

S.S.4 SALARIA

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DEL TRATTO DELLA S.S.4 SALARIA IN LOCALITA' MOZZANO

PROGETTO DEFINITIVO

AN-259

PROGETTAZIONE: **BONIFICA – SOIL - FRANCHETTI**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

IL PROGETTISTA

Ing. Franco Persio Bocchetto - Ordine Ing. Roma n.° 8664-Sez A

Ing. Luigi Albert – Ordine Ing. Milano n.° 14725-Sez A

Ing. Paolo Franchetti – Ordine Ing. Vicenza n.° 2013-Sez A

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Anna Maria Bruna - Ordine Geol. Lazio n. 1531

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Arch. Nadia Cannella – Ordine Arch. Salerno n.1352 – Sez. A

IL RESPONSABILE DI PROGETTO

Pianificatore Territoriale Marco Colazza

IL R.U.P.

Dott. Ing. Vincenzo Catone

PROTOCOLLO

DATA

A.T.I. di PROGETTAZIONE:

(Mandataria)

bonifica spa

(Mandante)



Geotechnics Geology Structures Offshore

(Mandante)

FRANCHETTI

SG – STUDI GENERALI GEOLOGIA GEOTECNICA SISMICA Relazione Geologica

NOME FILE:
T00GE00GEORE02B

REVISIONE

SCALA

CODICE PROGETTO
PROGETTO

LIV.PROG. ANNO

D P A N 2 5 9

D 2 2

CODICE ELAB. T 0 0 G E 0 0 G E O R E 0 2

B

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	EMISSIONE POST ISTRUTTORIA	Giugno 2022	Geol. M. Zonca	Geol. F. Staffini	Ing. L. Albert
A	EMISSIONE	Marzo 2022	Geol. M. Zonca	Geol. F. Staffini	Ing. L. Albert

INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	RIFERIMENTI.....	2
2.1	Normative e raccomandazioni.....	2
2.2	Riferimenti bibliografici	2
2.3	documentazione di progetto.....	2
3	GEOLOGIA E STRATIGRAFIA.....	3
3.1	Inquadramento geologico regionale	3
3.2	Assetto tettonico strutturale	4
3.3	Assetto stratigrafico	5
4	GEOMORFOLOGIA.....	8
4.1	Assetto geomorfologico generale	8
4.2	Pericolosità e rischio geomorfologico	9
5	ASSETTO IDROGEOLOGICO	11
5.1	LIVELLI DI FALDA.....	12
6	RILIEVO GEOLOGICO – STRUTTURALE.....	13
6.1	Caratterizzazione delle discontinuità.....	19
7	MODELLO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO	23
7.1	Indagini disponibili.....	23
7.1.1	Indagini geognostiche	23
7.1.2	Sondaggi a carotaggio continuo.....	24
7.1.3	Prove di laboratorio	40
7.1.4	Prove down-hole.....	40
7.1.5	Tomografia sismica	41
7.1.6	Prospezioni sismiche con metodo MASW.....	41
7.1.7	Prove di permeabilità.....	42
7.2	Modello geologico	42
8	ASPETTI SISMICI.....	44
8.1	Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche.....	44
9	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	45

1 PREMESSA

Nella presente relazione si illustrano, in osservanza a quanto disposto al punto 6.2.1. delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (Rif. 2.1.3) e con grado di approfondimento esecutivo, le caratteristiche geologiche dell'area interessata dagli interventi per la riqualificazione della SS4 – Via Salaria in località Mozzano, nel Comune di Ascoli Piceno, come riportato in Figura 1.

Nel quadro delle opere in progetto, la presente relazione espone:

- le caratteristiche geologiche e stratigrafiche presenti lungo il tracciato;
- i lineamenti geomorfologico del territorio;
- le caratteristiche idrogeologiche;
- i risultati delle indagini geognostiche eseguite;
- i modello geologico dei siti interessati da nuovi interventi.



Figura 1 – Vista aerea dell'area di progetto

La relazione non esamina aspetti di caratterizzazione ambientale, ai sensi del D.lgs. 152/06, in quanto, se richiesti, oggetto di autonomo elaborato.

2 RIFERIMENTI

2.1 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI

- 2.1.1 D.M. 14 gennaio 2008. "Nuove norme tecniche per le costruzioni". Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 (Suppl. ordinario n. 30).
- 2.1.2 Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008". Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26 febbraio 2009 (Suppl. ordinario n. 27).
- 2.1.3 D.M. 17 gennaio 2018. "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»". Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2008 (Suppl. ordinario n. 8)".

2.2 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 2.2.1 Autorità di Bacino delle Marche (2013). Attuazione direttiva alluvioni <http://webgispcn.autoritabacino.marche.it>
- 2.2.2 Conti A., Conti M., Mentoni M., Rosmarini F. (2013). Microzonazione sismica - Relazione illustrativa – Regione Marche - Comune di Ascoli Piceno
- 2.2.3 D.U. Deere and R.P. Miller, "Engineering Classification and Index Properties for Intact Rock," Technical Report No. AFNL-TR-65-116, Air Force Weapon Laboratory, New Mexico, 1966.
- 2.2.4 Gaetano Crupi (2017). Microzonazione sismica - Relazione illustrativa – Regione Abruzzo - Comune di Valle Castellana
- 2.2.5 Moretti A et al. (1969). Carta geologica d'Italia (1:100000) – Fogli 133-134 di Ascoli Piceno e Giulianova. (II Edizione).
- 2.2.6 Girotti A. (1969). Note illustrative della Carta geologica d'Italia (1:100000) – Fogli 133-134 di Ascoli Piceno e Giulianova.
- 2.2.7 ISPRA, IdroGEO – Piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico, <https://idrogeo.isprambiente.it>
- 2.2.8 Mattei, M. (1987). Analisi geologico-strutturale della montagna dei fiori (Ascoli Piceno, Italia centrale). Geologica Romana, 26, 327-347.
- 2.2.9 Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Tronto L.R. n. 183 del 18.05.1989
- 2.2.10 P.R.G. in adeguamento al piano paesistico ambientale regionale (2012). Carta della pericolosità geologica – Tavola SF-GEO-041
- 2.2.11 P.R.G. in adeguamento al piano paesistico ambientale regionale (2012). Relazione geologica di 1°fase.
- 2.2.12 P.R.G. in adeguamento al piano paesistico ambientale regionale (2012). Carta Geologica – Tavola SF-GEO-011

2.3 DOCUMENTAZIONE DI PROGETTO

- 2.3.1 T00GE00GEOCG01B_Carta geologica generale
- 2.3.2 T00GE00GEOCG02B_Carta geologica di dettaglio
- 2.3.3 T00GE00GEOFG01B_Profilo geologico longitudinale
- 2.3.4 T00GE00GEOCI01B_Carta Idrogeologica
- 2.3.5 T00SG00GEORE04B_Relazione Geotecnica
- 2.3.6 T00SG00GEORE03B_Relazione Sismica
- 2.3.7 T00SG00GEOCS01B_Planimetria con classificazione sismica del territorio

3 GEOLOGIA E STRATIGRAFIA

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area di studio è collocata nella porzione orientale del comune di Ascoli Piceno (Marche), nel settore orientale dell'Appennino centrale (Rif.2.2.8). In particolare, l'area in esame ricade nel Bacino sedimentario della Laga, in corrispondenza del settore meridionale del più ampio Bacino Marchigiano Esterno, delimitato a Ovest dalla dorsale Umbro - Marchigiana. Quest'ultimo si è sviluppato come bacino marino di avanfossa torbiditica della catena appenninica e, in risposta al regime compressivo verso Nordest che ha avuto luogo nel corso del Miocene, risulta suddiviso in bacini di estensione più limitata, separati tra loro da dorsali rappresentate, rispettivamente, da sinclinali e anticlinali con asse appenninico, orientato Nord/Nordovest-Sud/Sudest. (Rif.2.2.11). Queste strutture, che testimoniano una deformazione duttile delle rocce in situ, risultano localmente dislocate da sistemi di sovrascorrimenti con direzione circa parallela agli assi di piega (Nord/Nordovest-Sud/Sudest) (Rif.2.2.1) e, successivamente, da sistemi di faglie con andamento circa EO, caratterizzate da un'evidente componente trascorrente.

Il sito di intervento ricade all'interno dei sedimenti marini torbiditici messiniani della Laga che, a scala regionale, si collocano tra i sedimenti carbonatici pelagici, rappresentati dai depositi plio-pleistocenici indifferenziati di margine adriatico, a Est, e dalle rocce calcaree dei Monti Sibillini e del Gran Sasso, che risultano collocati rispettivamente circa 30 km a Ovest e circa 40 km a Sud del territorio comunale di Ascoli Piceno. I sistemi di thrust presenti interessano tutti e tre i domini, portando i calcari pelagici a sovrascorrere verso Nordest sui flysch della Laga, all'interno dei quali la combinazione tra piegamento delle formazioni, sovrascorrimenti ed erosione ha portato alla sovrapposizione di unità più antiche su unità più recenti e alla loro giustapposizione orizzontale. Quanto appena descritto trova la sua testimonianza nell'isola tettonica della Montagna dei Fiori, costituita da unità pre-messiniane completamente circondate da depositi messiniani Figura 2.

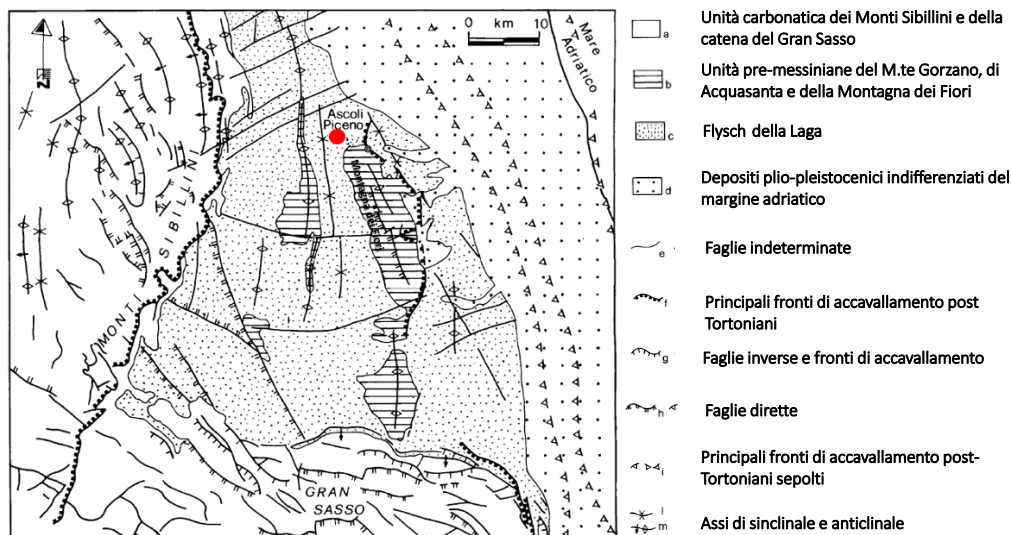


Figura 2- Schema strutturale dell'area circostante il sito di intervento (cerchio rosso).

Di seguito viene riportata la sezione stratigrafica della carta geologica 1:100000 di Ascoli Piceno e Giulianova – Foglio 133-134 – (Rif.2.2.3), che passa a circa 4 km a Nord dell'area di intervento (Figura 3 e Figura 4). Dalla Figura 4 si osserva la competenza dalle formazioni marine (Formazione della Laga e le sottostanti marne del Tortoniano), che raggiungono spessori di anche 300 m, e che vengono deformate da sinclinali e anticlinali, dislocate successivamente da strutture tipo thrust.

A grande scala, l'area di intervento risulta collocata a Ovest della città di Ascoli Piceno, su una monoclinale con immersione degli strati verso OSO.

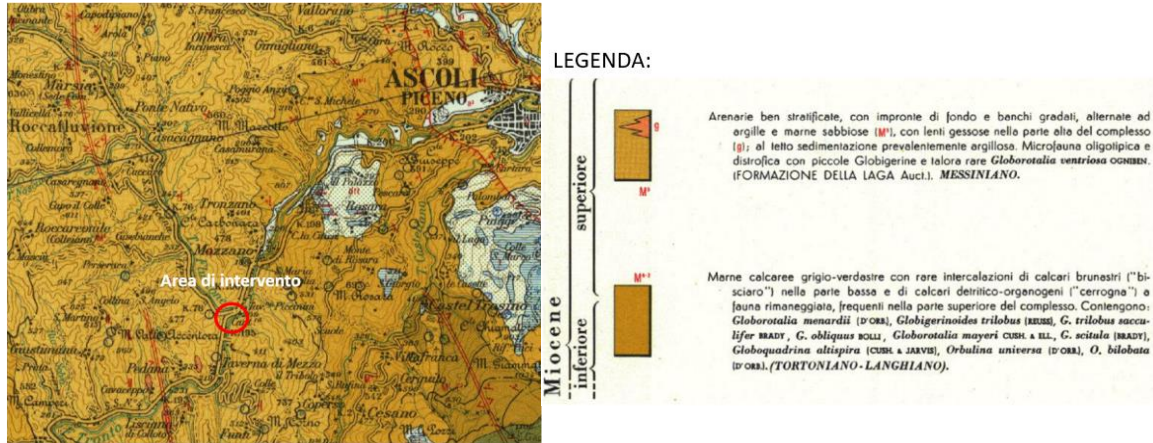


Figura 3 - Dettaglio della carta geologica (1:100000) di Ascoli Piceno e Giulianova – Foglio 133-134- e legenda. La linea nera e il cerchio rosso indicano, rispettivamente, la linea di sezione e l'area di intervento (Rif. 2.2.3).

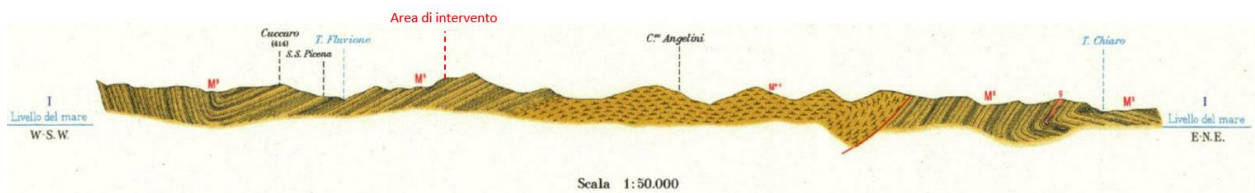


Figura 4 - Sezione geologica passante a 4 km circa più a Nord rispetto all'area d'intervento (Rif. 2.2.3)

3.2 ASSETTO TETTONICO STRUTTURALE

A grande scala, l'assetto tettonico-strutturale in cui è collocato il territorio comunale di Ascoli Piceno è descrivibile attraverso la carta geologica 1:100000 di Ascoli Piceno e Giulianova – Foglio 133-134 – (Rif. 2.2.3 e Rif. 2.2.6). In particolare, l'intero territorio cartografato può essere suddiviso in tre domini strutturali:

- le strutture dei flysch a Ovest
- il nucleo meso-cenozoico della Montagna dei Fiori a Sud-SudOvest
- l'area della serie trasgressiva pliocenico-calabriana a Est.

Quest'ultima risulta la più distante dall'area di studio (Rif. 2.2.6). Le strutture del flysch occupano la parte occidentale del territorio ed interessano soprattutto la serie arenaceo-argillosa messiniana della Formazione della Laga e, subordinatamente, il sottostante complesso marnoso langhiano-tortoniano (Marne con Bisciaro e Marne con Cerroigna). All'altezza dell'abitato di Valle Castellana, lungo l'inciso del Torrente Tevera, corre una sinclinale asimmetrica, con asse N-S. Il fianco orientale di questa sinclinale immerge a occidente di circa 20°-25° e forma anche il tetto di una potente serie monoclinale che si sviluppa ad oriente, da Valle Castellana a Monte Tignoso, e che interessa sia le arenarie torbiditiche messiniane sia la sottostante serie langhiano-tortoniana. Questa monoclinale viene poi disturbata dalla tettonica legata al nucleo meso-cenozoico della Montagna dei Fiori, che emerge come isola tettonica dalla distesa dei sedimenti terziari della Formazione della Laga, con cui viene a contatto, in corrispondenza del suo bordo

occidentale, attraverso una faglia diretta a forte rigetto. Infine, a Est, le serie marine pliocenico-quadernarie risultano debolmente inclinate verso oriente e generalmente indisturbate (Rif. 2.2.3).

