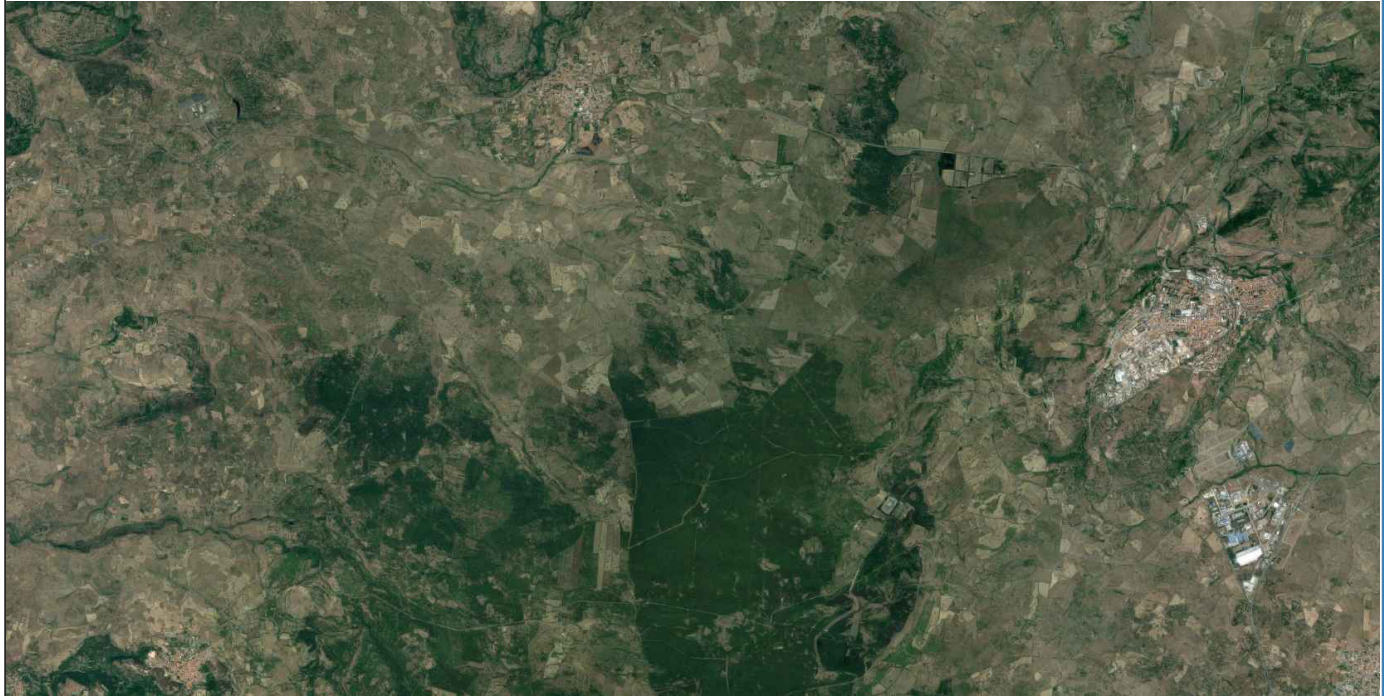


SANT'ANTIOCO - MANUTENZIONE STRAORDINARIA CONDOTTA ADDUTTRICE PER MACOMER



PROGETTO ESECUTIVO

MANDATARIA: Co.Ri.P. Srl



Ing. Fabio Colletti
Ing. Michele Ricci

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. DAVIDE DEIDDA

e-mail: ingegneria@coripsrl.it

MANDANTI:



CESECO INTERNATIONAL S.r.l.

Ing. Adriano de Vito
Ing. Francesco Mostardi

e-mail: ceseco@ceseco-int.it



SERV.IN Ingegneria S.r.l.

Ing. Piero Trombino
Ing. Franco Cocco

e-mail: servin.srl@pec.it



COSIN S.r.l.

Ing. Giuseppe Delitalia

e-mail: info@cosin.it



Ydros Ing. Studio Associato

Ing. Giovanni Pezzucchi

e-mail: ydros@ydros.it



Anthus s.n.c.

Dott.ssa Carla Zucca

e-mail: anthus@anthus.info



Dott. Geol. Gianfranco Piras

e-mail: sgapiras@gmail.com

Dott. Archeol. Danila Artizzu

e-mail: artizzu@gmail.com

CODICE ELABORATO:		NOME ELABORATO:			SCALA:
e.26_CORIP ES R 004 R2		RELAZIONE GEOLOGICA GEOTECNICA			-
D					
C	Revisione	27/06/2019	Ing. A. de Vito	Ing. A. de Vito	Ing. F. Colletti
B	Per verifica progetto	Mag/2019	Ing. A. de Vito	Ing. A. de Vito	Ing. F. Colletti
A	Emissione	27/02/2019	Ing. A. de Vito	Ing. A. de Vito	Ing. F. Colletti
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



