

S.S.131 "Carlo Felice"
Completamento itinerario Sassari - Olbia.
Potenziamento e messa in sicurezza S.S.131
dal km 192+500 al km 209+500.
2° Lotto dal km 202+000 al km 209+500

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA357

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma A27296)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

MANDANTI:

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso (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 966)

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Matteo Di Girolamo (Ord. Ing. Prov. Roma 15138)

RESPONSABILE SIA:

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



VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Edoardo Quattrone

GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA


Relazione Geologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG. ANNO	CA357_T00GE00GEORE01_A			
DPCA0357	D 21	CODICE ELAB.	T00GE00GEORE01	A	1:2000
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	GIU. 2021	E.ULMI	E.CURCURUTO	G.PIAZZA
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

INDICE

1	PREMESSA	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	7
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	14
5.1	Stratigrafia	18
5.2	Tettonica.....	24
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	29
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	33
7.1	Campagna ANAS TecnoIn 2020.....	34
7.2	Campagna ANAS indagini Tea 1999.....	55
7.3	Campagna ANAS indagini Geolavori 1999.....	57
8	SISMICITA' DELL'AREA	61
8.1	Macrosismicità dell' area	61
8.2	Sismicità storica	63
8.3	Caratterizzazione sismogentica	67
9	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	69
10	PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE.....	71
11	ANALISI DEL TRACCIATO	73
11.1	Tratto compreso tra la progr. 0+000.00 alla 1+500.00	74
11.2	Tratto tra la progr. 1+500.00 e progr 1+850.00	74
11.3	Galleria Pala Soliana – progr 1+800.000 e 2+940.000	75
11.4	Tratto tra la progr. 2+940.00 e la progr 3+200.00	77
11.5	Tratto compreso tra la progr. 3+200.00 e la progr 4+060.00	78
11.6	Galleria Chighizzu tra la 4+060.00 e 5+040.00	79
11.7	Tratto compreso tra la progr. 5+040.00 e 5+880.00	80
11.8	Tratto tra la progr. 5+880.00 fine tratta stradale.....	81
11.9	Volumi di scotico e bonifica	82

Completamento itinerario Sassari – Olbia. Potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2°Lotto” (dal km 202 al km 209)		
CA357	<i>Relazione Geologica</i>	

1 PREMESSA

Il Progetto Definitivo dell'intervento riguarda i lavori di potenziamento e messa in sicurezza della S.S.131 "Carlo Felice" del lotto 2 dal km 202 al km 209. L'intervento è inserito con codice CA357 nel Contratto di Programma 2016 - 2020 sottoscritto tra Ministero delle Infrastrutture ed Anas, approvato con Delibera CIPE n.65 del 7 agosto 2017, pubblicata sulla gazzetta Ufficiale n.292 del 15 dicembre 2017. La S.S.131 è la principale arteria stradale della Sardegna; collega Cagliari il capoluogo Sardo con Porto Torres. L'intervento costituisce una parte dei lavori di adeguamento e messa in sicurezza della SS131 nel tratto dal nuovo svincolo con la SS729 "Sassari-Olbia", in comune di Codrongianos (km 192+500 ca) fino all'abitato di Sassari (km 209+500 ca). Inserendosi al termine dell'ultimo lotto della Sassari-Olbia l'ammodernamento di questo tratto della SS131 costituisce, di fatto, il completamento del nuovo itinerario della SS729 verso Sassari. Il presente 2° lotto riguarda gli interventi di adeguamento da eseguire nel tratto dal km 202 fino al km 209, che interessano i comuni di Muros e Sassari, essendo il tratto dal km 192+500 al km 198+500 ca oggetto di adeguamento con l'intervento di Piano CA349 (1° lotto) ed il successivo tratto dal km 199+500 al km 202 ca già con sezione adeguata ed accessi regolati.

L'infrastruttura, sia in termini funzionali sia in virtù degli elementi caratteristici della sezione tipo (strada a carreggiate separate da spartitraffico), assolve i compiti di una tipologia B (secondo il DM 05/11/2001). Tuttavia, la presenza di accessi diretti, il modulo ridotto delle corsie, unitamente ad una ridotta dimensione delle banchine laterali e a un'elevata variabilità delle dimensioni dello spartitraffico, ha portato l'ente gestore e proprietario di tale viabilità a inserirla come tipo C nella classifica provvisoria delle strade, con limite a 90 km/h in generale e 80 Km/h nel tratto in oggetto. Questo tratto della SS131 presenta, attualmente, un tracciato non compatibile con i dettami del DM 2001 con riferimento ad un'extraurbana principale, stante gli elementi geometrici quali curve con raggi tra 300 e 500 m, l'elevata tortuosità e la ridotta piattaforma stradale.

