

S.S. 554 "Cagliaritana"

Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000

Ex S.S.125 Orientale Sarda – Connessione tra la S.S.554 e la nuova S.S.554

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA352

PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: Dott. Ing. Massimo Caposera
(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)
Responsabile Strutture: Dott. Ing. Giovanni Piazza
(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)
Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: Dott. Ing. Sergio Di Maio
(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)
Responsabile Ambiente: Dott. Ing. Francesco Ventura
(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

GEOLOGO:

Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 956)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)

RESPONSABILE SIA:

Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Corrias

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

Relazione Geologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPCA0352 D 19

NOME FILE

TOOGE00GEORE_Relazione geologica

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE01

A

R.

D

C

B

A

REV.

EMISSIONE

DESCRIZIONE

FEB.2020

DATA

E. CURCURUTO

REDATTO

E. CURCURUTO

VERIFICATO

F. NICCHIARELLI

APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	4
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	5
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	8
5.1	Stratigrafia	12
5.2	Tettonica.....	16
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
6.1	Sintesi dei risultati dei rilievi idrogeologici	21
6.2	Censimento punti d'acqua e sorgenti e verifica dell'eventuale interferenza con le opere in progetto	24
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	25
7.1	Analisi dei risultati delle indagini geognostiche.....	30
7.2	Campagna indagini geognostica -ambientale.....	33
8	SISMICITA' DELL'AREA.....	36
8.1	Macrosismicità dell'area.....	36
8.2	Caratterizzazione sismogenetica	44
9	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	46
10	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	48
10.1	ELABORAZIONE DATI GEOFISICI E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	49
10.2	RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	64
10.3	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	66
11	ANALISI DEL TRACCIATO	67

1 PREMESSA

La presente relazione descrive gli studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici eseguiti a supporto della redazione del progetto Definitivo dei “Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 “Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)”, in provincia di Cagliari.

Lo studio è stato condotto seguendo lo schema adottato per le progettazioni geologiche di infrastrutture a sviluppo lineare, analizzando per ogni singola categoria di opere (rilevati, trincee, viadotti e gallerie) le interazioni con il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico.

L'individuazione delle problematiche di natura geologico-geotecnica, ove presenti, consente di minimizzarne gli effetti, identificando le soluzioni più idonee. Fornisce inoltre gli elementi necessari per le scelte progettuali da esse derivate e per ottimizzare l'interazione terreno-struttura.

Vengono pertanto descritti a diverse scale i contesti geologico, geo-strutturale, geomorfologico ed idrogeologico di riferimento, nonché analizzata la sismicità dell'area. Segue quindi l'analisi dell'intervento e delle opere previste in funzione del modello geologico-tecnico di riferimento (MGR), elaborato per la progettazione definitiva.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli studi geologici e la redazione della presente relazione sono stati eseguiti seguendo le prescrizioni delle norme, i cui riferimenti sono di seguito riportati:

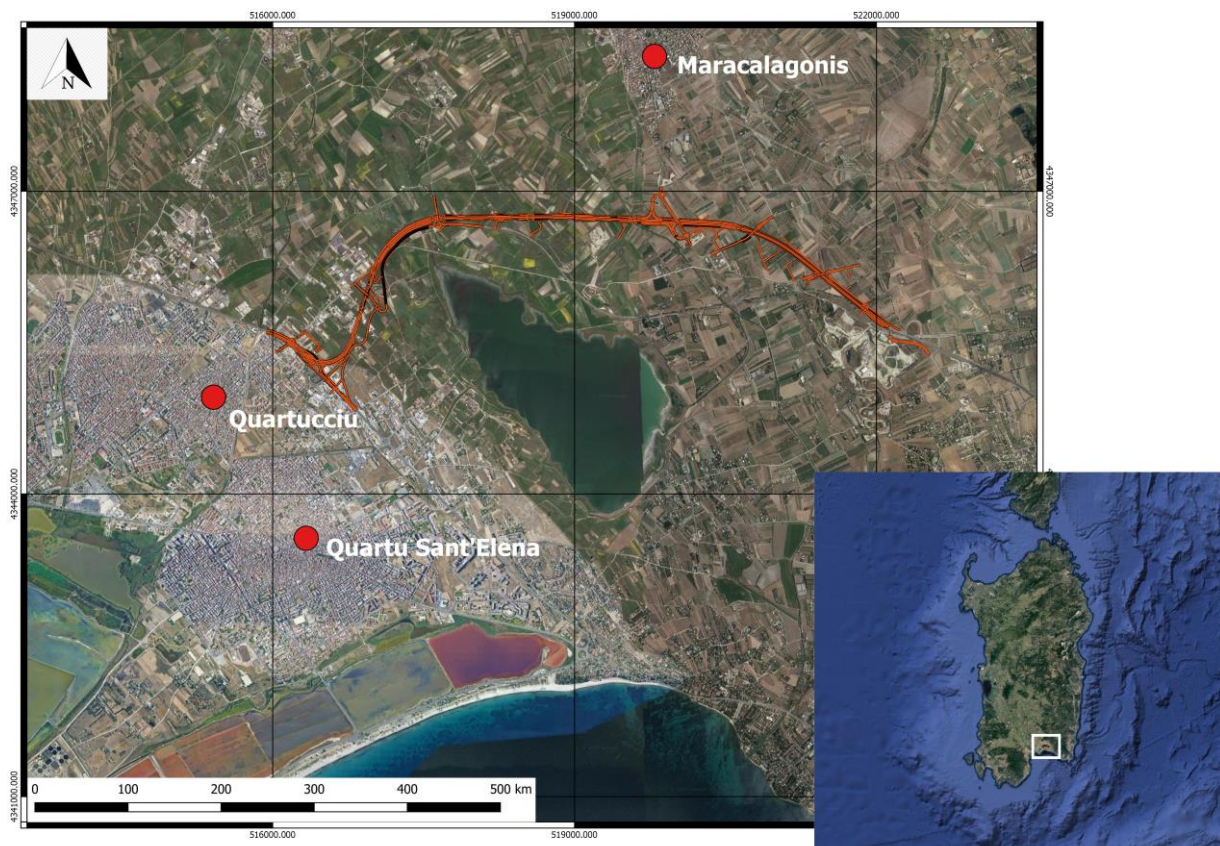
- *D.M. 17 Gennaio 2018*
Nuove Norme tecniche per le costruzioni;
- *D.M. 14 Gennaio 2008*
Norme tecniche per le costruzioni;
- *Circolare 2 febbraio 2009, n° 617*
istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni;
- *Norme Tecniche di cui al D.M. 11.03.88;*

- *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;*
- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003;*
- *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”; modificata dall’O.P.C.M. 3431 del 03/05/2005;*
- *Legge Regione Sardegna n. 45 del 22-12-1989 -“Norme per l’uso e la tutela del territorio regionale” e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della L.R. del 15-2-1996, n.9.*
- *Adozione del PAI per la Regione Sardegna, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.Delib. G.R. n. 15/31 del 30-3-2004 -“Disposizioni preliminari in attuazione dell’O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274”.*
- *Legge Regione Sardegna n. 19 del 6-12-2006 -“Disposizioni in materia di risorse idriche e bacini idrografici”.*
- *Norme per l’uso e la tutela del territorio regionale” e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della L.R. del 15-2-1996, n.9. Adozione del PAI per la Regione Sardegna, redatto ai sensi della Legge n. 183/1989 e del D.L. n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione.*
- *Decreto Presidente Regione Sardegna n.67 del 10-7-2006 -“Approvazione del PAI per la Regione Sardegna”.*
- *Decreto Presidente Regione Sardegna n.35 del 21-3-2008 -“Approvazione delle Norme di Attuazione del P.A.I.” che sono state aggiornate.*
- *Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico*
- *Ordinanze Autorità di Bacino nazionale, regionale o interregionale*
- *Piani Territoriali di coordinamento (Province)*
- *Piano Strutturale e Regolam. Urbanistico*

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La tangenziale in progetto si colloca nel programma di adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda"), connettendo la S.S. 554 alla nuova S.S. 554.

L'intervento ricade nei Comuni di Maracalagonis (CA), Quartu Sant'Elena (CA), Quartucciu (CA), come illustrato nella figura che segue.



- - Ubicazione dell'area di intervento -

Il tracciato insiste sul territorio comunale di Quartucciu (CA) per i primi chilometri, dalla progressiva 0+000 alla progressiva 2+775,545, con il primo svincolo che insiste sul territorio di Quartu Sant'Elena (CA), dalla progressiva 2+775,545 alla progressiva 5+163,822 il tracciato ricade nel territorio comunale di Maracalagonis (CA), dalla progressiva 5+163,822 alla progressiva 5+930,45 (fine tracciato) il tracciato ricade nel territorio di Quartucciu (CA).

Il tracciato in studio ricade nella sezione II "Sant'Elena" del Foglio 557 della Carta d'Italia Serie 25 redatta dall'I.G.M.I.,

Lo stesso ricade nelle sezioni N° 557110 e 557120 della Carta Tecnica Regionale.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di sedime, ove ricade il tracciato, è ubicata sulla fascia perimetrale del Lago Simbirizzi, con quote variabili tra circa 18,00 m s.l.m. e 110 m s.l.m., morfologicamente subpianeggiante e circondata da debolissimi rilievi determinati dall'affioramento dei depositi delle alluvioni terrazzate pleistoceniche (Subsistema di Portoscuso), delle unità Mioceniche (Marne di Gesturi) che costituiscono il principale substrato dell'area in studio, e dei depositi delle alluvioni oloceniche che contornano l'area umida.

L'assenza di nette variazioni morfologiche dei luoghi è direttamente connessa con la predominanza di fenomeni deposizionali di tipo alluvionale e alluvio-colluviale tardo-olocenici passanti, con gradualità a quelle di stagno-laguna.

A tale morfologia subpianeggiante è correlata un'elevata stabilità geomorfologica dei luoghi con assenza di fenomeni di tipo gravitativo (mancando di fatto i dislivelli naturali, i fenomeni erosivi si limitano ad un modestissimo dilavamento della coltre superficiale soprattutto nelle aree agricole sottoposte al rimaneggiamento da aratura).

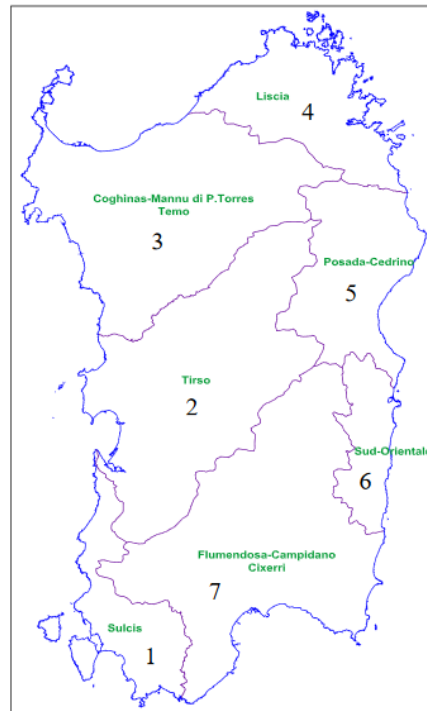
Nel corso degli ultimi secoli, ed in particolare nella seconda metà del 1900, con la progressiva urbanizzazione, la morfologia dei luoghi ha subito una notevole trasformazione per effetto del concentrarsi di attività antropiche e delle infrastrutture connesse. In alcuni casi, il riporto di terre per spessori anche plurimetrici da destinare al recupero per uso residenziale o infrastrutturale, ha comportato il marcato sollevamento delle quote del p.c. al fine di controllare quanto più possibile la risalita della falda freatica ed i fenomeni di allagamento.

Al fine di ricostruire l'assetto morfologico dell'area in studio e delle sue linee evolutive è stato ricostruito un modello digitale del terreno (cella 2 m x 2 m) vincolato a terra a seguito di attenti sopralluoghi.

Si è proceduto quindi ad un rilievo delle forme di instabilità sia sul terreno che con l'ausilio dello studio stereoscopico di fotografie aeree e dall'analisi di immagini tridimensionali di Google Earth . Sono state così mappate tutte le aree soggette a movimenti gravitativi individuandone forma, tipologia e stato di attività, in accordo con la classificazione comunemente adottata nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna .

A causa della bassa pendenza e dell'affioramento di terreni con giacitura sub-orizzontale non si rilevano forme di dissesto in atto o potenziali interferenti con il tracciato stradale. I risultati dell'indagine geomorfologica sono confermati dall'esame dopo la consultazione del Geoportale della Regione Autonoma della Sardegna che conferma l'assenza di dissesti nell'area del tracciato stradale.

Dal punto di vista idrologico l'area ove è ubicato il tracciato ricade all'interno del Sub-Bacino Flumendosa-Campidano-Cixerri che si estende per un'area di 5960 km², pari al 24,8% del territorio regionale; è l'area più antropizzata della Sardegna ed il sistema idrografico è interessato da diciassette opere di regolazione in esercizio e otto opere di derivazione.

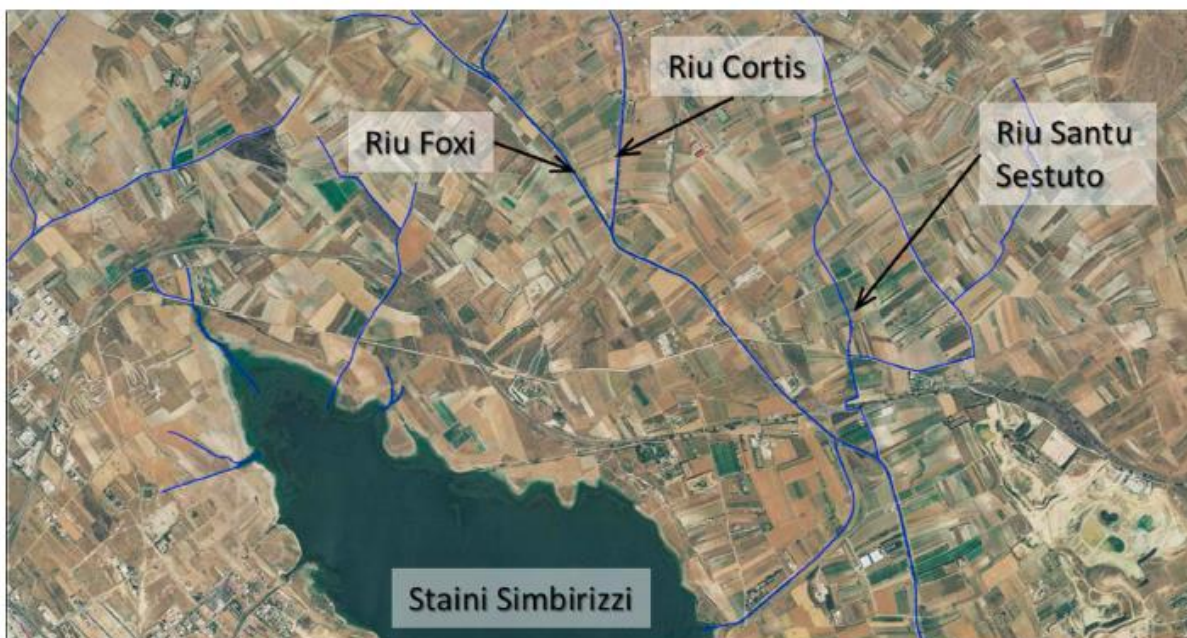


- Delimitazione dei Sub-bacini Regionali Sardi -

Anche dal punto di vista idrologico la progressiva urbanizzazione ha alterato talora in modo sostanziale il reticolo di drenaggio naturale attraverso interventi di regimazione, canalizzazione e deviazione dei corsi d'acqua torrentizi afferenti all'area stagnale portando all'abbandono di numerosi alvei, le cui morfologie sono ben visibili a Est di Quartucciu e di Quartu Sant'Elena.

Il tracciato stradale è attraversato da 3 corsi d'acqua:

- Riu Foxi
- Riu Cortis
- Riu Santu Sestu.



Riu Foxi

Il Riu Foxi, denominato alla sorgente Riu Tainelli, nasce ad una quota di 325,00 m s.l.m. presso l'altura denominata Cuccuru Costa Manna, ha una lunghezza lineare di circa 7,00 km e intersecandosi, in sinistra idraulica, con il Riu Cortis cambia nome in Riu Foxi, che continuando per altri 6,40 km lineari, sfocia nel Golfo di Cagliari in località Foxi (Quartu Sant'Elena). Il Riu Foxi ha un andamento prevalentemente meandriforme con pattern dentritico e con sviluppo dell'asta principale in direzione NO – SE. Lungo il suo percorso, riceve le acque di due affluenti: il Riu Su Padru e il già citato Riu Cortis, entrambi in sinistra idraulica.

Il Riu Foxi ha un andamento prevalentemente meandriforme con pattern dentritico e con sviluppo dell'asta principale in direzione NO – SE. Lungo il suo percorso, riceve le acque di due affluenti: il Riu Su Padru e il già citato Riu Cortis, entrambi in sinistra idraulica.

Riu Cortis

Il Riu Cortis, nasce a Nord dell'abitato di Maracalagonis ad una quota di 250,00 m s.l.m. presso l'altura denominata Santy Barzolu, dalla confluenza del Riu Staul-Saxina e del Riu Mela; ha una lunghezza lineare di circa 5,00 km con sviluppo dell'asta principale in direzione N – S.

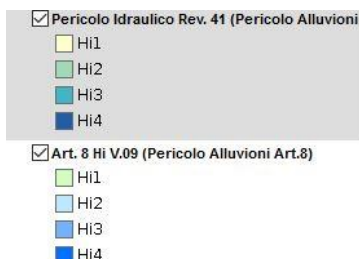
Riu Santu Sestu

Il Riu Santu Sestu nasce ad una quota di 59,00 m s.l.m. a SE di Maracalagonis, a Sud della SP16 in località Santu Sestulu, ha una lunghezza lineare di circa 1,80 km ed è un'affluente, in sinistra idraulica, del Riu Foxi, che continuando per altri 4,60 km lineari, sfocia nel Golfo di Cagliari in località Foxi (Quartu Sant'Elena). Il Riu Santu Sestu ha un andamento prevalentemente meandriforme con pattern dentritico e con sviluppo dell'asta principale in direzione N – S. Lungo il suo percorso, riceve le acque da un affluente in sinistra idraulica.

Il recapito finale dei torrenti sopra descritti è costituito dal bacino di Simbrizzi. Il bacino di Simbrizzi è costituito da un invaso artificiale, realizzato negli anni '80, dalla chiusura di una diga in calcestruzzo e di tre sbarramenti in terra di uno stagno di origine naturale, al fine di incrementare le risorse idrauliche del Flumendosa-Campidano e da un secondo stagno di dimensioni decisamente più ridotte, che prende il nome di stagno di San Forzorio. La superficie stimata del serbatoio è di circa 3 km² con una capacità totale di invaso di 30 milioni di m³. Questo fa parte del bacino idrografico del Rio Foxi e il principale apporto idrico deriva dai bacini artificiali del Flumineddu, Flumendosa e Mulargia.

E' stato valutato quindi il rischio idraulico nelle aree interessate dalle opere di progetto; a tal fine i rilievi geomorfologici effettuati sono stati integrati con i risultati degli studi idrologici a corredo del PAI.

Nonostante il tracciato sia attraversato da vari corsi d'acqua non si riscontrano pericoli di esondazione dai dati forniti dal P.A.I. consultabili sul Geoportale della Regione Autonoma della Sardegna.



Pericolosità Idraulica nell'area in studio (Sardegna Geoportale) -

Sono stati forniti inoltre i dati geomorfologici per l'individuazione delle aree fluviali potenzialmente oggetto di inondazione nel corso delle piene caratterizzate da differente tempo di ritorno. In particolare sui corsi d'acqua secondari interferenti con il tracciato è stata definita la fascia C o area di inondazione per piena catastrofica che, tracciata con criteri geomorfologici, rappresenta la regione fluviale potenzialmente oggetto di inondazione nel corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità.

Nell'ambito dell'analisi idraulica dei corsi d'acqua interferiti dal progetto, è stata effettuata per le aste oggetto di studio, la verifica del funzionamento idraulico del tracciato di progetto nella configurazione sia

ante-operam che post-operam.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in studio è localizzata nel settore meridionale della pianura del Campidano, notoriamente conosciuto come un areale particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal Golfo di Oristano al Golfo di Cagliari. Nella parte meridionale essa si

sovrappone alla più vasta "fossa tettonica sarda" ("rift oligo-miocenico sardo" Auct.) che attraversa l'isola in senso longitudinale unendo il Golfo dell'Asinara con quello di Cagliari, rappresentando la manifestazione più evidente dell'intensità dei movimenti crostali avvenuti durante l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore e medio, tali da trasformare significativamente l'assetto geologico del Mediterraneo occidentale attraverso la traslazione e rotazione del blocco sardo-corso.

La formazione dell'ampia depressione campidanese si deve invece a un'intensa tettonica disgiuntiva verificatasi durante il tardo Terziario, soprattutto dopo il Messiniano, nell'ambito della formazione del bacino marino tirrenico, che ha provocato lo sprofondamento di un ampio settore della Sardegna meridionale mediante un complesso sistema di faglie dirette (con un rigetto complessivo valutabile tra 500 m e 1.500 m), impostate su di linee di debolezza erciniche e riattivate durante il Terziario.

Le evidenze di queste faglie, orientate prevalentemente in direzione N-S e NNW-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SW, sono particolarmente osservabili proprio nell'area cagliaritana e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica.

Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest, i bordi dell'attuale piana campidanese.

Mentre la colmata della depressione oligo-miocenica si è esplicata attraverso tre distinti cicli di sedimentazione che hanno dato origine ad un complesso insieme di facies vulcano-sedimentarie molto variegato sia in ambiente continentale, sia transizionale e marino, entro la fossa campidanese plio-quadernaria si sono riversate enormi quantità di sedimenti clastici derivanti dallo smantellamento dei depositi miocenici suddetti oramai litificati (F.ne di Samassi, Pliocene medio e superiore - Pleistocene?). Il substrato litoide su cui poggia la sequenza clastica plio-quadernaria è costituito infatti dal complesso marnoso-detritico del secondo ciclo sedimentario miocenico (Miocene medio), affiorante con continuità in tutto il settore orientale del Campidano di Cagliari (Parteolla, Trexenta e Sarcidano).

Gli ultimi episodi deposizionali sono rappresentati dalle alluvioni poligeniche ghiaioso-ciottolose e sabbiose del Quaternario, connesse in particolare con le ultime variazioni eustatiche del livello del mare (glaciazioni Riss e Wurm). Prescindendo dai sedimenti attualmente depositati dalla rete drenante naturale, i depositi alluvionali più recenti sono da ricondurre all'evoluzione paleogeografica olocenica (ultimi 10.000 anni, post Wurm) e rappresentati da un insieme di sedimenti limoso-argillosi ed argillosi, intercalati da episodi ghiaioso-limo-sabbiosi e sabbiosi che si alternano irregolarmente per uno spessore

pluridecamentrico (“Alluvioni terrazzate”), sovrastanti i depositi alluvionali e colluviali meglio addensati e maggiormente ossidati del Pleistocene medio e superiore.

Sulla base delle recenti interpretazioni che hanno portato alla pubblicazione del Foglio “Cagliari” (Progetto CARG 1998– 2001) della Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000 a cura dell’APAT – Dipartimento Difesa del Suolo, parte dei sedimenti in passato attribuiti alla F.ne di Samassi affioranti nel cagliaritano sono stati inclusi entro i depositi alluvionali quaternari, a loro volta “ringiovaniti” e attribuiti in massima parte all’OLOCENE. Gli unici lembi di ALLUVIONI ANTICHE, attribuite cioè al Pleistocene, sembrerebbero sussistere alla sommità dei rilievi nei dintorni di Settimo San Pietro–Sinnai, Maracalagonis e al contorno dello Stagno di Simbrizzi. Un ulteriore lembo residuo è ubicato a qualche chilometro a NNO di Sestu.

Questi ultimi, comunemente indicati come “Alluvioni antiche” e appartenenti in prevalenza al SUBSISTEMA DI PORTOSCUSO, sono costituiti da sedimenti ghiaioso–ciottolosi in matrice sabbiosa, associati a depositi sabbioso–ghiaiosi, ben addensati, con grado di ossidazione più o meno spinto che conferisce a queste terre il tipico colore “arrossato”. Lo “scheletro clastico” di questi depositi alluvionali è costituito da materiali litoidi poligenici provenienti dallo smantellamento dei rilievi metamorfico–cristallini del Sulcis–Iglesiente, del Sarrabus–Gerrei e del Sarcidano.

Nei fondovalle si rinvengono invece alluvioni e colluvioni recenti (Olocene) ed attuali che marcano il reticolo idrografico impostato lungo direttrici tettoniche orientate circa N–S e NE–SO ereditate dagli ultimi assestamenti tettonici, con impluvi che trasportano verso costa il carico detritico proveniente dai torrenti drenanti le aree montagnose e collinari al contorno.

Tali depositi sono costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaie e sabbie di varia natura con intercalazioni argillose. Presentano un grado di cementazione molto debole o nullo e la matrice aggregante, prevalentemente argilloso–sabbiosa, risulta meno alterata rispetto alle alluvioni antiche.

Nelle aree morfologicamente più depresse dell'area campidanese prossime alla linea di costa, con l'instaurarsi di condizioni lagunari e stagnali, si ha la deposizione di spessori decametrici di sedimenti prevalentemente argilloso–limosi e in subordine sabbiosi, connessi con condizioni di sedimentazione a bassa energia e/o a ruscellamento areale (colluvi) tipici dell'area costiera. Entro questi sedimenti spesso si rinvengono importanti concentrazioni di resti conchigliari di ambiente lagunare, talora formanti strati debolmente cementati dal carbonato di calcio di ricircolazione diagenetica. Non mancano comunque intercalazioni di

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000
(ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)



CA-352

Relazione Geologica

sedimenti a granulometria più grossolana, dalle sabbie alle ghiaie sino ai ciottoli, legati a episodi di piena dei vari corsi d'acqua che confluivano nelle aree stagnali.

Il contesto geologico e litostratigrafico del settore attraversato dall'infrastruttura viaria in progetto è dominato dai depositi alluvionali, alluvio-colluviali e lagunari olocenici che formano una potente serie detritica piuttosto eterogenea per quanto riguarda la successione stratigrafica delle differenti facies sedimentarie. Tale variabilità ed eterogeneità del sottosuolo è inevitabile in quanto l'ambito di intervento si sovrappone alla zona di reciproca interazione tra ambiente fluvio-torrentizio continentale e ambiente lagunare e marino – litorale a cui si sovrappone tutto l'insieme di attività antropiche che hanno portato a numerose e importanti alterazioni dell'assetto planoaltimetrico dei luoghi con scavi e colmate, riempimenti, bonifiche etc.

5.1 Stratigrafia

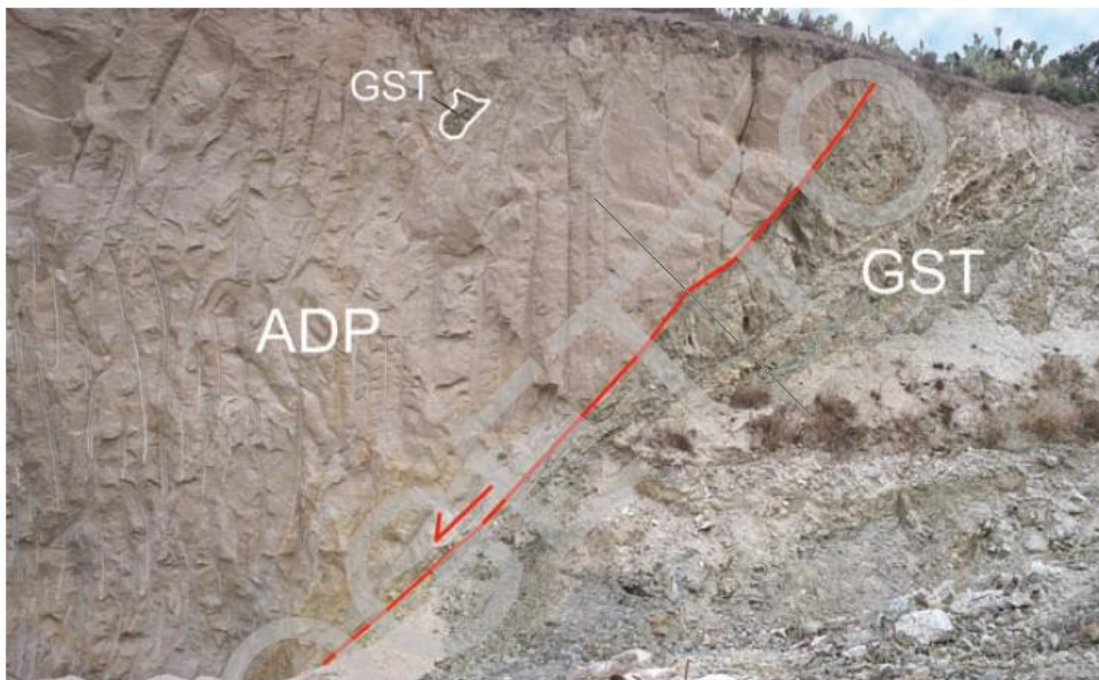
Nella successione stratigrafica dell'area si possono riconoscere, dal basso verso l'alto, le seguenti unità litologiche:

- **Marne di Gesturi** (Burdigaliano superiore-Langhiano Medio): viene suddivisa in due facies: una marnoso-arenacea (**GST**) ed una piroclastico-epiclastica (**GST_a**).