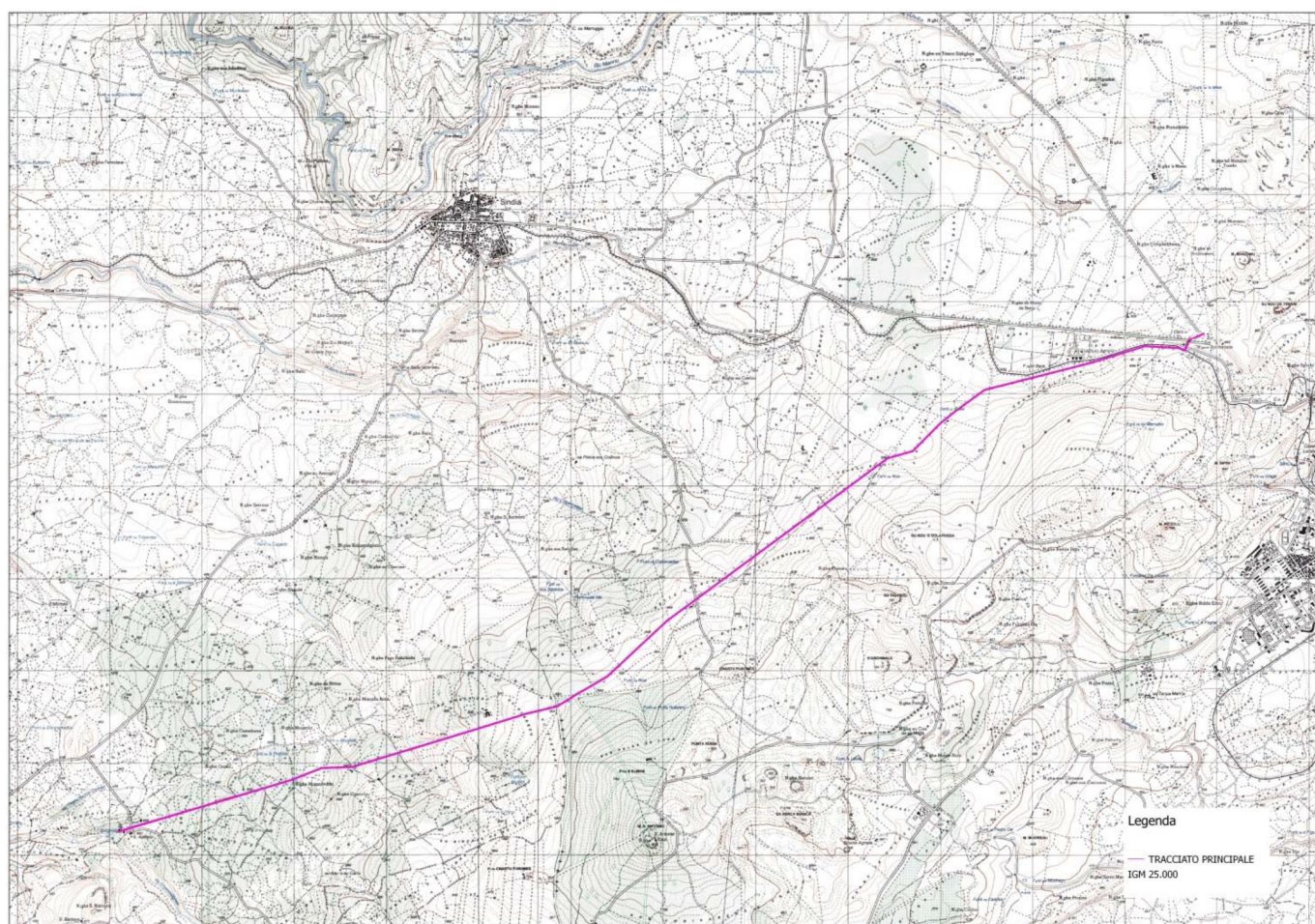
Handwritten signatures and initials in blue ink over the table.

INDICE

1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	2
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL'AREA DI STUDIO	3
3	GEOLOGIA DI DETTAGLIO	5
4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO	6
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	7
6	INQUADRAMENTO SISMICO	9
7	FATTIBILITA' DELL'OPERA.....	12
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
9	ALLEGATI.....	19

1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L’area complessiva in studio è compresa dal punto di vista cartografico ai Fogli 479 Ittiri, 480 Bonorva, 497 Bosa 498 Macomer in scala 1:50.000. Ai Fogli 479 Il Mara, 480 III Bonorva, 497 I Padria, 498 IV Semestene, 497 II Bosa, 498 III Macomer in scala 1:25.000 e nella CTR SEZIONI 479160 Mara, 480130 Cossoine, 480140 Bonorva, 497040 Pozzomaggiore, 498010 Semestene, 498020 Padru Mannu, 497080 Ponte Badu Crabou, 498050 Ponte Oinu, 498060 Stazione di Campeda, 497120 Sindia, 498090 Crastu Ladu, 498100 Macomer, 497160 Scano Montiferro e 498130 Monte Sant’Antonio in scala 1:10.000. In particolare il segmento del tracciato in esame di cui si discute nella presente relazione è compreso nelle sezioni 498090 Crastu Ladu, 498100 Macomer, 497160 Scano Montiferro e 498130 Monte Sant’Antonio in scala 1:10.000. Questo inizialmente aveva una lunghezza complessiva di circa 16 Km, partendo dalla sorgenti di Sant’Antioco fino al Serbatoio Succoronis Loc. Bara, mentre successivamente in seguito ad un’indagine più approfondita dello stato della condotta, si è ritenuto di escludere il primo tratto che partiva appunto dalle Sorgenti di S. Antioco per uno spezzone di circa 5 Km.



Corografia del tracciato in studio

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELL’AREA DI STUDIO

Le caratteristiche geologico-strutturali dell’area di interesse progettuale derivano dai numerosi e complessi eventi geologici che hanno interessato l’intera isola, in particolare nell’Era paleozoica ma anche in quella cenozoica e, relativamente all’area in esame, soprattutto mesozoica.

