	San Pellegrino	Narni	TR	Calcari
62	81 18	Calcestruzzi Cipiccia S.p.a.	San Crispino	Narni	TR	Ghiaie e sabbie
63	81 82	Unicalce S.p.a.	Madonna Scoperta	Narni	TR	Calcari
64	81 186	Wienerberger S.p.A.	Colle Stoppione	Narni	TR	Argille
65	82 533	Gruppo Biagioli S.r.l.	Le Prese	Orvieto	TR	Ghiaie e sabbie
66	82 104	Basalto La Spicca S.p.A.	La Spicca	Orvieto	TR	Basalti
67	82 407	Gruppo Biagioli S.r.l.	Pian Nuovo	Orvieto	TR	Ghiaie e sabbie
68	87 410	Gruppo Biagioli S.r.l.	Castel Rubello	Porano	TR	Pozzolana
69	88 69	Excavatio S.r.l.	Molinelle Voc. S. Angelo	San Gemini	TR	Ghiaie e sabbie

Per quanto attiene ai materiali che potrebbero essere necessari per soddisfare eventuali fabbisogni, attraverso un'analisi critica della suddetta lista e contatti diretti intercorsi con alcuni soggetti per verificare la reale disponibilità preliminare, sono stati individuati alcuni siti di particolare interesse. I siti estrattivi individuati presentano una capacità geometrica potenziale di circa a 650.000 m³.

Per quanto riguarda invece la ricerca di siti disponibili ad accogliere TRS in qualità di sottoprodotto, la stessa è stata effettuata contattando i già indicati soggetti titolari di attività estrattive e attraverso ricognizioni in zone al contorno dell'area progettuale.

Dal quadro conoscitivo emerge una capacità geometrica complessiva dei siti di deposito selezionati di acquisire TRS in qualità di sottoprodotto stimata dell'ordine di circa 550.000 m³ (di cui però, in alcuni casi, il vuoto minerario è, allo stato attuale, non presente e da creare in funzione delle attività di scavo che l'esercente potrà eseguire).

Nell'ambito di alcuni dei siti sopra individuati e in altri selezionati attraverso la consultazione del Catasto Gestione Rifiuti Regione Umbria presente all'interno del sito online dell'ARPA Umbria, è inoltre emersa la possibilità di gestire il recupero e/o lo smaltimento di terre e rocce classificate come rifiuti (CER 170504), per quantità autorizzate complessive superiori a 500.000 t/anno.

8.12 Cave

Sono stati individuati siti lungo la Valle Umbria (Cava di Moano e Cava di Poreta) e siti localizzati in corrispondenza delle strutture carbonatiche che dividono la Valnerina dalla Valle Umbra (per esempio la cava di La Pura in loc. Sellano). Si riportano di seguito i dati essenziali relativi ai siti esaminati:

DATI GENERALI	
ID PRAE	51164
Denominazione sito	Cava di Poreta
Località e Comune	Loc. Poreta - Comune di Sellano
Esercente	Eredi Marcucci Alfio S.n.c.
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.806682° Long. 12.77661°
Tipo di coltivazione	Cava a Fossa
Volume giacimento	126.230 m ³
Volume residuo	124.000 m ³
Risorsa mineraria	ghiaie naturali
Formazione geologica	Depositi di conoide alluvionale
Impiego commerciale	inerti nel settore edilizio, produzione di aggregati
Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione di cava del Comune di Spoleto con determinazione dirigenziale n. 1285 del 23/11/2018, variante autorizzata con determinazione dirigenziale n. 245 del 22/03/2021
Distanza dall'area d'intervento	16 Km

DATI GENERALI	
ID PRAE	4850
Denominazione sito	Cava di La Pura
Località e Comune	Loc. La Pura - Comune di Spoleto
Esercente	Gubbiotti Cave s.r.l.
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.806682° Long. 12.77661°
Tipo di coltivazione	Cava di versante
Volume giacimento	847.000 m ³
Volume residuo	420.000 m ³
Risorsa mineraria	calcare
Formazione geologica	Formazione della Maiolica
Impiego commerciale	Sabbia, pietrisco, stabilizzato, Misto per calcestruzzo, Massi da scogliera, Pietra per gabbioni
Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione di cava del comune di Sellano n. 1 del 28/07/2017
Distanza dall'area d'intervento	28 Km

DATI GENERALI	
ID PRAE	18486
Denominazione sito	Cava di Moano
Località e Comune	Loc. Moano - Comune di Foligno
Esercente	S.E.Mo.Ter. S.n.c. F.lli Mattioli
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.918197° Long. 12.735617°
Tipo di coltivazione	Cava a Fossa
Volume giacimento	345.000 m ³
Volume residuo	110.000 m ³
Risorsa mineraria	ghiaie naturali class. CNR UNI 10006 A 1-a / A2 - 4
Formazione geologica	Depositi di conoide alluvionale
Impiego commerciale	inerti nel settore edilizio, produzione di aggregati

Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione di cava del 15.04.2010 prot 19447 Comune di Foligno – (in proroga Covid art. 103 c. 2 D.L. 18/20 sino al mantenimento dello stato di emergenza), in attesa di poter presentare ulteriore proroga ai sensi della L.R. 2/2000.
Distanza dall'area d'intervento	28 Km

8.13 Impianti autorizzati alla gestione di terre e rocce da scavo in qualità di rifiuto (CER 170504)

Nelle seguenti tabelle si riportano gli estremi delle ditte poste in prossimità dell'area di intervento, i cui impianti potrebbero essere utili allo smaltimento del materiale derivante dagli scavi in terre e rocce dell'opera stradale in qualità di rifiuto (CER 170504).