La facies marnoso-arenacea (**GST**) è costituita da marne arenacee, arenarie marnose e siltitiche, con subordinate intercalazioni di arenarie, soprattutto nelle parti basale e sommitale. Le marne sono da gialle a grigie a verdastre, con marcata fissilità nei termini più siltitici e fratturazione pseudo-concoide in quelli più argillosi. Laminazioni pian-parallele e rare ondulazioni sono associate ad evidenti alternanze tessiturali.

Affiorano a N e a NE di Quartucciu (CA) e Quartu Sant'Elena (CA), a S di Maracalagonis (CA), il tracciato attraversa la Formazione, in quasi tutta la sua estensione, parallelamente alla direzione degli strati affioranti, con una immersione prevalente verso Sud e inclinazione che non supera mai i 20°. Si presenta interessata da faglie dirette che la mettono in contatto con il suo substrato costituito dalla Arenarie di Pirri (**ADP**), come per la faglia diretta N125/50°SSW osservabile in località Cuccuru Ganni, sul fronte di una cava di sabbia riconvertita a discarica (discarica inerti Melis – Figura sotto).

Una situazione simile è osservabile nella cava E.S.A., dove la faglia menzionata è dislocata da faglie dirette coniugate di direzione prevalente n030.



- Loc. Cucc.ru Gannì (discarica inerti Melis – Fonte: Progetto CARG). Fronte Ovest della cava: particolare sul contatto per faglia diretta N125/50°SSW, tra le marne di Gesturi (**GST**) in giacitura N170/44°ESE e la sequenza sabbiosa omogenea, delle arenarie di Pirri (**ADP**). –

La facies piroclastico-epiclastica (**GST_a**) è costituita da piroclastiti pomiceo-cineritiche ad elementi pomicei, di dimensioni massime sul decimetro, e cristalli di sanidino, plagioclasti, quarzo, biotite e vetro vulcanico.

Tali livelli, già ascritti ad un evento sottomarino del Langhiano, affiorano a varie quote dell'area di studio, in seguito a dislocazioni tardo-mioceniche o plio-quadernarie. Altri affioramenti si hanno ad E di Maracalagonis tra Cuccuru Crabone, Cuccuru Luca Pisu e Cuccuru Crobus, a NE di Quarucciu, in prossimità della prima curva del tracciato, in località Cuccuru Crobu all'altezza del km 11 della SS125 e ai bordi del Lago Simbirizzi, la presenza di faglie e di coperture eluvio-colluviali ne impedisce talvolta l'osservazione ottimale.

- **Argille di Fangario (AFA)** (Langhiano Medio?-Serravalliano Inferiore): Argille e marne grigie più o meno scure e locali argille sabbiose giallo-biancastre, con plaghe arenacee irregolari grigie. La componente arenacea tende ad aumentare verso l'alto passando a livelli di arenarie marnose.

I limitati affioramenti, al di fuori dell'area in studio sono stati evidenziati dai lavori per l'estrazione di argilla, in tre aree di cava, di cui due, attualmente inattive, sono localizzate rispettivamente alla periferia NO dell'area urbanizzata di Cagliari (Cava di S. Lorenzo) e alla periferia NO di Sestu (Cuccuru Is Foradas), mentre quella ancora attiva si trova nella zona industriale alla periferia NO di Cagliari (cava Giuntelli).

- **Arenarie di Pirri (ADP)** (Serravalliano): Arenarie in banchi ben cementatati di spessore variabile dal decimetro al metro, alle quali si alternano sabbie quasi incoerenti. Le sabbie, di spessore decimetrico nelle parti basali della successione, diventano rilevanti verso l'alto con banchi plurimetrici, Sono presenti lenti e livelli di conglomerati a clasti di metamorfiti e di granitoidi paleozoici. Affiorano, fuori dall'area del tracciato, in località Sa Funtanedda, di cui non si osserva la base, per uno spessore complessivo sui 10 m, con giacitura N040/12°SE.

Trattasi di un'alternanza di sabbie quarzoso-micacee, giallastre e giallo verdastre, a grana da grossolana a fine, più o meno ben classate, in strati pluridecimetrici a struttura omogenea, con lenti e orizzonti centimetrici arricchiti in ossidazioni ferrose, talora con plaghe sabbioso-argillose verdastre. Al tetto di alcuni livelli sono presenti superfici erosive canalizzate da conglomerati poligenici (graniti, porfidi riolitici, talora metamorfiti), distribuiti in sacche o in livelli di spessore massimo 60 cm.

Affiorano anche in località Gianni, presso la cava Melis adibita a discarica di inerti;

- **Fm. Di Samassi (SAM)** (Pliocene?-Pleistocene): E' una formazione di ambiente continentale, probabilmente fluvio-deltizio, costituita da marne siltose biancastre o grigio chiare, con frequenti noduli concrezionati argilloso-calcarei, alternate ad argille grigio-verdastre o rosso-brune ed a sabbie quarzose, con lenti ciottolose.

I ciottoli sono costituiti in prevalenza da marne mioceniche e da rocce paleozoiche e si rinvencono entro le marne spesso in giacitura caotica, talora in sacche o plaghe irregolari. Alla base della sequenza è presente un conglomerato ad elementi di marne mioceniche. Non vengono identificati e cartografati affioramenti riferiti a questa unità formazionale in quanto pressochè smantellati in seguito ad attività estrattive (Fornaci Sarde Laterizi), o ad attività antropica, oppure ricoperti da depositi alluvionali più recenti del Pleistocene Superiore e dell'Olocene.

- **Subsistema di Portoscuso (PVM_{2a})** (Pleistocene Superiore): Sono depositi post-Tirreniani, di origine continentale che rappresentano i residui di estese conoidi alluvionali terrazzate coalescenti di vaste proporzioni, che delimitavano il bordo del Campidano al raccordo con i rilievi del Sarrabus. Sono costituiti da ghiaie medio-grossolane con clasti, che talora raggiungono la taglia dei blocchi, sub-arrotondati e sub-angolosi. Presentano una stratificazione incrociata concava con canali molto piatti (1-2 m) che raramente si approfondiscono anche sul substrato, Sono presenti anche livelli e lenti ghiaiose e sabbiose a stratificazione piano-parallela. Lo spessore totale può superare i 10 m, ma più frequentemente è di alcuni metri. La base di questa unità è in genere discretamente appiattita ed inclinata a suggerire come, prima della fase di aggradazione, i versanti fossero stati modellati da estesi pediment/glacis d'erosione impostati sui sedimenti continentali e marini terziari.

La quota sommitale del loro affioramento, nei lembi preservati della conoide del Riu Corongiu, è di circa 205 m a Pran'e Silli. Questi lembi si abbassano progressivamente verso sud (Cuccuru Crabone, 163 m s.l.m.; Cuccuru Luca Pisu., 92 m s.l.m.) sino a circa 26-30 m s.l.m. a sud di Cuccuru Su Zocculu, non lontano dalla linea di costa. Poco più ad Ovest lembi terrazzati della medesima unità sono posti a 30 m di quota s.l.m. a S. Anastasia. Più a Nord, lembi terrazzati della conoide del Riu Flumini, allo sbocco dell'area montana ad Ovest di Serdiana, sono ubicati a quote comparabili (Monte Sibiola, 210 m s.l.m.; Cuccuru Raimondo, 190 m s.l.m.; Bruncu Fidrigu, 184 m s.l.m.; Cuccuru Crobus,

170 m s.l.m.) e si abbassano progressivamente verso l'antica confluenza con il Riu Flumini Mannu (M. Jesu, 85 m s.l.m.).

I lembi di questa unità non sempre sono perfettamente raccordabili, suggerendo movimenti deformativi.

- **Depositi alluvionali terrazzati (bna – bnb)** (Olocene): Si tratta di depositi alluvionali grossolani contenenti limitate lenti e livelli di sabbie e di ghiaie fini, simili a quelli che si osservano sul letto attuale. Questi depositi sono posti ai lati dei letti attuali o tratti di alveo regimati, o su depositi alluvionali terrazzati, ed in genere non interessati dalle dinamiche in atto. Lo spessore di questi depositi è, nella maggior parte dei casi, difficilmente valutabile, ma in alcune sezioni (località Su Planu; Maracalagonis o lungo scarpate di erosione fluviale associate alle dinamiche attuali si possono superare i 9 m (località Separassiu).
- **Depositi Alluvionali (bb)** (Olocene): Sono diffusamente affioranti nei fondovalle, marcando il reticolo idrografico. Sono costituiti prevalentemente da ciottoli, ghiaie e sabbie di varia natura con intercalazioni argillose. Presentano un grado di cementazione molto debole o nullo e la matrice aggregante, prevalentemente argilloso-sabbiosa, risulta meno alterata rispetto alle alluvioni antiche. Lo spessore di questi depositi è variabile e localmente supera i 5 m.
- **Coltri eluvio-colluviali (b2)** (Olocene): Depositi in cui sono presenti percentuali variabili di materiali fini (sabbia, silt), più o meno pedogenizzati ed arricchiti della frazione organica, mescolati con sedimenti più grossolani. La elevata presenza della frazione organica suggerisce una loro derivazione dall'erosione del suolo durante l'Olocene e successivo mescolamento a sedimenti provenienti per degradazione fisica direttamente dal substrato. La presenza di questi depositi all'interno di vecchi alvei abbandonati ha portato ad un miscuglio con i sedimenti alluvionali in posto, rendendo difficile il riconoscimento di tali depositi.
- **Depositi palustri (e5)** (Olocene): Si tratta di sedimenti fini costituiti da argille limose grigio-verdastre con abbondante frazione organica e frammenti conchigliari, a luoghi ciottolose (depositi di tempesta), parzialmente stabilizzate e colonizzate dalla vegetazione, localmente antropizzate come nella parte interna dello Stagno di Cagliari. I sedimenti palustri che bordano il Lago di Simbirizzi, lo Stagno di Quartu e lo Stagno di Molentargius sono costituiti da argille limose grigio-scure, a luoghi ciottolose, ricche in

sostanze organiche carboniose e spesso anche in frammenti conchigliari di Molluschi marini e lagunari, a testimonianza della continua interazione tra ambiente marino-salmastro e fluviale.

- **Depositi antropici (h1r)** (Attuale): Materiale di riporto e aree bonificate. Litologicamente costituiti da sabbie variamente limose con ghiaia e materiale eterometrico antropico.

5.2 Tettonica

L'evoluzione della Sardegna a partire dal Cenozoico è caratterizzata da fasi tettoniche sia a carattere compressivo che a carattere distensivo, e da un vulcanismo calcalalino con prodotti lavici e piroclastici a chimismo variabile da acido a basico.

I depositi clastici continentali della formazione del Cixerri (Eocene medio-Oligocene inferiore), affioranti ad E di Monastir, possono essere considerati come una "molassa" legata ai movimenti pirenaici che hanno più o meno coinvolto la Sardegna occidentale (BARCA & COSTAMAGNA, 2000).

Buona parte del successivo diffuso vulcanismo calcalalino oligo-miocenico viene ricondotto a processi di subduzione di crosta oceanica conseguenti alla collisione tra la placca Apula ed il margine sud-europeo, al quale la Sardegna era ancora saldata, durante la fase collisionale nord-appenninica e prima del rifting Burdigaliano.

La formazione di Ussana ed i sedimenti marini dell'Aquitano-Burdigaliano (1° ciclo miocenico, ASSORGIA et alii, 1997a, b, c; SPANO & BARCA, 2002) possono essere messi in relazione, almeno inizialmente, con la tettonica trascorrente dovuta alla compressione nord-appenninica che, in particolare nella Sardegna centro-settentrionale, ha generato transpressioni e bacini transtensivi tra l'Oligocene e il Burdigaliano Inferiore-medio (CARMIGNANI et alii, 1994).

A partire dal Burdigaliano, contemporaneamente al collasso gravitativo dell'orogene nord-appenninico, ha origine un'importante fase di rifting, responsabile del distacco dal margine sud-europeo e della migrazione verso SE del Blocco sardo-corso, con la contemporanea formazione della "Fossa Sarda" Auct. o "Rift sardo" (sensu CHERCHI & MONTADERT, 1982; 1984).

Questo bacino tettonico bene si inquadra nel complesso sistema di fosse tettoniche che interessa il Mediterraneo centro-occidentale (LETOUZEY & TREMO-LIERES, 1984; DERCOURT et alii, 1986; BERGERAT, 1987; ZOBACK, 1994; SERANNE et alii, 1999). Esso si sviluppa in senso meridiano dal Golfo dell'Asinara fino al Golfo di Cagliari con una struttura

complessa (CASULA et alii, 2001) chiaramente asimmetrica, caratterizzata da semi-graben a polarità opposta separati da transfer zones (sensu GIBBS, 1984).

L'areale del tracciato si colloca nella porzione meridionale del "Rift sardo" ("Southern Cagliari rift segment"), caratterizzato (CASULA et alii, 2001) da un semi-graben immergente ad est, bordato da due master faults longitudinali, una esterna (faglia di Isili) ed una interna (faglia di Monastir). Quest'ultima è una faglia diretta che attraversa l'intera area, con direzione N160-140° E, immersione a OSO e rigetto medio dell'ordine del migliaio di metri; in affioramento è riconoscibile immediatamente a sud di Monastir (svincolo S.S.131 in loc. is Argiddas e presso la cava di andesite tra loc. Matzeddu e is Fogaias) e ad est di Cagliari (periferia NW e centro di Pirri).

All'interno dell'intera fossa si accumulano potenti sedimenti di natura arenacea, marnosa ed argillosa, indicati come marne di Gesturi, argille di Fangario, arenarie di Pirri (CHERCHI & MONTADERT, 1984; CHERCHI, 1985b), riferibili al 2° ciclo miocenico (Burdigaliano sup.-Serravalliano; ASSORGIA et alii, 1997a, b, c).

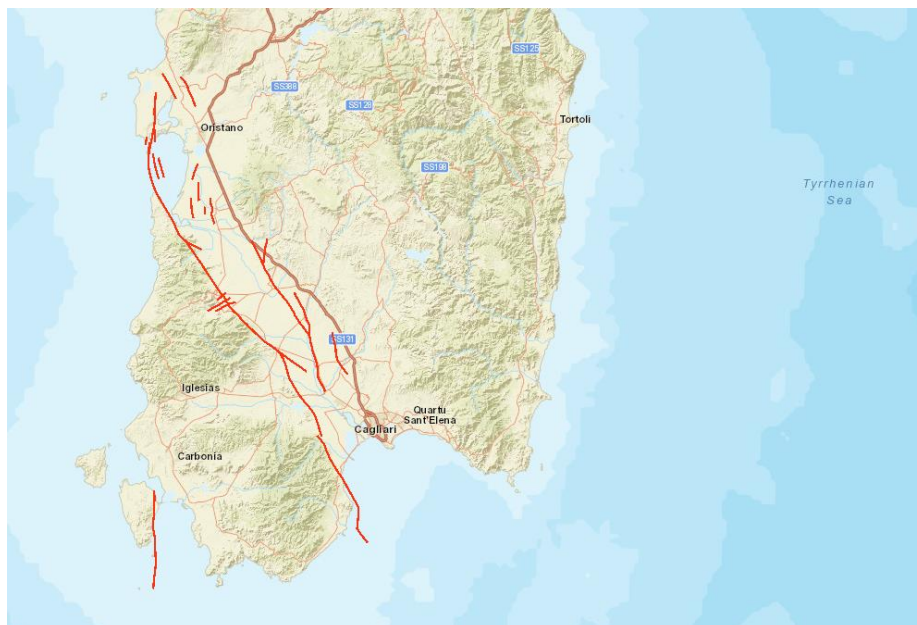
Dopo una temporanea stasi della subsidenza, e la cessazione dei movimenti di deriva, ha luogo un'ulteriore fase trasgressiva durante la quale si depositano facies marnoso-calcaree di piattaforma del Tortonian-Messiniano inferiore (CHERCHI, 1985b), rappresentate dalla successione dei calcari di Cagliari ("Pietra Cantone", "Tramezzario" e "Pietra Forte": 3° ciclo miocenico; ASSORGIA et alii, 1997a, b, c; SPANO & BARCA, 2002), affioranti estesamente nei settori meridionali.

La ripresa dell'attività tettonica verso la fine del Messiniano ha prodotto nella Sardegna meridionale l'inversione tettonica delle strutture oligo-mioceniche; in corrispondenza delle colline di Cagliari, sulla base di dati geofisici in letteratura, è stato valutato un sollevamento complessivo legato alla tettonica di inversione messiniana dell'ordine del migliaio di metri (CASULA et alii, 2001).

Infine, nel Pliocene-Pleistocene, a seguito dell'apertura del bacino sud-tirrenico, nuovi movimenti distensivi sono responsabili della formazione del graben del Campidano. Il picco della subsidenza in questa depressione è marcato, nel Pliocene medio-superiore, dai potenti depositi clastici continentali della Formazione di Samassi (PECORINI & POMESANO CHERCHI, 1969), risultanti prevalentemente dall'erosione dei rilievi paleozoici, dei sedimenti miocenici e del Pliocene inferiore marino, quest'ultimo riscontrato dai sondaggi nel sottosuolo del Campidano di Cagliari (MURRU, 1983).

Come accennato, evidenze di tettonica terziaria sono state riconosciute nei settori nord-orientali, dove un sistema di faglie orientate NO- SE mostra rigetti verticali massimi di qualche centinaio di metri. Faglie cenozoiche con direzioni analoghe (NO-SE) e rigetti minori interessano la successione Tortoniana-Messiniana dei Calcari di Cagliari laddove questa affiora estesamente (M. Urpinu, Tuvixeddu, M. Claro). Un fitto sistema di faglie NW-SE, NE-SW, N-S si osserva nei sedimenti miocenici affioranti in località Cuccuru Ganni, talora ben esposti sui fronti di taglio delle numerose cave. Le faglie hanno rigetti anche notevoli, come quelli osservabili presso cava Melis, dove portano a contatto le litologie delle arenarie di Pirri (ADP) con quelle delle marne di Gesturi (GST). Non è possibile stabilire l'esatta entità del rigetto, non essendo visibili i rapporti di base o di tetto delle due formazioni. Le strutture principali responsabili della subsidenza plio-quaternaria presentano le medesime orientazioni NO-SE delle faglie riferibili all'apertura del Rift o "Fossa Sarda" Auct. nel Miocene inferiore, per cui è verosimile che in molti casi si tratti di strutture riattivate. Non si rilevano nell'area interessata dal tracciato segni di riattivazione delle faglie ne faglie attive.

I risultati dell'indagine geologica sono confermati dall'esame delle cartografie del CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI (<http://sqi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>) a cura dell'ISPRA-Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia



— Stralcio cartografia del CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI -

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Al fine di definire il modello idrogeologico dell'area interessata dalla realizzazione progetto è stato effettuato un rilievo idrogeologico di dettaglio al fine di ricostruire ed individuare possibili interferenze tra i lavori dell'opera da eseguire ed il deflusso delle acque in sottosuolo. Sulla scorta dei rilievi geologici e delle litologie affioranti è stata stimata la permeabilità dei terreni e sono stati definiti, n° 6 complessi idrogeologici, intendendo con tale denominazione l'insieme dei termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo e grado di permeabilità omogenea.

In tal senso è stata eseguita un'interpretazione idrostrutturale, combinando le informazioni derivanti dal rilievo geologico di superficie, dai dati piezometrici misurati in corrispondenza dei fori di sondaggio, dal censimento dei punti di emergenza idrica e dalla permeabilità dei litotipi.

Sono stati individuati i seguenti complessi idrogeologici:

- ❑ Complesso palustre
- ❑ Complesso argillo-marnoso
- ❑ Complesso vulcano-clastico
- ❑ Complesso alluvionale-detritico
- ❑ Complesso marnoso-arenaceo
- ❑ Complesso arenaceo marnoso

Complesso palustre (CP): Terreni prevalentemente coesivi poco permeabili. Coefficiente di permeabilità: $10^{-8} < K < 10^{-6}$ m/s

Rientrano in questo i limi, le argille limose e i fanghi torbosi palustri (e5). La circolazione idrica è limitata ai soli livelli ciottolosi e al livello corticale alterato che può assumere una modesta permeabilità capace di favorire una circolazione idrica sub-superficiale.

Complesso idrogeologico argilloso-marnoso (CAM): Terreni coesivi mediamente permeabili. Coefficiente di permeabilità: $K < 10^{-6} / 10^{-4}$ m/s.

Rientrano in questo complesso le argille e le marne argillose della Argille di Fangario (AFA). La circolazione idrica è limitata ai livelli marnosi alterati e/o fratturati e al livello corticale alterato che può assumere una modesta permeabilità capace di favorire una circolazione idrica sub-superficiale. Costituiscono la soglia di permeabilità più diffusa degli acquiferi esistenti.

Complesso idrogeologico vulcano-clastico (CVC): Terreni detritici a cementazione variabile mediamente permeabili. Coefficiente di permeabilità: $10^{-4} < K > 10^{-3}$ m/s.

La circolazione idrica è limitata ai livelli superficiali alterati e/o fratturati e varia in base al grado di cementazione e alla porosità. Rientrano in questo complesso la facies piroclastica-epiclastica (GST_a) delle Marne di Gesturi. Possono ospitare falde freatiche localizzate.

Complesso idrogeologico alluvionale-detritico (CAD): terreni a medio-bassa permeabilità per porosità. Coefficiente di permeabilità: $10^{-4} < K > 10^{-2}$ m/s.

Trattasi dei livelli di alluvioni recenti e terrazze fini (limi argillosi frammisti a sabbia e, talvolta, con presenza di ghiaia e/o ciottoli): terreni a permeabilità media per porosità, tendente a diminuire in corrispondenza della frazione limosa. Coefficiente di permeabilità: $10^{-4} < K > 10^{-6}$ m/s.

Il complesso è sede di modesti acquiferi con geometria dell'acquifero variabile sia in senso orizzontale che verticale. Spesso si tratta di modeste idrostrutture sovrapposte ed isolate lateralmente, localizzate nei livelli sabbiosi. Ne consegue un livello piezometrico non uniforme ed una oscillazione eterogenea.

Il tracciato stradale interferisce esclusivamente con tale acquifero.

L'analisi effettuata sulla scorta dei rilievi idrogeologici ha escluso un'interferenza rilevante con gli interventi in progetto; questi sono infatti caratterizzati in maggior parte dalla realizzazione di rilevati i cui scavi di bonifica non superano la profondità di 1,50 m dal p.c. , generalmente non interferendo con i livelli freatici della falda permeante le alluvioni. Le uniche opere che potranno interferire con la circolazione idrica sotterranea saranno le pile dei viadotti. Tale interferenza può considerarsi trascurabile e limitata solo alla fase realizzativa per l'esecuzione delle fondazioni profonde delle pile.

Complesso idrogeologico marnoso-arenaceo (CMA): terreni da coesivi a detritici con cementazione variabile, mediamente permeabili per porosità. Coefficiente di permeabilità: $10^{-4} < K > 10^{-3}$ m/s.

Trattasi di marne arenacee e siltitiche con intercalazioni di arenarie e calcari delle Marne di Gesturi (GST). La circolazione idrica è concentrata nei livelli arenacei poco cementati e nei livelli marnosi alterati e/o fratturati.

Il complesso è sede di modesti acquiferi sostenuti alla base dai livelli marnosi profondi non fratturati; la geometria dell'acquifero è variabile sia in senso orizzontale che verticale: ne consegue un livello piezometrico non uniforme ed una oscillazione eterogenea. L'analisi

effettuata sulla scorta dei rilievi idrogeologici ha escluso un'interferenza con gli interventi in progetto; solo pochi tratti del tracciato sono caratterizzati da scavi in trincea ed interessano i terreni del substrato delle marne della Fm. Marne di Gesturi. In tali tratti i sondaggi eseguiti hanno escluso la presenza di falda acquifera alle profondità interessate dagli scavi stessi.

Complesso idrogeologico arenaceo-marnoso (CAnM): terreni detritici a cementazione variabile permeabili per porosità. Coefficiente di permeabilità: $10^{-3} < K > 10^{-2}$ m/s.

Trattasi di arenarie, arenarie marnose e/o siltose, calcareniti giallastre, sabbie, lenti di conglomerati appartenenti alle Arenarie di Pirri (ADP). La circolazione idrica è concentrata nei livelli arenacei poco cementati e nei livelli calcarenitici.

Il complesso è sede di modesti acquiferi sostenuti alla base dalle argille e marne argillose delle Argille di Fangario (AFA) o dai livelli marnosi profondi e non fratturati delle Marne di Gesturi (GST); la geometria dell'acquifero è variabile sia in senso orizzontale che verticale: Ne consegue un livello piezometrico non uniforme ed una oscillazione eterogenea.

6.1 Sintesi dei risultati dei rilievi idrogeologici

I risultati dei rilievi idrogeologici e del monitoraggio dei piezometri installati sono stati sintetizzati nelle carte idrogeologiche (CA352_P T00GE00GEOCI0 1A-2°-3°) ed hanno permesso di ricostruire, tramite le isofreatiche i livelli della falda acquifera permeante gli acquiferi individuati e le direzioni di flusso della falda. Al fine del tracciamento delle isofreatiche sono stati utilizzati i dati piezometrici risalenti alle campagne di indagine del 2018 e del 2019.

Dati dei piezometri dalla campagna del 2018

Nel maggio 2018, durante la campagna di indagini geognostiche eseguita dalla società Tecno In S.p.A. di Napoli, sono stati installati 4 piezometri a tubo aperto (S4-Pz, S6-Pz, S7-Pz, S8-Pz). L'ubicazione degli stessi in riferimento al tracciato stradale è mostrata nella figura sottostante,



I risultati ottenuti delle misure piezometriche sono riportati nella tabella seguente.

PIEZOMETRO	PROF. (M DA P.C.)	LIVELLO PIEZOMETRICO (m DA P.C.)	LIVELLO PIEZOMETRICO (m.s.l.m.)
S4_Pz	30	3.27	40.17
S6_Pz	25	4.67	42.25
S7_Pz	20	7.34	47.28
S8_Pz	20	2.30	51.85

Dati dei piezometri dalla campagna del 2019

Nel Dicembre 2018, durante la campagna di indagini geognostiche eseguita dalla società Tecno In S.p.A. di Napoli, sono stati installati 4 piezometri a tubo aperto (S01D-Pz, S05D-Pz, S09D-Pz, S11D-PZ). L'ubicazione degli stessi in riferimento al tracciato stradale è mostrata nella figura sottostante.



I risultati ottenuti delle misure piezometriche sono riportati nella tabella seguente.

PIEZOMETRO	PROF. (m da p.c.)	LIVELLO PIEZOMETRICO (m da p.c.)	LIVELLO PIEZOMETRICO (m da p.c.)
S01D-PZ	20	2,50	45,01
S05D-PZ	16	2,80	50,38
S09D-PZ	15	2,22	49,00
S11D-PZ	13	6,00	43,68

Sebbene i dati siano risultati disomogenei, sia per i diversi periodi di rilievo della falda, sia per la peculiarità degli acquiferi alluvionali, caratterizzati da elevata variabilità della distribuzione spaziale ed in profondità della falda, legata all'estrema variabilità granulometrica dei depositi alluvionali, questi hanno permesso di individuare i principali acquiferi interessati dal tracciato stradale.

Il primo, seguendo il tracciato da Ovest verso Est, è l'acquifero permeante i depositi del complesso alluvionale di Is Foreddus –Baulanus; la falda di tipo freatico è sostenuta a letto dalle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi; le stesse, affiorando sui rilievi di Cuccuru Linu e Cuccuru Crobu, limitano lateralmente l'estensione areale della falda; il livello statico, ricostruito sulla scorta dei dati del piezometro S01D-PZ, è variabile tra 2 e 3 m dal p.c.

Il deflusso della falda è orientato verso lo Stagno di Simbirizzi.

Il secondo è l'acquifero permeante le alluvioni di fondo valle dell'impluvio compreso tra i rilievi di Cuccuro Crobu e Is Prunixedda.

La falda, di tipo freatico, è sostenuta a letto dalle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi; le stesse, affiorando sui rilievi di Cuccuru Crobu e Is Prunixedda, limitano lateralmente l'estensione areale della falda; il livello statico, ricostruito sulla scorta dei dati del piezometro S8-PZ, è variabile tra 2,0 e 2,50 m dal p.c. Il deflusso della falda è orientato verso Cuccuru Baulanu e verso lo Stagno di Simbirizzi.

Il terzo ed ultimo è l'acquifero permeante il complesso alluvionale dei depositi del Riu Foxi e del Riu Santu Sestutu.