In Sardegna, l’Eocene medio segna l’inizio di un periodo di grande instabilità tettonica che comprende anche una importante fase di accorciamento crostale (Carmignani et al., 1992). Durante questo periodo di instabilità vi è stata la deposizione di sedimenti di ambiente prevalentemente continentale, di natura sedimentaria e magmatica, che affiorano abbondantemente nell’area di interesse progettuale. Tale successione sedimentaria è contemporanea a un’importante attività vulcanica calcalkalina, rappresentata da una varietà di prodotti effusivi ed esplosivi con composizione da basaltico-andesitica a riolitica. Le età radiometriche delle vulcaniti sono comprese tra 28 Ma e 15 Ma, anche se la maggior parte dei prodotti vulcanici è riferibile al Burdigaliano. Questo potente complesso vulcano-sedimentario è in parte associato a una importante tettonica trascorrente, responsabile delle più evidenti strutture terziarie dell’area. Faglie trascorrenti sinistre orientate NE-SW caratterizzano tutta la Sardegna centrosettentrionale; esse risultano coniugate con un sistema di faglie destre di minore importanza orientate E-W. I sistemi di faglie trascorrenti, in parte ereditate dalle discontinuità meccaniche erciniche, individuano una direzione di raccorciamento con andamento meridiano. Il vulcanismo oligo-miocenico sardo rappresenta uno degli eventi geologici più importanti del Mediterraneo occidentale. Nell’area di interesse progettuale esso è testimoniato dalla presenza di un’alternanza di andesiti e andesiti basaltiche, a composizione da basica ad intermedia (“Serie andesitica” Auct.), e di rioliti, riodaciti e daciti, a composizione da intermedia ad acida (“Serie ignimbratica”, Auct.). Localmente, la successione vulcanica è attraversata da sistemi filoniani.

A partire dal Burdigaliano superiore avviene una importante fase distensiva che genera una serie di fosse tettoniche ad andamento sub-meridiano; in esse si verifica una ampia trasgressione marina, con sedimentazione silicoclastica e carbonatica, che arriva fino al Serravalliano (“2° ciclo” sedimentario miocenico). Si tratta di una successione che inizia con conglomerati e arenarie e prosegue con depositi silicoclastici e carbonatici prevalentemente di ambiente marino. La trasgressione è seguita da una facies regressiva e da una nuova pulsazione trasgressiva, caratterizzata da sedimentazione carbonatica di mare basso, che va dal Tortoniano fino al Messiniano (“3° ciclo” miocenico). La distensione continua anche nel Pliocene e, successivamente, nel Pleistocene, testimoniata principalmente dai grandi

espandimenti plio-pleistocenici di basalti interplacca. Si tratta di prodotti ascrivibili ad un vulcanismo interplacca, costituiti essenzialmente da lave basaltiche, da alcaline ad alcaline-transizionali e sub-alcaline, affioranti abbondantemente nell'area di interesse progettuale. Il Quaternario è rappresentato in gran parte da depositi di copertura del substrato in facies continentale, come alluvioni antiche o depositi di fondovalle.

Dal punto di vista geologico generale il settore interessato dal progetto è costituito in prevalenza da Basalti, che costituiscono gli estesi plateau della Campeda –Planargia e del Logudoro. Questi sono rappresentati da basalti debolmente alcalini porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, Cpx e trachibasalti, andesiti basaltiche, secondariamente da prodotti vulcanici appartenenti al distretto vulcanico di Bonorva, Capo Manargiu e del Montiferru, costituiti da depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, pomiceo cineritici in facies ignimbratica, rioliti, daciti, riodaciti in cupole di ristagno, trachiti e trachiti fonolitiche. Localmente affiorano sedimenti appartenenti alla successione sedimentaria Oligo-miocenica rappresentati da calcareniti e calcari bioclastici fossiliferi, arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, arenarie bioclastiche e sedimenti della successione sedimentaria Plio – Pleistocenica costituiti da depositi di versante costituiti da detriti con clasti angolosi immersi in matrice fine, localmente affiorano sedimenti legati a gravità costituiti da coltri eluvio colluviali e sedimenti alluvionali e lacustri.

Relativamente ai nuovi tracciati questi ricadono entro le seguenti unità litologiche:

- Basalti del Logudoro: Subunità di Semestene (BGD2). Hawaiiiti, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx, Anl, con frequenti noduli peridotitici; in colate. ($2,2 \pm 0,1$ Ma: Beccaluva et alii, 1981).Basaniti ad analcime, porfiriche per fenocristalli di Ol e Cpx. BURDIGALIANO;
- Litofacies nella Formazione di Mores. Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi, calcari nodulari a componente terrigena variabile con faune a gasteropodi, ostreidi ed echinidi della Successione sedimentaria oligo-miocenica del Logudoro-Sassarese
- Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine, talora con intercalazioni di suoli più o meno evoluti
- Basalti della Campeda-Planargia: Subunità di Sindia. Basalti debolmente alcalini olocristallini, porfirici per fenocristalli di Ol, Pl, e rari xenocristalli quarzosi; in colate. Trachibasalti debolmente alcalini, olocristallini. PLIOCENE – PLEISTOCENE