L'area di studio appartiene all'area delle strutture del flysch e, in particolare, è delimitata a Ovest dalla sinclinale di Roccafluvione -Poggio Paganello, prosecuzione verso Nord della sinclinale di Valle Castellana, e, a Est, dall'anticlinale di Ascoli Piceno, entrambe con andamento NNO-SSE (Rif. 2.2.11). Nell'area sono presenti anche elementi di deformazione fragile, e in particolare sovrascorrimenti, che presentano circa la medesima orientazione NNO-SSE, tra cui il thrust che ha permesso la giustapposizione della serie langhiano-tortoniana sulle torbiditi messiniane, in corrispondenza del fianco occidentale della sinclinale di Ascoli Piceno. Le strutture duttili e fragili presenti nell'area, precedentemente citate, risultano localmente dislocate da faglie con componente trascorrente e andamento Est-Ovest che si estendono trasversalmente alle strutture stesse (Rif. 2.2.11; 2.2.3).

Tali strutture fragili si riscontrano anche in prossimità del luogo di intervento, come riportato nella cartografia geologica di progetto (Rif.2.3.1). Qui, faglie di cinematismo non definito e con direzione variabile Nord/Nordovest-Sud/Sudest e Sud/Sudovest-Nord/Nordest si impostano in corrispondenza del Fiume Tronto e alla destra e sinistra idrografica dello stesso, dove vengono successivamente dislocate da faglie di direzione circa EO, con evidente componente trascorrente (Rif. 2.2.12).

3.3 ASSETTO STRATIGRAFICO

Come anticipato nel paragrafo precedente, l'area di studio ricade all'interno del Bacino della Laga. In riferimento alla carta geologiche di progetto (Rif. 2.3.1), le litologie affioranti nell'area, dall'alto verso il basso stratigrafico sono le seguenti:

DEPOSITI CONTINENTALI

I depositi continentali in prossimità dell'area possono essere distinti nei seguenti litotipi (Rif. 2.2.11):

- detrito di falda e detrito eluvio-colluviale
- depositi alluvionali attuali
- depositi alluvionali terrazzati
- detrito di disfacimento del travertino
- travertini

Detriti di falda e detrito eluvio-colluviale

Sono costituiti da detriti di frana e da detriti di versante. All'interno del territorio comunale i detriti di frana possono presentare granulometrie e caratteristiche tessiture differenti in funzione del processo con cui si sono generati: le frane di scivolamento localizzate prevalentemente nei pressi di Vallorano e Gimigliano originano pacchi di strati che si sovrappongono ai materiali meno resistenti e scivolati lungo il versante; i fenomeni di crollo producono detriti grossolani che vengono rilevati alla base di scarpate litiche principali. I movimenti franosi in versanti di argilla generano depositi limoso-argillosi che vengono riscontrati lungo i bacini dei Torrenti Bretta e Chifente, a Est del territorio comunale.

Per quanto riguarda i depositi detritici di versante, invece, sono rinvenuti in quasi tutta la zona esaminata e rappresentano il riempimento di piccole o più estese valli al piede delle associazioni litologiche meno diagenizzate.

Depositati alluvionali attuali e terrazzati

I depositi alluvionali terrazzati presentano un'età compresa tra il Pleistocene Medio - Pleistocene Superiore, e sono costituiti da clasti dell'ordine delle sabbie e delle ghiaie. Si riscontrano in corrispondenza dei corsi d'acqua e si suddividono in depositi terrazzati di primo, secondo e terzo ordine (Rif. 2.2.8; 2.2.11; 2.2.1; 2.2.12), di cui, l'ordine più antico e quello topograficamente più elevato (generalmente con altezze non inferiore ai 100 m), è limitato ad affioramenti poco estesi, estremamente discontinui e generalmente mal

saldati alle alluvioni dell'ordine immediatamente inferiore. L'ordine due risulta generalmente molto più conservato rispetto al precedente (Rif. 2.2.6).

Le alluvioni terrazzate di terzo ordine sono quelle più diffuse arealmente e generalmente poggiano contro i terrazzi di ordine precedente, ma talvolta possono arrivare a toccare i sedimenti marini terrazzati e quaternari. Tali alluvioni affiorano con continuità lungo tutti i più importanti corsi d'acqua.

A questi si aggiungono i depositi alluvionali attuali, in cui attualmente scorrono i maggiori corsi d'acqua e che comprendono anche il letto di piena, tutt'ora inondabile. In prossimità del sito di intervento, sono stati identificati depositi alluvionali terrazzati di secondo e terzo ordine, che risultano particolarmente sviluppati in corrispondenza del Fiume Tronto e nel tratto terminale del Fiume Fluvione, che scorrono, rispettivamente, in direzione NE-SO e NQ-SE nell'area di studio.

Detrito di disfacimento dei travertini

È costituito da coltri detritiche molto estese e potenti che affiorano nella porzione NE dell'area di studio, ai piedi degli affioramenti di travertino. Tali depositi sono costituiti da clasti a pezzatura media e grossolana in abbondante matrice limoso-argillosa, spesso satura d'acqua.

Travertini

Anch'essi affiorano nella porzione NE dell'area di studio e sono responsabili dei detriti di disfacimento che si generano ai piedi degli affioramenti. Nel territorio comunale affiorano anche in corrispondenza di Colle S. Marco — Piagge, dalla quota di 400 a 600 m. circa e nella zona Rosara – Monte di Rosara, a circa 300 – 500 m. di quota s.l.m.. Generalmente affiorano in placche sedimentate secondo terrazzi successivi, infatti, alla base dei depositi calcarei si rinvencono ciottoli di origine fluviale, di spessore modesto, che si esauriscono a lente verso monte.

Formazione della Laga

Questa formazione occupa la maggior parte dell'area di studio, ad eccezione del settore nordorientale. Risulta caratterizzata da terreni di sedimentazione marina, di età Messiniana, distinti in tre membri principali, pre-evaporitico, evaporitico e post evaporitico, che rappresentano il riempimento silicoclastico dell'avanfossa ubicata al bordo orientale della dorsale calcarea in costruzione. Ciascun membro è costituito da alternanze ritmiche di litotipi arenacei e pelitici, in proporzione variabile, che vengono distinti su base litostratigrafica e sedimentologica, in associazione di facies, come segue:

- pre-evaporitico: comprende l'associazione litologica arenacea I e arenaceo pelitica I;
- evaporitico: comprende le associazioni litologiche arenacea II con livello gessarenitico, arenacea II e arenaceo pelitica II;
- post-evaporitico: comprende le associazioni litologiche pelitico-arenacea con il livello vulcanoclastico e l'associazione arenaceo-pelitica III.

L'associazione arenacea I è costituita da arenarie marroni e grigie con granulometria media, sedimentate in banchi molto spessi (spessore superiore anche ai 10 m) e con geometria prevalentemente lenticolare. Si rilevano inoltre intercalazioni di strati costituiti da arenarie grigio-giallastre a granulometria media e sottili livelli pelitici.

L'associazione arenaceo-pelitica I si trova intercalata all'interno dell'associazione arenacea I. Tale facies è costituita dall'alternanza di strati arenacei e pelitici. Lo spessore complessivo dell'associazione può raggiungere i 100 m.

L'associazione arenacea II sovrasta l'associazione arenacea I ed affiora in corrispondenza delle località di Venagrande e Venarotta, a NNE dell'area di studio. Gli spessori degli strati sono elevati, il grado di diagenesi è talmente basso da assumere, talvolta, l'aspetto di sabbie, distinguendosi dalla sottostante associazione arenacea I.

A circa 70–100 m dalla base della associazione arenacea II si rileva una intercalazione di uno strato di gessarenite torbidity continuo, utilizzato come livello guida. L'orizzonte gessarenitico è chiaramente

torbiditico in quanto presenta laminazioni da corrente e i cristalli di gesso risultano risedimentati. Lo spessore complessivo varia dai 20 ai 30 m.

L'associazione arenacea III affiora in corrispondenza delle località Casalena, Morignano, Portella, a NNE dell'area di studio.

Sovrasta l'associazione arenacea II ed è costituita da strati con basso grado di diagenesi separati da frequenti livelli pelitici. Spesso si rinvergono orizzonti di marne nerastre, spesso bituminose al tetto degli strati arenacei.

L'associazione arenaceo-pelitica II è posta al di sopra dell'associazione arenacea II ed è costituita da strati di spessore da medio ad elevato con intercalazioni di peliti scure.

L'associazione pelitico arenacea sovrasta quella arenaceo-pelitica II ed affiora in corrispondenza della parte più a Nord (superiore??) del Comune di Ascoli Piceno. Alla base sono presenti strati arenacei spessi che diminuiscono di spessore verso il tetto. Essi sono stati deposti da una corrente di torbida diluita, in condizioni di trazione e decantazione. Inoltre, all'interno è presente un livello vulcanoclastico dello spessore di circa 2 m che funge da livello guida.

L'associazione arenaceo-pelitica III si ritrova intercalata a diverse profondità nell'associazione pelitico arenacea.

Sempre in riferimento alle carte geologiche di progetto (Rif.2.3.1), la Formazione della Laga ricopre quasi totalmente l'area di studio ad eccezione del settore nordorientale, in corrispondenza del quale affiorano i travertini e sedimenti marini di età precedente. Nel settore OSO della carta, affiora l'associazione arenacea II del membro evaporitico associato alla presenza di gessareniti (Rif. 2.2.12). Inoltre, in riferimento a quanto sopra descritto (Rif. 2.2.11) e alle relazioni di sovrapposizione rilevabili dalla carta, è ragionevole ipotizzare che anche l'associazione arenaceo-pelitica appartenga a tale membro.

Marne a pteropodi

Sono sedimenti emipelagici, di età compresa tra il Tortoniano sup. e Messiniano inf, costituiti da peliti marnose, marnoso argillose, sottilmente stratificati e di colore grigio chiaro e nerastro, con spessore complessivo della formazione di circa 20–30 m.

Le marne a Pteropodi costituiscono la formazione intermedia tra le Marne con Cerrognna e la Formazione della Laga, rappresentando il tetto stratigrafico delle Marne a Cerrognna, da cui si differenziano per l'incremento della frazione argilloso-marnoso e la diminuzione media dello spessore dei singoli strati (Rif. 2.2.1).

Essa risulta la formazione più erodibile tanto da determinare ampie spianate, cenge o vallecicole a seconda della giacitura degli strati.

Nell'area di studio affiorano principalmente nel settore orientale, a tetto della formazione delle Marne di Cerrognna e a letto della formazione della Laga, e sono caratterizzate da uno spessore di circa 25-30 m.

Marne di Cerrognna

Questa formazione rappresenta quasi totalmente il settore orientale dell'area di studio. È costituita da sedimenti pelagici marnoso argillosi e marnoso calcarei di colore grigio chiaro, di età compresa tra il Tortoniano Medio e il Burdigaliano, con intercalazioni di calcareniti e biocalcareniti in strati medi e spessi che rappresentano apporti torbiditici provenienti dalla piattaforma laziale - abruzzese (Rif. 2.2.1). L'abbondante detrito carbonatico rappresenta l'elemento caratterizzante della formazione. La formazione delle *Marne a Cerrognna* può essere suddivisa nei seguenti tre membri:

- membro inferiore, costituito da marne spesso laminate di colore grigio-giallastro;
- membro intermedio, caratterizzato da un incremento degli orizzonti calcarenitici;
- membro superiore, simile a quello inferiore.

Gli spessori possono raggiungere i 300 m e passano alle sovrastanti Marne a Pteropodi in continuità stratigrafica.

4 GEOMORFOLOGIA

4.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Ascoli Piceno è caratterizzato dalle seguenti tipologie geomorfologiche:

- ad Ovest e Nord si rileva una struttura collinare costituita da rilievi arenacei ed arenaceo-marnosi incisi da fossi e corsi d'acqua, spesso in erosione concentrata.
- a Nord Est è ubicato il rilievo argilloso conglomeratico del Monte Ascensione che caratterizza il passaggio dalla facies prevalentemente arenacea (formazione della Laga) alla facies prevalentemente argillosa di età pliocenica che costituisce tutta la parte più orientale del territorio comunale.
- a Sud sono presenti i versanti spesso detritici che sovrastano la valle del T. Castellano e del F. Tronto.
- in località Colle S. Marco – Piagge e Rosara affiorano i depositi di travertino di origine idrotermale che caratterizzano morfologicamente le fasce più alte in quota dei versanti che si estendono a valle di Colle S. Marco e di Rosara.
- la parte centrale del territorio comunale è caratterizzata dalla presenza dei terrazzi alluvionali depositati dal F. Tronto, dal T. Castellano e dagli alimentatori più significativi.

Procedendo da Ovest verso Est si rileva l'asta del fiume Tronto, avente orientamento circa Ovest-Est, fino alla confluenza con il fosso del Rio e fosso delle Ranocchie che sono alimentatori in destra del fiume stesso. Successivamente l'orientamento verge verso Nord, fino a ricevere le acque del torrente Fluvione, importante alimentatore in sinistra orografica del fiume Tronto (Rif. 2.2.11).

L'area di progetto è posizionata in corrispondenza della Località Mozzano e si sviluppa interamente nella valle del fiume Tronto orientata verso Nord-Est.

La parte di territorio compresa tra il Tronto ed il torrente Fluvione, su cui insistono i centri di Tronzano e Mozzano, è interessata da frequenti crinali stretti ed allungati, scarpate poligeniche non superiori ai 15 m di altezza, diffuse frane inattive in corrispondenza degli alvei e degli apici dei numerosi fossi alimentatori del Fluvione e del Tronto.

La situazione geomorfologica suddetta è stata rilevata anche ad Est dell'asta del fiume Tronto, su cui insistono i centri abitati di Colle, Funti e Collalto.

In prossimità del ciglio superiore della scarpata fluviale del Tronto (sponda destra) sono presenti limitati depositi alluvionali del II e III ordine e a causa dell'affioramento delle formazioni arenacee di base le coperture terrigene risultano scarse e di spessore ridotto. La porzione di territorio sita a Nord del Tronto e limitata ad Est dall'asta del T. Fluvione ha caratteristiche morfologiche simili a quelle descritte, tuttavia, appare più diffusa la presenza di frane di scorrimento inattive e coperture con spessore inferiore ai 5 m.

Tra la sponda destra del fiume Tronto e il torrente Castellano, in corrispondenza delle località di Rosara e Monte di Rosara, si sviluppa una porzione di territorio dominata dalla presenza di travertino. In corrispondenza di tale area, le placche di travertino determinano sulla sommità della dorsale e lungo il fianco occidentale una serie di aree pianeggianti interrotte e dislocate dalle scarpate subverticali dei fronti delle placche. Le scarpate possono raggiungere altezze di 15 m con presenza di depositi detritici di travertino lungo i versanti sottostanti. Il fiume Tronto durante i suoi vari regimi idraulici ha terrazzato (eroso e alluvionato) la superficie topografica in sponda destra e sinistra depositando quattro ordini di terrazzi. Procedendo da Ovest verso Est, in sinistra e destra idrografica e in corrispondenza della fascia compresa tra il limite comunale occidentale e la zona sottostante Lisciano di Colloto si possono rilevare esigui lembi del terrazzo di II ordine. A valle sono presenti le alluvioni del terrazzo di III ordine che si estendono fino ad Est di Ascoli Piceno. In particolare, l'area di progetto si colloca all'interno di questi depositi. Il terrazzo di II ordine del Tronto è inoltre sovralluvionato dalle conoidi del torrente Marino (destra orografica) e del torrente Bretta (sinistra orografica).