La falda, di tipo freatico, è sostenuta a letto dalle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi; le stesse, affiorando sui rilievi Is Prunixedda e Cuccuru Ganni, limitano lateralmente l'estensione areale della falda; il livello statico, ricostruito sulla scorta dei dati dei piezometri S5-PZ, S9D-PZ è variabile tra 2 e 3 m dal p.c. I dati rilevati dai piezometri S6-PZ e S11 D-PZ, indicanti un livello piezometrico della falda attestantesi al contatto tra i depositi alluvionali ed il substrato marnoso, sono stati trascurati a favore di sicurezza. Il deflusso della falda è orientato verso lo Stagno di Simbirizzi.

6.2 Censimento punti d'acqua e sorgenti e verifica dell'eventuale interferenza con le opere in progetto

Uno degli aspetti importanti riguarda la verifica dell'eventuale interferenza del tracciato in progetto con sorgenti e pozzi a scopo idropotabile e/o irriguo. I rilievi idrogeologici hanno escluso la presenza di manifestazioni sorgentizie nell'area interessata dal tracciato; sono stati rilevati pozzi trivellati attingenti la falda acquifera permeante le alluvioni affioranti diffusamente lungo il tracciato. L'analisi effettuata sulla scorta dei rilievi idrogeologici ha escluso un'interferenza rilevante con gli interventi in progetto; questi sono infatti caratterizzati in maggior parte dalla realizzazione di rilevati i cui scavi di bonifica non superano la profondità di 1,50 m dal p.c. , generalmente non interferendo con i livelli freatici della falda permeante le alluvioni. Le uniche opere che potranno interferire con la circolazione idrica sotterranea saranno le pile dei viadotti. Tale interferenza può considerarsi trascurabile e limitata solo alla fase realizzativa per l'esecuzione delle fondazioni profonde delle pile.

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di dettagliare le osservazioni eseguite nei rilievi di superficie è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche realizzata tra Novembre e Dicembre 2019. La campagna è stata definita sia sulla scorta dei rilievi geologici preliminari, che dello studio delle indagini e degli studi precedenti effettuati. In particolare sono state analizzate le seguenti campagne geognostiche precedenti:

- Campagna geognostica relativa allo studio di fattibilità A.N.A.S. realizzata tra aprile e maggio 2018 (Tecnoln).

E' stata programmata quindi una campagna di indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche in sito e di laboratorio al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e geotecnico i terreni affioranti e del sottosuolo, insistenti su aree del tracciato precedentemente non indagate e sulle aree limitrofe a queste, al fine di costruire un modello geologico di supporto alla progettazione.

La campagna di indagine geognostica si è articolata attraverso l'esecuzione delle sotto elencate indagini:

- n. 10 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica di cui alcuni condizionati come indicato di seguito:
 - n. 4 perfori come piezometri a tubo aperto
 - n. 2 perfori condizionati con tubo down hole

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate lungo la verticale indagata le seguenti prove in sito:

- n. 29 prove penetrometriche SPT
- n. 5 prove pressiometriche

Sono stati prelevati lungo la verticale dei sondaggi i seguenti campioni avviati alla sperimentazione geotecnica presso il laboratorio geotecnico:

- n. 9 campioni indisturbati
- n. 47 campioni rimaneggiati
- n. 12 campioni litoidi

Sempre nell'ambito della campagna di indagini sono stati effettuati:

- n. 16 pozzetti esplorativi spinti alla profondità max di 2 m dal p.c.
- n. 28 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. Documentazione prove di laboratorio geotecnico)

Nella tabella riepilogativa di seguito riportata sono sintetizzati i sondaggi effettuati con indicazione della profondità raggiunta, della tipologia di installazione in foro, delle prove in sito e del prelievo di campioni (CI= campioni indisturbati, CR= campioni rimaneggiati), CL=campioni litoidi).

CA-352

Relazione Geologica

Sigla ID	profondità (m dal p.c.)	SPT	CI	CR	CL	Piezometro	Down Hole
S01D-PZ	30	2	1	6	3	X	
S02D	20	1	1	4			
S03D-DH	30	5		7			X
S04D	15	3	1	3			
S05D-PZ	30	2		8	2	X	
S07D-DH	30	5	2	3	3		
S09D-PZ	15	3		3		X	X
S10D	20	2	2	2	2		
S11D-PZ	30	3	1	5	2	X	
S12D	30	3	1	6			

- Scheda sintetica dei sondaggi -

Al termine della campagna di indagine è stata eseguita la georeferenziazione dei punti di sondaggio e di pozzetti tramite strumentazione topografica Leica.

Di seguito si riporta una tabella con indicazione delle coordinate GAUSS-BOAGA.

Sigla ID	Coordinata G.B. Est	Coordinata G.B. Nord	Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)	Quota assoluta t.t. (m s.l.m.)
S01D-PZ	1517685.124	4346729.357	47.507	47.007
S02D	1517827.669	4346735.003	54.156	53.656
S03D-DH	1518481.833	4346754.663	55.688	55.188
S04D	1519118.537	4346735.339	75.685	75.185
S05D-PZ	1519601.749	4346702.572	53.180	52.680
S06D	1520078.54	4346674.066	54.046	56.546
S07D-DH	1520810.84	4346603.542	51.220	50.720
S08	1520650.387	4346500.974	48.861	48.361
S09D-PZ	1521474.49	4346174.953	49.678	49.180
S10D	1521519.392	4346187.338	50.975	50.475
S11D-PZ	1517685.124	4346729.357	47.507	47.007
S12D	1517827.669	4346735.003	54.156	53.656

- Tabella coordinate dei sondaggi -


N.	Sigla ID	Coordinata G.B. Est	Coordinata G.B. Nord	Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)
1	Pz01	1517101.515	4346224.318	53.049
2	Pz02	1517317.331	4346489.632	42.75
3	Pz03	1517699.681	4346729.762	48.00
4	Pz04	1518052.4	4346744.202	55.654
5	Pz05	1518531.14	4346717.888	52.826
6	Pz06	1518693.692	4346769.325	57.146
7	Pz07	1519886.401	4346686.619	54.193
8	Pz08	1520014.676	4346657.821	53.608
9	Pz09	1520009.063	4346749.226	55.083
10	Pz10	1520141.649	4346532.761	51.882
11	Pz11	1520202.071	4346672.358	52.922
12	Pz12	1520345.041	4346646.16	51.731
13	Pz13	1520834.802	4346617.225	51.024
14	Pz14	1520714.297	4346529.964	48.864
15	Pz15	1521182.469	4346416.738	48.377
16	Pz16	1521538.827	4346205.531	50.914

- Scheda sintetica dei pozzetti esplorativi -

L'esecuzione delle indagini geognostiche è stata affidata alla ditta Tecnoln di Napoli. I sondaggi geognostici sono stati eseguiti in conformità alle norme del capitolato speciale d'appalto ANAS, alle Raccomandazioni AGI (1977) ed alle Modalità Tecniche ANISG (1977). I sondaggi tutti a carotaggio continuo, sono stati eseguiti a rotazione con il metodo classico con sistema ad aste e carotiere. Tale perforazione avviene tramite aste di collegamento che vengono estratte dopo ogni manovra (tratto perforato) per recuperare dal carotiere, posto alla base della colonna di aste, il materiale carotato. Il raggiungimento di profondità maggiori avviene aggiungendo in superficie aste alla batteria. Le aste impiegate hanno diametro di 76.1 mm. Per stabilizzare le pareti del foro ed evitare che frani viene inserita la tubazione di rivestimento metallico provvisorio di diametro 127 mm. Il carotiere utilizzato per i sondaggi in oggetto è stato il carotiere semplice T1, con diametro esterno 101 mm.

Le caratteristiche tecniche della sonda di perforazione utilizzata per la realizzazione dei sondaggi sono riassunte di seguito:

- testa di rotazione KNM 4.5-30 rpm
- slitta di avanzamento 3.00 m
- centralina oleodinamica
- cingoli con pattini in ferro
- organo idraulico
- freno blocca aste
- pompa a pistone
- doppia morsa

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici munite di scomparti divisori e coperchio apribile di dimensioni 5 m X 1 m, ed una volta scortecciate sono state fotografate.

Su ogni cassetta è stato indicato l'oggetto, il cantiere, la località, la profondità, la data e la sigla identificativa del sondaggio. La squadra operativa è stata composta da n°1 sondatore, n° 1 aiuto sondatore e dal geologo, il quale ha provveduto ad una prima stesura dei log stratigrafici. E' stata effettuata una georeferenziazione dei punti di indagine con produzione di apposite monografie.

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate lungo la verticale indagata n. 29 prove penetrometriche SPT.

Le prove SPT (Standard Penetration Test) sono state eseguite rispettando la normativa vigente (AGI, 1977) e le modalità esecutive del capitolato speciale d'appalto.

La prova consente di determinare la resistenza di un terreno alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo di un foro di sondaggio.

La modalità esecutiva consiste nell'infissione nel terreno alla base del sondaggio di un campionatore per tre tratti consecutivi, di 150 mm ciascuno, annotando il numero di colpi necessario per la penetrazione, N1, N2, N3. Per N1 = 50 colpi, e l'avanzamento dell'infissione è inferiore ai 150 mm, l'infissione viene sospesa. Per N1 < 50 colpi, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 300 mm, contando separatamente il numero di colpi necessari all'avanzamento per la penetrazione dei primi e dei secondi 150 mm (N2 e N3), sino al limite di 100 colpi (N2 + N3 < 100 colpi). Se con N2 + N3 = 100 colpi non si raggiunge l'avanzamento di 300 mm, l'infissione viene sospesa e la prova si dovrà considerare conclusa.

Le n° 29 prove sono state eseguite utilizzando il campionatore Raymond (punta aperta); i risultati sono riportati nella tabella riepilogativa seguente:

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
1	S01D-PZ	8.3	8.45	43-Rif.	R
2	S01D-PZ	12.6	12.65	Rif	R
3	S02D	2	2.45	5-9-11	20
4	S03D-DH	2.55	3	17-21-35	56
5	S03D-DH	4.8	5	5-37-Rif	R
6	S03D-DH	16.45	16.68	41-Rif	R
7	S03D-DH	21	21.2	Rif	R
8	S03D-DH	28.4	28.45	Rif	R
9	S04D	2	2.45	12-15-16	31
10	S04D	9.00	9.05	Rif	R
11	S04D	12.55	12.65	21-39-Rif	R
12	S05D-PZ	2.55	3.0	13-17-17	34
13	S05D-PZ	5.00	5.30	35-Rif	R
14	S07D-DH	2.55	3.00	6-5-5	10
15	S07D-DH	4.55	5.00	17-9-11	20
16	S07D-DH	9.55	10.00	17-19-22	41
17	S07D-DH	14.80	15.00	42-Rif	R
18	S07D-DH	18.90	19.00	Rif	R
19	S09D-PZ	2.55	3.00	12-11-10	21
20	S09D-PZ	5.55	6.00	31-35-41	76
21	S09D-PZ	10.80	11.00	29-Rif	R
22	S10D	2.00	2.45	3-5-6	11
23	S10D	6.00	6.05	Rif	R
24	S11D-PZ	4.55	5.00	5-7-7	14
25	S11D-PZ	6.70	7.00	25-46-Rif	R
26	S11D-PZ	9.85	9.95	Rif	R
27	S12D	2.00	2.45	3-5-5	10
28	S12D	6.50	6.70	31-Rif	R
29	S12D	8.80	9.00	39-Rif	R

- Prove SPT eseguite con relativo n° di colpi -

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state effettuate n. 5 prove pressiometriche, per la cui realizzazione ed è stata utilizzata un sonda tricellulare del tipo Ménard-Apageo.

Le prove sono state eseguite secondo le specifiche di Ménard del 1965 e, per quanto non compreso, secondo le seguenti normative e raccomandazioni:

- Norme ASTM D.4719-87 Standard Test Methods for Pressuremeter Testing in Soils (1994)
- Le Pressiomètre Ménard. Notice general D.60 (edition 07/77) - Céntré d'Etudes Géotechniques Louis Ménard.
- Méthode d'essai LPC n.15-10 (1988). Essai pressiométrique normal. Norme Française NF
- 94-110 "Essai pressiométrique Ménard". Indagini

Sono state effettuate inoltre le seguenti indagini geofisiche:

- n.4 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n.2 indagini sismiche in foro down-hole;

Di seguito si riportano le coordinate relative all'ubicazione delle prospezioni sismiche rispettivamente a rifrazione tomografica e delle prove down hole

Codice indagine	Lunghezza base sismica (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA			
		Coordinata inizio profilo - EST	Coordinata inizio profilo - NORD	Coordinata fine profilo - EST	Coordinata fine profilo - NORD
BS1_D	100	1517623,291	4346709,829	1517722,876	4346709,963
BS2_D	78	1520073,011	4346677,952	1520115,442	4346612,226
BS3_D	78	1520817,156	4346599,490	1520754,961	4346555,239
BS4_D	78	1521449,287	4346182,387	1521522,469	4346199,649

- Ubicazione caposaldi profili a rifrazione tomografica -

Codice indagine	Profondità dal p.c. (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA con quota dal Piano Campagna		
		Coordinata EST	Coordinata NORD	Quota (m s.l.m. m.)
S03D-DH	30,00	1518481,833	4346754,663	55,688
S07D-DH	30,00	1520078,540	4346674,066	54,046

Ubicazione sondaggi testati con prova down hole

Per i dettagli tecnici si rimanda ai documenti "Indagini Geognostiche" (Cod- 230-19_geognostica) , "Prove geotecniche di laboratorio – (Cod- 1230-19_prove di laboratorio) e " Indagini Geofisiche" (Cod- 230-19_geofisica) redatti dalla TecnIn s.r.l..

7.1 Analisi dei risultati delle indagini geognostiche

L'analisi delle indagini effettuate permette di individuare le sotto elencate unità litologiche, ascrivibili a due macro gruppi:

- le unità litologiche della coltre di copertura
- le unità litologiche del substrato

Unità litologiche della coltre di copertura

Terreno agrario

Il terreno agrario o vegetale è litologicamente costituito da argilla limosa sabbiosa di colore marrone giallastro, talora con elementi lapidei di varia natura a spigoli sub-arrotondati del d_{max} 6 cm. Localmente si rinvencono materiali di riporto di varia natura e granulometria.

Lo spessore rilevato con le indagini effettuate varia tra 20 cm e 80 cm, con spessore medio di circa 50 cm. Nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo **TV**.

Coltre colluviale-eluviale

La coltre colluviale è stata rilevata lungo i versanti dei rilievi collinari attraversati dal tracciato ed nelle aree di raccordo tra i versanti e la piana alluvionale. Tale unità è stata rilevata dai sondaggi S1-DH, S2, S4-PZ, S1D-PZ, S2D per spessori compresi tra 1,4 m e 3,6 m.

Litologicamente è costituita da detrito eterometrico di natura arenaceo-marnosa, con elementi lapidei di forma appiattita, a spigoli da vivi a parzialmente arrotondati, in matrice costituita da sabbia limosa, limo sabbioso e limo argilloso sabbioso, di colore variabile dal grigiastro al nocciola, talora. La frazione sabbiosa ha grado di addensamento variabile, quella limoso-argillosa è mediamente consistente. Sono presenti striature di colore giallo-verdastro.

In cartografia geologica tali terreni sono stati ascritti all'unità geologica **b2**. Nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo **DT**.

Depositi alluvionali olocenici

Sono stati rilevati dalle indagini geognostiche nella parte iniziale del tracciato e sino alla Progr. km 2+000 circa, al di sotto del terreno

agrario/vegetale o della coltre colluviale e più avanti in corrispondenza dei principali corso d'acqua. Litologicamente sono costituite da sabbie variamente argillose con limo o limose e argille con limo o limose variamente sabbiose, di colore variabile dal marrone al giallastro, mediamente consistenti. La struttura è generalmente assente.

Lo spessore varia tra 2,0 m (sondaggio S8-PZ) e 6 m (S1D-PZ).

In cartografia geologica tali terreni sono stati ascritti all'unità geologica **bb**. Nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo **ALF**.

Intercalati a tale unità litologica estesamente affiorante lungo il tracciato, sono state rilevate lenti di alluvioni a grana grossa lungo le verticali dei sondaggi S3D-DH (0,5-3,0 m), S12D (1,2-2,8 m) e S1D-PZ (9,5-14,0 m).

Litologicamente sono costituite da ghiaie con sabbia e sabbia con ghiaia in matrice limosa argillosa di colore marrone, con elementi lapidei di varia natura, di forma prevalentemente tondeggiante, a spigoli sub-arrotondati. In cartografia geologica tali terreni sono stati ascritti all'unità geologica **bb**. Nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo **ALG**.

Depositi alluvionali terrazzati olocenici

Sono stati terebrati dalle indagini geognostiche con continuità a partire all'incirca dal km 2+700, al di sotto del terreno agrario/vegetale o della coltre colluviale e più avanti in corrispondenza dei principali corso d'acqua. Litologicamente sono costituite da ghiaie in matrice sabbiosa (indicate in cartografia geologica con la sigla **bn**) e sabbie con ghiaie, con limo o limose e variamente argillose (indicate in cartografia geologica con la sigla **bnb**), di colore variabile dal marrone al giallastro, mediamente consistenti. La struttura è generalmente assente. Sono stati terebrati dai sondaggi S3-DH, S4-D, S6-PZ, S7-PZ, S7-DH, S9-PZ, S11-PZ. Lo spessore varia tra 1,20 m (sondaggio S8-PZ) e 5,10 m (S11D-PZ). Nel profilo geotecnico tale unità è stata indicata con il simbolo **ALT**.

Depositi alluvionali terrazzati pleistocenici

Sono stati terebrati dal sondaggio S4D ad Est di Cuccuru Crobu (Progr.2+400). Litologicamente sono costituiti da ghiaie in matrice sabbiosa di colore variabile dal marrone al giallastro, mediamente addensate. La struttura è generalmente assente. Lo spessore è risultato di 4,60 m. In cartografia geologica tali terreni sono stati ascritti all'unità geologica **PVM2a**. Nel profilo geotecnico tale unità per la granulometria simile a quella dei depositi terrazzati olocenici è stata indicata con il simbolo **ALT**.

Unità litologiche del substrato

Marne di Gesturi

Le Marne della Form. Marne di Gesturi del Burdigaliano sup. Langhiano medio, costituiscono i terreni di substrato lungo l'intero tracciato. Sono presenti lungo tutte le verticali di sondaggio sia in affioramento, sia al di sotto dei depositi alluvionali.

La massima profondità a partire dalla quale sono state rinvenute è di 15 m (foro S1DPZ).

Litologicamente il substrato è costituito da marne di consistenza elevate talvolta lapidea, di colore prevalentemente grigio, con struttura laminare, molto fratturata, talora massiva o priva di struttura. Può presentarsi come marna calcarea grigia con livelli laminari orizzontali, giunti di strato, poca coesione, ovvero come argilla marnosa con limo verdastra, inglobante concrezioni carbonatiche arrotondate.

Si nota talora la presenza di sabbia limosa di colore grigio azzurro e/o di arenaria dura di colore grigio celeste in livelli di spessore massimo pari a circa 2 m. Si possono anche rinvenire frammenti di conchiglie e livelli di calcare compatto brecciato di colore verde giallastro. La reazione al contatto con acido cloridrico è in genere forte. In cartografia geologica tali terreni sono stati ascritti all'unità geologica **GST**. Nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo **M**.

Talora a causa di difficoltà di campionamento legate alla presenza di livelli molto consistenti o duri o fittamente laminati, le marne di substrato sono stati carotate come limo con sabbia molto

consistente di colore variabile da senape a nocciola, ovvero sabbia limosa ghiaiosa, in altri casi come ghiaia in matrice marnosa argillosa poco consistente di colore grigio, probabilmente in corrispondenza di livelli molto consistenti o duri ofittamente laminati. Per lo stesso motivo talora sono stati carotati in scaglie e lamine con livelli di ghiaia in matrice marnosa argillosa poco consistente.

A tetto le marne sono alterate per spessori variabili da 1-2 m (sondaggi S5D-PZ, S8-PZ) fino ad oltre 10 m (foro S3-DH), assumendo colore grigio-avana o nocciola. Nel profilo geologico lo strato di alterazione del substrato non è stato indicato per le analoghe caratteristiche litologiche che mostra con il substrato inalterato, mentre nel profilo geotecnico la stessa unità è stata indicata con il simbolo Ma.

7.2 Campagna indagini geognostica -ambientale

Le caratteristiche dei terreni e delle rocce interessate dal tracciato in progetto sono state investigate , al fine della ricostruzione delle caratteristiche geotecniche ed ambientali, con due campagne di indagini svolte tra aprile e maggio 2018 per il Progetto di fattibilità tecnico economica (PFTE) e successivamente, nel novembre 2019, nell'ambito della progettazione definitiva.

Entrambe le campagne di indagini sono state condotte dalla società TECNO IN S.p.A. di Napoli, nel rispetto delle disposizioni, delle specifiche tecniche e del capitolato d'appalto ANAS, nonché delle raccomandazioni AGI (1977). Per le prove di laboratorio si è fatto riferimento alla normativa ASTM.

Nella campagna del 2018 le indagini hanno interessato le tre alternative di tracciato proposte nel PFTE. Sono stati aperti 9 pozzetti esplorativi spinti fino ad una profondità di 2 m (v. tabella seguente). All'interno degli scavi sono stati prelevati campioni per la classificazione stradale delle terre e per la caratterizzazione ambientale e sono state eseguite prove di carico su piastra.

Alternativa di progetto	Sigla	Profondità (m)	Campione stradale	Prova di carico su piastra	Campione ambientale
1 - 2 - 3	Pz1	2	X	X	X
1 - 2 - 3	Pz2	2	X	X	
2	Pz3	2	X	X	X
1	Pz4	2	X	X	
1	Pz5	2	X	X	X
1	Pz6	2	X	X	
1 - 2	Pz7	2	X	X	X
1 - 2 - 3	Pz8	2	X	X	
1 - 2 - 3	Pz9	2	X	X	X

Sigla campione	Sigla di laboratorio	Profondità di prelievo (m)		Peso specifico dei grani	Distribuzione granulometrica (%)					Limiti di Atterberg (%)			Classificazione stradale
		da	a		Argilla	Limo	Sabbia	Ghiaia	Ciottoli	WL	WP	IP	
PZ1-CR1	T.535-18	0,30	0,50	2,56	27	40	29	4	0	55,5	38,24	17,26	A7-5
PZ1-CR2	T.536-18	1,50	2,00	2,61	43	40	17	0	0	78,2	39,71	38,49	A7-5
PZ2-CR1	T.537-18	0,30	0,50	2,52	18	44	37	1	0	45,5	32,85	12,65	A7-5
PZ2-CR2	T.538-18	1,00	1,50	2,62	27	55	18	0	0	61,1	31,24	29,86	A7-5
PZ3-CR1	T.539-18	0,30	0,50	2,7	5	39	49	7	0	n.d.	n.d.	n.d.	A4
PZ3-CR2	T.540-18	0,60	1,00	2,51	36	37	15	12	0	63,5	31,38	32,12	A7-5
PZ4-CR1	T.541-18	0,30	0,50	2,65	26	37	30	7	0	46,2	34,9	11,3	A7-5
PZ4-CR2	T.542-18	1,00	1,50	2,59	30	31	26	13	0	65,75	38,74	27,01	A7-5
PZ5-CR1	T.543-18	0,30	0,50	2,65	28	28	41	3	0	35,1	30,99	4,11	A4
PZ5-CR2	T.544-18	0,50	1,00	2,49	30	38,37	23,63	8	0	64,6	30,81	33,79	A7-5
PZ6-CR1	T.545-18	0,30	0,50	2,59	21	25,5	34,5	19	0	36	33,74	2,26	A4
PZ7-CR1	T.546-18	0,30	0,50	2,56	5,5	16,5	22	56	0	n.d.	n.d.	n.d.	A1-b
PZ7-CR2	T.547-18	1,50	2,00	2,52	16	30	51	3	0	39,2	32,14	7,06	A4
PZ8-CR1	T.548-18	0,30	0,50	2,59	9	20	56	15	0	n.d.	n.d.	n.d.	A2-4
PZ8-CR2	T.549-18	0,90	1,40	2,56	20	25,7	44,3	10	0	32,8	26,35	6,45	A4
PZ9-CR1	T.550-18	0,30	0,50	2,67	27	32	35	6	0	44,4	33,43	10,97	A7-5
PZ9-CR2	T.551-18	0,70	1,20	2,5	28	57	15	0	0	69,75	33,99	35,76	A7-5

Pozzetti PFTE (2018).

Nella campagna d'indagine del 2019 sono stati effettuati n. 16 pozzetti esplorativi spinti alla profondità max di 2 m dal p.c. e n. 28 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. Documentazione prove di laboratorio geotecnico).

Nella tabella riepilogativa di seguito riportata sono sintetizzati i pozzetti effettuati.

N.	Sigla ID	Coordinata G.B. Est	Coordinata G.B. Nord	Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)
1	Pz01	1517101.515	4346224.318	53.049
2	Pz02	1517317.331	4346489.632	42.75
3	Pz03	1517699.681	4346729.762	48.00
4	Pz04	1518052.4	4346744.202	55.654
5	Pz05	1518531.14	4346717.888	52.826
6	Pz06	1518693.692	4346769.325	57.146
7	Pz07	1519886.401	4346686.619	54.193
8	Pz08	1520014.676	4346657.821	53.608
9	Pz09	1520009.063	4346749.226	55.083
10	Pz10	1520141.649	4346532.761	51.882
11	Pz11	1520202.071	4346672.358	52.922
12	Pz12	1520345.041	4346646.16	51.731
13	Pz13	1520834.802	4346617.225	51.024
14	Pz14	1520714.297	4346529.964	48.864
15	Pz15	1521182.469	4346416.738	48.377
16	Pz16	1521538.827	4346205.531	50.914

Scheda sintetica pozzetti PD (2019).

Le indagini effettuate hanno permesso di apprezzare le caratteristiche geotecniche ed ambientali e sono state finalizzate a valutare:

- lo spessore dei terreni da sottoporre a scotico ed a bonifica.
- le percentuali di terre e rocce da scavo recuperabili ai fini del reimpiego nelle opere progettate

CA-352

Relazione Geologica

Nelle tabelle di seguito esposte sono sintetizzati i risultati di tali indagini:

Sezioni asse principale	Progressiva asse principale	Spessore scotico [m]	Spessore bonifica [m]	Indagini di riferimento
1-46	0+000-0+900	0,2	0,5	Pz2
52-58	1+020-1+140	0,2	1,3	S1-DH, S2D
58-104	1+140-2+060	0,2	0,5	Pz4D, S3D-DH
104-143	2+060-2+840	0,2	0,5	S2
148-154	2+940-3+060	0,2	0,5	S5D-PZ
154-202	3+060-4+020	0,2	0,8	S7D-DH, Pz12D, S5-DH
202-220	4+020-4+380	0,2	0,5	S3-DH, S9D-PZ
220-251	4+380-5+000	0,2	0,8	Pz15D, Pz7, S11D-PZ
251-268	5+000-5+340	0,2	0,8	Pz8
268-298	5+340-5+930	0,2	0,5	Pz9

Spessore dei terreni da sottoporre a scotico ed a bonifica.

CA-352

Relazione Geologica

ASSE PRINCIPALE						
Prog.Iniziale	Prog.Finale	Tipologia	SONDAGGI e/o POZZETTO DI RIFERIMENTO	INDONEITA' AL RIUTILIZZO (caratterizzazione ambientale)	LITOLOGIA	GRUPPI DI APPARTENENZA (UNI 10006)
0+000	0+320	Mezza costa		IDOENO	ALF	
0+320	0+700	Rilevato	PZ1_PZ2D	IDOENO	ALF	A7-5_A7-7_A7-6
0+700	0+905,50	Rilevato	Pz2			A7-5
0+905,50	1+005,50	Viadotto VI01	S01D-PZ	IDOENO	DT+ALF+Ma+M	A2-7_A6_A7
1+005,50	1+140	Rilevato	S1-DH_S2D	IDOENO	DT	A2-7_A7
1+140	1+230	Trincea		IDOENO	Ma	A2-7_A7
1+230	1+300	Rilevato	Pz4D			A7-5_A6
1+300	1+360	Rilevato		IDOENO	ALF	
1+360	1+450	Rilevato	PZ3			A4_A7-5
1+450	1+481,29	Trincea				
1+481,29	1+556,81	Trincea		IDOENO	Ma	
1+556,81	1+680	Trincea				A2-7_A7
1+680	1+855	Rilevato	S03D-DH_Pz5D	IDOENO	ALG	A4_A7-5
1+855	1+890	Ponte PO01	S8-PZ	IDOENO	ALF+Ma+M	A2-7_A6_A7
1+890	2+080	Rilevato	Pz6D	IDOENO	ALF	A6
2+080	2+670	Trincea	S04D	IDOENO	ALT+Ma	A1_A3_A2-6_A2-7_A7
2+670	2+780	Rilevato		IDOENO	ALF	
2+780	2+876,57	Rilevato				A6_A7
2+876,57	2+911,57	Ponte PO02	S05D-PZ	IDOENO	ALF+Ma+M	A2-7_A6_A7
2+911,57	3+323,50	Rilevato		IDOENO	ALF	A6_A7
3+323,50	3+358,50	Viadotto VI02	S7-PZ_S7D-DH	IDOENO	ALF+Ma+M	A2-6_A2-7_A6
3+358,50	3+938,25	Rilevato	S04PZ_Pz12D_S5DH	IDOENO	DT	A1-a_A1-b
3+938,25	3+960,25	Ponte PO03	S10D	IDOENO	ALF+Ma+M	A2-6 e A2-7
3+960,25	5+746,65	Rilevato	S09D-PZ_S11D-PZ_S12D_S3DH	IDOENO	ALT	A1-b-A2-4
			Pz13D			A4
			Pz15D			A4
			Pz16D			A1-b_A4
			Pz7			A2-4_A4
			Pz8			
			Pz9			A7-5

Tabella sintetica per il reimpiego dei materiali di scavo: ad ogni tratto di asse principale sono stati associati i sondaggi e/o pozzetti di riferimento come segue (in rosso la campagna 2019)

8 SISMICITA' DELL'AREA

8.1 Macrosismicità dell'area

Il presente capitolo definisce il quadro macrosismico generale del territorio attraversato dall'asse stradale in progetto, nell'ottica di una complessiva macrozonazione sismica che abbia come fine ultimo la

valutazione della pericolosità sismica, tanto in termini generali quanto in termini di singola opera d'arte da realizzare.