3 GEOLOGIA DI DETTAGLIO

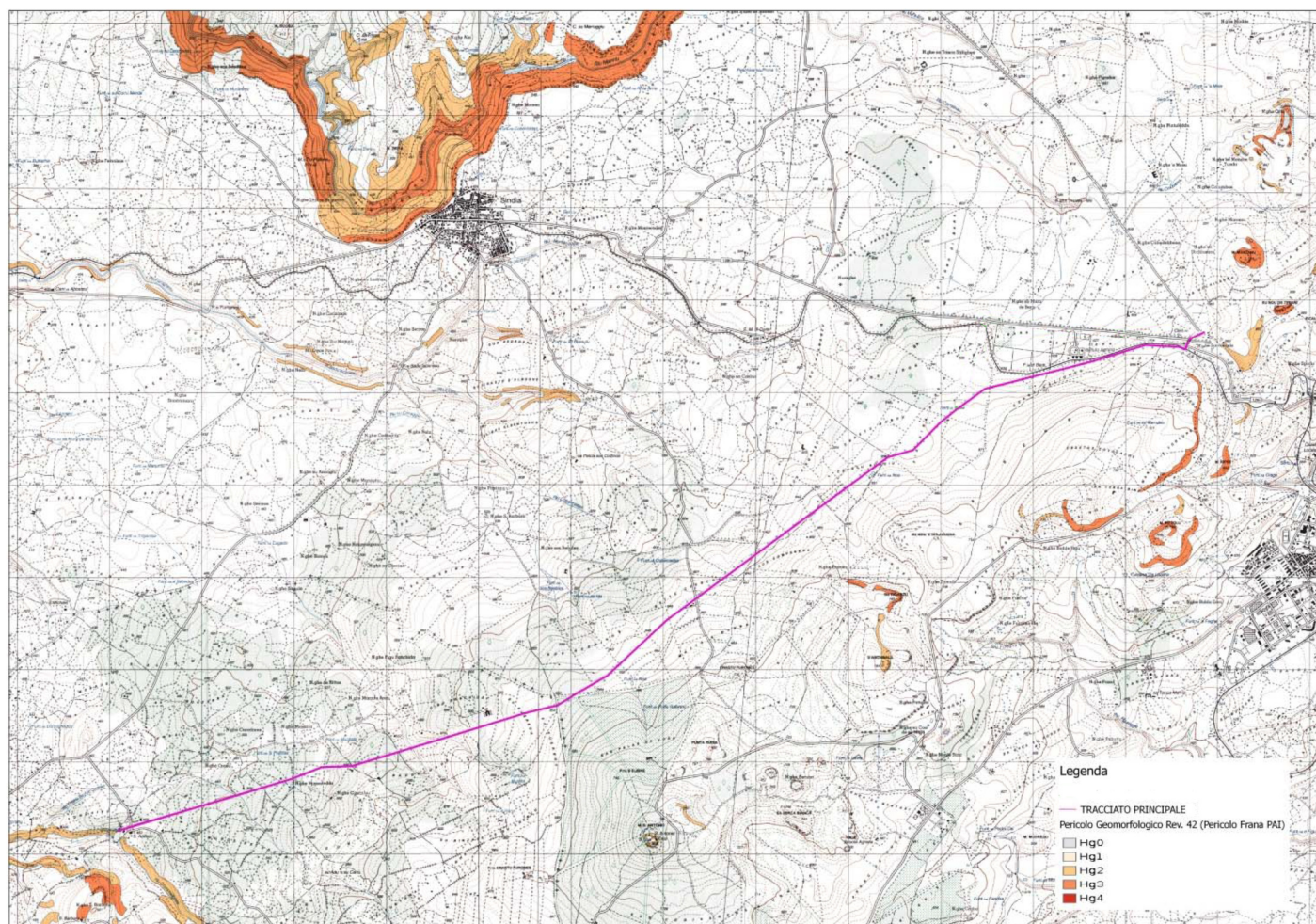
In seguito all'esecuzione delle indagini geognostiche si è potuto verificare che le litologie attraversate dalla condotta in progetto e dagli interventi in programma su quella già esistente, interessano principalmente le litologie basaltiche con le loro varie differenziazioni più o meno alterati nella porzione sommitale sottostanti una coltre pedogenetica ghiaioso limoso argillosa dello spessore medio di circa 1,70 m variabile da un minimo di 0,40 -0,50 m fino ad massimo di circa 2,00 m . Localmente lungo le restanti porzioni del tracciato non investigate direttamente i terreni interessati presentano un andamento ricostruito tramite anche le foto aeree in cui la copertura pedogenetica sembra variare da un minimo di 0,20-0,30 m superficiale con presenza anche di blocchi affioranti di roccia basaltica. Prevalentemente anche nei tratti in cui la cartografia dell'uso del suolo ha indicato roccia affiorante, essa risulta per la maggior parte coperta da una coltre pedogenetica. Nei profili allegati la differenziazione tra il limite della roccia alterata e fratturata e roccia sana e compatta non è stato possibile ricostruirlo in maniera certa, rimane una ragionevole incertezza per cui tale limite è stato indicato in maniera tratteggiata dove localmente la roccia compatta può essere più superficiale e lo spessore della roccia fratturata/alterata più limitato.

4 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L’assetto geomorfologico del settore è fortemente influenzato dai caratteri geolitologici e strutturali. L’elemento morfologico predominante è segnato dalla presenza di estesi plateau che conferiscono al paesaggio un aspetto ondulato, delimitato lateralmente da profonde incisioni vallive.

In particolare in corrispondenza del tracciato in esame, la morfologia dell’area si presenta leggermente ondulata con quote variabili da circa 450 m s.l.m. in corrispondenza dell’area delle sorgenti di S. Antioco a circa 650 m s.l.m. in corrispondenza del settore del serbatoio Succoronis su una lunghezza complessiva del tracciato di circa 16 Km.

In riferimento alla perimetrazione nell’ambito della cartografia PAI di eventuali aree a pericolosità geomorfologica, queste non interessano il tracciato in studio.



5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per quanto concerne i caratteri idrogeologici anch’essi sono fortemente influenzati da costituzione geolitologica dei litotipi.

Le unità idrogeologiche identificate in funzione della permeabilità delle rocce hanno permesso di individuare le seguenti unità:

- formazioni a permeabilità da medio-alta in corrispondenza del complesso basaltico più o meno fratturato a medio-bassa ove questo si presenti argillificato oppure in corrispondenza del complesso delle coltri alluvionali.

La fatturazione di tipo colonnare tipica delle litologie basaltiche, è responsabile della permeabilità secondaria delle rocce di copertura. Questa crea delle vie preferenziali per l’infiltrazione delle acque superficiali che trovano una barriera al loro scorrimento nella presenza di zone argillose sotto la coltre basaltica. Pertanto la presenza di tali sorgenti è dovuta a queste caratteristiche geologiche. Esse si trovano nei punti di contatto tra i basalti ed i livelli argillosi laddove questi sono esposti a giorno.