Gli interventi generalizzati per la riqualificazione dell'attuale itinerario, volti ad incrementare nel complesso la sicurezza ed il livello funzionale del tratto di infrastruttura, risultano:

- adeguamento della piattaforma stradale alla configurazione minima prevista dal Codice della Strada così come prevista dal D.M. 05/11/2001;
- allargamenti della piattaforma stradale, per garantire le condizioni di visibilità per la distanza di arresto in funzione della velocità di progetto e della pendenza longitudinale (laddove possibile, la visibilità sarà garantita da sbancamenti ovvero da rimodellamento degli elementi di margine in sostituzione delle barriere di sicurezza costituenti ostacolo visivo);
- inserimento di piazzole di sosta lungo il tracciato;
- ricucitura ed adeguamento della viabilità esistente interferita;
- inserimento di segnaletica stradale e barriere di sicurezza.

Attualmente, questo tratto della SS131 presenta in generale diverse tortuosità del tracciato ed una ridotta piattaforma stradale sia all'aperto che in galleria, ove risulta anche una ridotta altezza libera, oltre ad alcuni accessi diretti. Su di esso, l'intervento del Preliminare prevedeva adeguamenti in sede nonché la realizzazione di una variante di tracciato (dal km 203 al km 206 ca) con consistenti nuove opere d'arte all'aperto e gallerie.

Dal punto di vista planimetrico il tracciato è stato studiato in modo da essere per quanto possibile aderente e/o in sovrapposizione con quello esistente. Altimetricamente si prevedono modifiche alle livellette rispetto alla situazione attuale, sia per l'inserimento degli svincoli sia per l'eliminazione dello sfalsamento altimetrico tra le due carreggiate.

I tratti in rilevato/muri sono quindi intervallati da viadotti per la realizzazione di svincoli a livelli sfalsati e ponti per il superamento delle incisioni più importanti.

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, gallerie, trincee e viadotti) 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 Regolamento. Urbanistico*



Fig. 1 - Area di intervento CA 357

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

In prossimità del km 202 (progressiva di progetto km 0+000), inizia l'adeguamento dell'asse principale che procede nel comune di Muros e Sassari fino al km 209 circa (progressiva di progetto km 5+850).

L'infrastruttura è localizzata nella parte Nord della Regione Sardegna e costituisce un importante asse di interconnessione tra il capoluogo Sardo e Iglesias e la costa occidentale sarda