L'area in studio è localizzata nel settore meridionale della pianura del Campidano, notoriamente conosciuto come un areale particolarmente importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NO-SE dal Golfo di Oristano al Golfo di Cagliari. Nella parte meridionale essa si sovrappone alla più vasta "fossa tettonica sarda" ("rift oligo-miocenico sardo" Auct.) che attraversa l'isola in senso longitudinale, unendo il Golfo dell'Asinara con quello di Cagliari con una larghezza di circa 40 km.

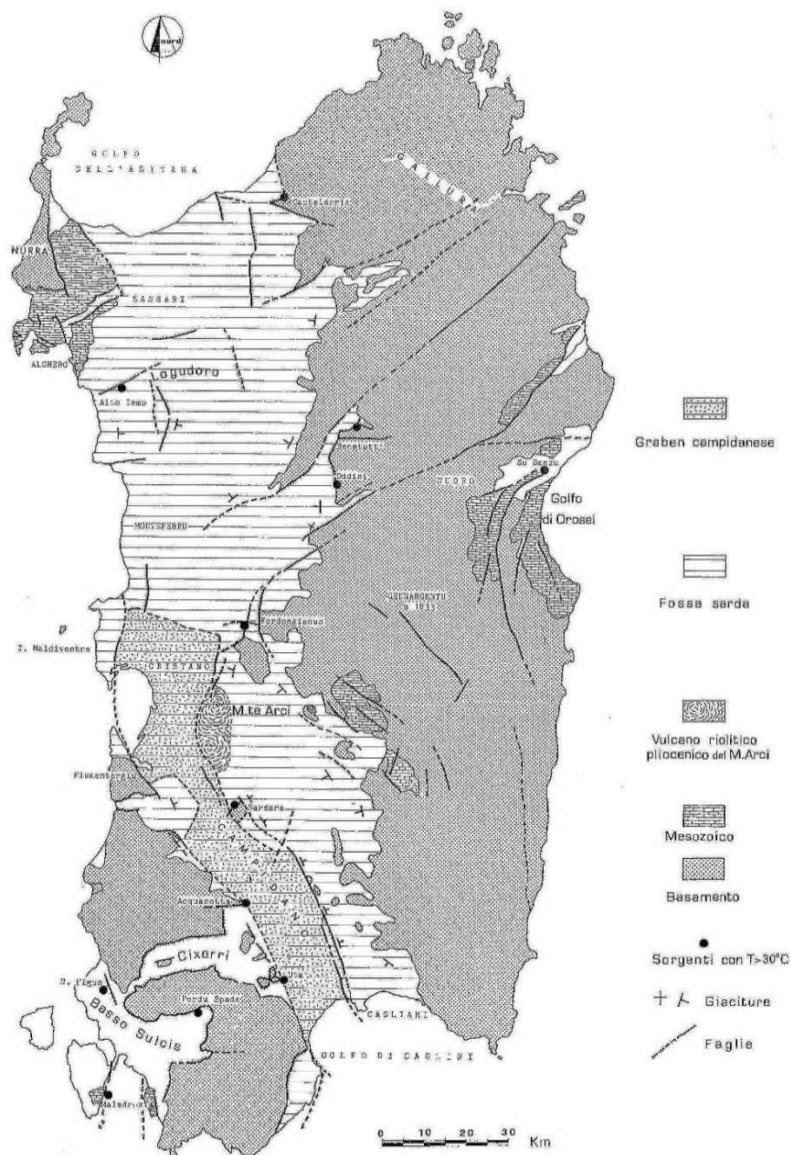
Un'intensa attività vulcanica sintettonica portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le estese coperture vulcaniche della Planargia, del Bosano, del Montiferru, quelle carotate nel Campidano e quelle presenti ad est della dorsale del Grighini.

La subsidenza all'interno della fossa fu attiva per un lungo periodo, cosicché il mare miocenico vi penetrò, come testimoniano i numerosi affioramenti di sedimenti marini miocenici nel Meilogu- Logudoro a nord e lungo i bordi della fossa campidanese a sud, nella Marmilla e nella Trexenta ad est e di Funtanazza e del Cixerri ad ovest. La "fossa sarda" rappresenta la manifestazione più evidente dell'intensità dei movimenti crostali avvenuti durante l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore e medio, tali da trasformare significativamente l'assetto geologico del Mediterraneo occidentale attraverso la traslazione e rotazione del blocco sardo-corso.

La formazione dell'ampia depressione campidanese si deve invece a un'intensa tettonica disgiuntiva verificatasi durante il tardo Terziario – soprattutto dopo il Messiniano – nell'ambito della formazione del bacino marino tirrenico, che ha provocato lo sprofondamento di un ampio settore della Sardegna meridionale mediante un complesso sistema di faglie dirette (con un rigetto complessivo valutabile tra 500 m e 1.500 m), impostate su di linee di debolezza erciniche e riattivate durante il Terziario.

Le evidenze di queste faglie, orientate prevalentemente in direzione N-S e NNO-SSE e talora dislocate da lineazioni NE-SO, sono particolarmente osservabili proprio nell'area cagliaritano e a nord di essa dove hanno dato luogo ad un complesso sistema di "horst" e "graben" minori che ne giustificano l'attuale configurazione morfologica.

Le faglie più importanti, per continuità e per l'entità del movimento crostale verticale, sono quelle che delimitano ad est e ad ovest, i bordi dell'attuale piana campidanese.



- Principali Unità strutturali della Sardegna -


Sismicità storica

La caratterizzazione della sismicità di un territorio richiede, in primo luogo, una approfondita e dettagliata valutazione della storia sismica, definita attraverso l'analisi di evidenze storiche e dati strumentali riportati nei cataloghi ufficiali.

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto è stata analizzata consultando i cataloghi più aggiornati, considerando un intervallo temporale che va dal mondo antico all'epoca attuale.

In particolare, sono stati consultati i seguenti database:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

Questo catalogo riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici che strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 o con magnitudo (M_w) ≥ 4.0 d'interesse relativi al territorio italiano.

- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

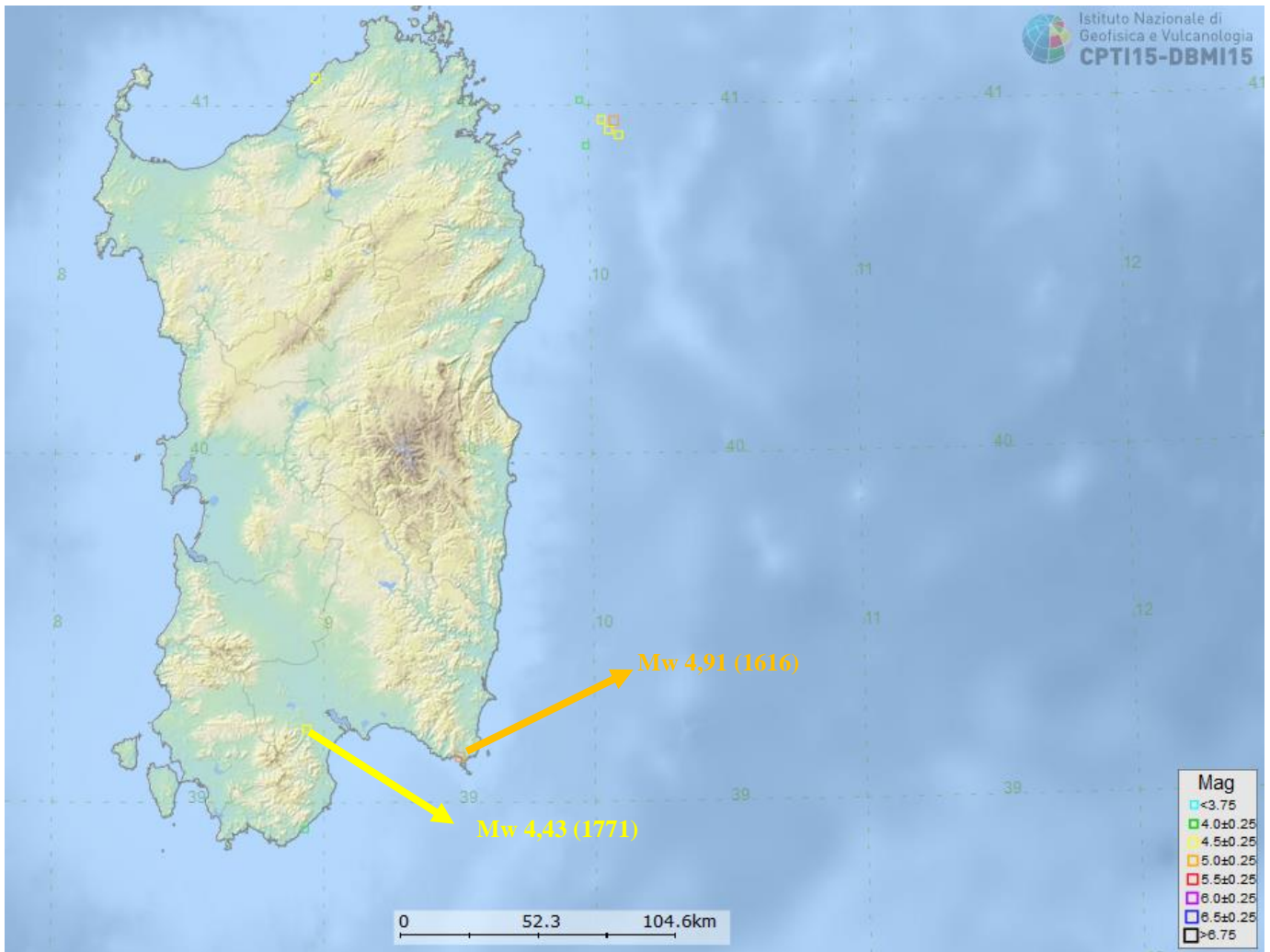
Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia).

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Nella figura sotto riportata è mostrata una mappa delle localizzazioni dei terremoti storici presenti nel catalogo CPTI15 relativi all'area di progetto, mentre in Tabella, sempre sotto, è riportata una lista di tutti gli eventi sismici catalogati della Regione Sardegna.

In generale, dalla consultazione di questo catalogo si evidenzia che l'area interessata dal progetto presenta una sismicità storica molto bassa. Il catalogo CPTI15 riporta solamente 2 eventi nell'area meridionale della Sardegna uno riferibile al 1616 con magnitudo di $4,91 \pm 0,46$ e uno riferibile al 1771 con magnitudo di $4,43 \pm 0,60$.



- Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti nell'area di progetto (fonte: catalogo CPTI15, redatti da INGV) –


CA-352

Relazione Geologica

COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot
Aggius	OT	6	2	Gavoi	NU	4	1	Osilo	SS	3	1
Aglientu	OT	3-4	1	Gergei	CA	2-3	1	Osini Nuova	OG	2	1
Aidomaggiore	OR	3-4	1	Ghilarza	OR	3	1	Ossi	SS	3-4	1
Alà dei Sardi	OT	3	3	Giave	SS	4	2	Ottana	NU	4	2
Alghero	SS	4	1	Giba	CI	2-3	1	Ovodda	NU	2-3	1
Arborea	OR	3	1	Girasole	OG	2	1	Ozieri	SS	5	1
Ardara	SS	3-4	1	Ilbono	OG	3	2	Padria	SS	2-3	1
Arzachena	OT	2-3	1	Illorai	SS	4-5	1	Padru	OT	3	2
Arzana	OG	3-4	2	Ittireddu	SS	4	2	Palau	OT	2-3	1
Asinara (Fornell)	SS	5	1	Ittiri	SS	2-3	1	Pattada	SS	4	2
Austis	NU	4	1	La Maddalena	OT	4	2	Perfugas	SS	4	1
Badesi	OT	6	1	Laerru	SS	3	1	Ploaghe	SS	4	1
Banari	SS	3-4	1	Lei	NU	4	1	Porto Torres	SS	3-4	1
Baunei	OG	3	3	Loculi	NU	3-4	3	Posada	NU	4	1
Benetutti	SS	4	2	Lodè	NU	3-4	2	Pozzomaggiore	SS	2-3	1
Berchidda	OT	3-4	2	Lodine	NU	3	1	Pula	CA	3	2
Bessude	SS	3-4	1	Lula	NU	3-4	2	Putifigari	SS	3-4	1
Bidoni	OR	3-4	1	Luogosanto	OT	3	1	Romana	SS	2	1
Birori	NU	3	1	Luras	OT	4-5	1	Ruinas	OR	3	1
Bitti	NU	4-5	3	Macomer	NU	3	1	Samugheo	OR	2-3	1
Bolotana	NU	3	1	Magomadas	OR	3	1	San Teodoro	OT	3-4	2
Bonnanaro	SS	3-4	1	Mamoiada	NU	3	3	Sanluri	VS	4	1
Bono	SS	4	1	Mandas	CA	3	2	Sant'Antonio	OT	4	1
Bonarva	SS	3-4	1	Martis	SS	4-5	1	Santa Luce	NU	4	1
Bortigali	NU	3	1	Modolo	OR	3-4	1	Santa Maria Coghinas	SS	3	1
Bortigadas	OT	5	1	Mogoro	OR	3-4	1	Santa Teresa Gallura	OT	3-4	2
Borutta	SS	3-4	1	Monastir	CA	3	1	Sassari	SS	4-5	4
Bosa	OR	4-5	1	Monserrato	CA	2-3	1	Sassano di Montiferro	OR	3	1
Buddusò	OT	3	3	Monti	OT	4-5	2	Sennori	SS	3-4	1
Budoni	OT	3-4	2	Mores	SS	5	1	Serri	CA	3	1
Bultei	SS	3	2	Muntiggiani	OT	5-6	1	Seulo	CA	3	1
Bulzi	SS	4	2	Muras	SS	4	1	Siamaggiore	OR	2-3	1
Burgos	SS	3	1	Neoneli	OR	2	1	Sindia	NU	4-5	1
Busachi	OR	3-4	1	Nughedu di San Nicola	SS	2-3	1	Siniscola	NU	3	1
Cagliari	CA	5	6	Nughedu Santa Vittoria	OR	3-4	1	Sorso	SS	3-4	1
Calangianus	OT	4	1	Nulvi	SS	4-5	1	Tadasuni	OR	4-5	1
Cargeghe	SS	4	1	Nurallao	CA	2	1	Telti	OT	4-5	1
Castelsardo	SS	4	2	Nureci	OR	3	1	Tempio Pausanias	OT	4-5	1
Cheremule	SS	5	2	Olbia	OT	4-5	1	Teti	NU	3-4	1
Chiararamonti	SS	3	1	Oliena	NU	2-3	3	Teulada	CA	5	2
Codrangianus	SS	3	1	Ollolai	NU	3-4	1	Thiesi	SS	4	1
Convento di Bonarcado	CA	4	1	Olmedo	SS	2	1	Torpè	NU	4-5	3
Cossu	SS	3	1	Olzai	NU	3-4	2	Tresnuraghes	OR	3-4	1
Dorgali	NU	3-4	2	Onani	NU	3-4	1	Tula d'Agultu e Vigonza	OT	6	1
Elini	OG	3	1	Onifai	NU	3	2	Tula	SS	3-4	1
Escalca	CA	3	1	Oniferi	NU	4-5	2	Ulà Tirsu	OR	3	1
Esparlatu	SS	3-4	1	Orani	NU	4	2	Uri	SS	3	1
Florinas	SS	3-4	2	Orasdei	NU	3-4	3	Urzulei	OG	3	3
Flussio	OR	3	1	Oratelli	NU	3	2	Viddalba	SS	6	1
Fanni	NU	3	2	Orune	NU	3-4	1	Villacidro	VS	4	1
Fardangianus	OR	3	1	Oschiri	OT	3	2	Villaurbana	OR	2	1
Galtellì	NU	5	3	Osidda	NU	3-4	3				

- Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPTI15 relativi alla Regione Sardegna

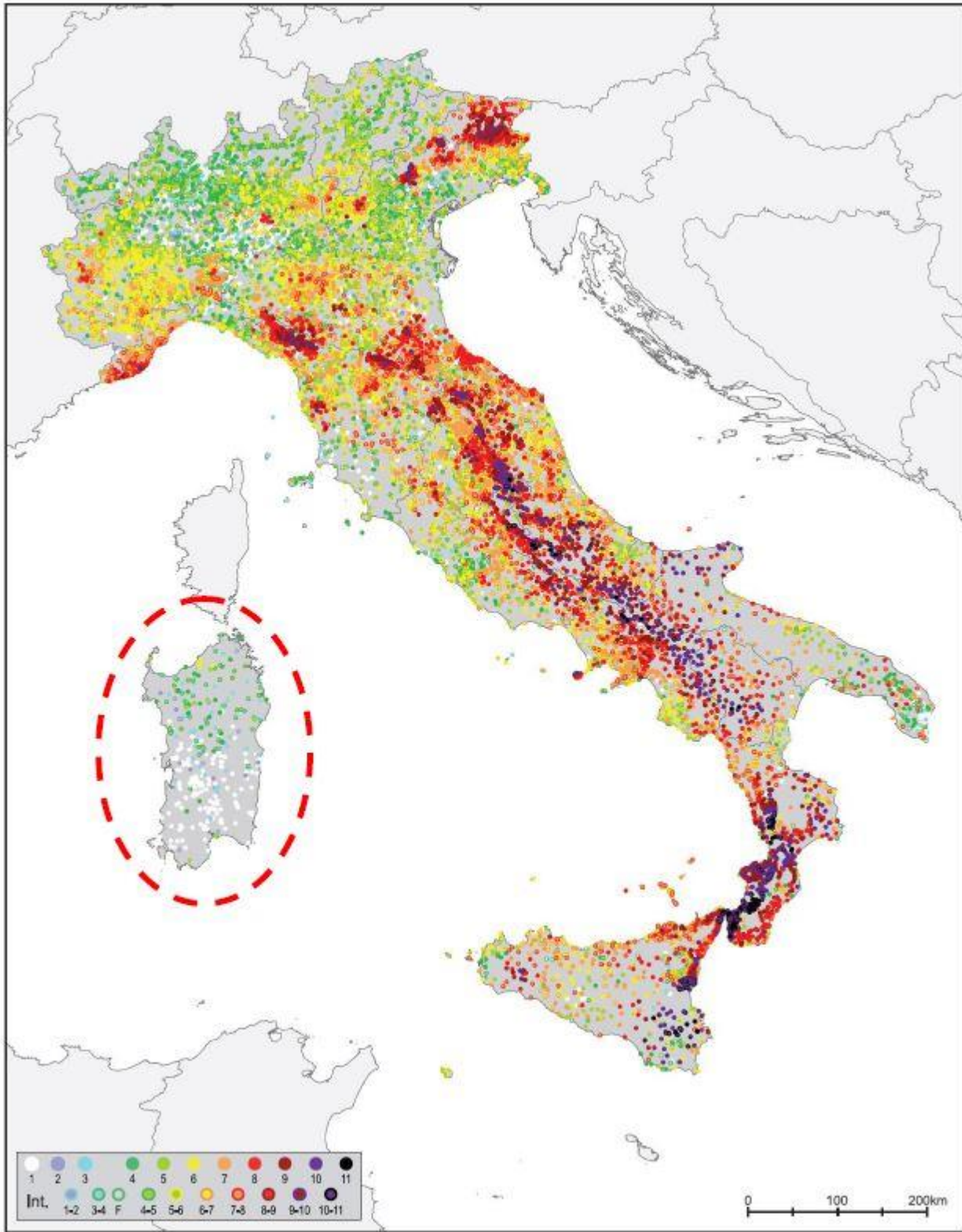
Il database DBMI15 archivia gli eventi sismici considerando i dati di intensità macrosismica. L'insieme di questi dati consente di elaborare la sismicità storica delle località italiane, ossia consente di definire un

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	


elenco degli effetti di avvertimento o di danno, espressi in termini di gradi di intensità, osservati nel corso del tempo a causa di eventi sismici.

Nella figura sottostante è mostrata la distribuzione degli eventi sismici presenti nell'intero DBMI15, in particolare si nota come nell'area di interesse (cfr. cerchio rosso) sono presenti un esiguo numero di eventi sismici nell'intervallo di definizione del catalogo.

In conclusione, la distribuzione dei terremoti storici nell'area di interesse del progetto, estratti dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15, dimostra che la zona in studio è caratterizzata da un livello di sismicità molto basso, sia dal punto di vista della frequenza di eventi, che dei valori di magnitudo.



- Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici italiani riportati nel DBMI15 (fonte:INGV)

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

8.2 Caratterizzazione sismogenetica

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

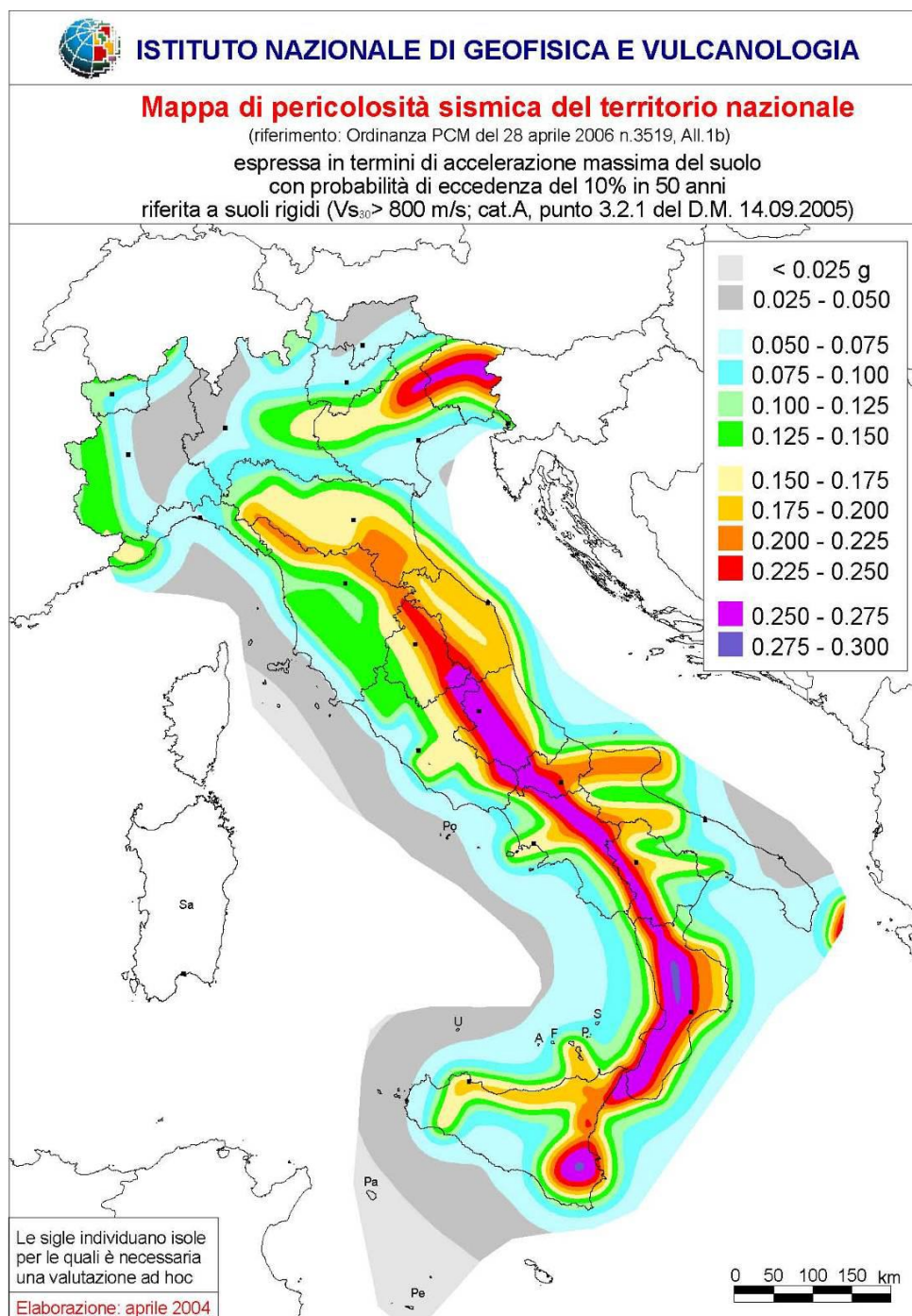
Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (*generalmente 50 anni*) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine fu pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (*Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"*), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale:

- **Zona 1** - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti;
- **Zona 2** - In questa zona possono verificarsi forti terremoti;
- **Zona 3** - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari;
- **Zona 4** - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari.

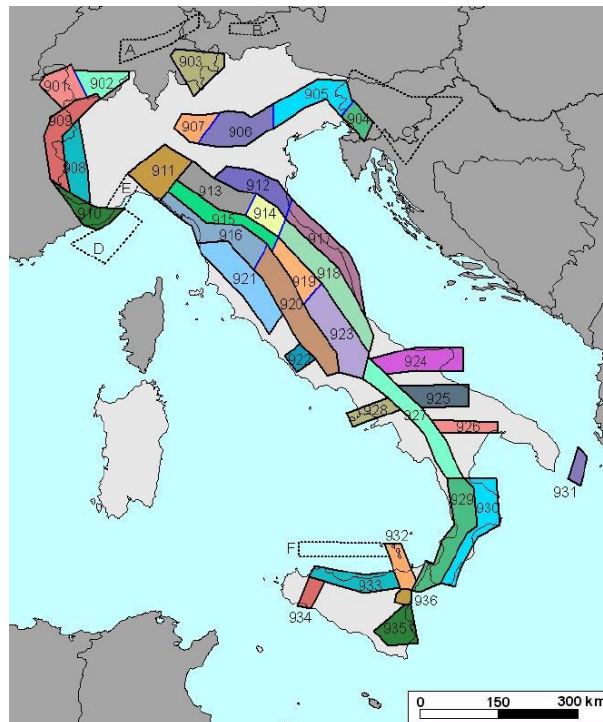
L'area interessata dal tracciato ricade nel territorio della provincia di Cagliari nei territori dei Comuni di Maracalagonis (CA) e nel territorio di Quartucciu (CA).che ricadono in zona sismica 4.



- Mapa pericolosità sismica del territorio nazionale -

La classificazione sismica sopra riportata è confermata dalla Zonazione Sismogenetica, denominata ZS9, prodotta dall' INGV (Meletti C. e Valensise G., 2004). Questa zonazione è considerata, nella recente letteratura scientifica, il lavoro più completo e aggiornato a livello nazionale.

Dall'analisi dei risultati riportati nella ZS9 si può evidenziare che la regione interessata dai tracciati in progetto non è caratterizzata da nessuna area sorgente di particolare rilievo.



- Mappa della Zonazione Sismogenetica ZS9 dell'Italia (fonte: Gruppo di lavoro INGV, 2004). – Studi più recenti per la valutazione della pericolosità sismica nazionale (Stucchi et al., 2007) hanno prodotto risultati in accordo a quelli evidenziati dalla ZS9 in merito alla difficoltà di individuare per il territorio sardo una mappa delle sorgenti sismogenetiche a causa della bassa sismicità che caratterizza la regione.

9 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica del territorio definisce la probabilità statistica che si verifichi un evento tellurico di una data magnitudo, parametrizzata dalle serie storiche e statistiche, che viene definito come **terremoto di progetto**, la cui intensità, soprattutto in termini di danni attesi (Rischio –Vulnerabilità Sismica), è condizionata da locali fattori geologici, geomorfologici ed antropici, anch'essi parametrizzati in coefficienti progettuali introdotti dalla Normativa vigente.

La pericolosità sismica di base, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni.