Per quanto concerne l’idrografia superficiale della zona, come quella di tutta la regione, rappresenta, attualmente, la naturale evoluzione della vecchia idrografia preesistente, strettamente legata alle vicissitudini tettonico strutturali protrattesi a tutto il Pleistocene, che ne hanno determinato l’andamento del reticolo idrografico, il quale, risentendo anche della differente consistenza litologica del substrato, si presenta settorialmente differente.

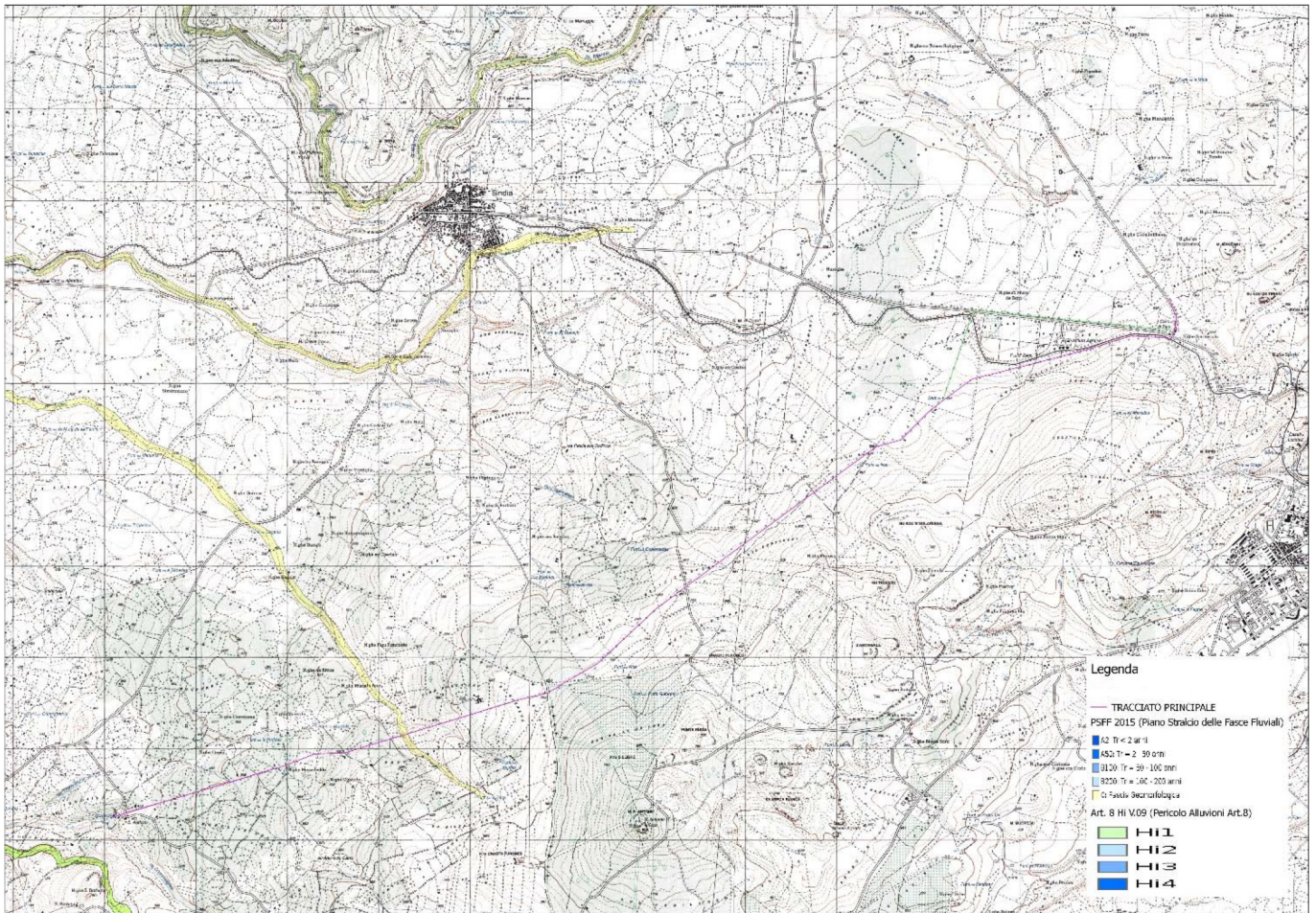
La presenza di deboli pendenze e di vaste aree pianeggianti limitano lo scorrere delle acque superficiali a zone molto limitate che si situano nelle parti vallive più facilmente erodibili e modellabili dall’azione dell’acqua.

Il reticolo idrografico della zona non si presenta particolarmente sviluppato. Sono presenti esclusivamente corsi d’acqua stagionali la cui esistenza è legata all’apporto degli eventi meteorici.

Si ha la presenza diverse sorgenti che bordano la zona. Si tratta di vene di contatto tra le rocce basaltiche permeabili e le sottostanti litologie impermeabili. Queste danno inoltre origine a piccoli rii di carattere stagionale.

Nell’area in esame il tracciato in studio attraversa in alcuni punti questi rii. Si tratta in particolare del Riu Trainu Badde Cannas e del Riu Tènnero. In riferimento alla perimetrazione nell’ambito della cartografia PAI di eventuali aree a pericolosità idraulica, queste non interessano il tracciato in studio. Mentre in riferimento al PSFF, in corrispondenza del tracciato che intercetta il riu Tènnero, questo risulta compreso in Fascia C, ossia potenzialmente oggetto di inondazione nel

corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità.



6 INQUADRAMENTO SISMICO

La Sardegna è caratterizzata da una bassa sismicità strumentale.