I dati sono stati reperiti prevalentemente attraverso la consultazione del Catasto Rifiuti della Regione Umbria consultabile online nel Sito di ARPA Umbria, subordinatamente attraverso contatti diretti con alcuni impianti.

Le seguenti tabelle evidenziano come, nel caso venga deciso e sia possibile smaltire le terre e rocce di scavo con codice CER 170504, le quantità che potranno essere accolte dagli impianti individuati risultano attualmente pari a circa 500.000 t/a.

DATI GENERALI	
Denominazione	Recupero materia – Cava di Poreta
Località e Comune	Loc. Poreta Comune di Spoleto
Soggetto gestore	Eredi Marcucci Alfio S.n.c.
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.806682° Long. 12.77661°
Situazione amministrativa	Autorizzata dal Comune di Spoleto, in attesa di Autorizzazione A.U.A.
Dati concernenti l'autorizzazione	Determina dirigenziale comune di Spoleto n.245 del 22/03/2021
Quantità	18.000 t/a
Distanza dall'area d'intervento	16 Km
Note	In attesa di Autorizzazione A.U.A.

DATI GENERALI	
Denominazione	Recupero materia in semplificata - Manciano
Località e Comune	Loc. Manciano Comune di Trevi
Soggetto gestore	Luigi Metelli S.p.A.

Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.899081° Long. 12.758566°
Situazione amministrativa	Autorizzata
Dati concernenti l'autorizzazione	A.U.A. 04/2021, Scadenza autorizzazione 25/07/2036
Quantità	150.000 t/a
Distanza dall'area d'intervento	30 Km

DATI GENERALI	
Denominazione	Recupero materia in semplificata – Loc. Collepezzo
Località e Comune	Loc. Collepezzo Comune di Giano dell'Umbria
Soggetto gestore	RPF s.r.l.
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.835206° Long. 12.535671°
Situazione amministrativa	Autorizzata
Dati concernenti l'autorizzazione	A.U.A. 04/2021, Scadenza autorizzazione 23/02/2030
Quantità	34.500 t/a
Distanza dall'area d'intervento	41 Km

DATI GENERALI	
Denominazione	Recupero Maratta Bassa
Località e Comune	Loc. Maratta Bassa Comune di Terni
Soggetto gestore	R.M.T. Recupero Materiali Terni
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.561491° Long. 12.584188°
Situazione amministrativa	Autorizzata
Dati concernenti l'autorizzazione	Scadenza autorizzazione 23/02/2030
Quantità	432.000 t/a
Distanza dall'area d'intervento	46 Km

8.14 Aree autorizzate al ricevimento di terre e rocce da scavo come sottoprodotto

Le terre e rocce derivanti dagli scavi, in qualità di sottoprodotto (a seguito della loro caratterizzazione ambientale secondo la normativa vigente, da eseguire nelle successive fasi progettuali e realizzative in funzione dell'iter progettuale), potranno essere sistemati, se necessario, nei siti di deposito definitivo appositamente individuati.

Tali aree comprendono sia cave in esercizio, che possono essere, al termine o nel corso dell'attività estrattiva e compatibilmente con le fasi produttive, rimodellate con l'apporto delle terre o rocce di scavo, sia cave inattive, per le quali il riempimento ricondurrà a condizioni morfologiche, propedeutiche al recupero ambientale e paesaggistico previsto per le stesse.

Per quanto riguarda le cave in esercizio si ribadisce che il vuoto minerario evidenziato è, allo stato attuale, non presente e da creare in funzione delle attività di scavo che l'esercente potrà eseguire.

Le tabelle seguenti illustrano la disponibilità volumetrica delle aree individuate.

DATI GENERALI	
Denominazione	Cava di Poreta
Località e Comune	Loc. Poreta Comune di Spoleto
Esercente	Eredi Marcucci Alfio S.n.c.
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.806682° Long. 12.77661°
Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione di cava del Comune di Spoleto con determinazione dirigenziale n. 1285 del 23/11/2018, variante autorizzata con determinazione dirigenziale n. 245 del 22/03/2021
Volume necessario per il riambientamento	300.000 m ³
Distanza dall'area d'intervento	16 Km

DATI GENERALI	
Denominazione	Sito di Serravalle
Località e Comune	Loc. Serravalle Comune di Norcia
Esercente	Ditta Innocenzi Franco
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.788575° Long. 13.036879°
Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione per attività di recupero ambientale del 2 maggio 2019 con inizio lavori il 16 marzo 2019, attuale durata autorizzazione n. 4 anni dalla data di inizio lavori
Volume necessario per il riambientamento	132.000 m ³
Distanza dall'area d'intervento	24 Km

Note	Autorizzazione acquisita dalla ditta Nicolanti Angelo, sito acquistato dalla Ditta Innocenzi Franco con atto di compravendita del dicembre 2021
-------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

DATI GENERALI	
Denominazione	Cava di Moano
Località e Comune	Loc. Moano Comune di Foligno
Esercente	S.E.Mo.Ter. S.n.c. F.Ili Mattioli
Ubicazione (Google Earth)	Lat. 42.918197° Long. 12.735617°
Dati concernenti l'autorizzazione	Autorizzazione di cava del 15.04.2010 prot 19447 Comune di Foligno – (in proroga Covid art. 103 c. 2 D.L. 18/20 sino al mantenimento dello stato di emergenza), in attesa di poter presentare ulteriore proroga ai sensi della L.R. 2/2000.
Volume necessario per il riambientamento	110.000 m ³
Distanza dall'area d'intervento	28 Km