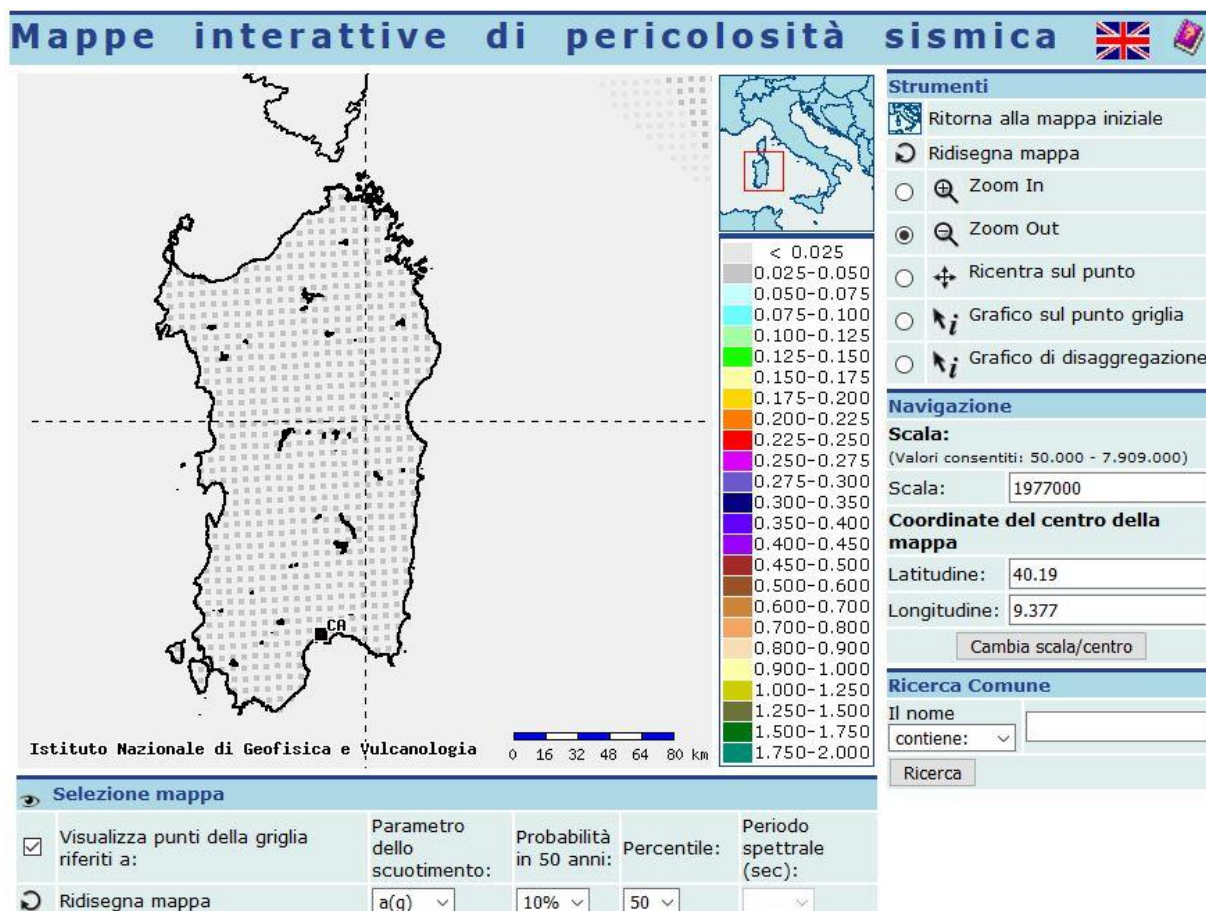
Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) D.M. 17/01/2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Il reticolo di riferimento delle NTC 2018 (rimasto invariato dalla definizione delle NTC 2008) suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 Km per 10 Km, per un totale di 10751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC 2008; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno (T_r) considerati dalla pericolosità sismica, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- **ag** accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g/10);
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **Tc*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in s).



- Mappa pericolosità sismica della Sardegna (<http://esse1.mi.ingv.it/>) –

Secondo quanto definito nell'Allegato A del D.M. 14/01/2008, la Sardegna è caratterizzata da una macrozonazione sismica omogenea, ossia presenta medesimi parametri spettrali sull'intero territorio insulare a parità di tempo di ritorno dell'azione sismica con accelerazione massima (a_{max}) con probabilità di

superamento del 10% in 50 anni pari a 0,050 g costante su tutto il territorio regionale calcolato su un suolo di riferimento di tipo **A**.

Con l'aggiornamento NTC 2018 scompaiono i riferimenti alla zonazione sismica per quanto riguarda la progettazione per azioni sismiche intraprendendo una strategia progettuale basata su livelli crescenti dell'azione sismica e dei danni corrispondenti. Questo serve anche nei casi in cui ci sia stata in precedenza una sollecitazione sismica che ha già indebolito la struttura.

Al posto della zonazione entrano in gioco quindi:

- l'indicazione dei livelli di accelerazione a_g , attesa allo SLV (stato limite di salvaguardia della vita);
- la distinzione tra progettazione in capacità (approccio concettuale con cui si persegue la duttilità) e gerarchia delle resistenze (strumento operativo impiegato per ottenerla);
- la sistematica adozione di tavole sinottiche di riepilogo dei diversi coefficienti, per facilitare i confronti sistematici tra le diverse tipologie e i diversi stati limite.

10 PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La pericolosità sismica locale valuta la modificazione dello scuotimento sismico prodotto dalle reali caratteristiche del terreno e dalla successione litostratigrafica locale, dalle condizioni morfologiche unitamente allo sviluppo di effetti cosismici quali fenomeni di liquefazione, fagliazione superficiale, instabilità dei pendii e frane indotte .

Si è proceduto quindi alla classificazione del sottosuolo secondo un approccio semplificato, che si basa sui valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio definita dal parametro $V_{S,30}$, definito al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove


dove

h_i = spessore dello strato i esimo;

$V_{S,i}$ = 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, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		 anas GRUPPO FS ITALIANE
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

La classificazione è basata sull'esito delle prove Down-Hole e delle tomografie sismiche a rifrazione, parte integrante della campagna geognostica a supporto del progetto, che vengono riportate ed elaborate di seguito.

10.1 ELABORAZIONE DATI GEOFISICI E DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Nell'ambito dei lavori di indagini geognostiche a supporto della caratterizzazione stratigrafica e della parametrizzazione geotecnica è stata eseguita una campagna di prospezioni geofisiche mirata alla conoscenza della velocità di propagazione delle onde sismiche di compressione e di taglio dei terreni interessati dall'opera in progetto.

Tali prove sono state eseguite principalmente nei siti interessati dalle opere d'arte e lungo la tratta in progetto.

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite nella campagna sismica e geognostica del 2019 (Indagini eseguite dalla TecnoIn). Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.4 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica (2019);
- n.5 indagini sismiche in foro down-hole (3 nel 2018 e 2 nel 2019);

Di seguito si riportano le coordinate relative all'ubicazione delle prospezioni sismiche rispettivamente a rifrazione tomografica e delle prove down-hole

Codice indagine	Lunghezza base sismica (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA			
		Coordinata inizio profilo - EST	Coordinata inizio profilo - NORD	Coordinata fine profilo - EST	Coordinata fine profilo - NORD
BS1_D	100	1517623,291	4346709,829	1517722,876	4346709,963
BS2_D	78	1520073,011	4346677,952	1520115,442	4346612,226
BS3_D	78	1520817,156	4346599,490	1520754,961	4346555,239
BS4_D	78	1521449,287	4346182,387	1521522,469	4346199,649

Ubicazione caposaldi profili a rifrazione tomografica

Codice indagine	Profondità dal p.c. (m)	COORDINATE GAUSS-BOAGA con quota dal Piano Campagna		
		Coordinata EST	Coordinata NORD	Quota (m s.l.m. m.)
S03D-DH	30,00	1518481,833	4346754,663	55,688
S07D-DH	30,00	1520078,540	4346674,066	54,046

Ubicazione sondaggi testati con prova down hole

I valori delle velocità delle onde sismiche sono stati elaborati con l'obiettivo di definire il parametro V_{seq} definito dall'espressione

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{H_i}{V_{S_i}}}$$

dove

h_i = spessore dello strato i esimo;

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, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

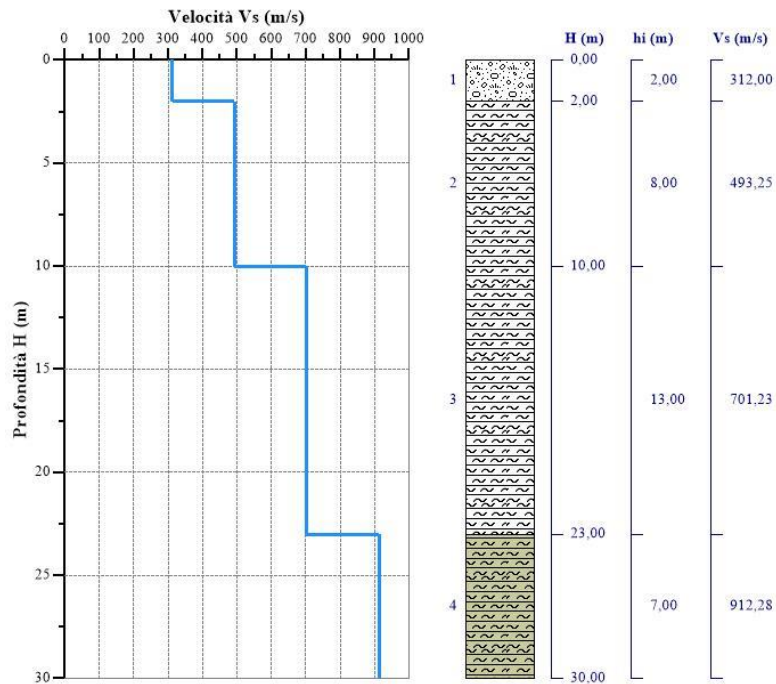
L'elaborazione è finalizzata all'individuazione della categoria del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018.

Nel caso oggetto di studio la misura diretta delle onde di taglio ha riguardato solo le principali opere d'arte.

L'analisi sismostratigrafica è stata condotta confrontando gli intervalli omogenei di velocità e la stratigrafia riscontrata nel medesimo intervallo. In seguito a tale confronto è stato possibile definire le verticali di misura DH e delle tomografie in sismostrati.

Si riportano di seguito i risultati dell'interpretazione delle prove sismiche down-hole e delle tomografie sismiche a rifrazione:

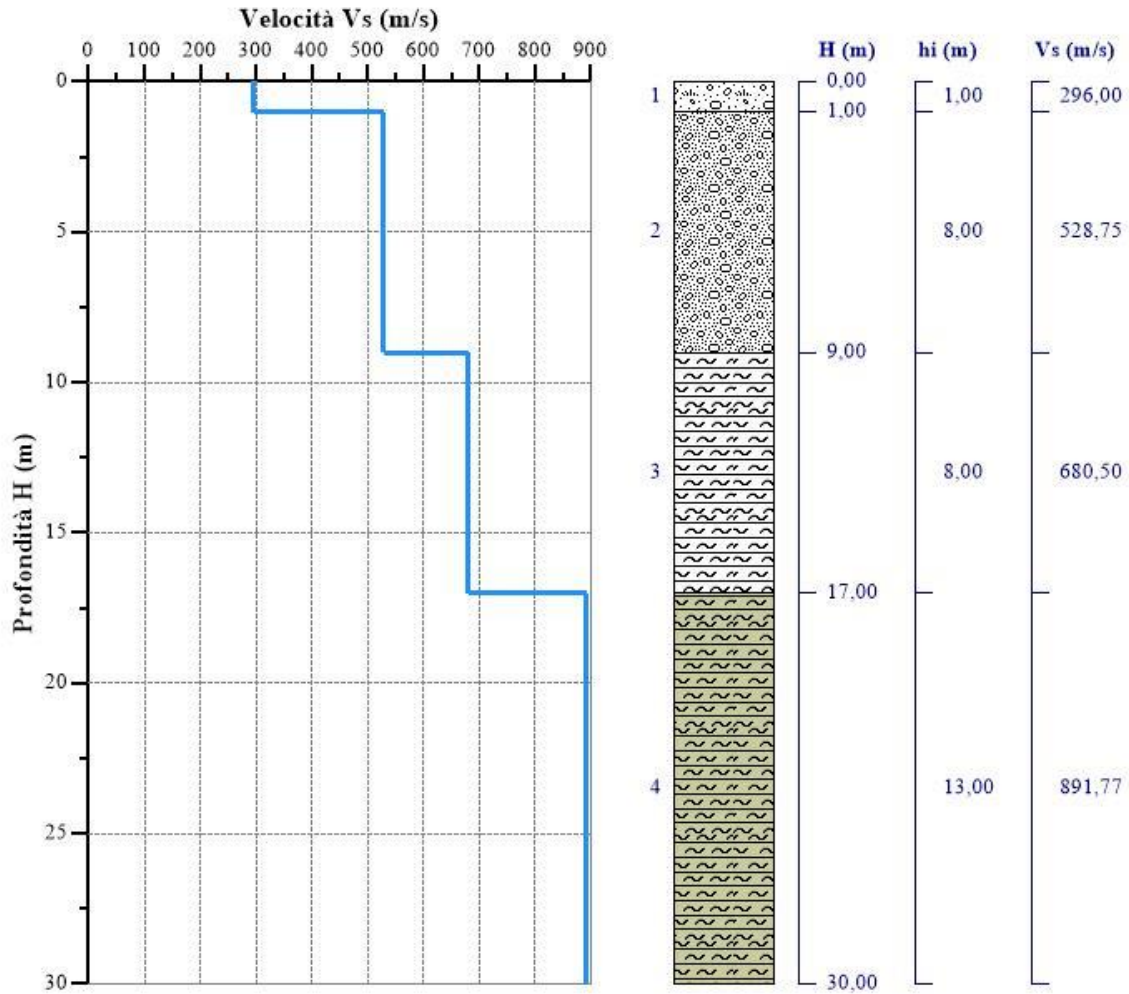
Sondaggio S1-DH (2018)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V _{s_i} (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /V _{s_i} (s)
1	2	2	312	2	2	0,006410256
2	10	8	493,25	10	8	0,016218956
3	23	13	701,23	23	13	0,018538853
4	30	7	912,28	30	7	0

V_{seq} = 558,69 m/s Cat. = B

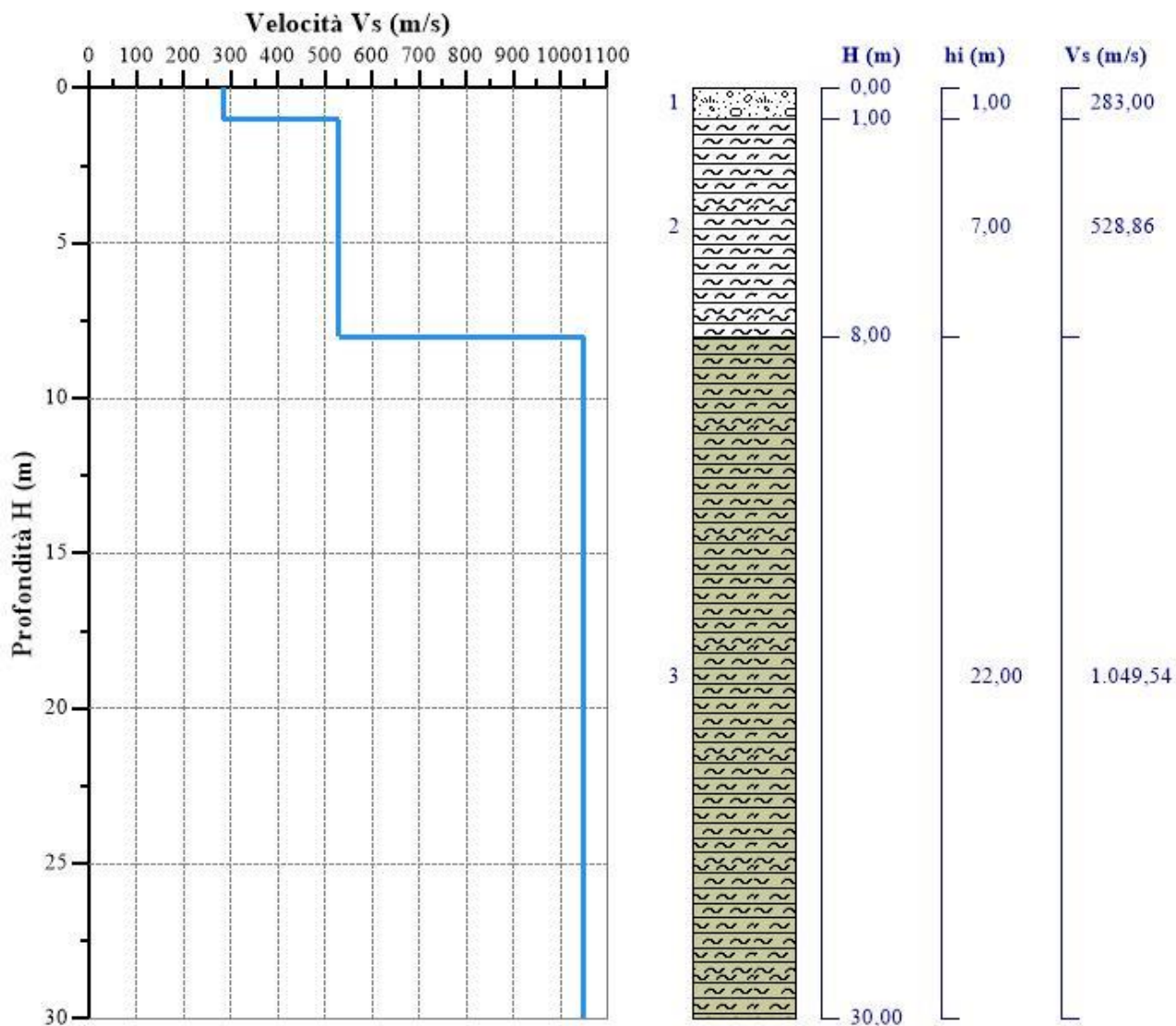
Sondaggio S3_DH (2018)



V_{Seq} = 561,71 m/s

Cat. = B

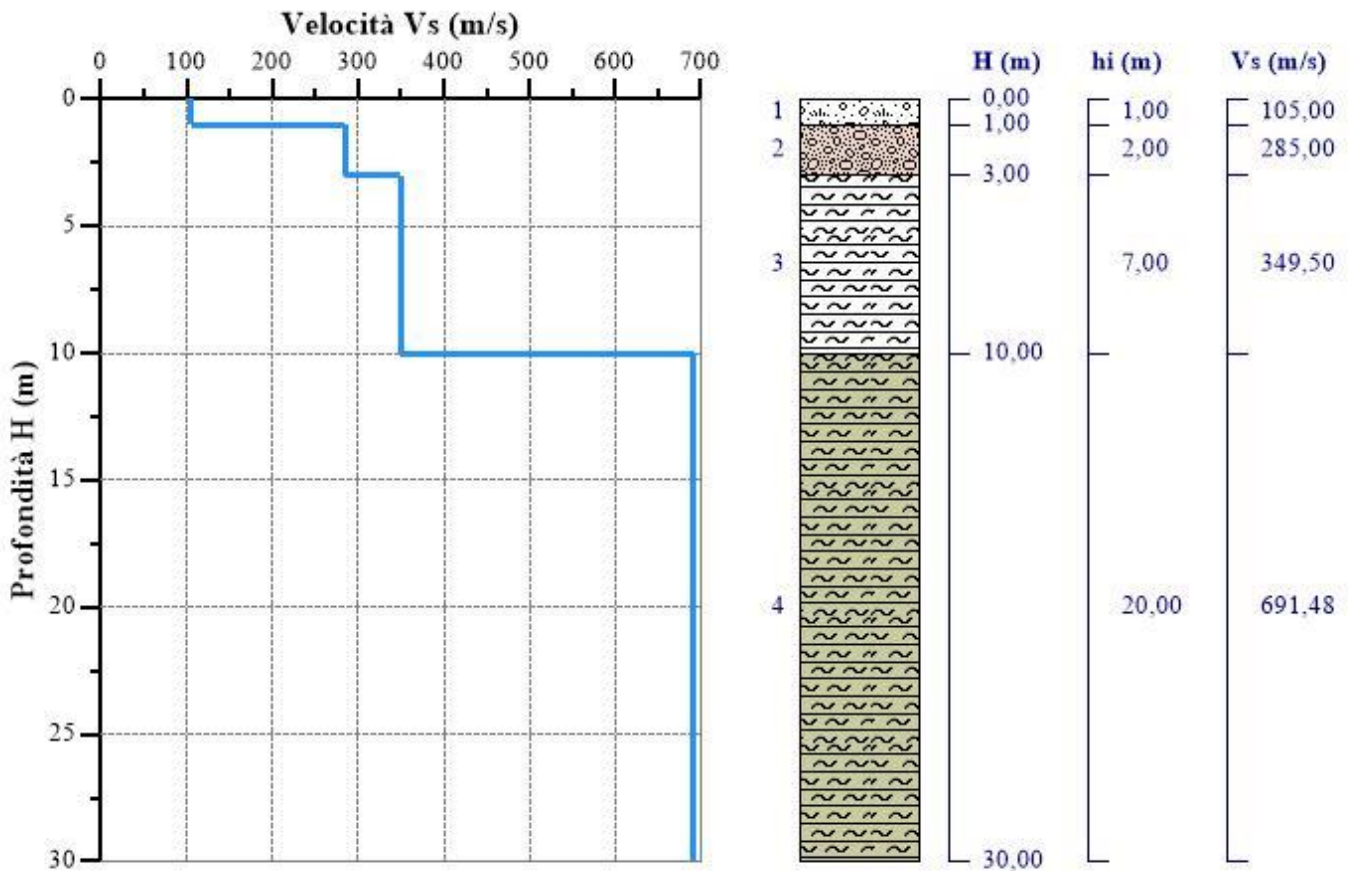
Sondaggio S5_DH (2018)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V _{s_i} (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /V _{s_i} (s)
1	1	1	283	1	1	0,003533569
2	8	7	528,86	8	7	0,013236017
3	30	22	1.049,54	30	22	0

V_{seq} = 477,05 m/s Cat. = B

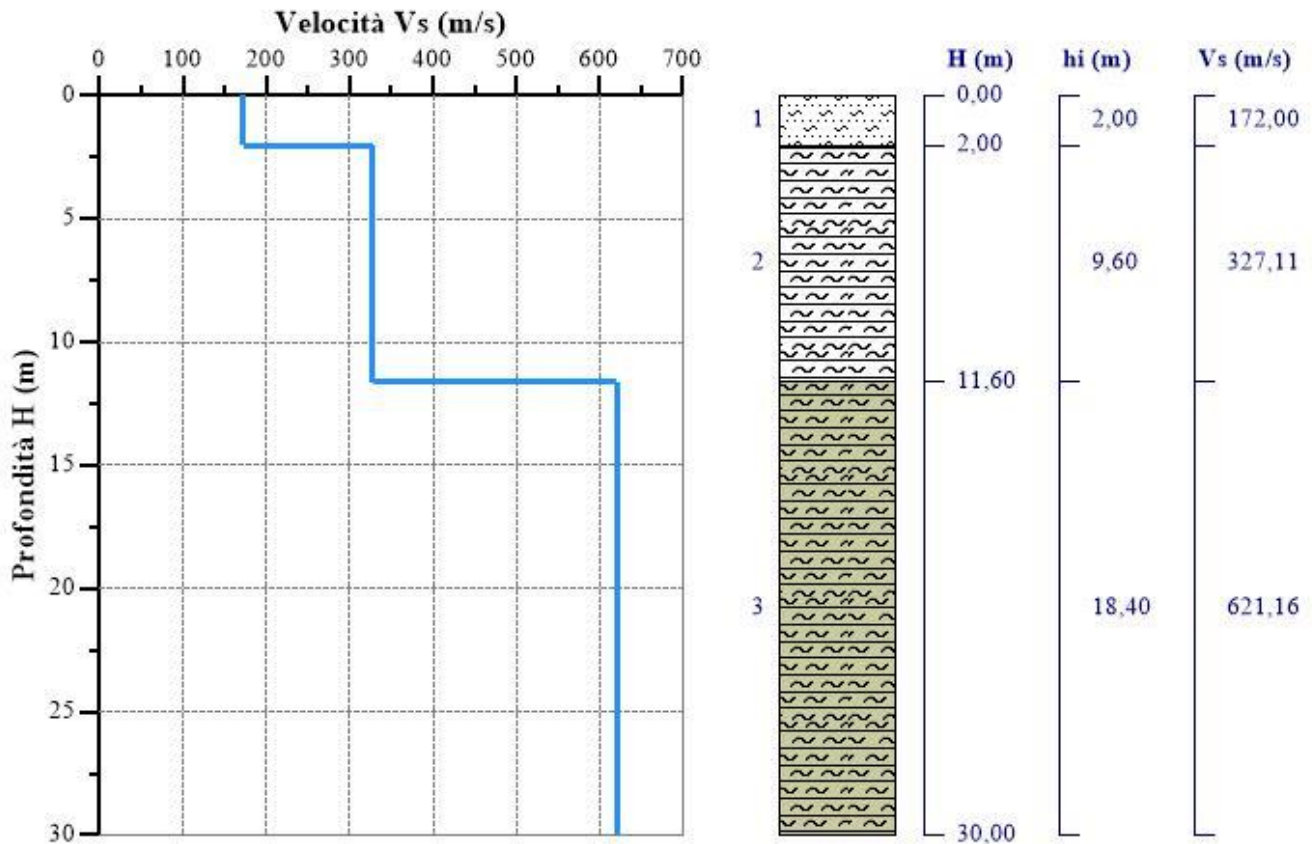
Sondaggio S03D_DH (2019)



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs _i (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /Vs _i (s)
1	1	1	105	1	1	0,00952381
2	3	2	285	3	2	0,007017544
3	10	7	349,5	10	7	0,020028612
4	30	20	691,48	30	20	0,028923469

V_{Seq} = 458,06 m/s Cat. = B

Sondaggio S07D_DH (2019)



V_{Seq} = 424.94 m/s Cat. = B

Tomografia sismica a rifrazione BS1_D (2019)

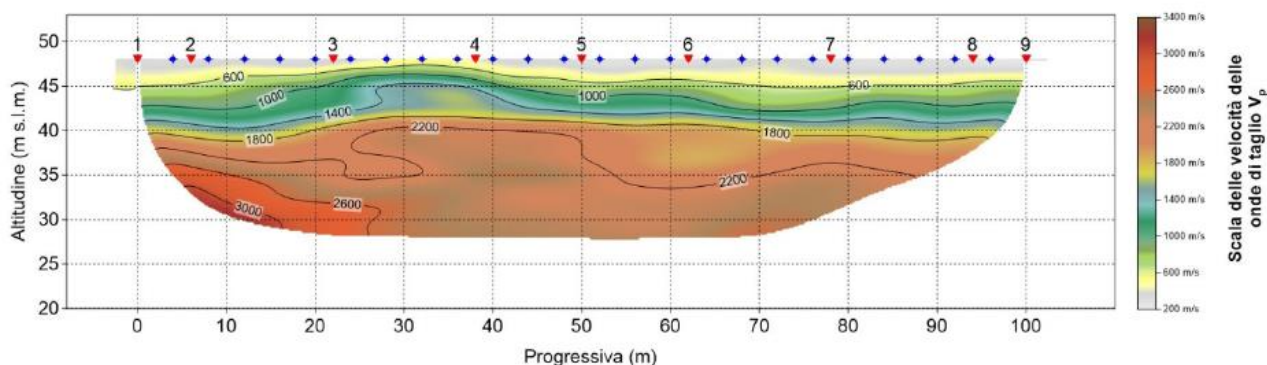
Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS1_D hanno permesso di evidenziare quattro sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 1 m, ed è costituito da terreno di riporto sabbioso ghiaioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 120 e 180 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 280 e 400 m/s.

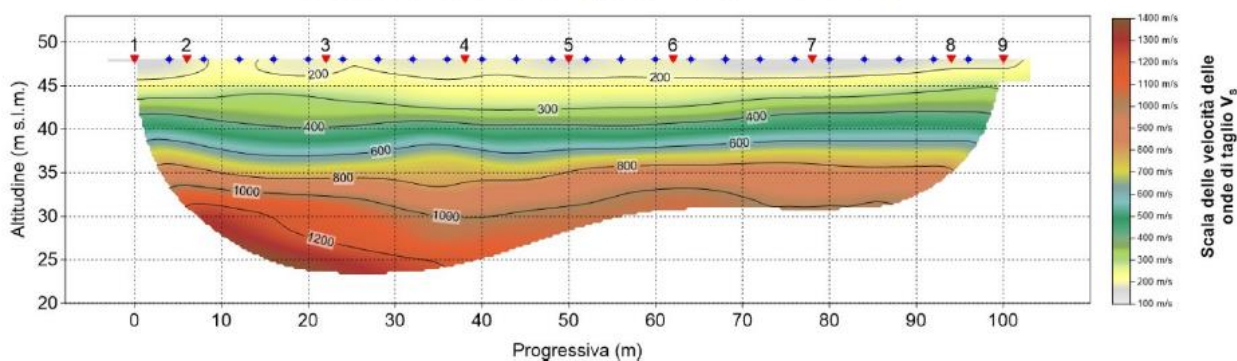
Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 9 m, ed è costituito da argilla e sabbia molto addensata. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 300 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 1.250 m/s.