4.2 PERICOLOSITÀ E RISCHIO GEOMORFOLOGICO

In tema di pericolosità geomorfologiche, nel quadro degli interventi in progetto si considerano le possibili interferenze con:

- fenomeni idraulici (Rif. 2.2.7 e Rif. 2.2.1; Rif. 2.2.8);
- fenomeni gravitativi (Rif. 2.2.10);

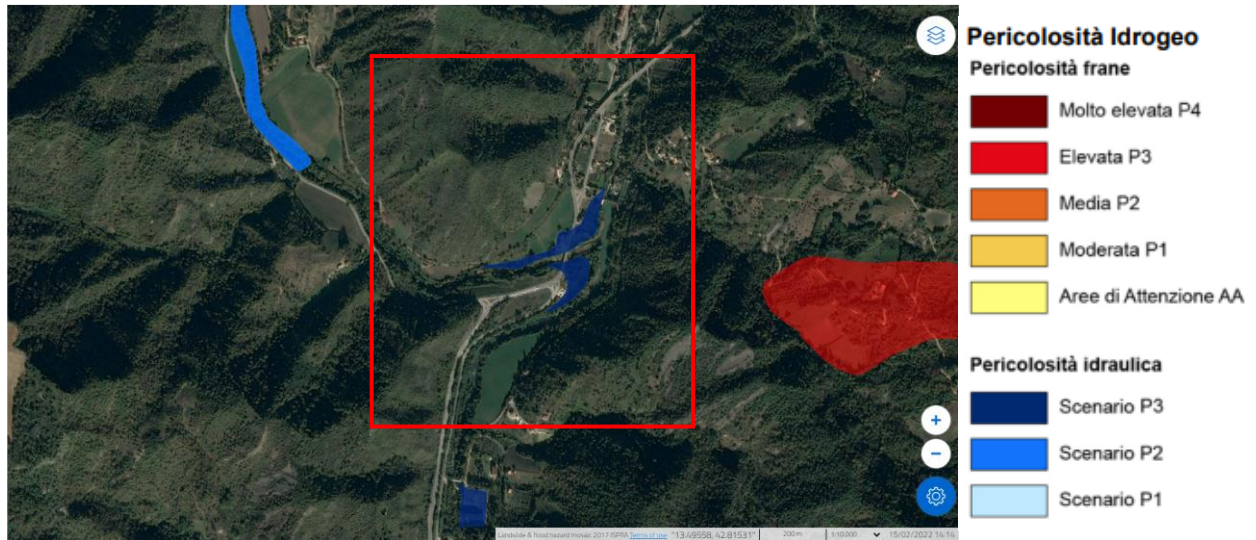


Figura 5 - Pericolosità idraulica PAI (Rif. 2.2.7)

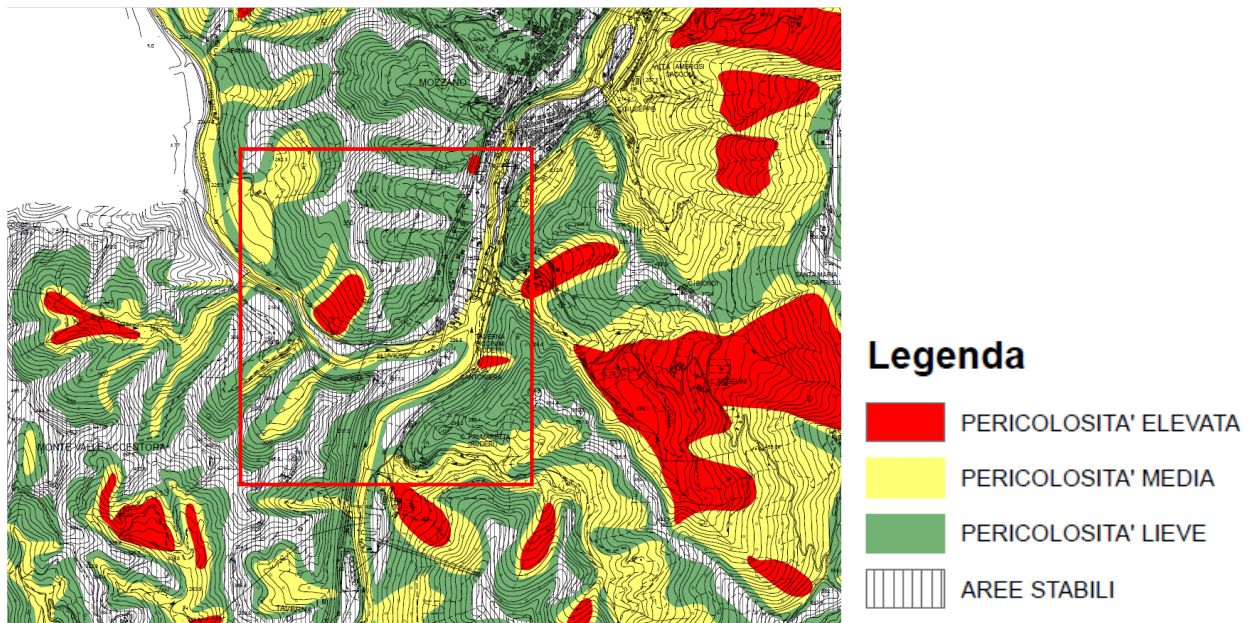


Figura 6 - Pericolosità geomorfologica (Rif. 2.2.10)

In riferimento alla cartografia ufficiale sopra richiamata (Figura 5 e Figura 6), in prossimità dell'area di intervento, lungo il Fiume Tronto, sono state identificate due aree ravvicinate di estensione limitata a elevata pericolosità idraulica (P3). Queste aree sono collocate a ridosso del fiume e risultano

Relazione Geologica

contraddistinte da altimetrie di poco maggiori rispetto a quelle riscontrate in corrispondenza del letto del Tronto (Figura 5), risultando pertanto aree potenzialmente inondabili.

Per quanto riguarda la pericolosità geomorfologica dell'area, il sito di intervento ricade all'interno di zone stabili, di cui fanno parte terrazzi alluvionali e zone spartiacque, e in prossimità di zone a pericolosità lieve e media (Figura 6). In particolare, secondo l'elaborato del P.R.G. (Rif. 2.2.10), le zone definite a "pericolosità lieve" sono rappresentate da pendii e vallecole con coltri di copertura di vario spessore e acclività medio-bassa, mentre ci si riferisce a zone di "pericolosità media" in presenza di aree caratterizzate da dissesti cartografati dal P.A.I. con pericolosità media e moderata (H2-H1-H0) e ad aree caratterizzate da elementi di instabilità relativi a coltri di copertura di elevato spessore e potenzialmente instabili.

5 ASSETTO IDROGEOLOGICO

In corrispondenza del territorio comunale e dell'area di progetto si rilevano materiali aventi caratteristiche di permeabilità molto diversificate, in funzione della granulometria, della tessitura, della porosità delle terre e delle coltri di copertura, del grado di alterazione, del grado di competenza e dell'andamento fessurativo dei terreni litici e litoidi. Lo schema idrogeologico vuole fornire, pertanto, un'analisi e lettura del territorio in funzione della possibilità e delle modalità di circolazione idrica in superficie o nel sottosuolo.

A tale proposito sono state individuate le seguenti quattro classi di permeabilità.

AREE AD ALTA PERMEABILITÀ PRIMARIA

Tali aree sono quelle costituite da materiali che consentono un rapido deflusso in profondità delle acque superficiali a causa della loro granulometria (terre-permeabilità primaria) o a causa della loro costituzione litologica e situazione tettonico-fessurativa (permeabilità secondaria).

Appartengono a tali aree i terrazzi alluvionali antichi e recenti presenti lungo l'asta dei corsi d'acqua principali, i materiali conglomeratici e sabbiosi, i detriti di falda grossolani relativi al Monte dell'Ascensione, i travertini ed i detriti di falda grossolani relativi alle placche calcaree di origine idrotermale presenti in corrispondenza del Colle S. Marco, Piagge, Monte di Rosara e Rosara.

Le ghiaie e sabbie alluvionali di recente deposizione sono in parte alimentate dalla subalvea del fiume Tronto ed in parte dalle acque superficiali e di versante.

L'asta del Tronto, in relazione al variare dei regimi idraulici, costituisce un asse drenante per tali acque che formano acquiferi rilevabili nei depositi alluvionali sopra citati. Pertanto, lungo i terrazzi più recenti sono presenti pozzi antichi e di recente costruzione che individuano la falda freatica a profondità variabili dai 4.0 ai 6,0m di profondità dal p.c.. Le argille stratificate di base costituiscono il tamponamento per tali falde caratterizzate da un battente di 2, 3 m. circa.

A Ovest del centro urbano, si rilevano numerosi terrazzi e lembi di terrazzo antichi sovrastanti l'attuale valle fluviale incassata nelle formazioni arenacee e marnose. Le alluvioni che costituiscono tali terrazzi, caratterizzati da modeste estensioni, presentano acquiferi esigui e ben drenati dall'asta fluviale. Caratteristiche analoghe hanno i vecchi terrazzi del T. Fluvione. Le conoidi alluvionali del torrente Bretta e, soprattutto del T. Marino, completano l'analisi delle aree di origine alluvionale, ad alta permeabilità, presenti nel territorio comunale.

AREE AD ELEVATA PERMEABILITÀ SECONDARIA

Le formazioni calcaree idrotermali presenti in corrispondenza del versante esposto a Nord di Colle S. Marco- Piagge collegato alla sponda destra del T. Castellano, costituiscono placche di travertino fratturate che determinano un buon drenaggio per le acque di infiltrazione superficiale; inoltre i fenomeni di dissoluzione del calcare favoriscono l'infiltrazione e la presenza nei travertini di falde acquifere, di limitata estensione, ma sufficienti per saturare i depositi detritici siti a valle, causando situazioni di instabilità.

Situazione analoga si rileva in corrispondenza delle placche di travertino del Monte di Rosara e di Rosara.

In conclusione, le aree ad alta permeabilità di fondo valle, costituiscono zone stabili che tendono al mantenimento dell'equilibrio mediante il drenaggio e lo smaltimento in profondità delle acque superficiali. Le aree ad alta permeabilità site in corrispondenza delle aree più alte in quota dei versanti, costituiscono elementi di instabilità per le zone estese a valle, saturate dalle acque emergenti dalla superficie topografica al piede delle formazioni drenanti, in corrispondenza del contatto con i materiali impermeabili tamponanti.

AREE A MEDIA PERMEABILITÀ

Le aree caratterizzate da media permeabilità sono quelle costituite da materiali che consentano un parziale ed eterogeneo drenaggio delle acque di infiltrazione superficiali.

Esse sono costituite da limi sabbiosi, limi argillosi, limi sabbioso argillosi, argille limo-sabbiose e conglobanti spesso massi erratici o detriti di piccole e media granulometria, che consentono infiltrazioni delle acque

superficiali in tempi molto disomogenei, creando zone particolarmente sature d'acqua accanto a zone più drenate e asciutte. Tale eterogeneità di drenaggio e smaltimento delle acque in profondità può generare allentamenti superficiali dei terreni o fenomeni gravitativi più evidenti lungo i pendii particolarmente attivi o alimentati, a monte, da emergenze idriche.

AREE A PERMEABILITÀ BASSA E NULLA

Sono aree costituite da materiali litici e litoidi affioranti, originariamente impermeabili che, tuttavia, a causa della fratturazione e alterazione dovuta all'assetto tettonico e all'azione degli agenti meteorici, consentono una circolazione idrica spesso sub-superficiale. Quando il grado di fratturazione è elevato e diffuso localmente, si può generare un acquifero in genere di modesta entità. Tali zone, all'interno del territorio comunale, sono rilevabili in corrispondenza di zone in cui affiorano formazioni arenaceo-marnose e arenacee, specialmente se tettonizzate.

Le aree a permeabilità nulla sono costituite da formazioni marnoso arenacee, marnose e pelitiche affioranti che essendo costituite da formazioni impermeabili, impediscono l'infiltrazione idrica nel sottosuolo.

In corrispondenza del sito di intervento, sono state individuate prevalentemente aree a permeabilità primaria e aree a permeabilità intermedia. Le prime si riscontrano in corrispondenza della confluenza del Fiume Tronto e del Torrente Fluvione, dove la struttura porosa dei depositi, generalmente sabbiosi e ghiaiosi, permettono l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo; le seconde si riscontrano, invece, in corrispondenza delle coperture detritiche limoso-sabbiose e limoso-detritiche, prodotte dall'alterazione, dal dilavamento e dalla frantumazione di blocchi rocciosi provenienti dai versanti, generalmente posti a margine dei letti fluviali, oppure dalla deposizione di sedimenti fluviali di bassa energia. In prossimità del sito di intervento ricadono, inoltre, aree caratterizzate da bassa permeabilità, costituite formazioni arenaceo-marnose. Tali litologie, caratterizzano i versanti e la roccia sottostante la copertura detritica alluvionale. Pertanto, sebbene dal punto di vista areale, le zone a bassa permeabilità, in prossimità del sito di intervento, risultino meno estese, queste possono essere ragionevolmente riscontrate in profondità, al di sotto dei depositi ad alta e media permeabilità.

5.1 LIVELLI DI FALDA

Durante la campagna di indagini condotta per la presente fase di progettazione definitiva, sono stati misurati i livelli piezometrici all'interno dei 5 piezometri, installati in corrispondenza dei sondaggi S1, S2, S3, S4 e S5. Le misurazioni dei livelli di falda in metri dal locale piano campagna sono di seguito riportate:

- S3: 6 m da p.c.
- S4: 4.5 m da p.c.
- S5: 12 m da p.c.

La falda all'interno dei piezometri è sempre rinvenuta in corrispondenza di arenaria fratturata. La permeabilità che caratterizza questa litologia, sebbene sia stata definita "bassa" subisce un incremento dovuto alla fratturazione, talvolta intensa, della roccia che porta, a formazioni di acquiferi modesti e localizzati. Inoltre, ai fini del calcolo geotecnico, si deve comunque considerare che nel corso di precipitazioni intense e/o prolungate si possono instaurare falde superficiali sospese e transitorie negli orizzonti di suolo di natura alluvionale, che generalmente sono caratterizzati da un'elevata permeabilità primaria ma che possono presentare variabilità granulometriche tali da permettere la formazione di corpi idrici con caratteristiche temporanee.

6 RILIEVO GEOLOGICO – STRUTTURALE

Il rilevamento geologico-strutturale appositamente condotto per lo studio, ha permesso di caratterizzare dal punto di vista geomeccanico l'ammasso roccioso in corrispondenza delle aree di intervento. In relazione all'accessibilità dei luoghi al momento del rilevamento, i rilievi geomeccanici sono stati condotti sulle quattro stazioni rappresentate in Figura 7 (Stazione 01, Stazione 02, Stazione 03, Stazione 04).



Figura 7 - Ubicazione stazioni del rilievo geologico - strutturale

I dati raccolti alle stazioni 01, 02 e 04, essendo tra loro vicine, sono stati elaborati in un unico stereogramma così da poter individuare i pattern di fratturazione che si sviluppano per l'intero versante e non solo localmente. I rilievi eseguiti in questi punti hanno permesso di caratterizzare l'ammasso roccioso su cui saranno eseguite le opere di sostegno OS1 e OS3, rispettivamente in corrispondenza della nuova rotonda sulla S.S. 78 Piciena e lungo la S.S. 4 Salaria tra la pk 50 e la pk 200.

Relazione Geologica



Figura 8 - Stazione 01



Figura 9 - Stazione 02

Relazione Geologica



Figura 10 - Stazione 04

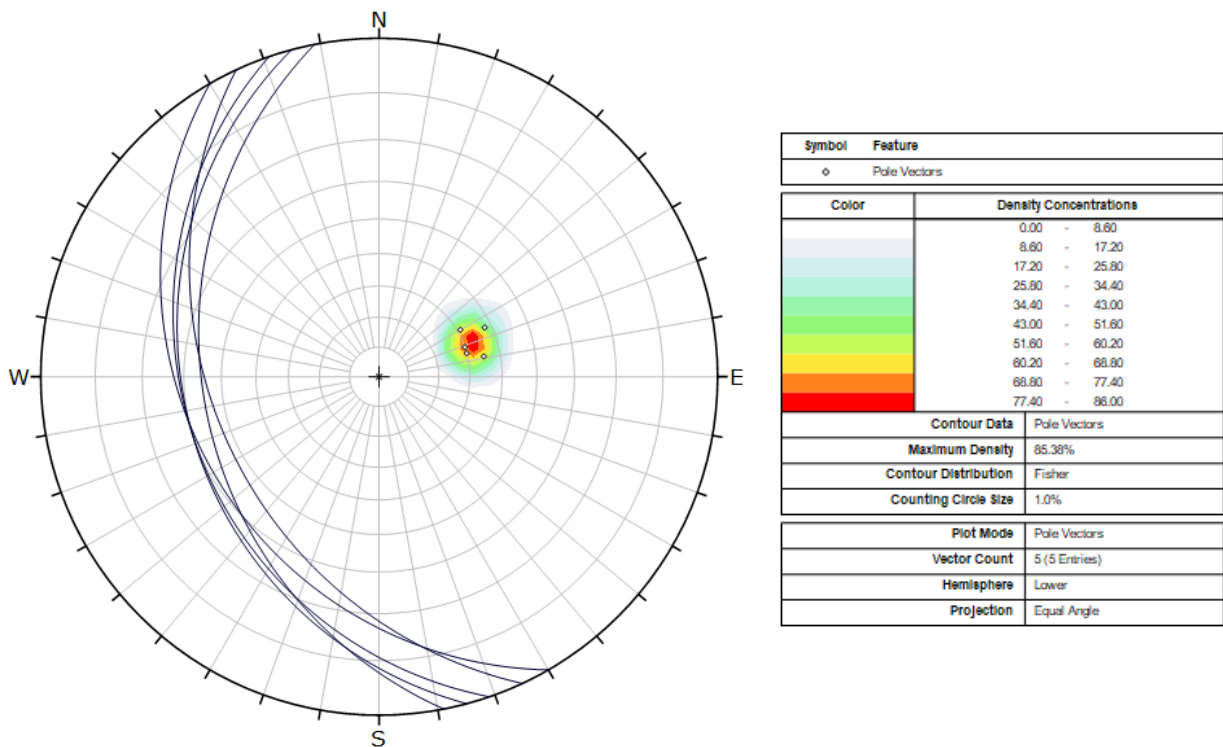


Figura 11 - Stratificazione, rappresentata come piani e punti, che caratterizza le arenarie in corrispondenza delle opere di sostegno OS-01 e OS-03.