Con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” è stata introdotta una nuova classificazione sismica del territorio nazionale articolata in 4 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell’accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono riferiti a probabilità di superamento del 10% in 50 anni ed assumono i valori riportati nella tabella sottostante:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)
	[a_g/g]	[a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

L'area in esame era classificata come zona sismica 4, in riferimento al D.M. 14/01/2008

Zona 1: È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti. Comprende 708 Comuni o porzioni di essi per i quali $[a_g/g] \geq 0,25g$.

Zona 2: Nei 2.345 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,25g > [a_g/g] \geq 0,15g$ possono verificarsi terremoti abbastanza forti.

Zona 3: Nei 1.560 Comuni o porzioni di essi per i quali $0,15g > [a_g/g] \geq 0,05g$ possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

Zona 4: È la meno pericolosa. Nei 3.488 Comuni o porzioni di essi per i quali $[a_g/g] < 0,05g$ le possibilità di danni sismici sono basse.

Mentre in riferimento alle nuove NTC del 2018 sparisce ogni riferimento alla classificazione in zone sismiche, segnando il definitivo abbandono della metodologia delle tensioni ammissibili

Per quanto riguarda l’inquadramento dell’area nell’ambito dell’individuazione dell’azione sismica di progetto in base alla categoria di sottosuolo, in mancanza di indagini e caratterizzazione

specifica dei terreni di sedime si può tuttavia ipotizzare in relazione alla costituzione geolitologica generale del sito, l'appartenenza alla seguente categoria.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	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.
C	Depositi 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.
D	Depositi 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.
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.

Per cui il coefficiente stratigrafico SS è pari a **1**

Il coefficiente topografico è quello della categoria T1, ed è pari a **1**.

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR, moltiplicandone la Vita Nominale per il coefficiente d'uso CU :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente CU è definito nella seguente tabella, al variare della classe d'uso:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
Coefficiente C _u	0.7	1.0	1.5	2.0

Valori dei coefficienti classe d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Tipo di costruzione		Vita nominale V_s (anni)
1	Opere provvisorie- opere provvisionali – strutture in fase costruttiva	10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	50
3	Grandi opere, ponti opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	100

Valori minimi della vita nominale di progetto per i diversi tipi di costruzioni

7 FATTIBILITA' DELL'OPERA

Considerati i caratteri geolitologici, geomorfologici generali dell'area in studio, tenuto conto del fatto che non vi sono elementi franosi in atto e/o potenziali si ritiene non vi siano elementi in grado di ostacolare la realizzazione dell'opera.

Non sono state rilevate criticità per quanto concerne le condizioni geomorfologiche e idrauliche sito specifiche all'intersezione del tracciato in corrispondenza degli attraversamenti idrici superficiali. Si raccomanda comunque di prestare massima attenzione delle aree poste in prossimità delle cunette che regolano il deflusso delle acque superficiali.

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per quanto concerne la caratterizzazione geomeccanica e geotecnica non sussistono condizioni che impediscono la realizzazione dell’opera. Al fine della caratterizzazione geomeccanica dei terreni sono stati prelevati alcuni campioni rappresentativi i quali sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio quali prove di taglio, classificazione, mentre sul campione di roccia è stata eseguita una prova del tipo Point Load per la determinazione della resistenza alla compressione monoassiale.

Di seguito si descrivono le prove e le risultanze scaturite, mentre in allegato si riportano i relativi certificati analitici.

Classificazione delle Terre[CNR-UNI 10006]

Le prove di classificazione che comprendono l’analisi granulometrica e la determinazione dei limiti (liquido e plastico) di Atterberg, permettono di classificare il materiale secondo la normativa UNI 10006. L’analisi granulometrica con setacci viene eseguita sottoponendo il materiale ad un accurato prelavaggio sul setaccio n. 200 (0.074 mm di apertura delle maglie), per asportare tutta la frazione limo-argillosa, recuperando il trattenuto a detto setaccio e sottoponendolo a vagliatura per determinarne la distribuzione granulometrica e quindi il passante in percentuale a ciascun setaccio. Il quantitativo di materiale, occorrente per la formazione dei provino, varia a seconda della dimensione degli elementi presenti. Viene eseguita secondo la normativa contenuta nel bollettino CNR n. 23 del 14.12.1971 (ASTM D421 - D2217). Qualora la frazione limo-argillosa sia molto elevata, la consueta analisi con setacci, pur valida per la classificazione, è scarsamente significativa. Si ricorre allora all’analisi granulometrica per sedimentazione per conoscere i contenuti percentuali di sabbia, limo e argilla. La prova è basata sulla diversa velocità di sedimentazione dei granuli di dimensioni diverse in seno ad una apposita soluzione deflocculante. Il quantitativo di materiale rimasto in sospensione viene rilevato, ad intervalli di tempo crescenti, mediante letture con un densimetro. La prova viene eseguita secondo la norma ASTM D422.

I limiti di Atterberg servono per valutare le caratteristiche di plasticità di un terreno. Il limite liquido è definito come il contenuto di umidità che separa lo stato liquido dallo stato plastico; analogamente il limite plastico separa lo stato plastico dallo stato semisolido di un terreno. La differenza numerica tra questi due limiti è chiamata indice plastico. I limiti di Atterberg vengono

determinati su un quantitativo di 100-200 g di materiale passante al setaccio 0,425 UNI seguendo la norma CNR-UNI 10014 (ASTM D4318-84).

Risultato analisi granulometrica (UNI 10006)

I campioni rappresentativi sono stati sottoposti ad analisi granulometrica per via secca. La pila standard per la vagliatura meccanica è costituita da 13 setacci con apertura della maglia decrescente da 100 mm a 0.075mm, limite di passaggio tra le frazioni grossolane e fini (limi e argille).

Campione **P3** [0.00-1.50 m] (profondità campionamento 0,70 m -1,50 m)

Il campione di sedimento è costituito per 87.04 [38.55% di terre grossolane] mentre il restante 48,49% (passante al vaglio 0.063mm) da terre a grana fine limosa.