Il terzo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 15 m, ed è costituito da marne alterate. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 300 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.250 e 2.250 m/s.

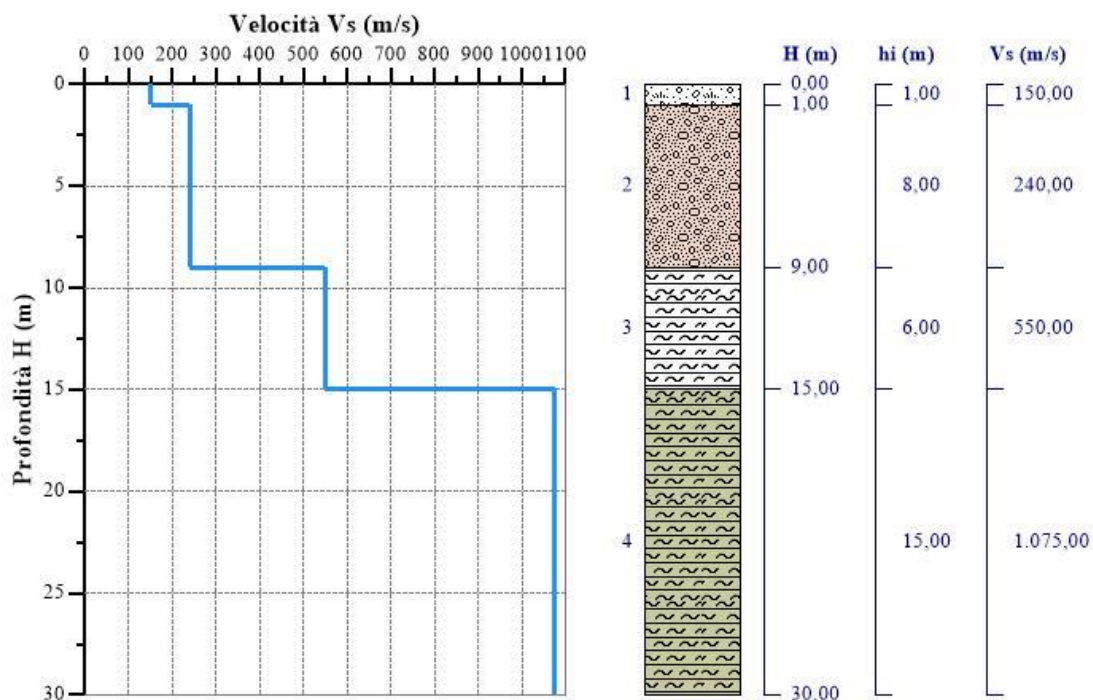
Il quarto sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 2.250 e 3.100 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1_D.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS1_D.



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V_{si} (m/s)	H (m)	h_i (m)	h_i/V_{si} (s)
1	1	1	150	1	1	0,006666667
2	9	8	240	9	8	0,033333333
3	15	6	550	15	6	0,010909091
4	30	15	1.075,00	30	15	0

$V_{Seq} = 294,64 \text{ m/s}$ Cat. = E

Tomografia sismica a rifrazione BS2_D (2019)

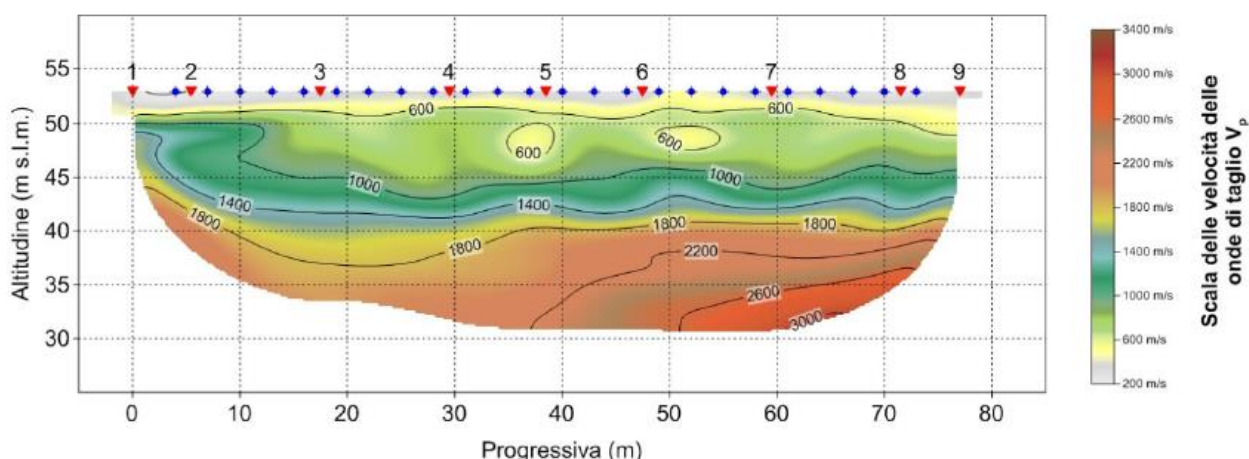
Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS2_D hanno permesso di evidenziare quattro sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 2 m, ed è costituito da terreno di riporto sabbioso ghiaioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 260 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 280 e 400 m/s.

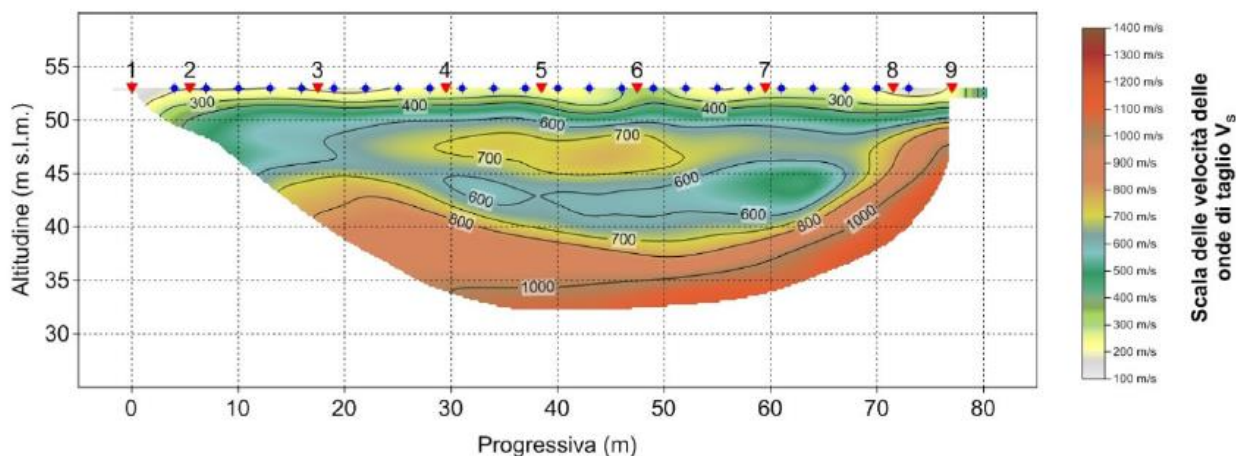
Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da argilla marnosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 260 e 660 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 1.000 m/s.

Il terzo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 12 m, ed è costituito da argilla marnosa maggiormente consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 660 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.000 e 1.800 m/s.

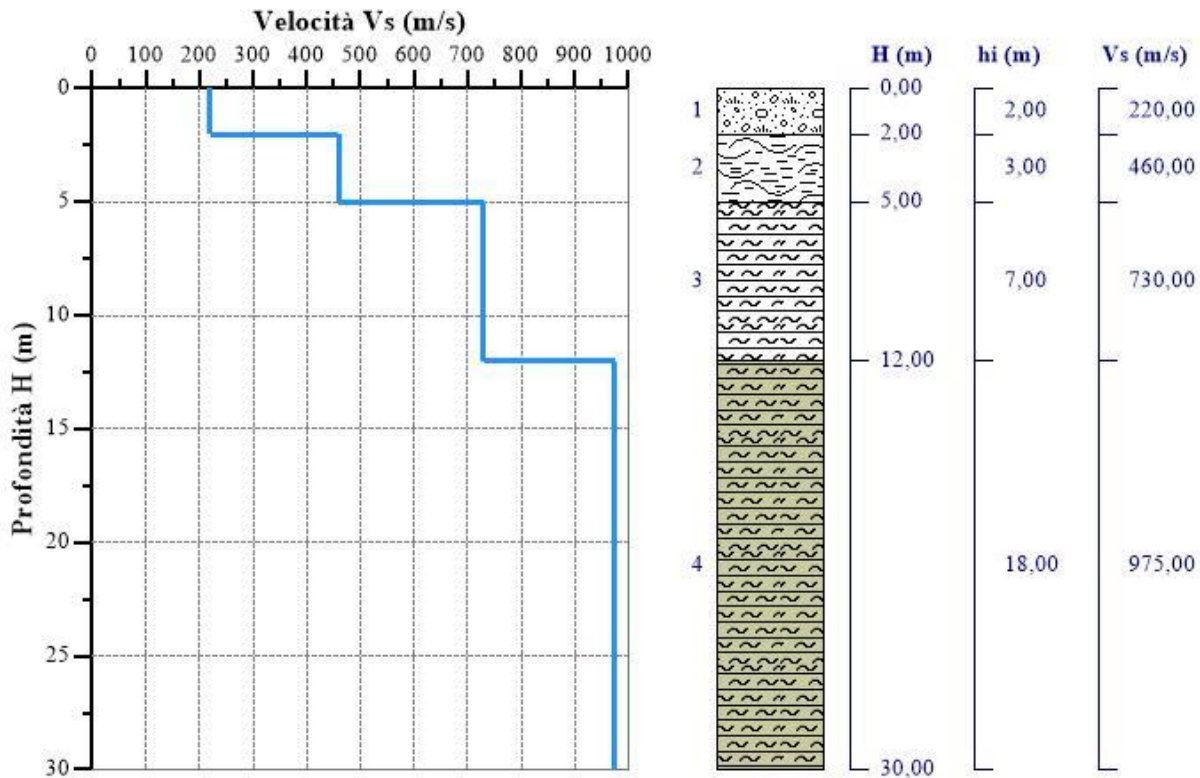
Il quarto sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.150 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e 3.050 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS2_D.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS2_D.



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	Vs _i (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /Vs _i (s)
1	2	2	220	2	2	0,009090909
2	5	3	460	5	3	0,006521739
3	12	7	730	12	7	0,009589041
4	30	18	975	30	18	0

V_{seq} = 476,16 m/s Cat. = B

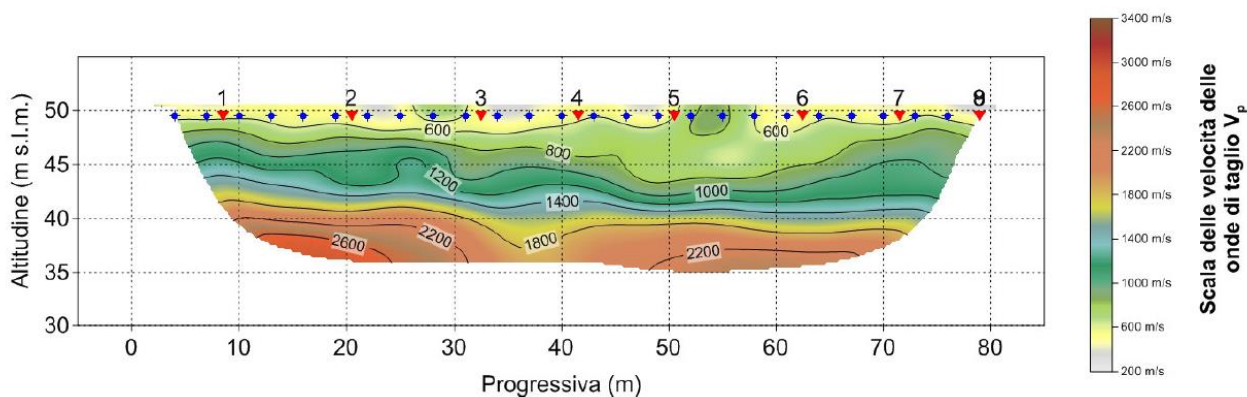
Tomografia sismica a rifrazione BS3_D (2019)

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS3_D hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

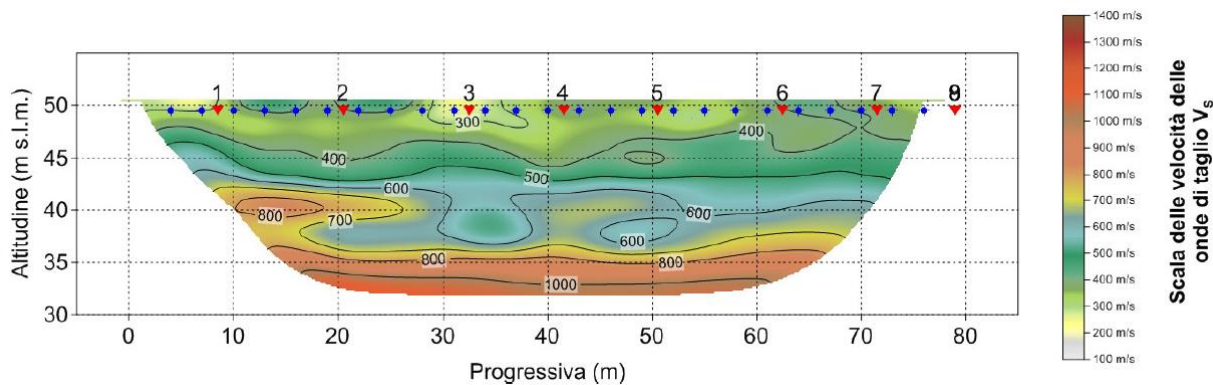
Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 6 m, ed è costituito da argilla. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 230 e 400 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 350 e 1.000 m/s.

Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da marne alterate. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 260 e 660 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 800 m/s.

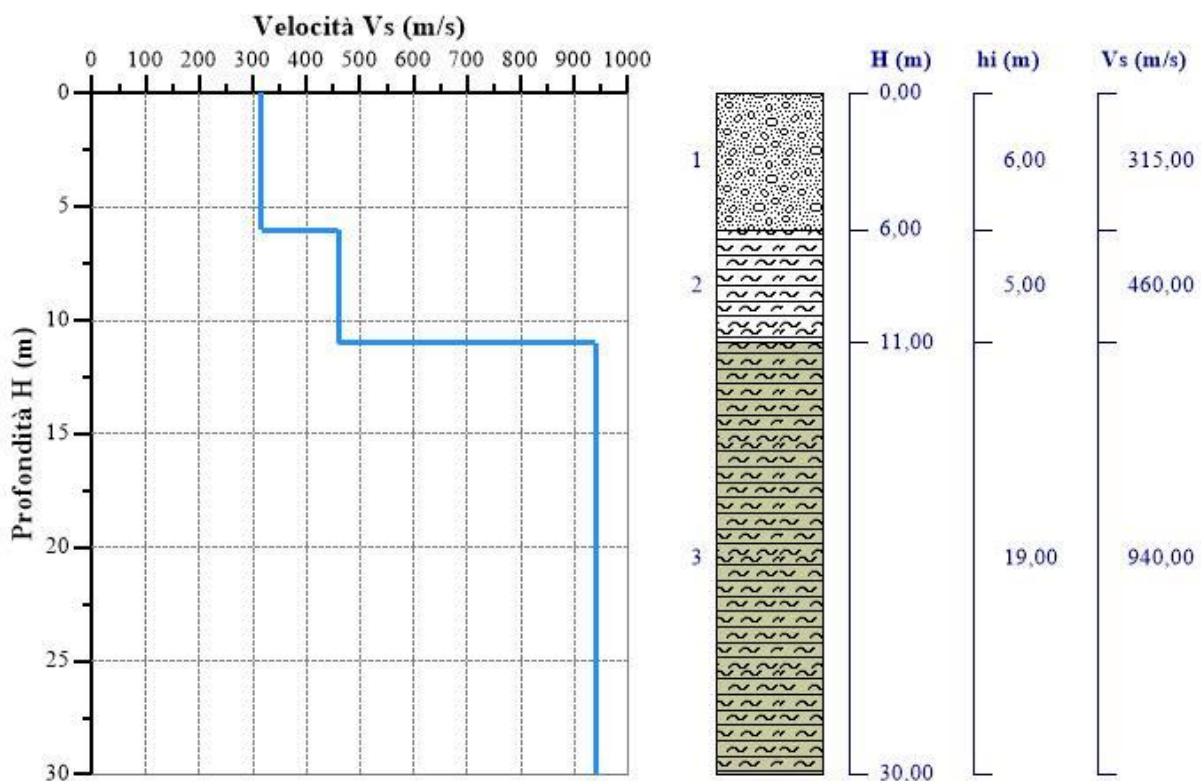
Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.080 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e, mediamente, attorno ai 2.300 m/s con aree che oltrepassano i 2.600 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS3_D.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS3_D.



Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V _{s_i} (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /V _{s_i} (s)
1	6	6	315	6	6	0,019047619
2	11	5	460	11	5	0,010869565
3	30	19	940	30	19	0

V_{s_{eq}} = 367,68 m/s Cat. = B

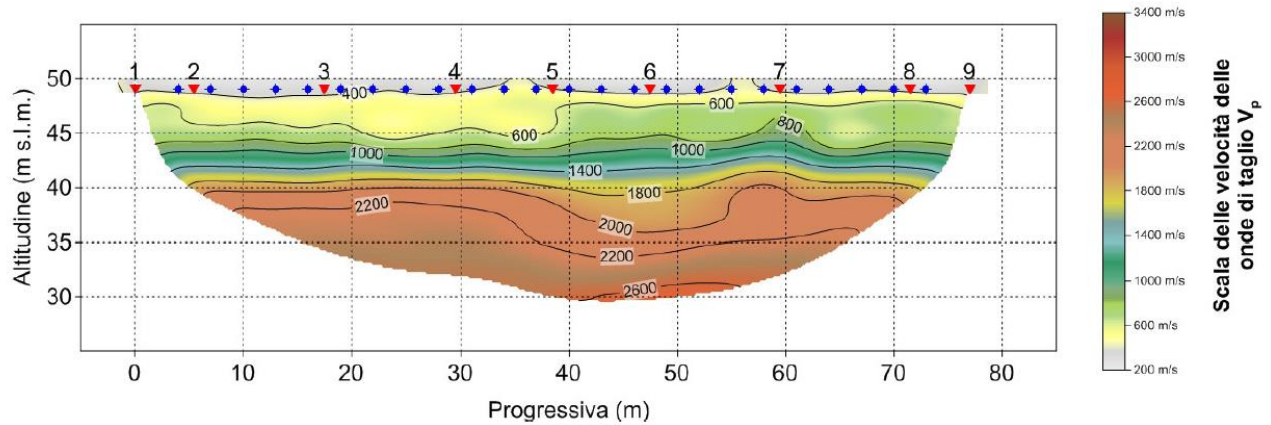
Tomografia sismica a rifrazione BS4_D (2019)

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS4_D hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

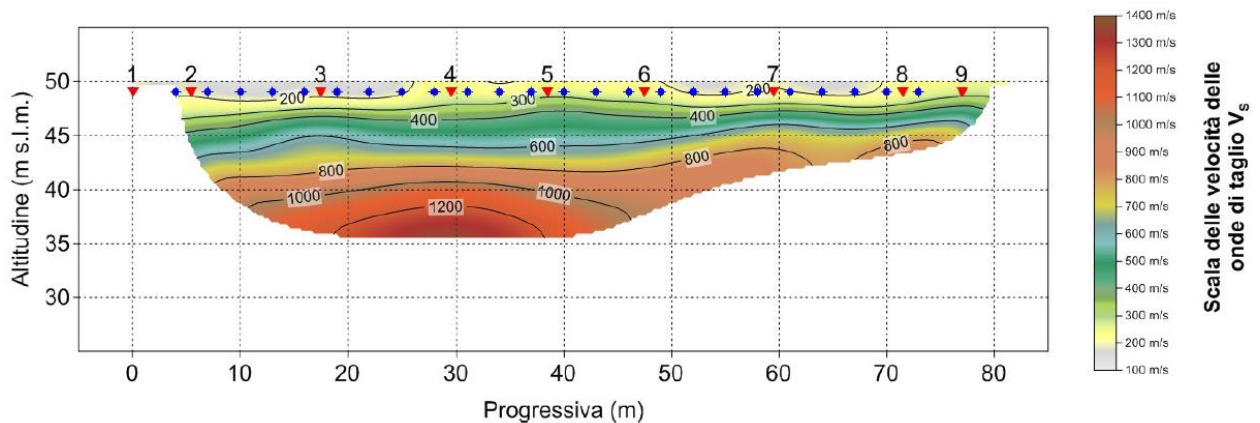
Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 6 m, ed è costituito da argilla. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 160 e 400 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 250 e 1.000 m/s.

Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 400 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.000 e 1.800 m/s.

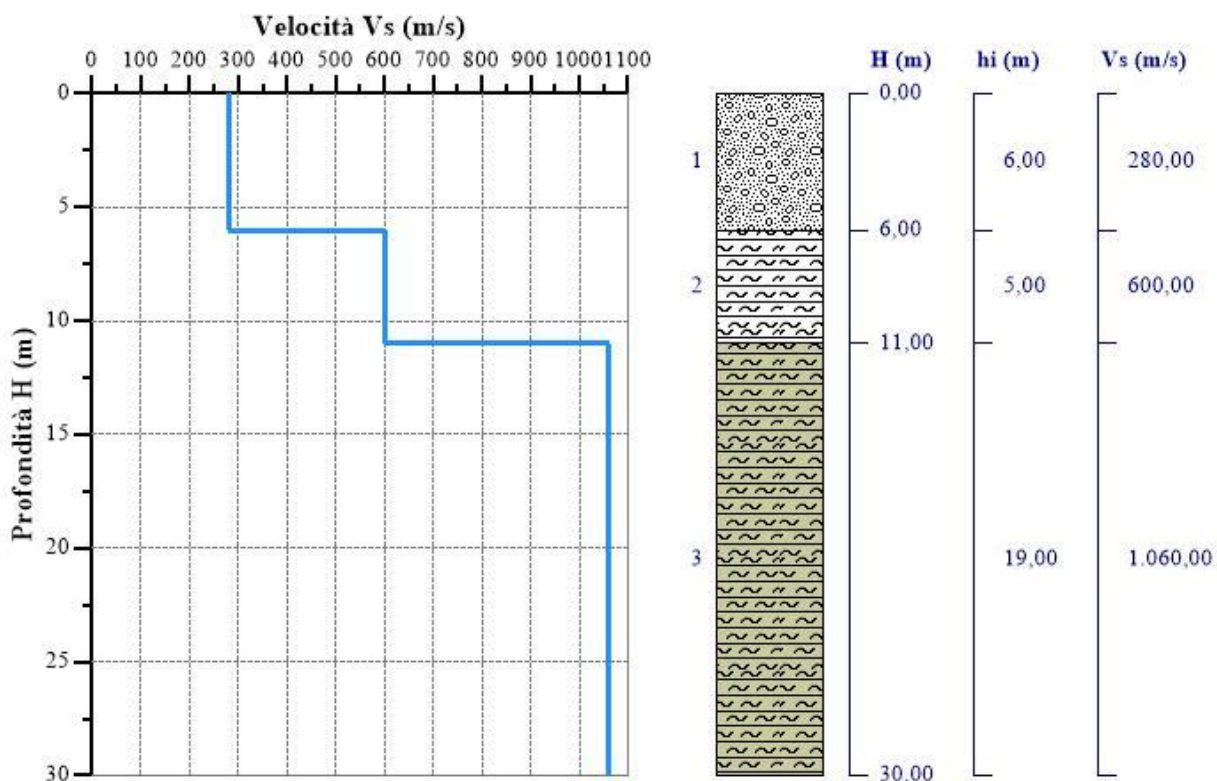
Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.320 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e, mediamente, attorno ai 2.620 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS4_D.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS4_D.




Nr.	Profondità (m)	Spessori (m)	V _{Si} (m/s)	H (m)	h _i (m)	h _i /V _{Si} (s)
1	6	6	280	6	6	0,021428571
2	11	5	600	11	5	0,008333333
3	30	19	1.060,00	30	19	0

V_{Seq} = 369.60 m/s Cat. = B

Gli esiti delle prospezioni Down-Hole e delle tomografie sismiche a rifrazione hanno rilevato per i sondaggi testati sempre un aumento delle velocità di entrambe le forme d'onda con la profondità, evidenziando il miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità, che è un requisito dell'approccio semplificato per la classificazione sismica del territorio, ad eccezione del sondaggio S3 DH 2018.

Per le aree interessate da tali sondaggi si è proceduto, come prescritto dalle NTC 2018 alla verifica alla liquefazione, discussa nel paragrafo successivo. Solo dopo aver escluso qualsiasi rischio di liquefazione è stata attribuita la categoria del sottosuolo nelle aree indagate dal sondaggio S3 DH 2018.

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

I valori ottenuti di Vs30 corrispondono tutti alla categoria di sottosuolo B, ai sensi della normativa tecnica NTC2018, ad eccezione di quelli della sezione tomografica BS1_D (2019) che corrisponde alla categoria E.

10.2 RISCHIO LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale. La liquefazione è l'insieme dei fenomeni associati alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche che può avvenire nei terreni sabbiosi saturi quando sottoposti ad azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Sebbene i terreni in sito appaiono caratterizzati da un generale graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, le prove down-hole della campagna geognostica del 2018 rilevavano nel sondaggio S3 DH un contrasto di impedenza sismica e una limitata inversione di velocità nel profilo di Vs .

Di seguito si riportano le sismostratigrafie di dettaglio ricevute dalla società Tecno In.

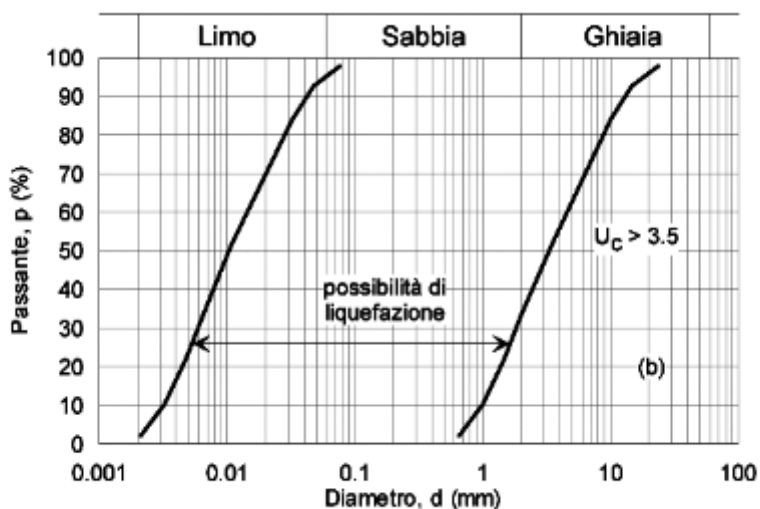
Nel sondaggio S03-DH 2018 si rileva tra le profondità di 25m e 26 m dal p.c. una diminuzione della velocità Vs che dai 900 m/sec di 25 m si riduce a 836 m/sec a 26 m, con una diminuzione massima di 64 m/sec.

La diminuzione delle Vs si rileva, come evidenziato dall'analisi della stratigrafia, in corrispondenza di un livello marnoso-argilloso di scarsa coesione.

Nel caso in esame è possibile escludere la verifica alla liquefazione perché vengono soddisfatte le condizioni a) e d).

In particolare l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta nell'area in studio di 0,05 g (minore di 0.1 g);

Inoltre la composizione granulometrica, per la abbondante presenza di frazione limo-argillosa, si estende ben oltre il fuso granulometrico (con $U_c > 3,5$) all'interno del quale i terreni possono essere suscettibili di liquefazione.



b)

In conclusione dal contesto litostratigrafico e di comportamento geofisico, i terreni in sito appaiono caratterizzati da un generale graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità; i contrasti di impedenza sismica rilevati e le limitate inversioni di velocità nel profilo di V_s non presentano alcuna incompatibilità con le prescrizioni ed i limiti di applicabilità dei modelli semplificati richiamati per la determinazione della categoria di sottosuolo. E' da escludere il rischio di liquefazione dei terreni nell'area in studio.

10.3 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 tengono conto degli effetti morfologici locali prendendo in considerazione il fattore di amplificazione topografica, definito sulla base dell'inclinazione media dei versanti. L'area interessata dal progetto è subpianeggiante con pendenze medie inferiori a 15° . Sulla base di tali valutazioni i siti possono essere ascritti alla categoria topografica T1, con inclinazione media $i < 15^\circ$.