L'ammasso roccioso è costituito da arenarie localmente alternate a livelli marnosi. Come si può osservare in Figura 11, la stratificazione (S0) immerge principalmente verso Ovest con inclinazioni che variano da 30° a circa 40°.

In Figura 12 sono rappresentate le giaciture medie della stratificazione e delle famiglie di discontinuità che pervadono l'ammasso roccioso nelle aree in cui sono stati eseguiti i rilievi. Si può osservare che, oltre alla stratificazione (S0), sono state rilevate tre famiglie di discontinuità, K1, K2, e K3, rispettivamente immergenti a Nord-Est, Nord e Sud-Est.

La distribuzione spaziale delle discontinuità e della stratificazione dell'ammasso roccioso rilevate e rappresentate negli stereogrammi, interagisce con la morfologia del territorio determinando sui fronti liberi condizioni di disequilibrio statico quando si determinano orientazioni tali da favorire lo scorrimento o il ribaltamento di blocchi rocciosi variamente scomposti. Tale condizione verrà analizzata successivamente mediante l'analisi cinematica eseguita con il "Test di Markland".

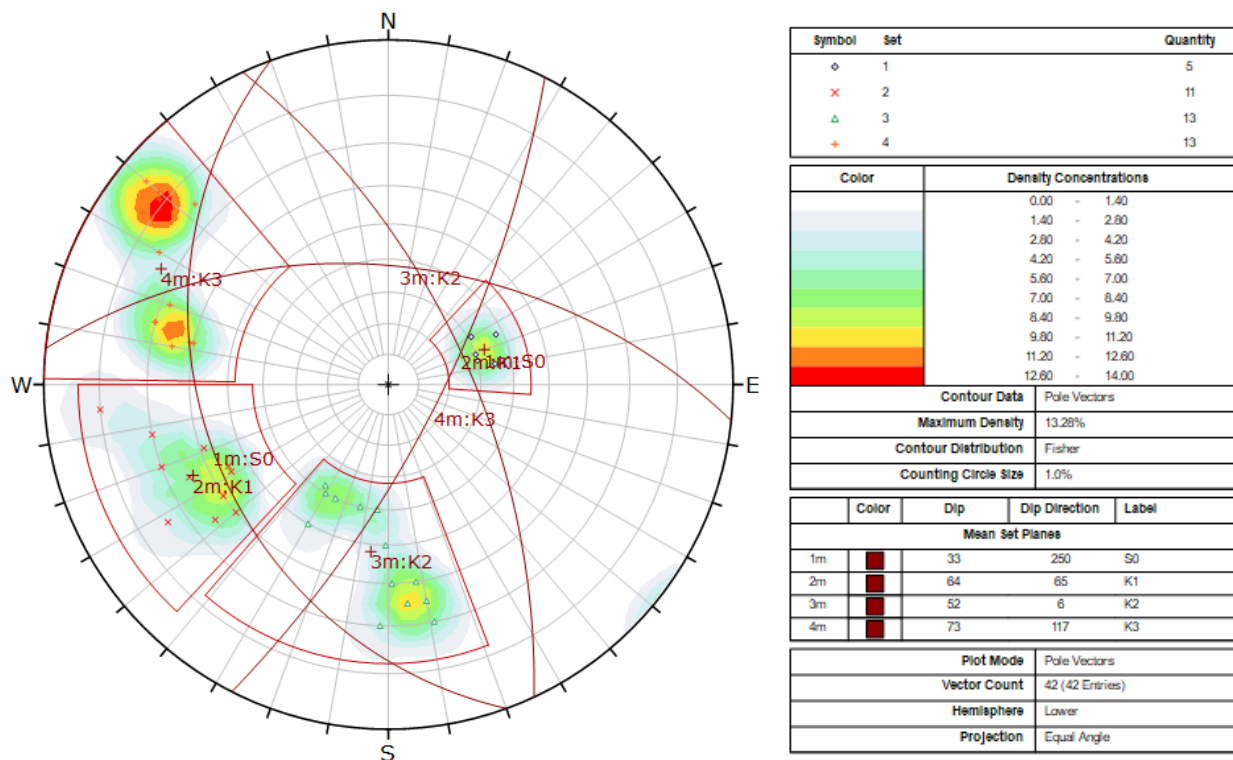


Figura 12 - Fratture e stratificazione che pervadono l'ammasso roccioso in corrispondenza delle Stazioni 01, 02 e 04.

Set fratture	Immersione	Inclinazione
(-)	(°)	(°)
S0	250	33
K1	065	64
K2	006	52
K3	117	73

Tabella 1 – Immersione e inclinazione delle faglie di discontinuità che caratterizzano l'ammasso roccioso alle Stazioni 01, 02 e 04.

In corrispondenza della Stazione 03, i rilievi eseguiti hanno permesso di caratterizzare l'ammasso roccioso su cui sarà eseguita l'opera di sostegno OS2 lungo la S.S. 4 Salaria tra la pk 50 e la pk 200. L'ammasso roccioso è costituito da arenarie localmente alternate a livelli marnosi. Come si può osservare in Figura 14, la stratificazione (S0) immerge principalmente verso Ovest con inclinazioni che variano da 30° a circa 40°. In Figura 15 sono rappresentate le giaciture medie della stratificazione e delle famiglie di discontinuità che pervadono l'ammasso roccioso nelle aree in cui sono stati eseguiti i rilievi. Si può osservare che, oltre alla stratificazione (S0), sono state rilevate tre famiglie di discontinuità, K1, K2, e K3, rispettivamente immergenti a Nord, Sud-Est e Nord-Est.

Le giaciture delle discontinuità rilevate alla Stazione 03 risultano analoghe a quelle rilevate nelle altre stazioni di rilievo; pertanto, si considerano l'andamento dei giunti di strato e il pattern di fratturazione omogenei in tutta l'area di progetto. Sulla base di questa ipotesi, si provvederà nei paragrafi successivi a descrivere la caratterizzazione meccanica dei giunti.

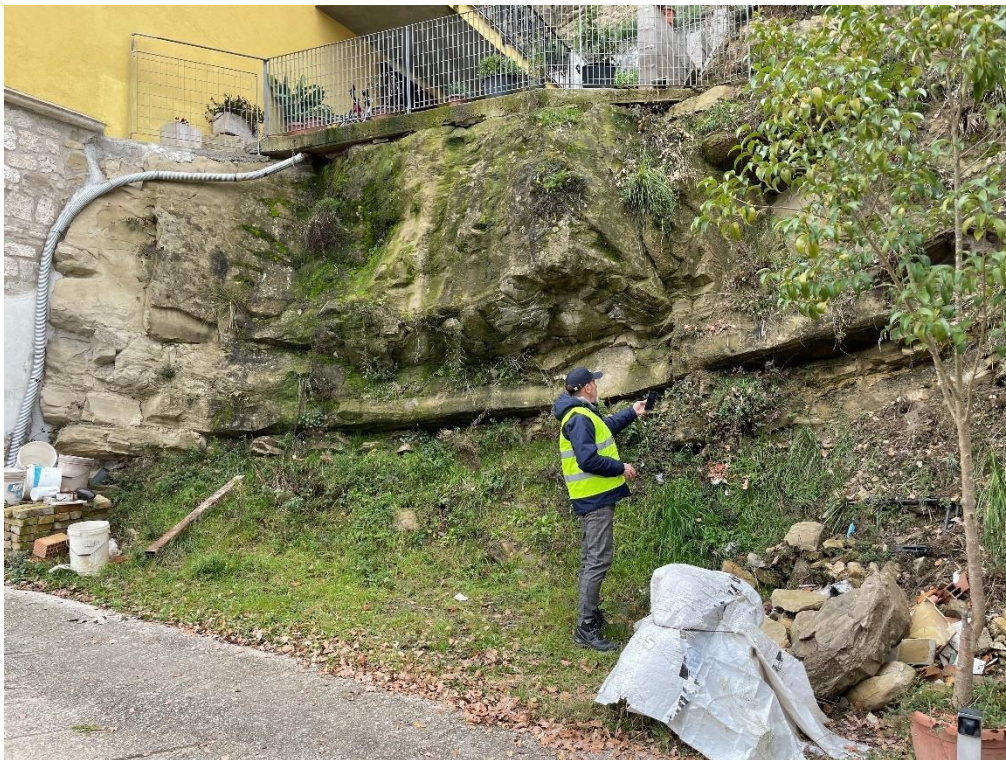


Figura 13 – Stazione 03

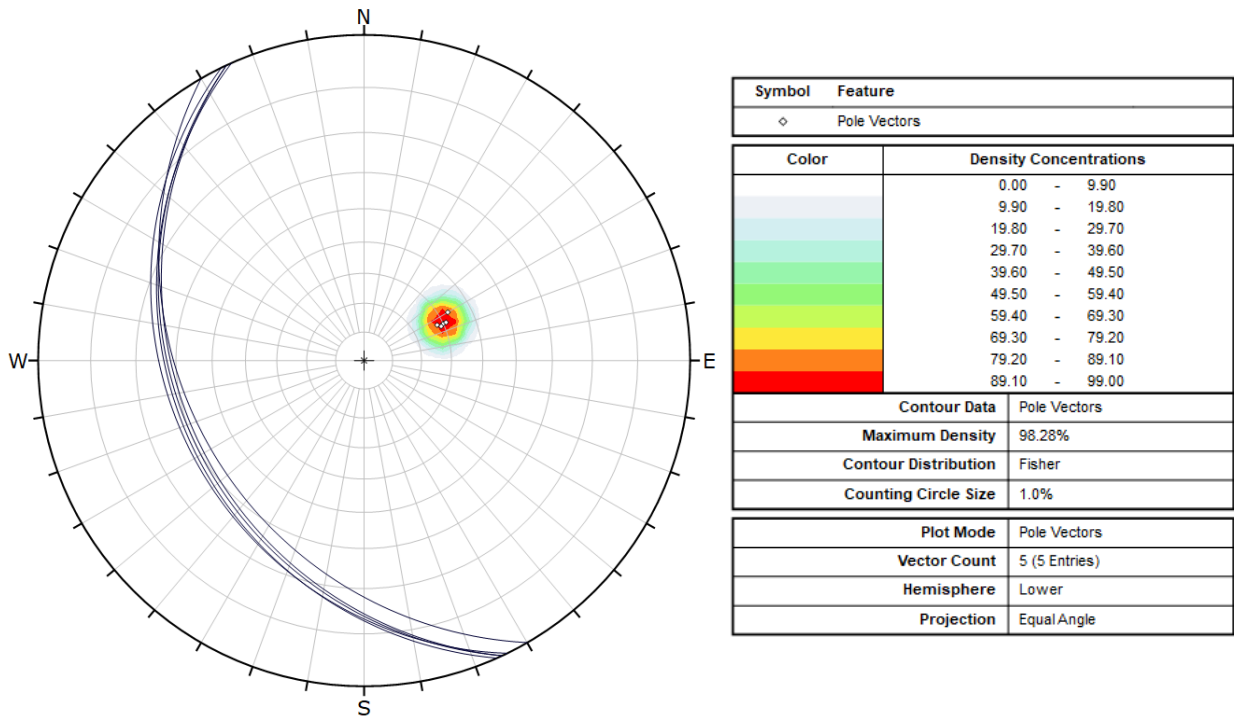


Figura 14 - Stratificazione, rappresentata come piani e punti, che caratterizza le arenarie in corrispondenza dell'opera di sostegno OS-02.

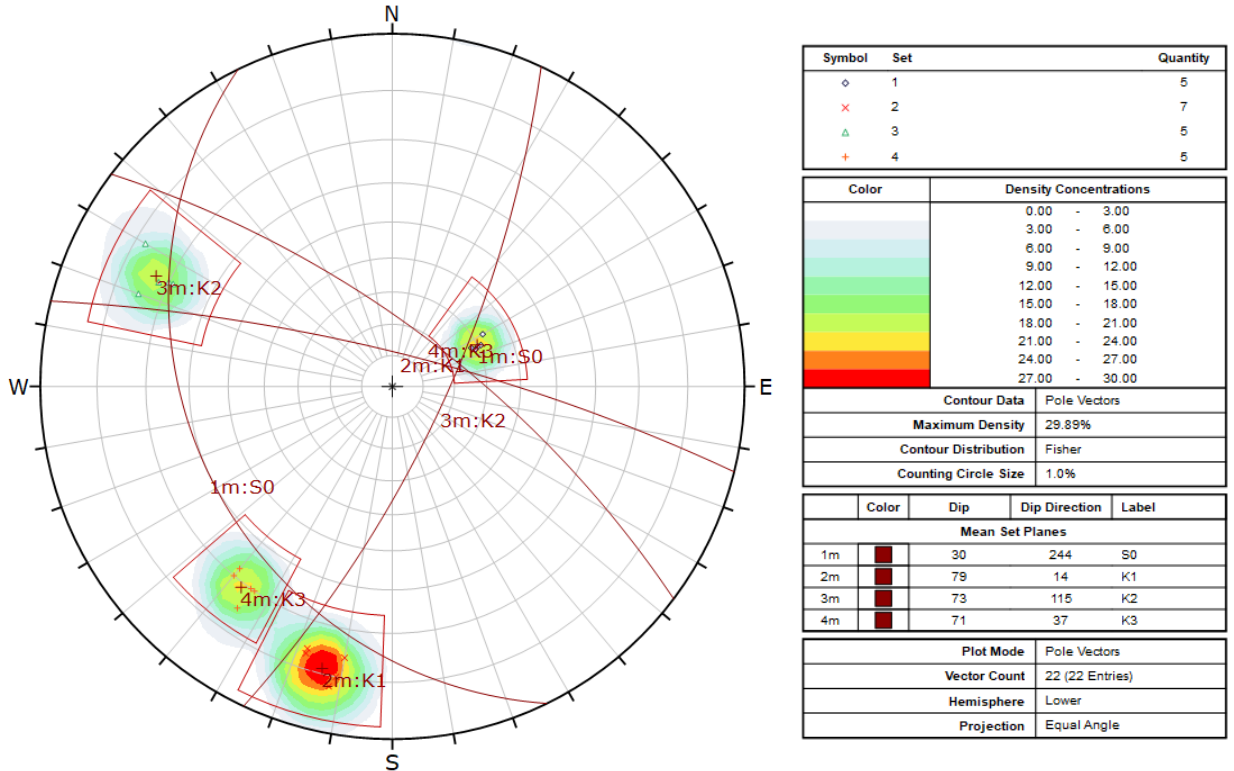


Figura 15 - Fratture e stratificazione che pervadono l'ammasso roccioso in corrispondenza della Stazione 03.

Set fratture	Immersione	Inclinazione
(-)	(°)	(°)
S0	244	30
K1	014	79
K2	115	73
K3	037	71

Tabella 2 – Immersione e inclinazione delle discontinuità

6.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE DISCONTINUITÀ

La definizione del comportamento meccanico dell'ammasso discontinuo richiede la valutazione del Volume Roccioso Unitario (VRU), cioè del volume statisticamente rappresentativo del blocco roccioso isolato dalle rispettive orientazioni delle superfici di discontinuità.

Il VRU può essere valutato facendo ricorso alle seguenti espressioni:

$$VRU^{(0)} = S_m^3$$

$$VRU^{(1)} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_i$$

$$VRU^{(2)} = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3}{\sin\gamma_1 \cdot \sin\gamma_2 \cdot \sin\gamma_3}$$

In cui:

$S_m = (S_1 + S_2 + S_3) / 3$

S_1, S_2, S_3

$\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3,$

spaziatura media delle tre discontinuità;

spaziature medie delle famiglie di discontinuità;

angoli convessi formati reciprocamente dai piani delle discontinuità.