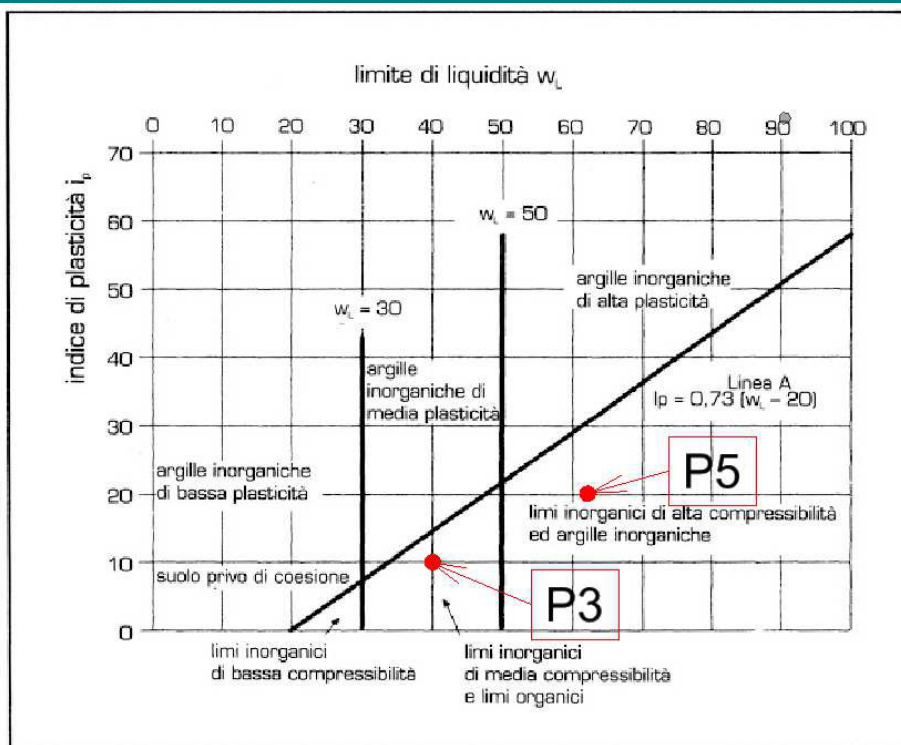
Campione **P5** [0.00-1.50 m] (profondità campionamento 1,60 m -1,90 m)

Il campione di sedimento è costituito per 93.72 [66% di terre grossolane] mentre il restante 27.72% (passante al vaglio 0.063mm) da terre a grana fine limosa.

Sulla frazione fine sono stati determinati i limiti di “Atterberg”: limite liquido, limite plastico, indice di plasticità e indice di gruppo (vedi diagramma plasticità). I campioni, sulla base della classificazione HBRAASHTO (CNR-UNI 10006), che tiene conto dei limiti di Atterberg, sono classificati come :

Campione	Classificazione: Sottogruppo
P3	A 4 _ Limi inorganici di media compressibilità e limi organici
P5	A 2- 7 _ Limi inorganici di alta compressibilità ed argille inorganiche

Sulla base di quanto scaturito dalle prove i terreni in esame sono costituiti pertanto da limi da media ad alta compressibilità, caratterizzati da limite liquido (LL) e da indice plastico (IP) variabile rispettivamente da 40 a 62 e da 10 a 20, sensibile a variazioni dello stato di consistenza per aumento di contenuto d’acqua.



Prove di Taglio

Questo tipo di prove constano nel sottoporre a verifica almeno tre provini. La prova è suddivisa in una fase di consolidazione e in una di deformazione a rottura. Ciascun provino viene alloggiato nella scatola di Casagrande e sottoposto a consolidazione, mediante l'applicazione per step di carico, calcolati sulla base della tensione geostatica in sito.

Terminata la fase di consolidazione, mantenendo il carico assiale costante, il provino viene portato a rottura a velocità costante, mediante uno spostamento della parte inferiore della scatola ad opera del motore azionato dalla macchina di taglio.

La prova è condotta su almeno tre provini appartenenti allo stesso campione di terreno, preventivamente consolidati a valori di pressione normale crescente. Alla fine della fase di consolidazione, documentata attraverso la lettura dei cedimenti nel tempo, si procede con la fase di taglio imponendo una velocità di deformazione e registrando lo sforzo che ne consegue. Per determinare i parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate, la velocità di taglio deve essere sufficientemente contenuta affinché durante la fase di rottura non si riproducano sovrappressioni nei pori. Tale velocità dipende dalla permeabilità del suolo in esame ed è quindi correlata con la velocità di consolidazione.

Per ogni provino si ottengono tre diversi valori di resistenza al taglio (τ_f), proporzionali alle tre diverse pressioni di consolidazione applicate (σ_n), in base ai quali si può tracciare la retta di

Coulomb $\tau = c + (\sigma_n \times \tan \phi)$, la cui pendenza e intercetta con l’asse τ , rappresentano rispettivamente l’angolo di attrito ϕ e la coesione c di un terreno, parametri caratteristici di resistenza meccanica. Durante la prova si controlla la velocità di applicazione del carico, misurando con un dinamometro il valore dello sforzo orizzontale al crescere della deformazione. Si può quindi tracciare il diagramma τ - deformazione per diversi valori dello sforzo verticale, e determinare quindi il massimo valore di τ .

Durante la fase di rottura, ad ogni spostamento della parte inferiore della scatola, corrisponderà un aumento del carico, registrato da un anello dinamometrico. Si potrà in questo modo determinare la forza che agisce sul piano orizzontale rispetto allo spostamento fino al punto di rottura del provino.