11 ANALISI DEL TRACCIATO

Il tracciato si origina dal km 12+000 circa della esistente S.S.554 (progressiva di progetto km 0+000) in sovrapposizione al progetto di ammodernamento del tratto precedente al fine del necessario raccordo, e presenta allineamenti di inizio e fine obbligati dai tratti di S.S.554 in cui si inserisce, sviluppandosi in variante nel tratto intermedio.

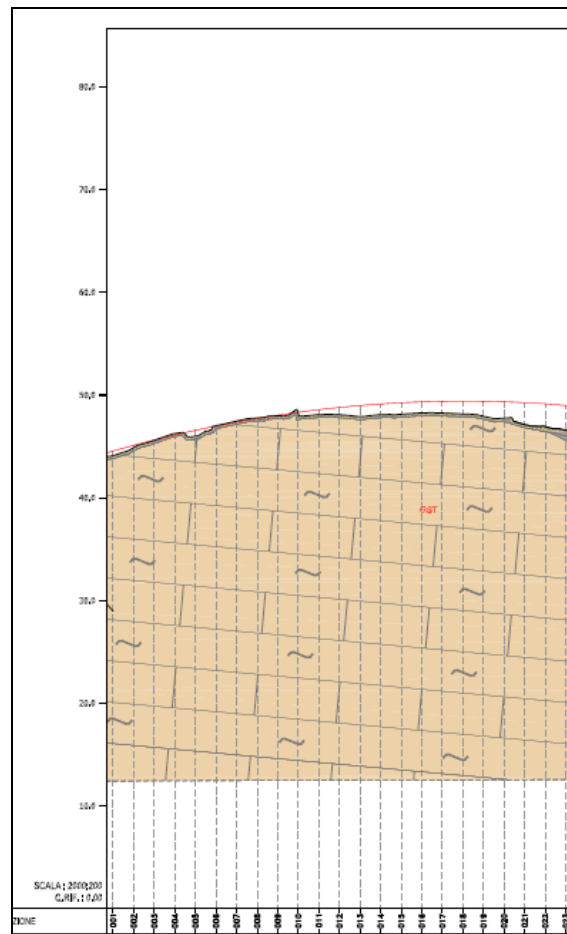
A partire dalla progressiva di progetto 0+600 circa, il tracciato si porta in variante piano-altimetrica rispetto alla S.S. 554 esistente ed a nord della stessa, per poi riallacciarsi anch'esso allo svincolo per Flumini di recente costruzione, alla progressiva di progetto 5+750 circa, prevedendosi anche qui il completamento di tale svincolo con la realizzazione della rampa di uscita su Via dell'Autonomia Regionale Sarda. Altimetricamente il tracciato prevede ampi tratti su rilevato, di altezza minima tale da consentire la realizzazione delle opere di attraversamento idraulico ed una opportuna sopraelevazione del corpo stradale dalla piana alluvionale. I tratti in rilevato sono intervallati da viadotti per il superamento delle incisioni più importanti. La descrizione che segue analizza le caratteristiche generali dei terreni intercettati dal tracciato in riferimento alle progressive di progetto medie calcolate tra le due carreggiate ed ai corrispondenti elaborati tematici geologici e geomorfologici.

Tratta compresa tra la progr. 0+00 alla progr 0+400

In tale tratta il tracciato cammina prima a raso e poi in rilevato a mezzacosta su un versante degradante, con una blanda pendenza ad Ovest del rilievo di Cuccuru Linu verso l'incisione del Rio di Cungianus.

Il tracciato interessa un affioramento delle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto per uno spessore di circa 4 m e ricoperte da terreno agrario con spessore variabile tra 50 e 70 cm . Litologicamente si tratta di marna di consistenza generalmente lapidea, di colore prevalentemente grigio, con struttura laminare, molto fratturata, talora massiva o priva di struttura. Può presentarsi come marna carbonatica grigia con livelli laminari orizzontali, giunti di strato, poca coesione, ovvero come argilla marnosa con limo verdastra, inglobante elementi lapidei carbonatici arrotondati. La giacitura della formazione è difficilmente rilevabile; a NE di Cuccuru Linu le marne mostrano giacitura caratterizzata da immersione verso ESE con debole inclinazione (7°)

I terreni di fondazione sono stati indagati con il pozzetto Pz01D(2019).




Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 0+00 e la progr 0+400

Non si rileva falda acquifera in sottosuolo. Non si rilevano nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali e neanche pericoli di esondazione, come confermato dalla consultazione della cartografia del PAI.

Andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre di terreno agrario ed alterato compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 0,50 m quale bonifica, dalla sezione 1 alla 23.

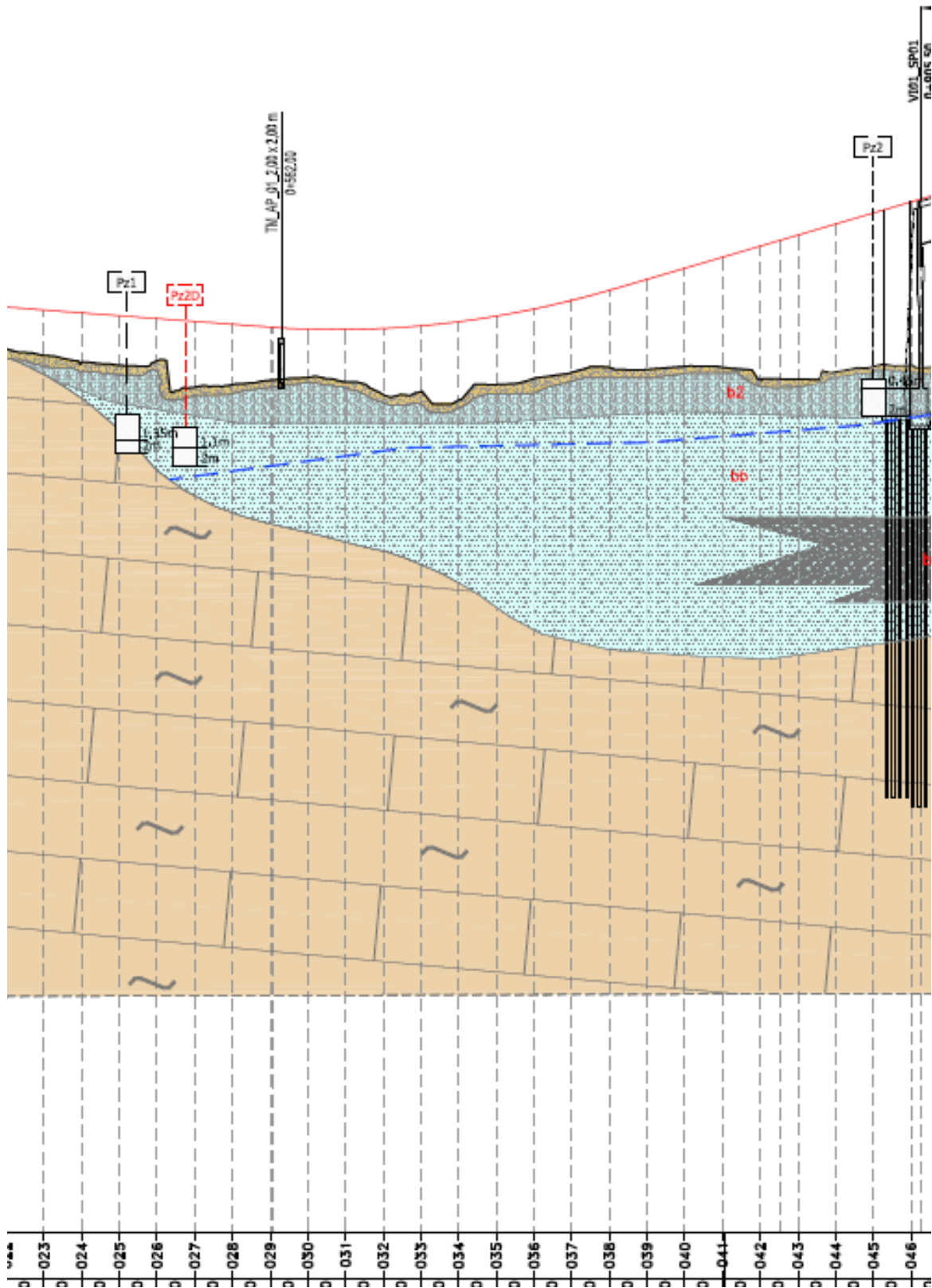
Tratta compresa tra la progr. 0+400 alla progr 0+900

In tale tratto il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di 9 m. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S1D pz (2019) ed i pozzetti Pz1 e Pz2 (2018) e Pz2D (2019). Il rilevato insiste su una paleoincisione defluente verso la stagno di Simbirizzi, ora colmata da alluvioni a grana fine con spessore massimo di circa 15 m (S1D pz), ricoperte al tetto da coltri eluviali a grana fine (b2) di spessore massimo di 3,60 m. La coltre alluvionale poggia sulle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto per uno spessore di circa 3 m. Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la coltre alluvionale con livello statico a profondità variabile tra 2,0 m e 3,60 m

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

circa dal p.c. (con possibilità di risalita nei periodi più piovosi). Il deflusso della falda freatica è diretto verso lo stagno di Simbirizzi

Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione. Andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre eluviale compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 50 cm quale bonifica, dalla sezione 1 alla 46.



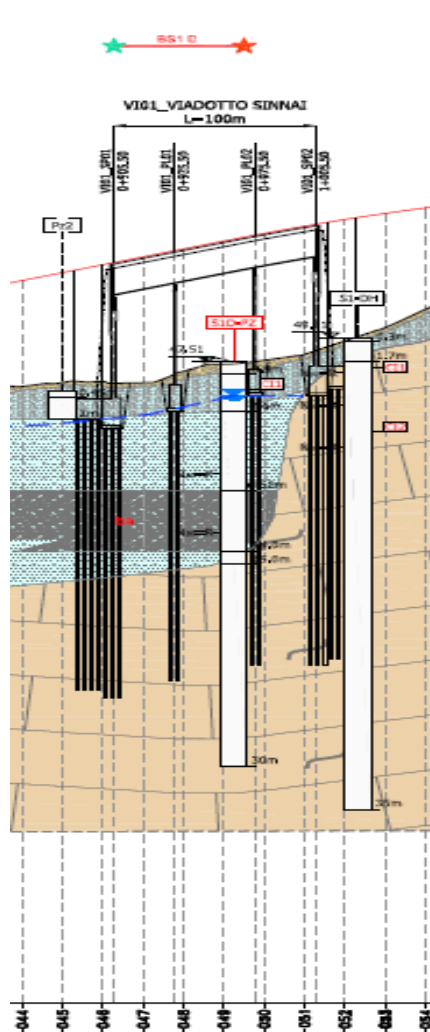
Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 0+400 e la progr 0+900

Tratto compreso tra la progr. 0+900 e la progr 1+005.50

In tale tratto in tracciato è prevista la realizzazione del viadotto Sinnai, a tre campate, di lunghezza di 100 m.

I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S1D pz (2019) e S1-DH (2018) ed i pozzetti Pz1 e Pz2 (2018) e Pz2D (2019).

Il profilo geologico, ricostruito sulla scorta dei rilievi e delle indagini nell'area del Viadotto Sinnai, evidenzia una asimmetria dei terreni di sedime. La spalla 1 (Ovest) e le pile P1, P2 del viadotto insistono sulle alluvioni a grana fine, terebrate dal S1D pz 2019 per uno spessore di 15 m, ricoperte da coltri eluvio-colluviali a grana fine di spessore massimo di 3,60 m.



Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 0+900 e la progr 1+050

Si riscontrano, rilevate dal S1D PZ 2019, tra m 9,50 e m 14,00, intercalate nella coltre alluvionale, lenti e livelli ghiaiosi di spessore massimo di 4,50 m. La coltre alluvionale poggia sulle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto per uno spessore di circa 3 m. La spalla 2 (Est) del viadotto insiste sulle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, ricoperte in superficie da una esigua coltre colluviale a grana fine di spessore di circa 1,70 m (S1-DH -2018)- Le marne argillose

delle Fm Marne di Gesturi sono alterate a tetto per uno spessore di circa 10 m. La giacitura delle marne, rilevata nella trincea stradale della SS125 ad Est del sondaggio S1-DH, è caratterizzata da immersione verso Ovest con inclinazione di circa 20°.



Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la coltre alluvionale e l'intervallo superiore alterato delle marne argillose, con livello statico variabile tra 2,0 m dal p.c. in corrispondenza della pila 01 e 2,50 m della pila 02 (con possibilità di risalita nei periodi più piovosi).

Lungo il tracciato del viadotto è stato infatti eseguito un profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica denominato con la sigla BS1D. Le modalità esecutive per effettuare l'elaborazione tomografica differiscono dalla sismica convenzionale per il maggior numero di registrazioni che sono realizzate al fine di coprire in maniera omogenea l'intera sezione sismica in tutti i settori e fino alle profondità adeguate senza lasciare tratti scoperti o disomogenei. L'eterogeneità litologica dei terreni di fondazione del viadotto si riflette sul comportamento sismico dei terreni di fondazione.

L'eterogeneità litologica dei terreni di fondazione del viadotto si riflette anche sul comportamento sismico dei terreni di fondazione.

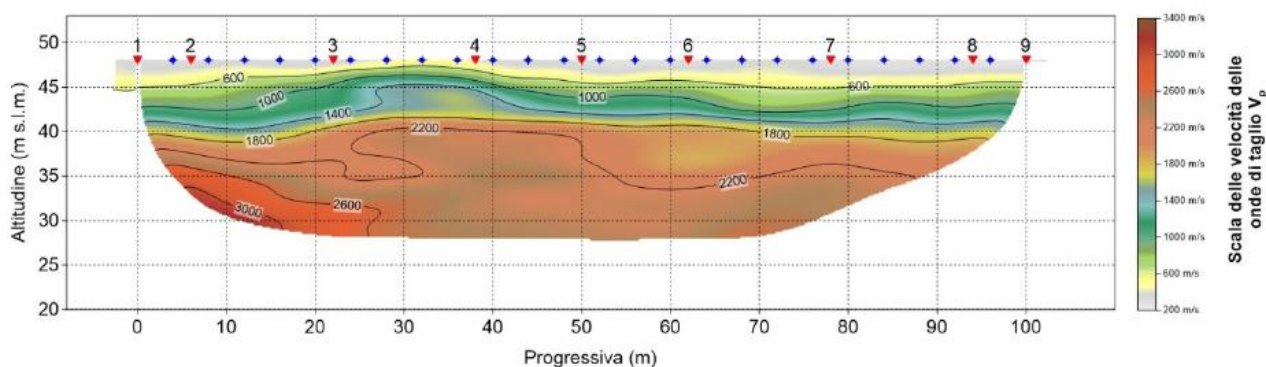
Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS1_D, che si sviluppano sulle piana alluvionale confermano il modello geologico ricostruito, ed hanno permesso di evidenziare quattro sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 1 m, ed è costituito da terreno di riporto sabbioso ghiaioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 120 e 180 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 280 e 400 m/s.

Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 9 m, ed è costituito da argilla e sabbia molto addensata. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 300 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 1.250 m/s.

Il terzo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 15 m, ed è costituito da marne alterate. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 300 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.250 e 2.250 m/s.

Il quarto sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 2.250 e 3.100 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1_D.

Sulla scorta della velocità V_s eq. i terreni alluvionali rientrano nella categoria di suolo di fondazione E (Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali caratterizzati da valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su un substrato di materiale più rigido con $V_{seq} > 800$ m/sec.)

La prova sismica Downhole eseguita sul sondaggio SD1-DH, in corrispondenza quindi della spalla SP02 del viadotto che insiste sulla Form. Marne di Gesturi evidenzia una velocità V_{seq} di 558,69 m/sec ascrivibile alla categoria di sottosuolo B.

Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI per esondazione, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

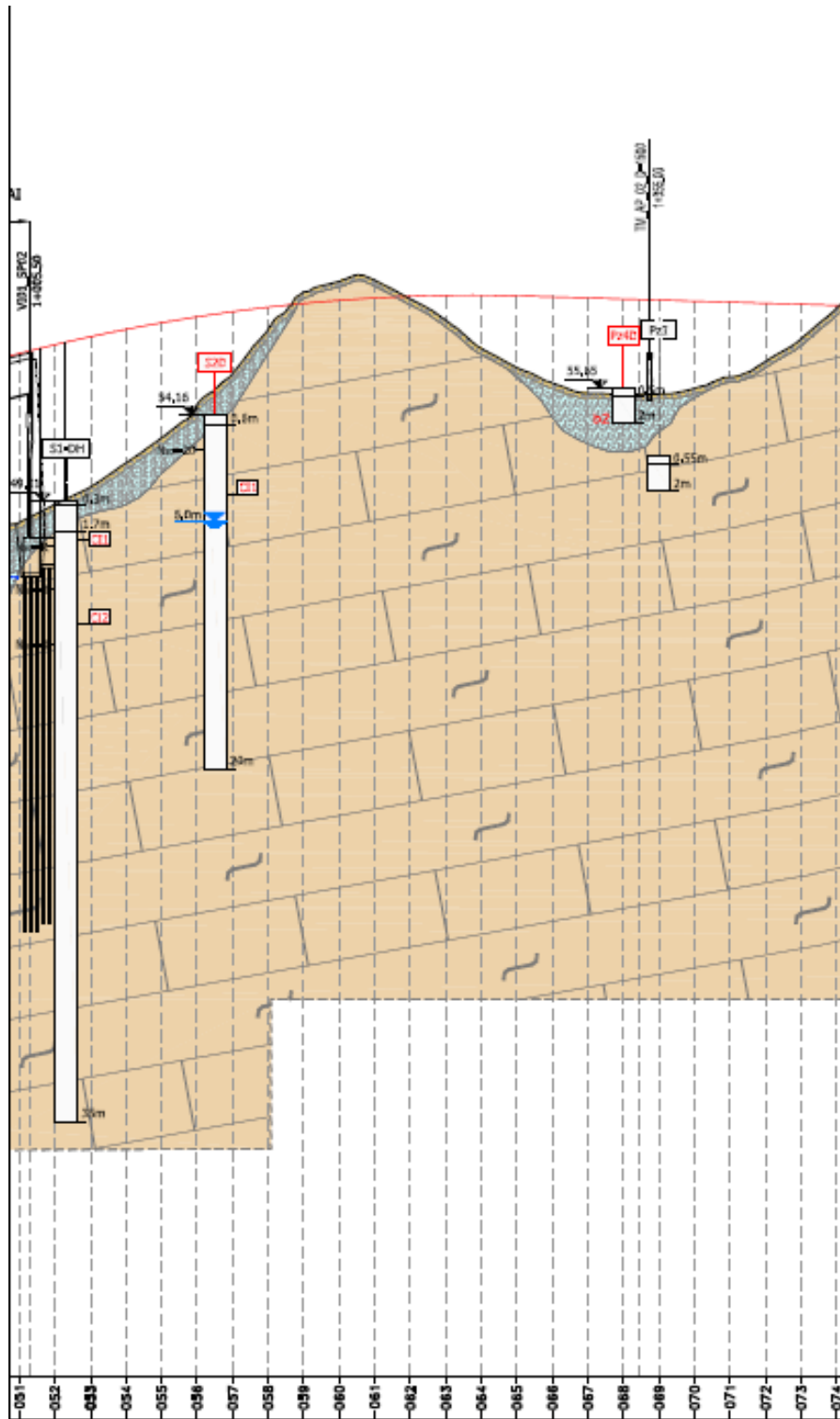
Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa.

Tratto compreso tra la progr. 1+005.50 e la progr 1+460

In tale tratto il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di 9 m. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S1-DH (2018) e S2D 2019 ed i pozzetti Pz3 (2018) e Pz4D (2019). Il rilevato insiste viadotto insiste sulle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, ricoperte in superficie da una esigua coltre colluviale-alluvionale a grana fine di spessore variabile tra 1,5 m (S2D) e 3 m (Pz4D) - Le marne argillose delle Fm Marne di Gesturi sono alterate a tetto per uno spessore di circa 10 m.

Non si rileva falda acquifera in sottosuolo, anche se va segnalata una permeazione nell'intervallo superiore alterato delle marne argillose, con livello variabile a circa 6 m dal p.c. (S2D) .

Non si rilevano dissesti ne in atto ne potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione. Andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre colluviale compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 1,50 m quale bonifica dalla sezione 52 alla sez.58 (progr. 1+020-1+140) per poi ridursi a 0,5 m dalla sezione 58 alla sezione 74(1+140-1+460).



Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 1+005.50 e la progr 1+460

Tratta compresa tra la progr. 1+460 e la progr 1+680

In tale tratto il tracciato corre in trincea con un approfondimento massimo di circa 6,00 m dal p.c., E' prevista la realizzazione di una paratia tra le progressive 1+500 e 1+540, inserita per garantire la distanza minima da un traliccio di alta tensione. I terreni interessati dallo scavo sono stati indagati con il sondaggio S02 D e S3D-DH (2019). Lo scavo interesserà il substrato delle marne argillose della Fm, Marne di Gesturi costituenti il rilievo di Cuccuru Crobu;

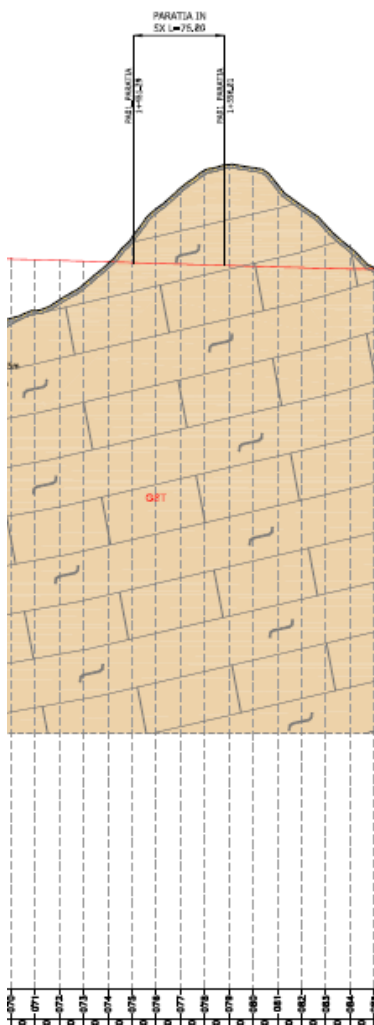


Affioramento delle Marne di Gesturi al km 13 della SS125

Le giaciture rilevate a Cuccuru Crobu evidenziano come i terreni di substrato siano blandamente deformati a costituire un'anticlinale con i fianchi immergenti rispettivamente a SO e SE.

La trincea, il cui asse longitudinale è circa parallelo alla direzione degli strati intercetterà gli stessi con giacitura a frana poggio ed immergenti con pendenza variabili tra 10° e 22° dal versante Nord a quello Sud della trincea.

circa 10 m dal p.c.. Nel tratto finale i pali interesseranno le marne inalterate. M. Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che durante lo scavo degli stessi potranno essere intercalati alle formazioni di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa.




Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 1+460 e la progr 1+680

Tratta compresa tra la progr. 1+680 e la progr 2+080

In tale tratta il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di 9 m e tra la progr, 1+8555 e 1+890 in viadotto (Ponte Canale PO01). I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S3D-DH (2019) e S08.pz (2018).

Sia il rilevato che le fondazioni delle spalle del viadotto insistono sulle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, ricoperte in superficie da una esigua coltre colluviale-alluvionale a grana fine di spessore variabile tra 2 m (S8-pz) e 3 m (S3D-DH) - Le marne argillose delle Fm Marne di Gesturi sono alterate a tetto per uno spessore di circa 4 m.

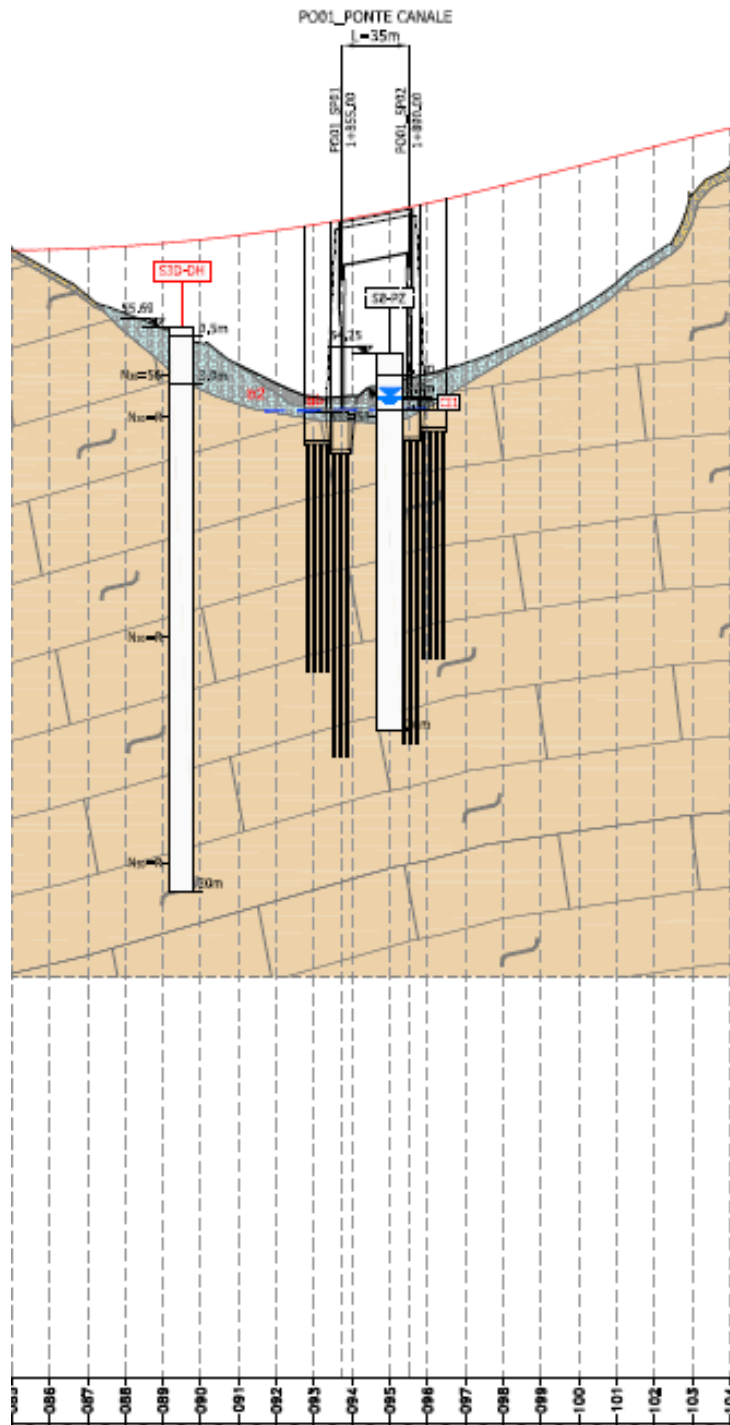
Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA-352	Relazione Geologica	

Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la coltre colluviale-alluvionale e l'intervallo superiore alterato delle marne argillose, con livello statico poco al di sopra del contatto tra la coltre e le marne alterate (m 2,30 dal p.c.)

Non si rilevano dissesti geomorfologici ne in atto ne potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione. Andrà prevista, ove il tracciato risulta interessato dalla posa del rilevato, una bonifica dello strato più superficiale della coltre colluviale compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 0,5 m quale bonifica dalla sez. 85 sino alla sez.106.

Le fondazioni del Ponte Canale insisteranno sulle marne argillose grigie di consistenza elevata della Fm. Marne di Gesturi ricoperte al tetto da una coltre colluvionale ed alluvionale costituita ghiaie in matrice limoso-argillosa in falda. Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi potranno interessare livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.