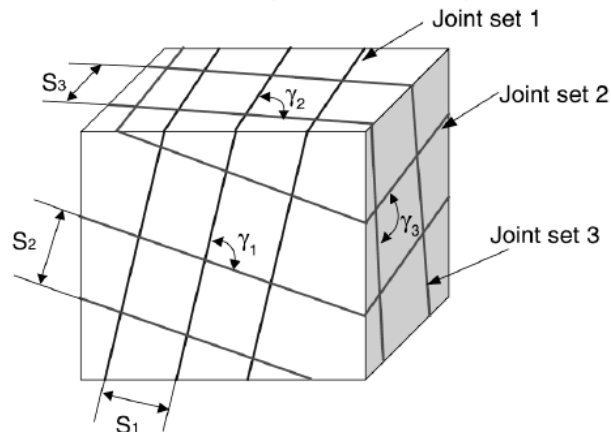


Figura 16 - rappresentazione dei parametri di spaziatura e di angolo tra le discontinuità

Si è inoltre valutato il Volumetric Joint Count (J_v) definito come il numero di fratture che intersecano un volume pari a 1 m^3 (Palmstrom, 1996), attraverso la seguente espressione:

$$J_v = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3}$$

$$V_b = \beta \cdot J_v^{-3}$$

Le seguenti tabelle sintetizzano i valori di spaziatura misurati e i valori di VRU, J_v e V_b ottenuti per le diverse combinazioni delle famiglie di discontinuità, considerando i valori medi di spaziatura.

Famiglia discontinuità	Spaziatura			
	[m]			
	S0	K1	K2	K3
Medio (S0-K1-K2-K3)	1.25	0.50	0.75	0.25
Minimo (S0-K1-K2-K3)	1.00	0.20	0.50	0.20
Massimo (S0-K1-K2-K3)	1.50	0.80	1.00	0.30

Tabella 3 - Sintesi spazature massime, medie e minime rilevate

CALCOLO DEL VOLUME ROCCIOSO UNITARIO												
$VRU^{(0)} = S_m^3$			$VRU^{(1)} = S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_i$			$VRU^{(2)} = \frac{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot \dots \cdot S_i}{\sin \gamma_1 \cdot \sin \gamma_2 \cdot \sin \gamma_3 \cdot \dots \cdot \sin \gamma_i}$			$J_v = \frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} + \frac{1}{S_3}$		$V_b = \beta \cdot J_v^{-3}$	
Famiglia discontinuità	Spaziatura			Angolo relativo			VRU ⁽⁰⁾	VRU ⁽¹⁾	VRU ⁽²⁾	J _v	b	V _b
	[m]			[°]			[m ³]	[m ³]	[m ³]	[j/m ³]	(-)	[m ⁻³]
S0-K1-K2	1.25	0.50	0.75	83	50	71	0.58	0.47	0.65	4.13	50.00	0.71
S0-K1-K3	1.25	0.50	0.25	83	49	83	0.30	0.16	0.21	6.80	50.00	0.16
S0-K2-K3	1.25	0.75	0.25	71	41	83	0.42	0.23	0.38	6.13	50.00	0.22
K1-K2-K3	0.50	0.75	0.25	50	41	49	0.13	0.09	0.25	7.33	50.00	0.13
							0.36	0.24	0.37	6.10		0.30

Tabella 4 - Valutazione del VRU per le diverse famiglie di discontinuità

Il volume roccioso unitario ottenuto è stato calcolato con i valori medi della spaziatura di ogni famiglia. Il volume unitario calcolato con l'espressione VRU(0) è variabile tra 0.15 ÷ 0.6 m³, con VRU(1) varia tra 0.1 ÷ 0.5 m³ e con VRU(2), che tiene conto della correzione degli angoli relativi tra le famiglie, è variabile tra circa 0.2 ÷ 0.7 m³.

Il Volumetric Joint Count (J_v) è variabile tra 4.1÷7.3 j/m³ con valor medio dell'ordine di 6.10, mentre il volume block (V_b) ricavato con un fattore forma (b) pari a 50 è compreso tra 0.1 ÷ 0.7 m³ con un valore medio di 0.3 m³.

Tenendo conto di tutte le formulazioni utilizzate al fine dell'analisi di stabilità dei singoli blocchi è stato considerato un valore medio di 0.4 m³.

Dai rilievi strutturali è possibile ottenere la resistenza al taglio dei giunti superficiali mediante l'equazione di Barton e Bandis (1990). L'equazione riguarda giunti scabri non cementati ed è espressa come:

$$\tau_n = \sigma_n \tan \left(\phi_b + JRC \log \frac{JCS}{\sigma_n} \right)$$

dove:

σ_n = tensione normale alla superficie di giunto;

ϕ_b = angolo di attrito di base;

JRC = parametro relativo alla scabrezza dei giunti;

JCS = resistenza a compressione uniaassiale sulla superficie del giunto determinata con sclerometro.

L'angolo di attrito di base ϕ_b viene posto tra 25° e 35° per le arenarie, coerentemente con i dati disponibili in letteratura nel nostro caso è stato scelto un valore intermedio di 30°.

Per la definizione del valore resistenza alla compressione monoassiale del giunto (Joint Compressive Strength - JCS) è stata utilizzato il grafico sottostante (Figura 17) proposto da Miller (Rif.2.2.3)

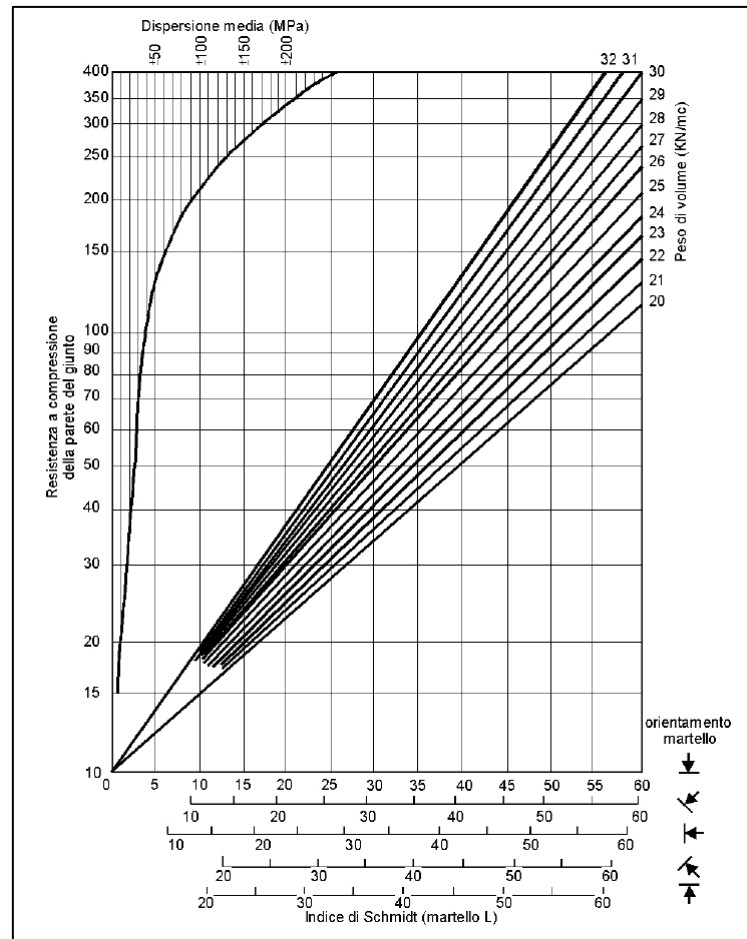


Figura 17 - Correlazione tra resistenza alla compressione monoassiale della roccia, numero di rimbalzo e inclinazione dello strumento rispetto alla verticale

La resistenza alla compressione dei giunti rocciosi JCS, misurata con sclerometro, ha fornito, per tutte le famiglie di discontinuità i seguenti risultati. Pertanto, si considera un valor medio di JCS=35 MPa

Stazione 01, Stazione 02, Stazione 04						
45 verso basso		45 verso alto		JCS		
Colpi	JCS [MPa]	Colpi	JCS [MPa]	Max [MPa]	Min [MPa]	Medio [MPa]
22	29	18	19	66	19	35
28	41					
18	26					
16	23					
18	26					
26	38					
30	44					
38	66					

Tabella 5 - Valutazione del JCS per le diverse famiglie di discontinuità

Tenendo conto che le misure sperimentali investigano una parte limitata dell'intera lunghezza dei giunti di discontinuità è necessario correggere i risultati di JSC e JRC, che riguardano una lunghezza L_0 di solito pari a qualche decina di centimetri, estendendone la validità alla lunghezza reale L_n . Le correzioni dei valori sperimentali JSC_0 e JRC_0 alla lunghezza di persistenza dei giunti di discontinuità, JRC_n e JCS_n , sono date dalle espressioni:

$$JRC_n = JRC_0 \left(\frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.02 JRC_0}$$

$$JCS_n = JSC_0 \left(\frac{L_n}{L_0} \right)^{-0.03 JRC_0}$$

Si è assunto $L_0 = 50$ cm e $L_n = 5$ m, pari alla lunghezza dello stendimento. Pertanto, i valori considerati nelle verifiche all'equilibrio limite dei cunei sono JCS pari a 25 MPa e JRC pari a 4, come riportato in Tabella 6.

<i>angolo di attrito di base</i>	ϕ_b	30.0	[°]
<i>resistenza a compressione del giunto misurata</i>	JCS_0	35.0	[MPa]
<i>rugosità del giunto misurata</i>	JRC_0	5.0	[-]
<i>lunghezza giunto</i>	L_0	60	[cm]
<i>lunghezza stendimento</i>	L_n	5	[m]
<i>resistenza a compressione del giunto corretta</i>	JCS_n	25	[MPa]
<i>rugosità del giunto corretta</i>	JRC_n	4	[-]

Tabella 6 - parametri di resistenza utilizzati per le verifiche all'equilibrio limite della stabilità dei blocchi rocciosi

7 MODELLO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO

7.1 INDAGINI DISPONIBILI

Per la presente fase di progettazione è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche in sito, che ha compreso l'esecuzione di:

- N. 5 sondaggi geotecnici (S1, S2, S3, S4, S5) a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità massima di 30 m dal piano campagna, con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni indisturbati, successivamente sottoposti ad un programma di prove geotecniche di laboratorio;
- N. 4+3 prove di permeabilità Le Franc in pozzetto e sondaggio;
- N. 1 prova di permeabilità Lugeon in sondaggio
- N. 2 prove sismiche down-hole nell'ambito dei sondaggi S1 ed S2;
- N. 5 prospezioni geofisiche con metodo della sismica a rifrazione;
- N. 2 prospezioni sismiche con metodo MASW;

7.1.1 Indagini geognostiche

Per questa specifica fase progettuale è stata realizzata una campagna di indagini geognostiche in sito di cui sono disponibili i dati riguardanti i sondaggi S1, S2, S3, S4 ed S5, i quali sono stati condotti a carotaggio continuo fino ad una profondità massima di 30 m dal p.c. con esecuzione di prove SPT e prelievo di campioni, successivamente sottoposti a un programma di prove geotecniche di laboratorio di cui analisi granulometriche, determinazione del limite liquido (LL) e del limite plastico (LP), prove edometriche, prove di taglio diretto e prove triassiali, descritte in dettaglio all'interno della relazione geotecnica (Rif. 2.3.5). Nel seguito viene riportata la stratigrafia rilevata nei sondaggi effettuati.

SONDAGGIO	POSIZIONE
S1	42°49'18.83"N, 13°30'22.14"E
S2	42°49'23.06"N, 13°30'26.66"E
S3	42°49'24.9"N, 13°30'29.17"E
S4	42°49'21.23"N, 13°30'24.83"E
S5	42°49'28.83"N, 13°30'28.92"E

Tabella 7 - Posizionamento dei sondaggi eseguiti

Relazione Geologica

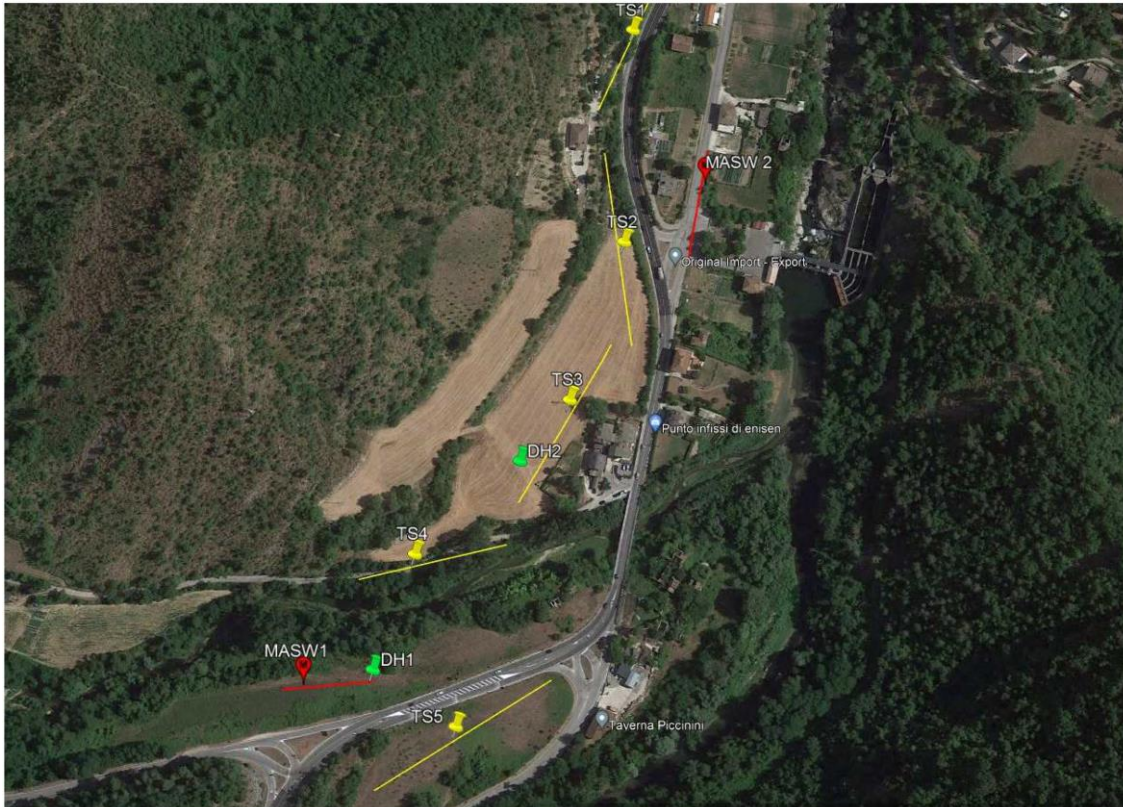


Figura 18 – Planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite

7.1.2 Sondaggi a carotaggio continuo

Il sondaggio S1 rileva la seguente stratigrafia:

- Da 0 a 1.1m sabbie debolmente limoso-argillose, medio fini, di colore marrone chiaro, debolmente addensate;
- Da 1.1 a 2.2m ghiaie grossolane e ciottoli, sub-arrotondati, di natura arenacea e subordinatamente carbonatica, immerse in matrice sabbioso-argillosa, di colore marrone chiaro;
- Da 2.2 a 30m arenaria di colore grigio con presenza di orizzonti marnosi.