I dati grafici determinano l’involuppo a rottura dei provini da cui è possibile ricavare:

- L’angolo di attrito interno **phi**’ ϕ (coefficiente angolare della retta di interpolazione)
- La coesione **c**’(intercetta sull’asse delle ordinate)

Nel caso specifico la prova è stata realizzata su provini semidisturbati con modalità consolidata drenata ad una velocità di 0,02 mm/min, ed i risultati possono essere in tal modo riassunti, mente in allegato si riportano i relativi certificati:

Campione	Angolo d’attrito (ϕ°)	Coesione Kg/cm ²
P3	30,9°	0,13
P5	31,4°	0,03

Point Load

Le POINT LOAD TEST, dette anche prove di punzonamento, sono utili nel caso di rocce, in quanto permettono di risalire alla loro resistenza a compressione monoassiale. Essa consiste nel portare a rottura il campione di roccia, comprimendolo tra due punte coniche comandate da un sistema idraulico a pressione, mediante una sollecitazione normale con dilatazione laterale libera. Si ottiene in questo modo un indice di Point Load dal quale si risale, tramite una relazione empirica al valore di resistenza della roccia

Prova di resistenza a compressione monoassiale

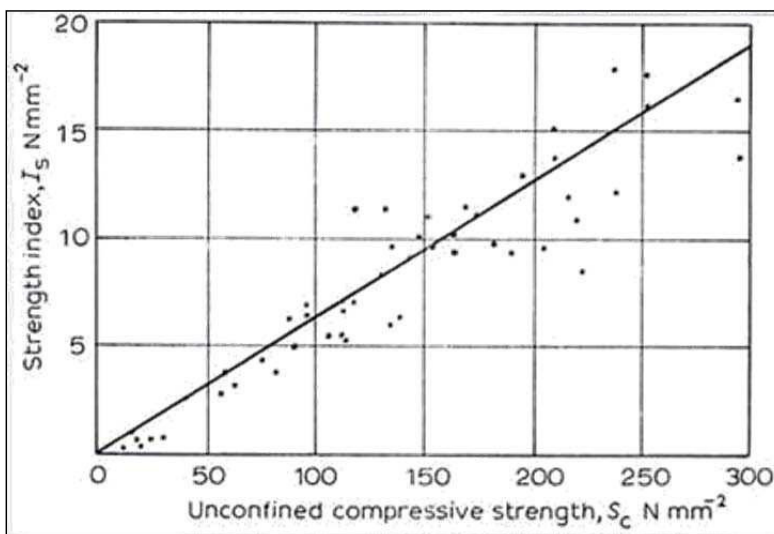
CLASSE [°]	DESCRIZIONE	RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE (MPa)	INDICE DI RESISTENZA (POINT LOAD) (MPa)	VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA IN SITO	ESEMPI
R6	Resistenza estremamente elevata	>250	>10	Un campione può essere solamente scheggiato con un martello geologico	Basalto intatto, selce, diabase, gneiss, granito, quarzite
R5	Resistenza molto elevata	100-250	4-10	Un campione richiede molti colpi di un martello geologico per essere fratturato	Anfibolite, arenaria, basalto, gabbro, gneiss, granodiorite, calcare, marna, riolite, tufi
R4	Resistenza elevata	50-100	2-4	Un campione richiede più di un colpo di un martello geologico per essere fratturato	Calcare, marna, fallite, arenaria, scisto, argillite
R3	Resistenza media	25-50	1-2	Non può essere raschiato o spellato con un coltellino, un campione può essere fratturato con un solo colpo di un martello geologico	Argillite, carbone, calcestruzzo, scisto, siltite
R2	Resistenza bassa	5-25	[**]	Con difficoltà può essere spellato con un coltellino, una intaccatura superficiale può essere procurata con un colpo inferto mediante la punta di un martello geologico	Calcare bianco, salgemma
R1	Resistenza molto bassa	1-5	[**]	Si frantuma per effetto di alcuni colpi con la punta di un martello geologico, può essere spellato mediante un coltellino	Rocce estremamente alterate
R0	Resistenza estremamente bassa	0.25-1	[**]	Intagliato con l'unghia di un pollice	Miloniti, cataclasi

[*] In accordo a Brown E.T. (1981), Rock characterization, testing and monitoring. ISRM suggested methods, pp. 171-183, Oxford Pergamon.
[**] La prova meccanica point load su rocce con resistenza a compressione monoassiale inferiore a 25 Mpa fornisce risultati poco attendibili

La relazione che si utilizza nella prova standard è:

$$Is(50)(MPa) = \frac{(0.138F)}{(DL)^{0.75}}$$

La correlazione tra l'indice point load e la resistenza a compressione monoassiale è espressa dal seguente grafico:



dove:

Is(50)(MPa) Indice di point load già rapportato al diametro di
 = riferimento (50 mm);
 D(mm)= Distanza fra le punte;
 L(mm)= Lunghezza del campione lungo la superficie di rottura;
 F(N)= Carico a rottura;

Attraverso il parametro è possibile passare alla stima della resistenza alla compressione monoassiale della roccia attraverso la relazione:

$$C_0(MPa) = 24I_s(50)$$

I risultati della prova hanno fornito i seguenti dati

$$I_s(50)=3,93 \text{ MPa}$$

Da cui

$$C_0= 510,52 \text{ Kg/cm}^2$$

Stabilità parete di scavo

Per la verifica di stabilità del fronte di scavo è stato utilizzato l'applicativo *Soils* della ProgramGeo. Sono stati presi in considerazione per il calcolo i valori più cautelativi del terreno ricavati dalle prove di laboratorio. Il fattore di sicurezza ricavato è risultato pari a 3, maggiore di quello minimo richiesto. Le risultanze sono riportate in allegato.

9 ALLEGATI

- Certificati di laboratorio analisi geotecniche dei materiali
- Verifica di stabilità della sezione di scavo