Profilo geologico- Tratto compresa tra la progr. 1+680 e la progr 2+080

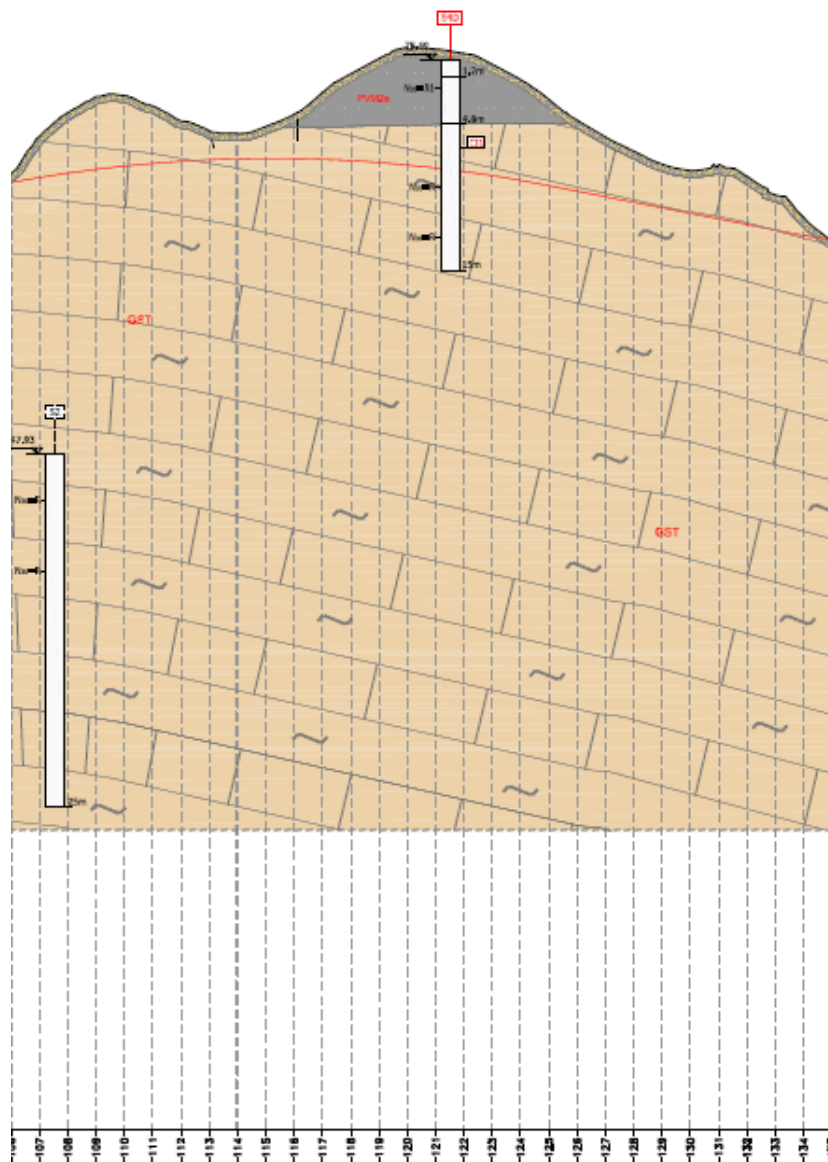
Tratta compresa tra la progr. 2+080 e la progr 2+680

In tale tratta il tracciato corre in trincea con un approfondimento massimo di circa 8,50 m dal p.c. superando in scavo il rilievo di Is Prunixeddas che si prolunga a Sud verso il rilievo di Cuccuru Giua Carrogas. I terreni interessati dallo scavo sono stati indagati con il sondaggio S4D (2019). Lo scavo interesserà il substrato delle marne argillose della Fm, Marne di Gesturi, ricoperto in superficie per uno spessore di 4,60 m da alluvioni terrazzate costituite da ghiaie in matrice sabbioso-argillosa; il substrato è costituito da marna di consistenza generalmente lapidea, di colore prevalentemente grigio-biancastra, con struttura laminare, molto fratturata, talora massiva o priva di struttura.



Contatto tra le alluvioni terrazzate e le Marne di Gesturi lungo la SP94 a monte dell'Hotel "I Ginepri"

Non si rileva falda acquifera in sottosuolo. Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali.




Profilo geologico- Tratto compreso tra la progr. 2+080 e la progr 2+680

Andrà prevista, ove il tracciato una bonifica dello strato più superficiale della coltre alterata compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 0,5 m quale bonifica dalla sez. 106 sino alla sez.137.

Tratto compresa tra la progr. 2+680 e la progr 4+900

In tale tratta il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di 11 m, sulla piana alluvionale dei torrenti Riu Foxi e Riu Santu Sestutu.

I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S5D-Pz, S7D-DH, S5DH, S9D-PZ, S10D, S11D-PZ, S12D 2019 e S3-DH, S6PZ, S7-PZ, S4 PZ, S5-DH, (2018) ed i pozzetti Pz12D, PZ15D (2019) e Pz 7 (2018). Il rilevato insiste sulle alluvioni a grana fine, costituite da argille con limo

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		 anas <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
CA-352	Relazione Geologica	

ghiaiose, con lenti di ghiaie e ciottoli di spessore variabile tra 1 e 3 m, attuali e terrazzate con spessore variabili tra 4,5 m (S5D-PZ) in corrispondenza del Riu Foxi, di 3 m (S7-PZ) in corrispondenza dell'attraversamento della SP15 a 4,2 m (S10 D) in corrispondenza dell'attraversamento del Riu Santo Sestutu, a 5 m (S11D-PZ) in corrispondenza del cavalcavia CV02.

Le alluvioni poggiano sul substrato delle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto per uno spessore variabile tra 3 e circa 10 m. Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la coltre alluvionale, con livello statico variabile tra 2m e 3 m dal p.c.

Andrà prevista, ove il tracciato risulta interessato dalla posa del rilevato, una bonifica dello strato più superficiale della coltre alterata compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 50 cm quale bonifica dalla sezione 137 alla sez.154. Lo spessore della bonifica sarà aumentata a 0,8 m dalla sezione 154 alla sez.202. Dalla sez. 202 alla sez. 220 lo spessore della bonifica sarà di 0,5 m e nuovamente di 0,8 m dalla 220 alla 251.

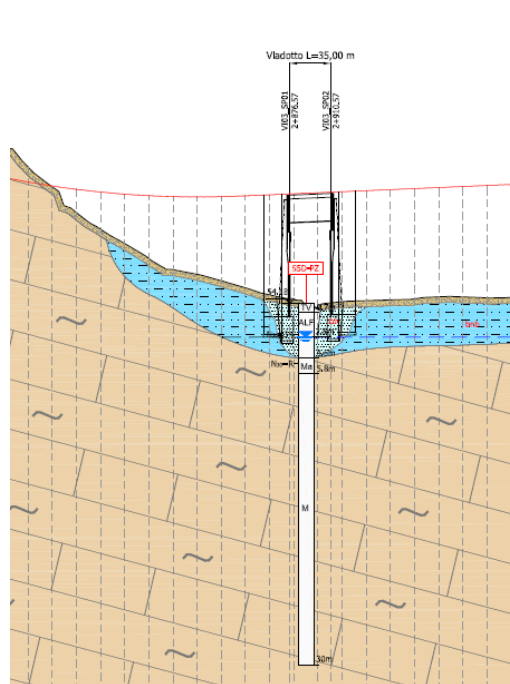
Ponte sul Riu Foxi

Tra le progr. 2+876.57 e 2+910.57 è prevista la realizzazione del Ponte sul Riu Foxi. Il Ponte insiste sulle alluvioni a gran fine, costituite da argille con limo ghiaiose, con lenti di ghiaie e ciottoli, attuali e terrazzate con spessore variabili tra 4,5 m (S5D-PZ), che in quest'area ricoprono le marne della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto Ma per spessore di circa 1 m. La falda si attesta ad una profondità di 2,8 m dal piano di campagna.

Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni inizialmente in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e nelle marne di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.



Profilo geologico- Tratto compreso tra la progr. 2+876 e la progr 2+911

Viadotto sulla SP15

Tra le progr. 3+323.50 e 3+358.00 è prevista la realizzazione di un viadotto in corrispondenza dell'attraversamento della SP15. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S7-PZ e S7D-DH. Il viadotto ricade sulle alluvioni a gran fine, di spessore di circa variabile tra 2 e 3 m, che ricoprono le marne della Fm. Marne di Gesturi, costituita da marne argillose, alterate a tetto per spessore di circa 4 m. La falda si attesta ad una profondità di 2 m dal piano di campagna.

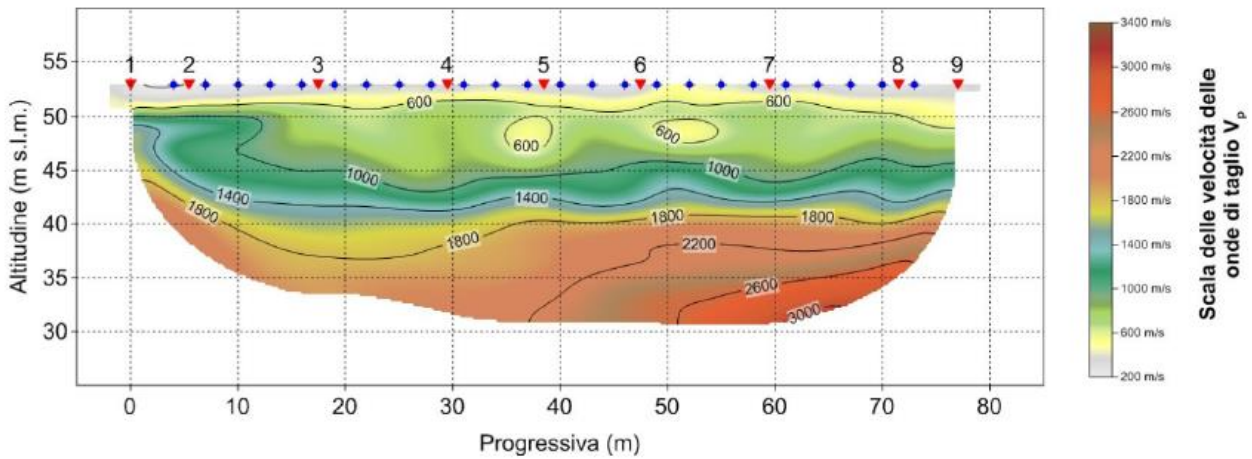
Lungo il tracciato nell'area del viadotto è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica denominato con la sigla BS2D. Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS2_D, confermano il modello geologico ricostruito, ed hanno permesso di evidenziare quattro sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 2 m, ed è costituito da terreno di riporto sabbioso ghiaioso. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 180 e 260 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 280 e 400 m/s.

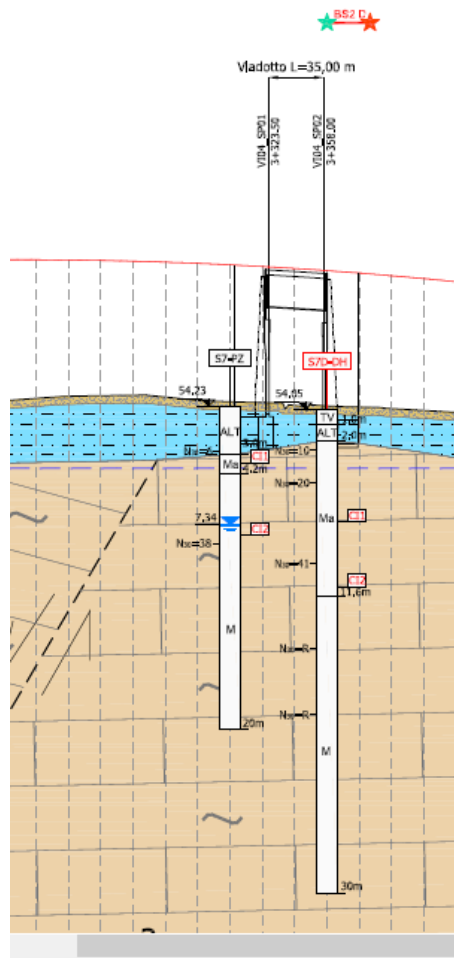
Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da argilla marnosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 260 e 660 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 1.000 m/s.

Il terzo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 12 m, ed è costituito da argilla marnosa maggiormente consistente. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 660 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.000 e 1.800 m/s. Il quarto sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità


delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.150 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e 3.050 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS2_D.



Profilo geologico- Tratto compreso tra la progr. 3+323.50 e 3+358.00

Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

Non si rilevano dissesti geomorfologici ne in atto ne potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni inizialmente in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e nelle marne di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.

Ponte sul Riu Santu Sestutu

Tra le progr. 3+938.25 e 3+960.25 è prevista la realizzazione del Ponte sul Riu Santu Sestutu. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S10 D,. Il ponte ricade sulle alluvioni a gran fine, di spessore di circa 4,2 m, che in quest'area ricoprono le marne della Fm. Marne di Gesturi alterate a tetto per spessore di circa 10 m. La falda si attesta ad una profondità di 3 m dal piano di campagna.

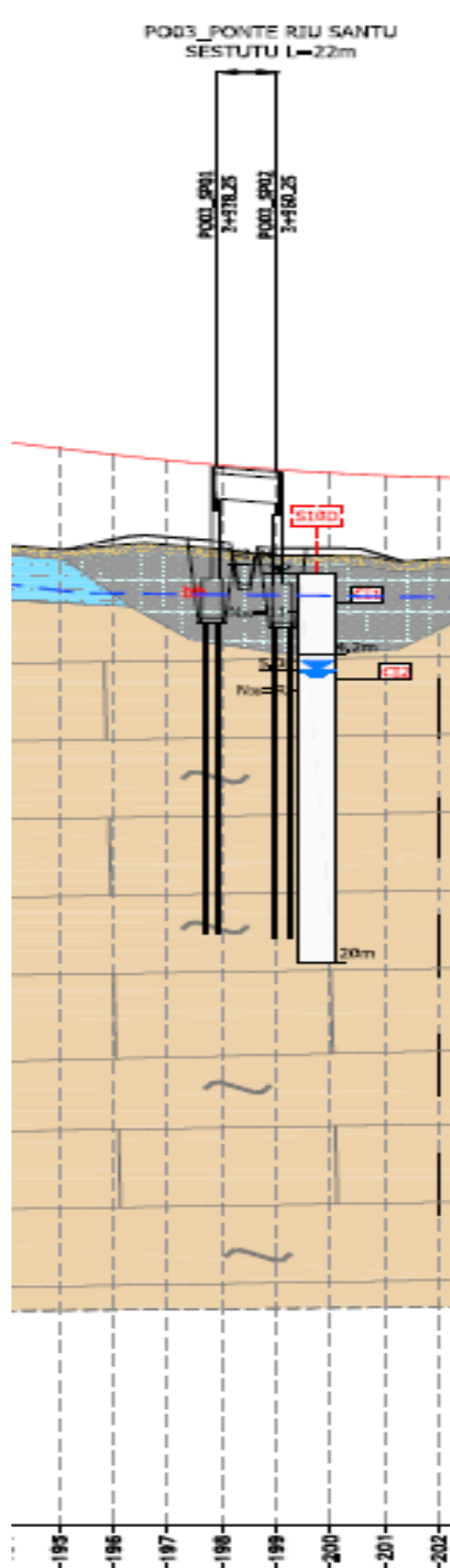
Non si rilevano dissesti geomorfologici ne in atto ne potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni inizialmente in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e nelle marne di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.

CA-352

Relazione Geologica



Profilo geologico- Tratto compreso tra la progr. 3+323.50 e 3+358.00

Cavalcavia CV01

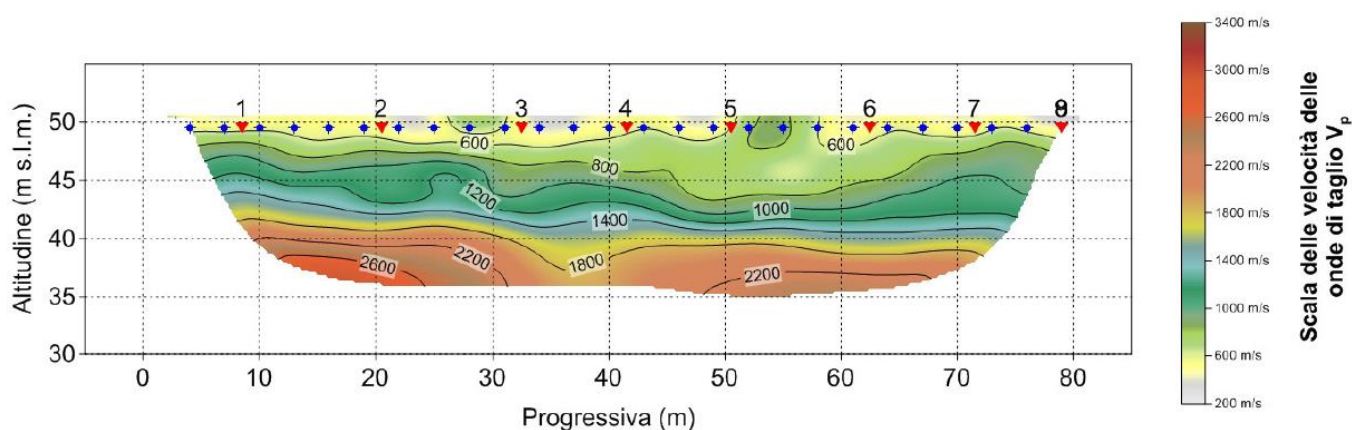
Alla progr. 4+105.74 è prevista la realizzazione del cavalcavia CV01. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S3-DH e S9-PZZ. Il cavalcavia ricade sulle alluvioni a grana fine, costituite da ghiaie limo-argilloso variamente ghiaiosi di spessore variabile tra 3,60 m e 4,50 m circa, che in quest'area ricoprono le marne della Fm. Marne di Gesturi alterate a tetto Ma per spessore di circa 7 m. La falda si attesta ad una profondità di 2 m dal piano di campagna.

Lungo il tracciato nell'area del cavalcavia è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica denominato con la sigla BS3D. Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS3_D, confermano il modello geologico ricostruito, ed hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 6 m, ed è costituito da argilla. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 230 e 400 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 350 e 1.000 m/s.

Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da marne alterate. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 260 e 660 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 800 m/s.

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.080 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e, mediamente, attorno ai 2.300 m/s con aree che oltrepassano i 2.600 m/s.

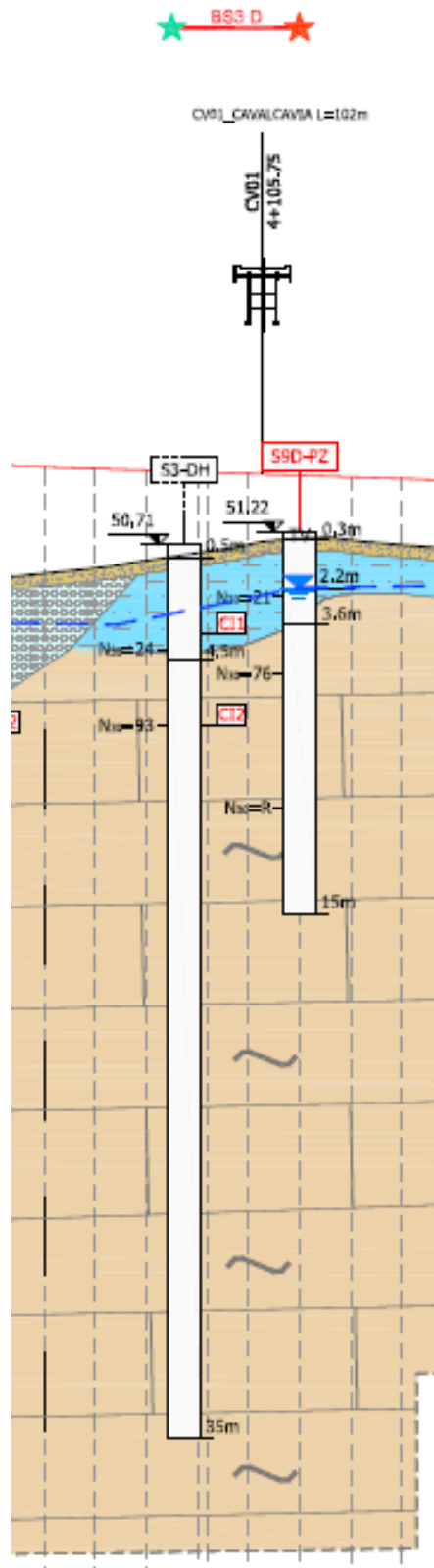



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS3_D.

Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni inizialmente in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e nelle marne di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.



Lavori per l'adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 (ex S.S. 125 "Orientale Sarda – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S. 554)		
CA-352	<i>Relazione Geologica</i>	

Profilo geologico- Tratto compreso alla progr.4+105,75

Cavalcavia CV02

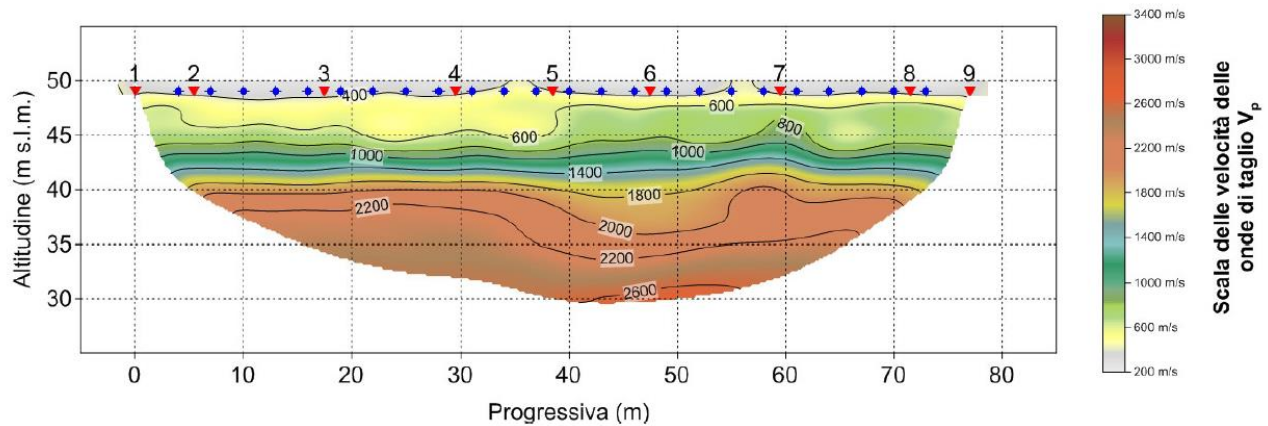
Alla progr. 4+903.30 è prevista la realizzazione del cavalcavia CV02. I terreni di fondazione del cavalcavia sono stati indagati con i sondaggi S6-PZ, S11-PZ, S12D. Il cavalcavia ricade sulle alluvioni a grana fine, di spessore variabile tra 2,80 m (nel sondaggio S12 D il livello di limo ed argilla fortemente consistente, sulla scorta dei risultati della sperimentazione geotecnica e della consistenza, è stato attribuito al tetto alterato delle Marne di Gesturi) e 5,10 m circa (nel sondaggio S11 D Pz il livello di sabbia fine poco addensata, sulla scorta dei risultati della sperimentazione geotecnica e del moderato addensamento evidenziato nella prova SPT con $N_{30}=14$, è stato attribuito alla coltre alluvionale) , che in quest'area ricoprono le marne della Fm. Marne di Gesturi alterate a tetto per spessore di circa 4 m. La falda si attesta, al contatto tra la coltre alluvionale e le marne di substrato ad una profondità variabile tra di 2 e 3 m dal piano di campagna.

Lungo il tracciato nell'area del cavalcavia è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica denominato con la sigla BS4D. Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS3_D, confermano il modello geologico ricostruito, ed hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 6 m, ed è costituito da argilla. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 160 e 400 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 250 e 1.000 m/s.

Il secondo sismostrato si attesta ad una profondità media dal piano campagna di circa 5 m, ed è costituito da marna argillosa. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 400 e 800 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.000 e 1.800 m/s

Il terzo sismostrato, che si estende sino al termine della pseudosezione, è costituito da marne. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 800 e 1.320 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 1.800 e, mediamente, attorno ai 2.620 m/s.

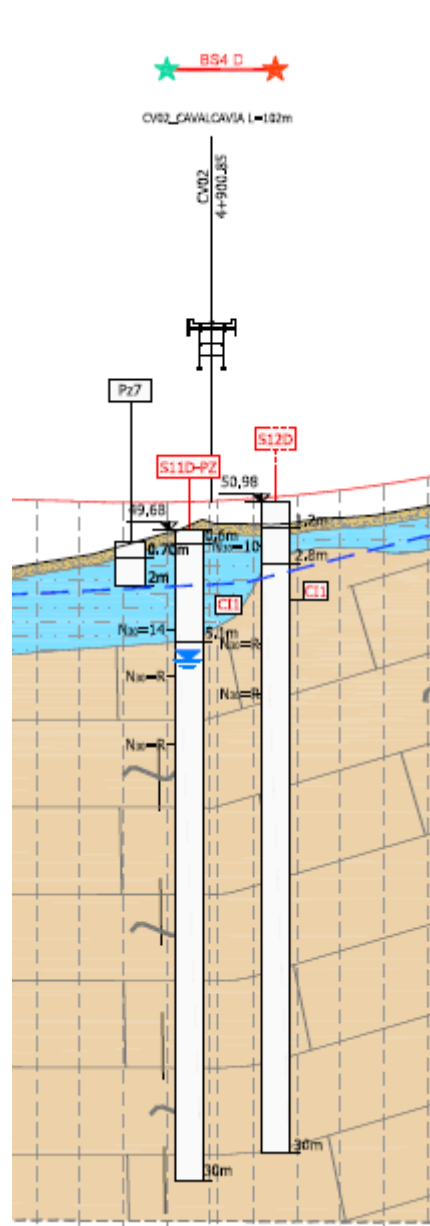


Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS4_D.

Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni inizialmente in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi e nelle marne di substrato livelli litoidi di rocce da tenere a resistenza molto bassa o bassa.



Profilo geologico- Tratto compreso alla progr. 4+903.30

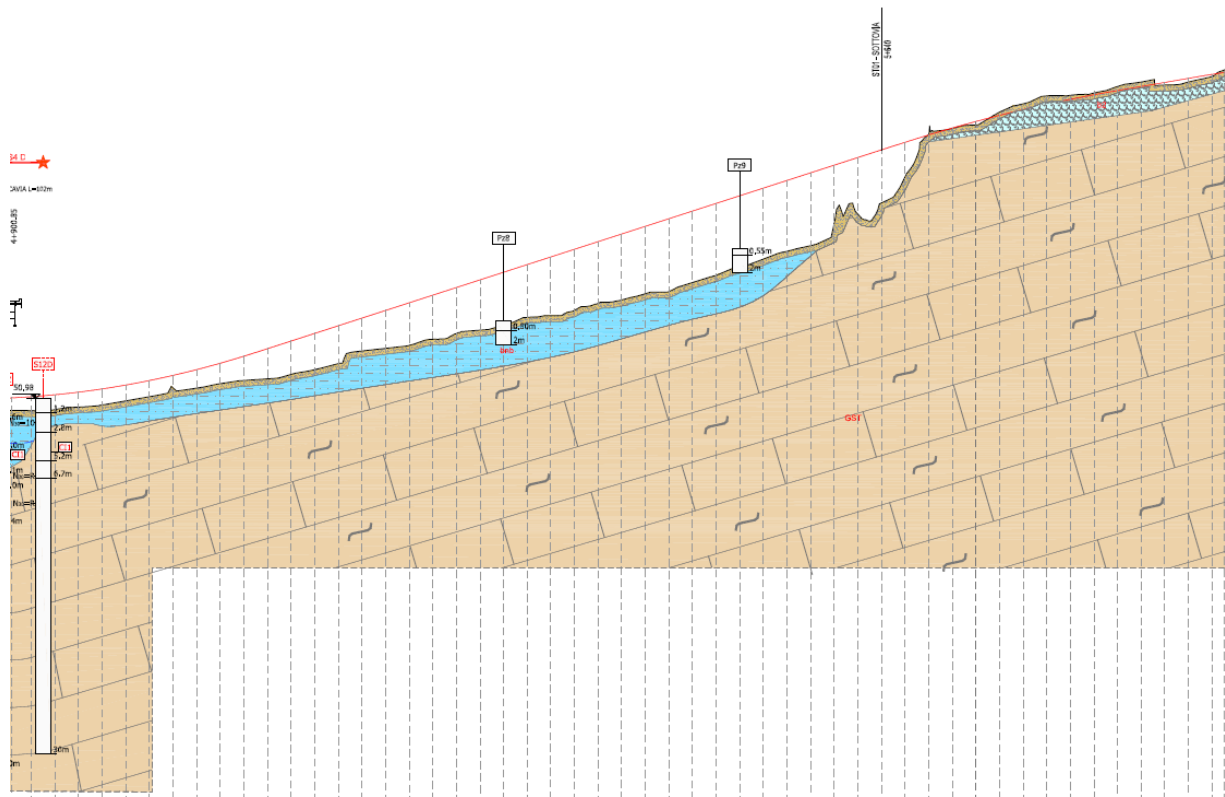
Tratto compreso tra la progr. 4+900 e la progr 5+930.45

In tale tratto il tracciato corre in rilevato sino alla progr-5+660 con altezze massime di 6 m, e poi a raso sino al termine della tratta.

I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S11D-PZ, S12D 2019 ed i pozzetti Pz 8 e Pz 9 (2018). Il rilevato insiste sulle alluvioni a grana fine terrazzate con spessore variabili tra 2,80 m (S12D) e 4 m.

Le alluvioni poggiano sul substrato delle marne argillose della Fm. Marne di Gesturi, alterate a tetto per uno spessore di circa 4 m.

Non si rileva falda acquifera in sottosuolo.



Non si rilevano dissesti geomorfologici né in atto né potenziali. Non si rilevano, come confermato dalla cartografia della pericolosità idraulica del PAI, pericoli di esondazione.

Andrà prevista, ove il tracciato risulta interessato dalla posa del rilevato, una bonifica dello strato più superficiale della coltre agraria compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 0,8 m quale bonifica dalla sezione 251 alla sezione 268, per poi ridursi a 0,5 m dall sez.268 alla sez.298 di fine intervento.