Relazione Geologica

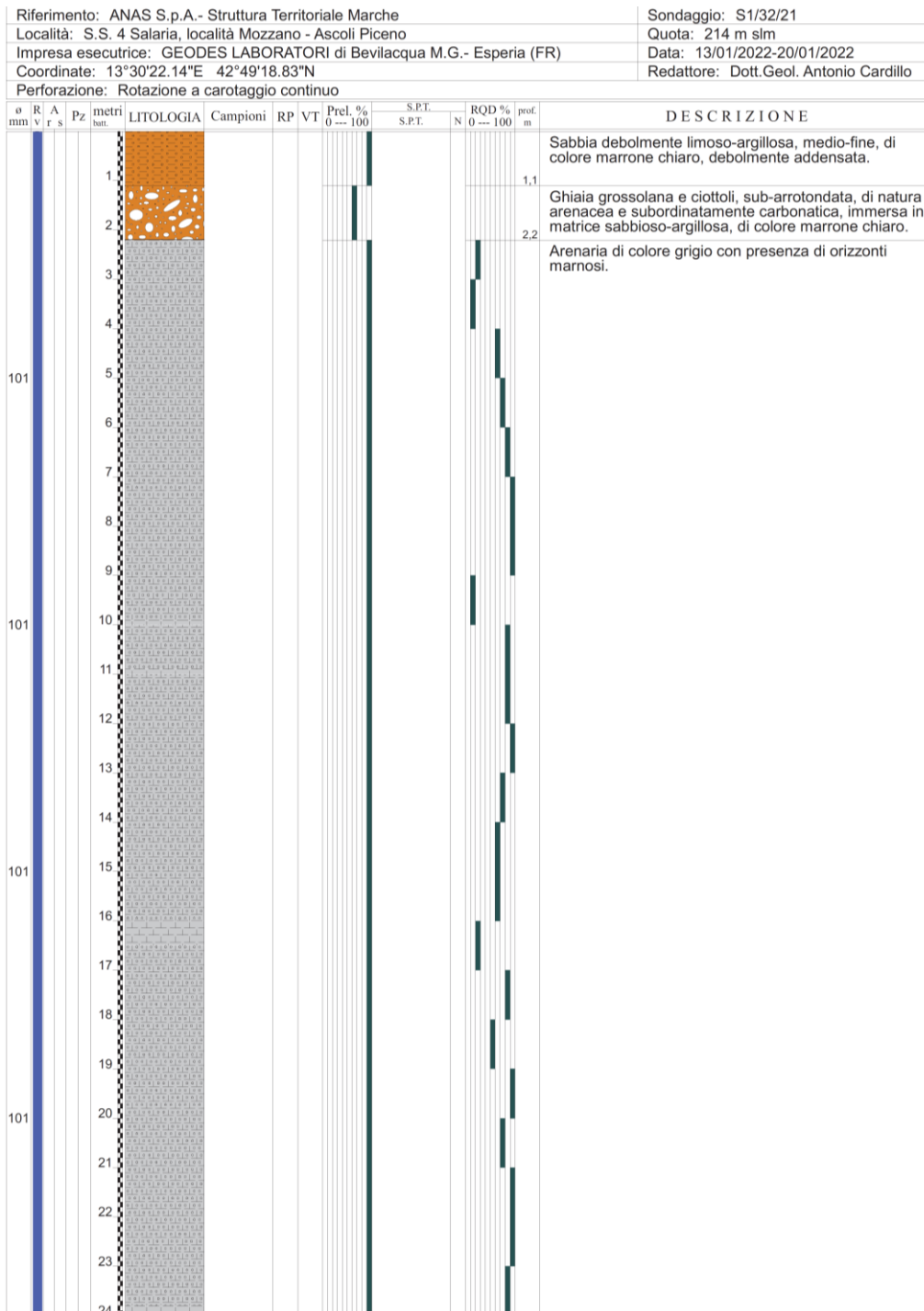


Figura 19 - Stratigrafia sondaggio S1 (1 di 2)

Riferimento: ANAS S.p.A. - Struttura Territoriale Marche										Sondaggio: S1/32/21					
Località: S.S. 4 Salaria, località Mozzano - Ascoli Piceno										Quota: 214 m slm					
Impresa esecutrice: GEODES LABORATORI di Bevilacqua M.G. - Esperia (FR)										Data: 13/01/2022-20/01/2022					
Coordinate: 13°30'22.14"E 42°49'18.83"N										Redattore: Dott.Geol. Antonio Cardillo					
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo															
Ø mm	R v	A f	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
101					25										Arenaria di colore grigio con presenza di orizzonti marnosi.
					26										
					27										
					28										
					29										
					30									30,0	

Figura 20 - Stratigrafia sondaggio S1 (2 di 2)



Sondaggio S1 – Cassetta C1 da 0,00 a 5,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S1 – Cassetta C2 da 5,00 a 10,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S1 – Cassetta C3 da 10,00 a 15,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S1 – Cassetta C4 da 15,00 a 20,00 m di profondità dal p.c.

Relazione Geologica



Sondaggio S1 – Cassetta C5 da 20,00 a 25,00 m di profondità dal p.c.

Figura 21 - Casette contenenti il materiale recuperato nel sondaggio S1

Il sondaggio S2 a carotaggio continuo rileva la seguente stratigrafia:

- Da 0.00 a 0.4 m terreno vegetale di colore rosso bruno;
- da 0.4 a 4.1 m Sabbia medio-fine, debolmente limoso-argillosa, di colore avana, poco addensata, debolmente umida, a luoghi presenza di elementi ghiaiosi di natura arenacea, sub angolari;
- Da 4.1 a 6.9 m ghiaia e ciottoli di natura arenacea, sub angolari, di colore avana, aventi dimensioni max pari a 10 cm, in debole matrice sabbiosa;
- Da 6.9 a 30 m arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, sottilmente stratificata e localmente molto fratturata.

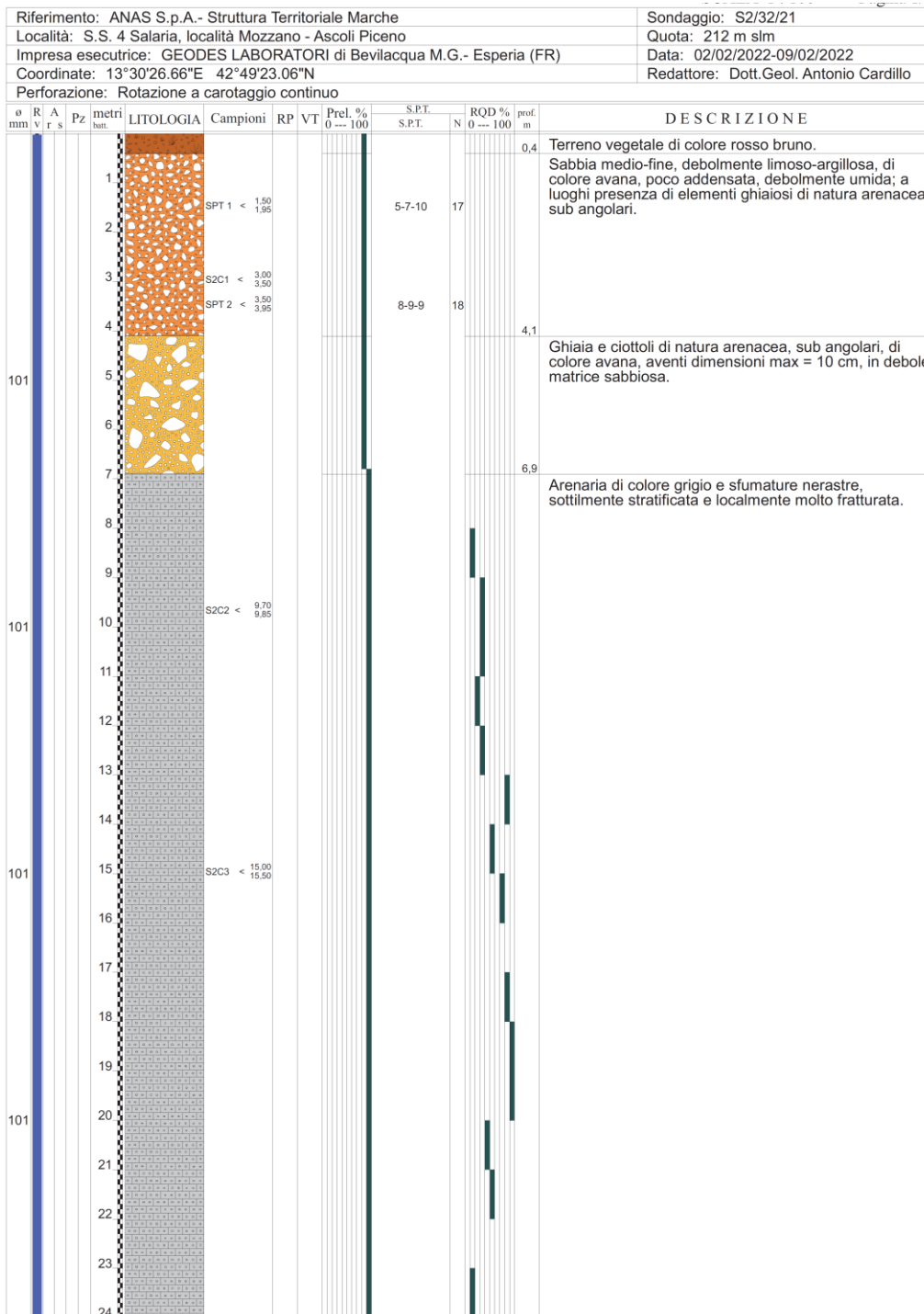


Figura 22 - Stratigrafia sondaggio S2 (1 di 2)

Riferimento: ANAS S.p.A.- Struttura Territoriale Marche										Sondaggio: S2/32/21					
Località: S.S. 4 Salaria, località Mozzano - Ascoli Piceno										Quota: 212 m slm					
Impresa esecutrice: GEODES LABORATORI di Bevilacqua M.G.- Esperia (FR)										Data: 02/02/2022-09/02/2022					
Coordinate: 13°30'26.66"E 42°49'23.06"N										Redattore: Dott.Geol. Antonio Cardillo					
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo															
Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri bat.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 - 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 - 100	prof. m	DESCRIZIONE
101					25										Arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, sottilmente stratificata e localmente molto fratturata.
					26										
					27										
					28										
					29										
					30										
					101									30,0	

Figura 23 - Stratigrafia sondaggio S2 (2 di 2)



Sondaggio S2 – Cassetta C1 da 0,00 a 5,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S2 – Cassetta C2 da 5,00 a 10,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S2 – Cassetta C3 da 10,00 a 15,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S2 – Cassetta C4 da 15,00 a 20,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S2 – Cassetta C5 da 20,00 a 25,00 m di profondità dal p.c.

Sondaggio S2 – Cassetta C6 da 25,00 a 30,00 m di profondità dal p.c.

Figura 24 - Casette contenenti il materiale recuperato nel sondaggio S2

Il sondaggio S3 a carotaggio continuo rileva la seguente stratigrafia:

- Da 0.0 a 0.8 m terreno vegetale di colore rosso-bruno;
- Da 0.8 a 3.00 m sabbia limoso-argillosa, medio-fine, di colore avana, poco addensata con clasti arenacei sub angolari avente dimensioni max pari a 2 cm;
- Da 3.00 a 5.3 m sabbia fine, debolmente limoso-argillosa, di colore avana, addensata;
- Da 5.3 a 10 m arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, con presenza di orizzonti marnosi.

Relazione Geologica

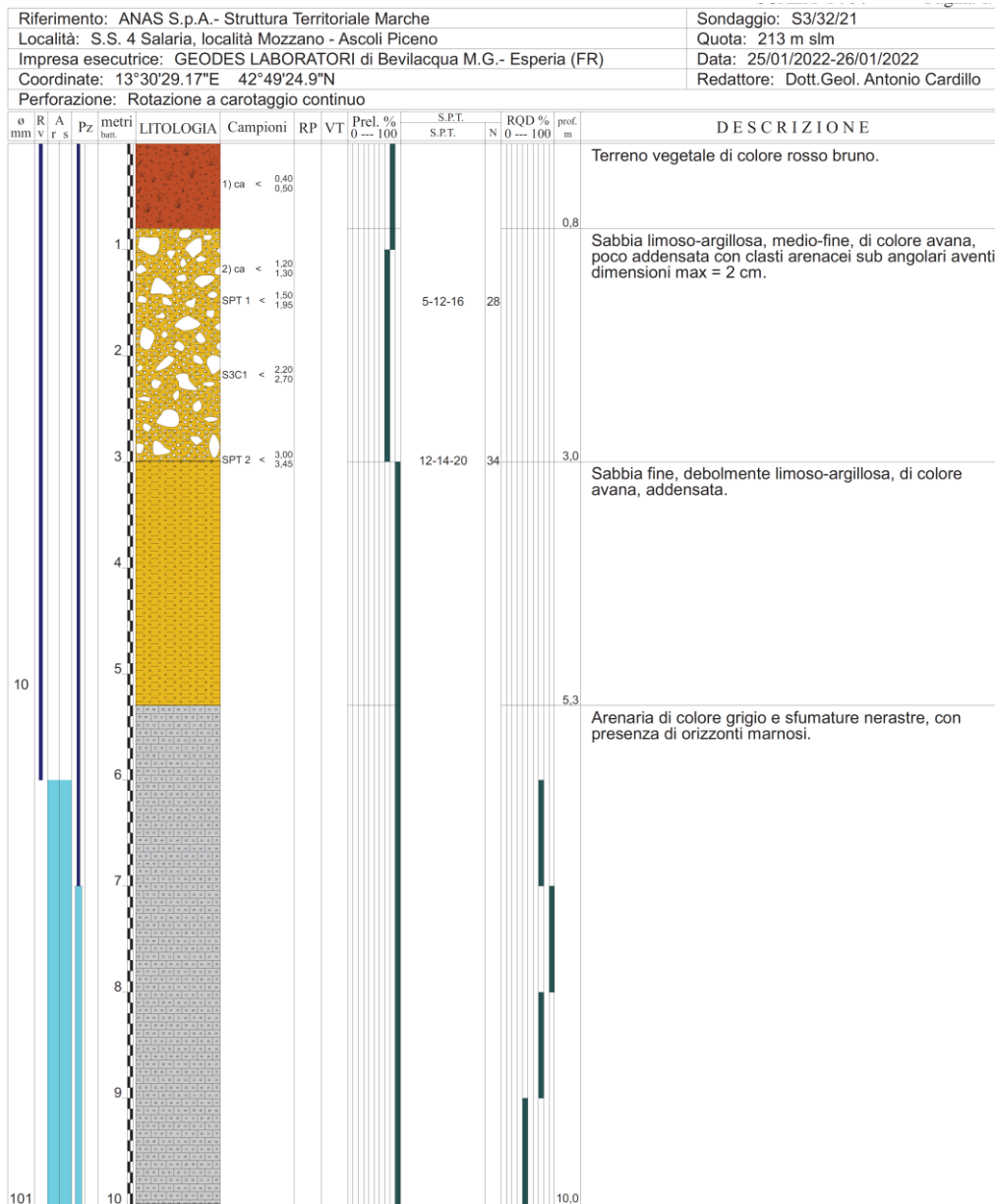


Figura 25 - Stratigrafia sondaggio S3



Sondaggio S3 – Cassetta C1 da 0,00 a 5,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S3 – Cassetta C2 da 5,00 a 10,00 m di profondità dal p.c.

Figura 26 - Casette contenenti il materiale recuperato nel sondaggio S3

Il sondaggio S4 a carotaggio continuo rileva la seguente stratigrafia:

- Da 0.00 a 0.30m terreno di riporto;
- Da 0.30 a 1.00m sabbia medio-fine, debolmente limoso-argillosa. Di colore avana, poco addensata;
- Da 1.00 a 3.00m ghiaia grossolana con elementi sub arrotondati e sabbia medio-fine di colore avana;
- Da 3.00 a 10.00m Arenaria di colore grigio e sfumature nerastre sottilmente stratificata; presenti livelli marnosi.

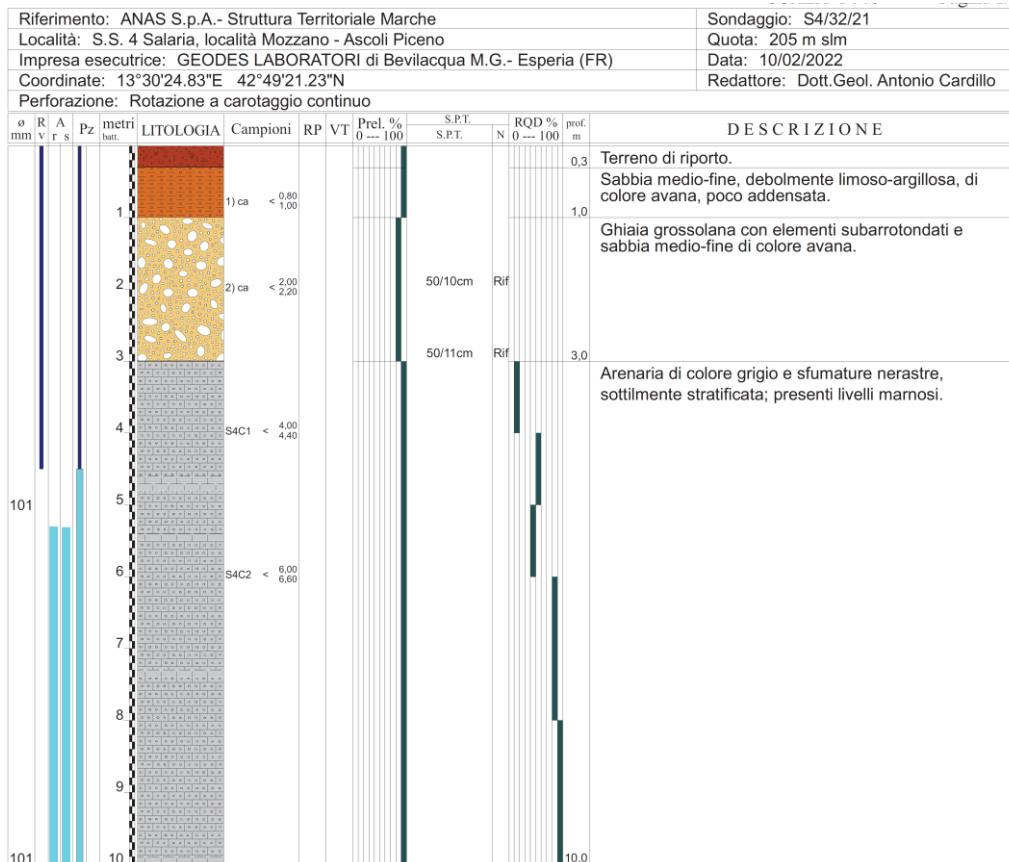


Figura 27 - Stratigrafia sondaggio S4



Sondaggio S4 – Cassetta C1 da 0,00 a 5,00 m di profondità dal p.c.

Sondaggio S4 – Cassetta C2 da 5,00 a 10,00 m di profondità dal p.c.

Figura 28 - Cassette contenenti il materiale recuperato nel sondaggio S4

Il sondaggio S5 a carotaggio continuo rileva la seguente stratigrafia:

- Da 0.00 a 0.30 m terreno vegetale di colore rosso bruno;
- Da 0.30 a 3.20 m sabbia medio-fine, debolmente limoso-argillosa, di colore avana, poco addensata, debolmente umida;

Relazione Geologica

- Da 3.20 a 6.70 m ghiaia e ciottoli di natura arenacea, sub angolari, di colore avana, aventi dimensioni max=10 cm, in debole matrice sabbiosa;
- Da 6.70 a 9.10 m sabbia medio-fine, debolmente limoso argillosa, di colore avana, mediamente addensata, debolmente umida;
- Da 9.10 a 10.50m sabbia medio-fine, di colore avana, asciutta, mediamente addensata, con ghiaia di natura arenacea ad elementi sub angolari, aventi dimensioni max =1 cm;
- Da 10.50 a 30.00 m arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, sottilmente stratificata e localmente molto fratturata.

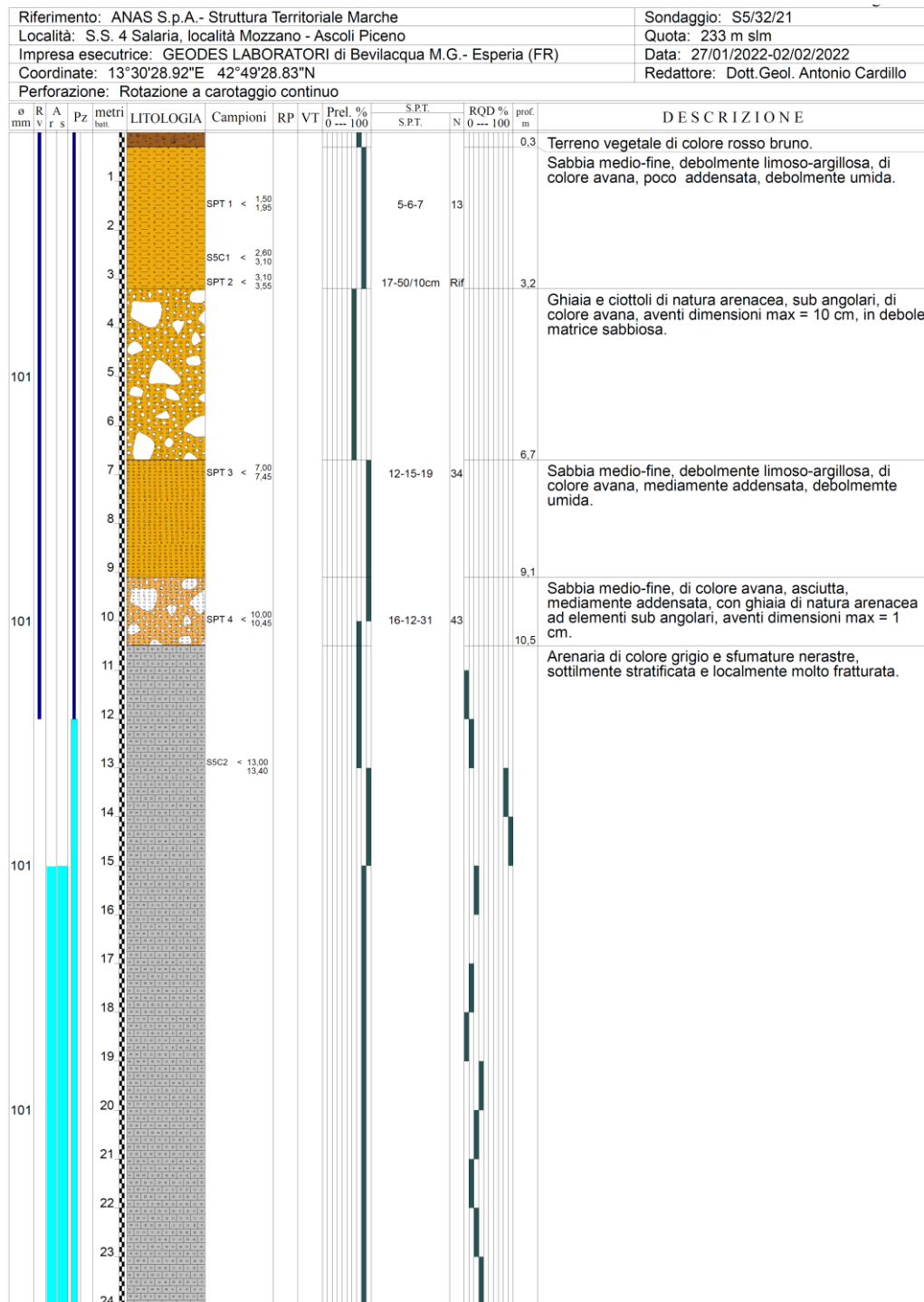


Figura 29 - Stratigrafia sondaggio S5 (1 di 2)

Riferimento: ANAS S.p.A.- Struttura Territoriale Marche										Sondaggio: S5/32/21				
Località: S.S. 4 Salaria, località Mozzano - Ascoli Piceno										Quota: 233 m slm				
Impresa esecutrice: GEODES LABORATORI di Bevilacqua M.G. - Esperia (FR)										Data: 27/01/2022-02/02/2022				
Coordinate: 13°30'28.92"E 42°49'28.83"N										Redattore: Dott.Geol. Antonio Cardillo				
Perforazione: Rotazione a carotaggio continuo														
o mm	R v	A r	S	Pz metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T. S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
101				25		S5C3 < 25,00 25,30							30,0	Arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, sottilmente stratificata e localmente molto fratturata.

Figura 30 - Stratigrafia sondaggio S5 (2 di 2)



Sondaggio S5 – Cassetta C1 da 0,00 a 5,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S5 – Cassetta C2 da 5,00 a 10,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S5 – Cassetta C3 da 10,00 a 15,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S5 – Cassetta C4 da 15,00 a 20,00 m di profondità dal p.c.



Sondaggio S5 – Cassetta C5 da 20,00 a 25,00 m di profondità dal p.c.

Sondaggio S5 – Cassetta C6 da 25,00 a 30,00 m di profondità dal p.c.

Figura 31 - Cassette contenenti il materiale recuperato nel sondaggio S5

Nel corso dei sondaggi è stato calcolato l'indice RQD (Rock Quality Designation), definito anche come "recupero percentuale modificato", che rappresenta la percentuale di spezzoni di carota recuperati di lunghezza maggiore di 10 cm, rispetto alla lunghezza totale della carota di sondaggio. L'indice RQD, dichiarato nel log dei sondaggi e rispecchiabile nelle fotografie delle cassette catalogatrici contenute in pagina precedente, è riportato da Tabella 8 a Tabella 12.

Sondaggio	Tipologia terreno	Profondità		Profondità media	Rock Quality Designation RQD
		[m]	[m]	[m]	[%]
S1	Arenaria con livelli marnosi	0.0	3.0	1.5	30
		3.0	4.0	3.5	20
		4.0	5.0	4.5	70
		5.0	6.0	5.5	80
		6.0	7.0	6.5	90
		7.0	9.0	8.0	100
		9.0	10.0	9.5	20
		10.0	12.0	11.0	90
		12.0	13.0	12.5	100
		13.0	14.0	13.5	80
		14.0	16.0	15.0	70
		16.0	17.0	16.5	30
		17.0	18.0	17.5	90
		18.0	19.0	18.5	60
		19.0	20.0	19.5	100
		20.0	21.0	20.5	80
21.0	23.0	22.0	100		
23.0	24.0	23.5	90		
24.0	26.0	25.0	30		
26.0	27.0	26.5	80		
27.0	30.0	28.5	90		

Tabella 8 - valori di RQD rilevati nel sondaggio S1

Relazione Geologica

Sondaggio	Tipologia terreno	Profondità		Profondità media	Rock Quality Designation RQD
		[m]	[m]		
S2	Arenaria sottilmente stratificata e localmente molto fratturata	8.0	9.0	8.5	20
		9.0	11.0	10.0	40
		11.0	12.0	11.5	30
		12.0	13.0	12.5	40
		13.0	14.0	13.5	90
		14.0	15.0	14.5	60
		15.0	16.0	15.5	80
		16.0	17.0	16.5	-
		17.0	18.0	17.5	90
		18.0	20.0	19.0	100
		20.0	21.0	20.5	50
		21.0	22.0	21.5	60
		22.0	23.0	22.5	-
		23.0	24.0	23.5	20
		24.0	25.0	24.5	40
25.0	27.0	26.0	20		
27.0	28.0	27.5	60		
28.0	30.0	29.0	40		

Tabella 9 - valori di RQD rilevati nel sondaggio S2

Sondaggio	Tipologia terreno	Profondità		Profondità media	Rock Quality Designation RQD
		[m]	[m]		
S3	Arenaria con livelli marnosi	6.0	7.0	6.5	80
		7.0	8.0	7.5	100
		8.0	9.0	8.5	80
		9.0	10.0	9.5	50

Tabella 10 - valori di RQD rilevati nel sondaggio S3

Sondaggio	Tipologia terreno	Profondità		Profondità media	Rock Quality Designation RQD
		[m]	[m]		
S4	Arenaria con livelli marnosi	3.0	4.0	3.5	20
		4.0	5.0	4.5	60
		5.0	6.0	5.5	50
		6.0	8.0	7.0	90
		8.0	10.0	9.0	100

Tabella 11 - valori di RQD rilevati nel sondaggio S4

Relazione Geologica

Sondaggio	Tipologia terreno	Profondità		Profondità media	Rock Quality Designation RQD
		[m]	[m]	[m]	[%]
S5	Arenaria di colore grigio e sfumature nerastre, sottilmente stratificata e localmente molto fratturata	11.0	12.0	11.5	10
		12.0	13.0	12.5	20
		13.0	14.0	13.5	90
		14.0	15.0	14.5	100
		15.0	16.0	15.5	30
		16.0	17.0	16.5	-
		17.0	18.0	17.5	20
		18.0	19.0	18.5	10
		19.0	20.0	19.5	40
		20.0	21.0	20.5	30
		21.0	22.0	21.5	20
		22.0	23.0	22.5	30
		23.0	24.0	23.5	40
		24.0	25.0	24.5	20
		25.0	26.0	25.5	30
		26.0	28.0	27.0	10
28.0	29.0	28.5	40		
29.0	30.0	29.5	10		

Tabella 12 - valori di RQD rilevati nel sondaggio S5

I sondaggi evidenziano condizioni di fratturazione e alterazione variabili nelle rocce incontrate: i valori di RQD risultano prevalentemente compresi tra 70% e 100%, fatta eccezione per alcuni livelli più fratturati, nei quali l'indice RQD si riduce a valori compresi tra il 10% e il 50%. Differentemente dalle altre verticali, nel sondaggio S5 lungo l'intera verticale si riscontrano valori di RQD compresi tra 10% e 40% e l'ammasso roccioso risulta intensamente fratturato. Nei tratti in cui sono state prelevate carote sufficientemente intatte, campioni di roccia sono stati estratti e successivamente sottoposti a prove di resistenza a compressione uniassiale. Nella seguente tabella si riportano i risultati ottenuti.

Sondaggio	Campione	Profondità		Profondità media	Peso di volume [kN/m³]	UCS [MPa]	Tipologia terreno
		[m]	[m]	[m]			
S2	C2	9.70	9.85	9.78	25.90	59.74	Arenaria
S4	C1	4.00	4.40	4.20	25.40	43.87	Arenaria
S5	C3	25.00	25.30	25.15	36.10	133.63	Arenaria

Tabella 13 – Risultati prove di compressione monoassiale

Al fine dei calcoli geotecnici sono stati utilizzati i seguenti valori di resistenza a compressione monoassiale:

- Associazione arenaceo – pelitica alterata (cappellaccio): 25 – 30 Mpa;
- Associazione arenaceo – pelitica intatta : 30 – 50 Mpa;

L'indice GSI (Geological Strength Index) è un criterio sintetico di classificazione degli ammassi rocciosi che permette di valutarne il comportamento meccanico. In questo caso, è stato stimato sulla base della descrizione geologica riportata nei sondaggi, del valore di RQD e dagli esiti delle prove di laboratorio. Di seguito, si riportano i valori stimati di GSI per le formazioni litoidi individuate:

- Associazione arenaceo - pelitica alterata (cappellaccio): a questo materiale è stato attribuito un valore dell'indice GSI pari a 25 ± 5 ;
- Associazione arenaceo - pelitica intatta: arenaria con orizzonti marnosi: considerati gli elevati valori di RQD rilevati dai sondaggi, a questo materiale è stato associato un valore GSI pari a 50 ± 5 .

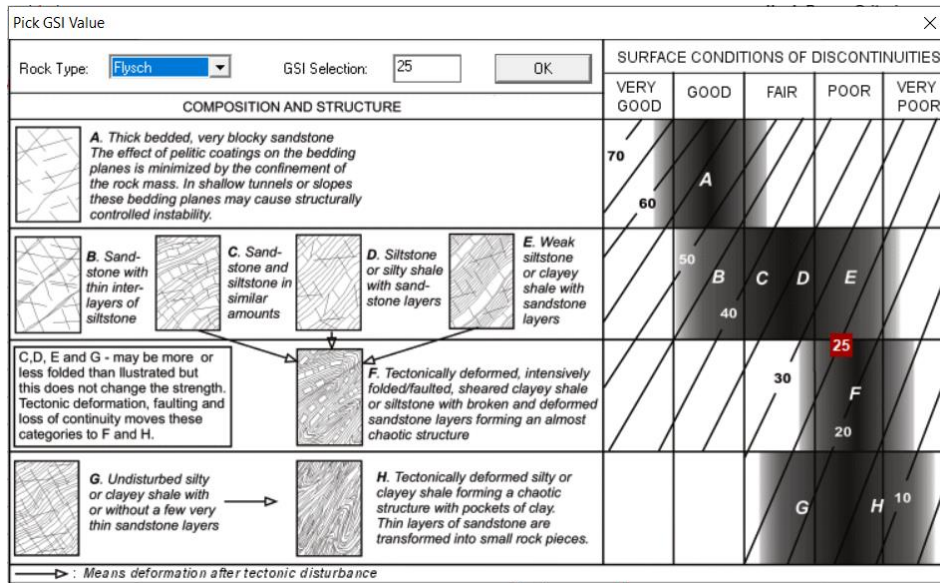


Figura 32 - Valore di GSI assegnato all'arenaria alterata

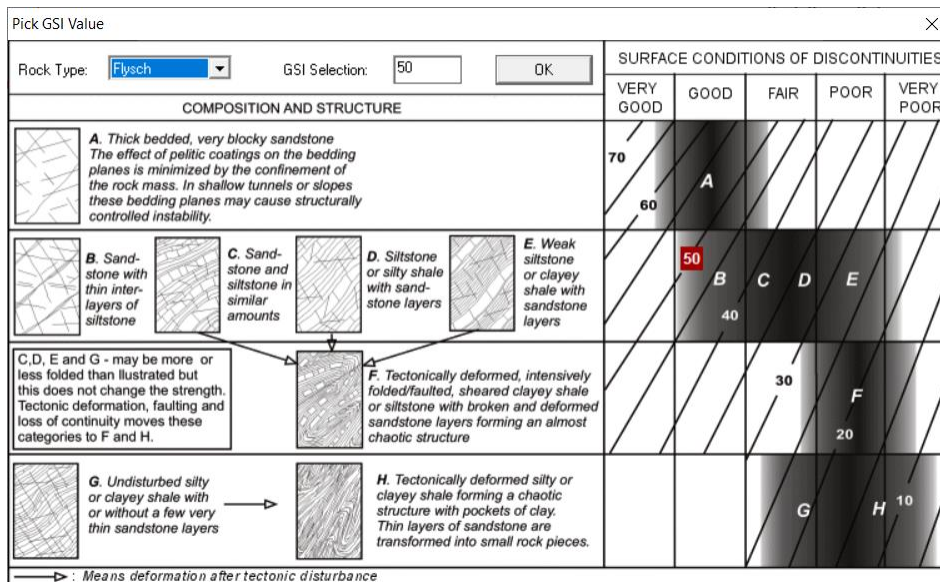


Figura 33 - Valore di GSI assegnato all'arenaria intatta

7.1.3 Prove di laboratorio

I risultati dell'analisi granulometrica effettuata con il metodo della vagliatura mediante setacci sono descritti dettagliatamente nella Relazione Geotecnica (Rif. 2.3.5).

7.1.4 Prove down-hole

In corrispondenza dei sondaggi S1 ed S2 sono state eseguite prove sismiche di tipo down-hole (DH1, DH2), la cui interpretazione ha consentito l'identificazione di una successione stratigrafica coerente con quanto rilevato nelle altre prove effettuate.

Di seguito si riportano i risultati in termini di velocità media delle onde di taglio in ogni strato per il DH1 e il DH2. A partire da tali valori è stato successivamente calcolato il valore della $V_{s,eq}$, al fine di definire la categoria di sottosuolo, che risulta essere di tipo E per entrambe le indagini.

Per il profilo DH1 sono stati individuati 4 strati con le seguenti velocità:

- Da 0m a 1.94m: $V_s=206.16$ m/s;
- Da 1.94m a 3.77m: $V_s=208.19$ m/s;
- Da 3.77m a 7.85m: $V_s=401.57$ m/s;
- Da 7.85m a 30m: $V_s=1036.02$ m/s.

Si osserva che nel corso del carotaggio l'ammasso roccioso è stato rilevato a poco più che 2m dal piano campagna, a differenza di quanto rilevato nel corso della prova che rileva velocità elevate (>1000 m/s) per profondità maggiori di 7.85m. La velocità equivalente considerando tutto lo spessore indicato è pari a:
 $V_{s,eq} = 276.80$ m/s

Per il profilo DH2 sono stati individuati 4 strati con le seguenti velocità:

- Da 0m a 4.01m: $V_s=211.61$ m/s;
- Da 4.01m a 8.59m: $V_s=454.37$ m/s;
- Da 8.59m a 30m: $V_s=1251.32$ m/s;

Si osserva che nel corso del carotaggio l'ammasso roccioso è stato rilevato a poco più che 7m dal piano campagna, a differenza di quanto rilevato nel corso della prova che rileva velocità elevate (>1000 m/s) per profondità maggiori di 8.59m. La velocità equivalente considerando tutto lo spessore indicato è pari a:
 $V_{s,eq} = 295.90$ m/s

7.1.5 Tomografia sismica

Le tomografie sismiche in onde S hanno raggiunto una profondità massima di investigazione pari a 100m, mostrano la presenza di una successione stratigrafica pressoché omogenea per tutta la tratta in esame, che risulta caratterizzata da due sismostrati con assetto prevalentemente suborizzontale.

Il primo livello con spessore compreso tra i 5 e i 10m misurato in corrispondenza della TS01 caratterizzato da una velocità V_s comprese tra i 200 e i 320m/s;

Il secondo livello misurato presente a profondità maggiori con velocità superiori ai 1000m/s.

7.1.6 Prospezioni sismiche con metodo MASW

Le prospezioni sismiche con metodo MASW sono state eseguite lungo i seguenti profili:

- MASW1 pk di riferimento circa + 230.00 (Area di costruzione della spalla A del ponte Fluvione)
- MASW2 pk di riferimento circa + 700.00 (Area a valle della berlinese).

Sulla base delle risultanze delle indagini MASW condotte nell'area oggetto di studio, il sottosuolo di fondazione è stato classificato ai sensi della vigente normativa Rif. 2.1.3.

In particolare, l'indagine MASW ha consentito la stima dei valori delle velocità medie delle onde sismiche di taglio e, da queste, il calcolo della $V_{s,eq}$, applicando la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

In cui:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- V_{s_i} velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30m$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Nel caso in esame è stato individuato un substrato sismico a profondità sempre minori di 30m.

Per il profilo MASW1 sono stati individuati 5 strati con le seguenti velocità:

- Da 0m a 1.46m: $V_s=392.89$ m/s;
- Da 1.46m a 9.73m, spessore 8.27m: $V_s=503.05$ m/s;
- Da 9.73m a 15.78m, spessore 6.06m: $V_s=856.75$ m/s;
- Da 15.78m a 24.46m, spessore 8.68m: $V_s=874.79$ m/s;
- Da 24.46m a 34.46m, spessore 10.00m: $V_s=875.14$ m/s;
- Da 34.46m in poi: $V_s=911.58$ m/s.

Essendo stato individuato il bedrock ad una profondità inferiore a 30m, si ha $V_{s,eq}$ ($H=9.73m$) = 482.74 m/s.

Per il profilo MASW2 sono stati individuati 5 strati con le seguenti velocità:

- Da 0m a 1.47m: $V_s=467.19$ m/s;
- Da 1.47m a 3.92m, spessore 2.45m: $V_s=547.83$ m/s;
- Da 3.92m a 12.50m, spessore 8.58m: $V_s=749.65$ m/s;
- Da 12.50m a 20.26m, spessore 7.76m: $V_s=809.48$ m/s;
- Da 20.26m a 27.79m, spessore 7.53m: $V_s=811.19$ m/s;
- Da 27.79m in poi: $V_s=817.15$ m/s.

Essendo stato individuato il bedrock ad una profondità inferiore a 30m, si ha $V_{s,eq}$ ($H=12.50m$) = 655.69 m/s.

7.1.7 Prove di permeabilità

Per l'attuale fase di progettazione sono disponibili otto prove di permeabilità: una prova Lugeon e sette prove Lefranc. Di queste ultime, tre sono state eseguite in corrispondenza dei sondaggi S2, S3 e S4, all'interno del cappellaccio di alterazione delle arenarie (tra i 2.2 e i 4.5 m da p.c.), mentre le restanti quattro prove hanno avuto luogo in corrispondenza dei pozzetti geognostici Pz1, Pz3, Pz4, Pz5, che si intestano all'interno delle alluvioni terrazzate pleistoceniche (tra 1m e 1.4m da p.c.). In generale, i risultati di tali prove descrivono una permeabilità omogenea dei terreni, con valori compresi tra i 1.5×10^{-5} m/s e i 1.7×10^{-6} m/s.

Per quanto riguarda l'arenaria intatta, la prova Lugeon eseguita in corrispondenza del sondaggio S4 (a 6.6 m da p.c.), ha restituito un valore di UL (Unità Lugeon) rappresentativo pari a 24.

7.2 MODELLO GEOLOGICO

Le tipologie dei terreni identificati dalle indagini eseguite in sito e dai rilievi geologici sono discusse nel presente paragrafo, che ne identifica anche la relativa distribuzione spaziale nell'area, anche in termini di spessori e profondità. Tali informazioni sono anche rappresentate graficamente nella carta geologica di progetto (Rif.2.3.1) e nei profili geotecnici e stratigrafici in allegato alla presente relazione.

Terreno vegetale

Strato più superficiale rilevato, di colore rosso bruno di spessore variabile tra 0.30 e 0.80m;

Depositi alluvionali recenti

Questi materiali sono costituiti da sabbia, ghiaia e ciottoli arrotondati. Non sono stati rilevati dalle indagini geognostiche ma sono stati identificati durante il rilievo geologico sul terreno. In particolare, sono localizzati esclusivamente in corrispondenza del letto del Torrente Fluvione e del Fiume Tronto e raggiungono spessori pari a qualche decina di centimetri (50 – 60 cm).

Alluvioni terrazzate del terzo ordine

Al di sotto del terreno vegetale è stato rilevato un orizzonte costituito da sabbia limoso-argillosa medio-fine poco addensata. Tali depositi sono presenti lungo l'intero tracciato stradale in progetto e presentano

spessori variabili tra 2m e 10m. La potenza dello spessore aumenta da sud verso nord, i valori minimi e massimi sono stati riscontrati rispettivamente a sud e a nord del Torrente Fluvione.

Associazione arenaceo – pelitica alterata (cappellaccio)

Le alluvioni terrazzate sopra descritte poggiano direttamente sul substrato arenaceo. L'ammasso roccioso nella parte più superficiale si presenta molto alterato e fratturato, sottoforma di ghiaia e ciottoli di natura arenacea immersi in una matrice sabbiosa. Le indagini geognostiche hanno rilevato questo livello solo localmente, in particolare, nei sondaggi S1, S2 e S4, per uno spessore compreso tra 1m e 3.5m. Osservando i sondaggi l'arenaria alterata risulta localizzata; tuttavia, le prove sismiche a rifrazione evidenziano sempre la presenza di uno strato di transizione tra il substrato e i terreni sciolti superficiali. Pertanto, si è ritenuto opportuno estendere questo materiale lungo tutto il tracciato stradale con uno spessore medio di circa 1m.

Associazione arenaceo – pelitica intatta

L'ammasso roccioso è costituito da banchi di arenaria di colore grigio intervallati a orizzonti marnosi. I banchi arenacei presentano spessori nell'ordine del metro, mentre gli strati marnosi hanno spessori massimi di 10-12cm. Questa litologia raggiunge la massima profondità indagata e le prove condotte hanno permesso di attribuire uno spessore minimo di circa 20 metri.

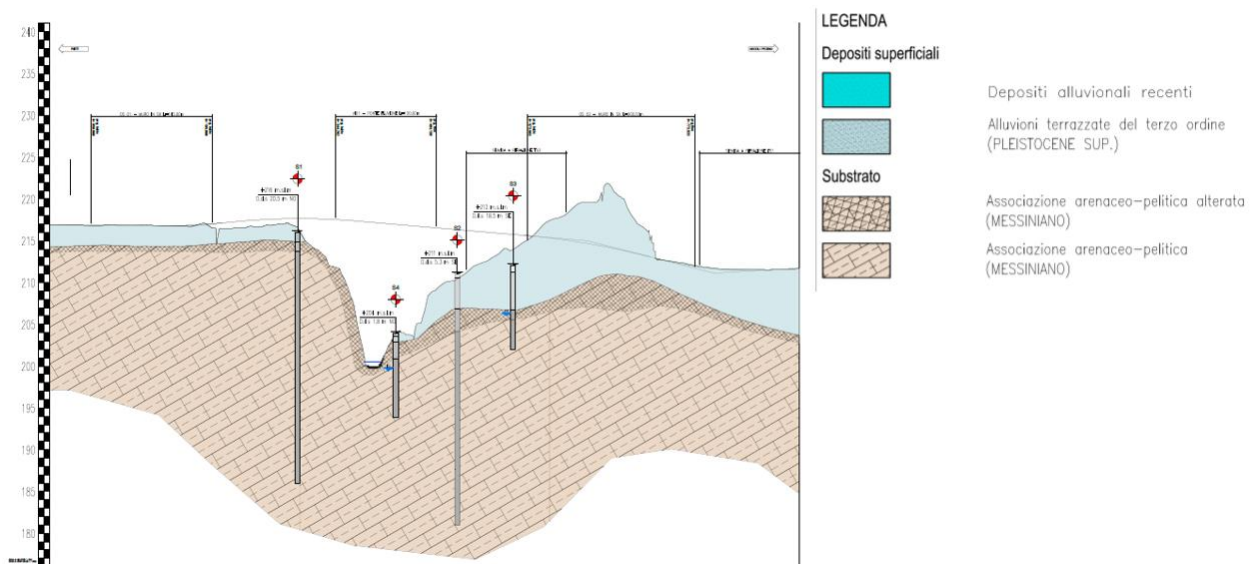


Figura 34 – Profilo geologico longitudinale

8 ASPETTI SISMICI

Di seguito vengono riportate le definizioni di categorie del sottosuolo e delle condizioni topografiche. Per i dettagli delle prove sismiche e delle loro interpretazioni, si rimanda al Rif. 2.3.6

8.1 CATEGORIE DEL SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le categorie di sottosuolo sono definite al punto 3.2.2. delle NTC 2018 (Rif. 2.1.3) sulla base del parametro velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ nell'intervallo di sottosuolo caratterizzato da V_s inferiori a 800 m/s. Analizzando le condizioni sismostratigrafiche ottenute dalle prove geofisiche eseguite, si ricava un sottosuolo costituito da:

- alluvioni terrazzate del terzo ordine, costituite da sabbia limoso-argillosa medio-fine poco addensata;
- ammasso roccioso arenaceo molto alterato e fratturato caratterizzato da ghiaia e ciottoli immersi in una matrice sabbiosa (cappellaccio);
- ammasso roccioso costituito da banchi di arenaria intervallati a orizzonti marnosi.

In tutti i casi esaminati il substrato roccioso è posizionato a profondità inferiori a 30m. Le $V_{s,eq}$ calcolate sono comprese tra 276.8 m/s e 655.7 m/s, dunque, i litotipi presenti si collocano nelle categorie di sottosuolo di tipo B o E, ovvero *"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s"* e *"Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m"*, dove le categorie C e D vengono definite, rispettivamente, come: *"Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s"* e *"Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s"*.

Dal momento che il substrato sismico si trova a profondità inferiori a 30 m e che le azioni di progetto vengono definite in funzione delle condizioni sismiche del suolo alla quota di imposta di fondazione delle opere, prossima al substrato rispetto al p.c., le categorie di suolo adottate per il calcolo delle azioni sismiche di progetto risultano essere:

- per le chiodature delle pareti rocciose presenti tra le Pk+50.00÷ +200.00 – OS 1 e in corrispondenza della rotatoria lato nel settore ovest – OS3: TIPO A
- per l'opera di sostegno da realizzare in corrispondenza delle PK +575.00 ÷ + 775.00 – OS 2: tipo E
- per il ponte Fluvione, considerando in particolare i risultati della prova MASW1, e delle prove DH 1 e 2 (calcolate con riferimento alla effettiva quota di imposta delle fondazioni), si considera un suolo di tipo B
- per il sottovia e il muro di sottoscarpa OS 4: Tipo B

Per quanto riguarda il coefficiente di amplificazione topografica, ai sensi del punto 3.2.2 delle NTC 2018 (Rif. 2.1.3) si assume che le aree in esame siano riferibili alla categoria T1, i.e. *"superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ "*, per i suoli di tipo B, e alla categoria T2, i.e. *"pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ "*, per i suoli di tipo A ed E.

9 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le opere d'interesse geologico e geotecnico lungo il tracciato in esame sono costituite da plinti di fondazione, opere di sostegno, chiodature e rilevati.

In relazione ai carichi esterni agenti e alle buone caratteristiche di resistenza e bassa deformabilità dei substrati rocciosi, affioranti o sub-affioranti sotto una ridotta copertura di terreni residuali e/o riporti, non si ravvedono particolari problematiche in merito alle tipologie di fondazioni previste.

In particolare, per l'esecuzione dei pali, si dovrà necessariamente ricorrere a perforazioni di piccolo diametro (micropali) più facilmente eseguibili in materiali rocciosi.

La falda freatica risulta ad una profondità variabile tra un minimo di 4.5m da p.c. ad un massimo di 12m da p.c; di conseguenza le opere profonde hanno discreta probabilità di intercettare la falda. Si segnala peraltro la possibilità che negli orizzonti più superficiali si instauri transitoriamente una falda sospesa nel corso di precipitazioni intense e/o prolungate, falda di cui si dovrà tenere conto nel dimensionamento geotecnico delle strutture.