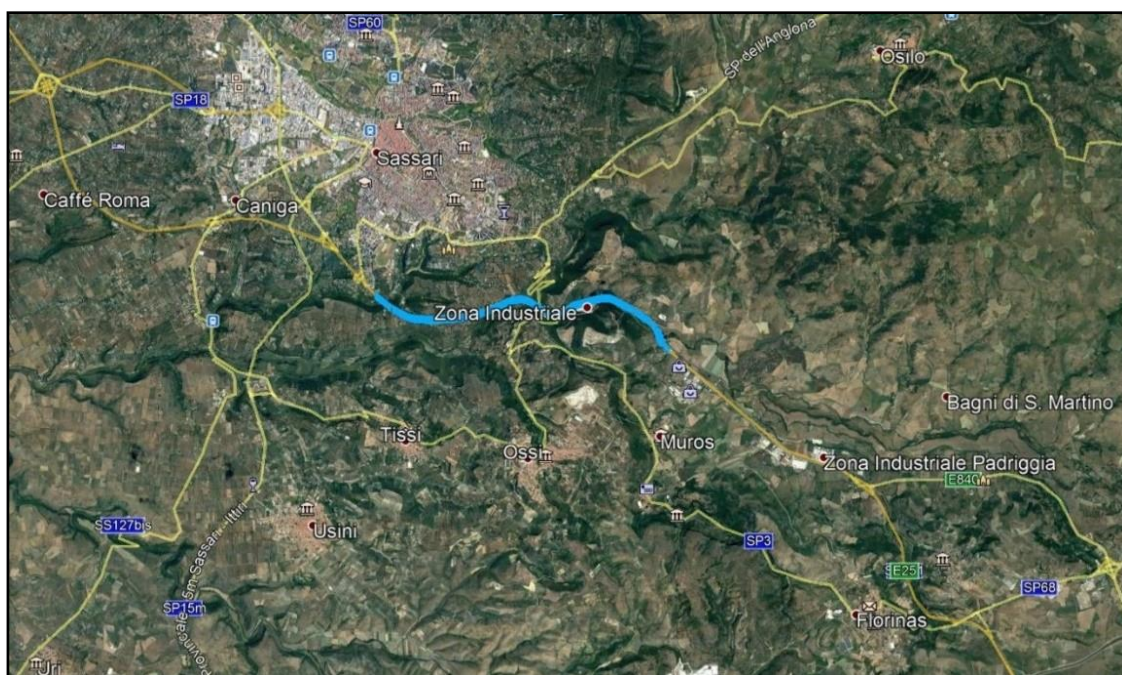


Fig. 2 - Tracciato di progetto su ortofoto.

Da km 202+00 a km 203+00: variante plano-altimetrica in corrispondenza del flesso per adeguamento di raggi e pendenze. In questo tratto si dovrà prevedere il rifacimento della cavalcaferrovia e del viadotto (“Rio Mascari I”) esistenti. Si è tenuto conto della necessità di mantenimento dell’area di servizio esistente. Rispetto al Progetto Preliminare, il tracciato si scosta verso Ovest di una decina di metri, così da poter realizzare il prolungamento della cavalcaferrovia esistente senza interrompere il traffico sulla SS131 e senza interferenze con la struttura esistente. Si ritiene che questa miglioria possa velocizzare le fasi di cantiere ed eliminare i disagi del traffico esistente.

Da km 203+00 al km 206+00: variante plano-altimetrica al fine di eliminare il tratto critico caratterizzato da una successione di curve. In particolare, su questa tratta in variante si prevede la realizzazione dei seguenti interventi:

due nuovi viadotti, Mascari II e III (complessivi 1000 m circa), che sostituiscono gli esistenti sul tracciato dismesso;

- una nuova galleria naturale (circa 1000 m) che supera lato monte il tratto in doppia curva zona cementificio e di Scala di Giocca;

- viadotto Rio Olia 1, in uscita dalla Galleria Pala Soliana, a 3 campate e di lunghezza complessiva 135m circa.
- nuova Galleria artificiale, successivamente al viadotto Olia 1.
- nel tratto del fronte roccioso calcareo Chighizzu il tracciato prevede di affiancarsi dal lato di valle alle gallerie paramassi esistenti.

4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dell'intervento è ubicata sulla zona Sud delle colline di Sassari e del corso idrico **Riu Mascari**. La zona oggetto di intervento è ad una quota variabile di progetto che oscilla tra i 140,00 m e 190,00 m s.l.m., mentre le quote del terreno sono invece comprese tra i 130,00 m e i 300,00 m m.l.m. circa.

L'intera strada è ubicata su un suolo a bassa pendenza, con notevoli variazioni di quota sul fronte a Nord della strada dove si evidenzia la presenza di alte creste che si sviluppano con angoli prossimi ai 90 gradi. Queste strutture molto acclivi sono circondate da deboli rilievi determinati dai depositi alluvionali con incisioni di erosione fluviale, di età olocenica su delle Formazioni Oligo-Miocenica che contornano l'area valliva.


L'intera zona è contraddistinta da una bassa pendenza generale sull'area di altopiano, e delle aree a elevata pendenza che si raccordano alla valle incisa.

L'areale che si sviluppa sui plateau abbastanza marcati sul versante Nord del tracciato stradale sono lievemente in vergenza (7-10 gradi circa) sul lato ad Ovest seguendo l'andamento della stratificazione delle rocce della formazione NTS "Formazione di Montesanto".

Negli altopiani a Nord si sviluppa la città di Sassari, dove le morfologie sono più blande con a margine delle incisioni vallive più marcate nelle litologie tendenzialmente calcaree della formazione geologica presente nell'area.

Dal punto di vista idrografico l'area oggetto di intervento è percorsa da un unico fiume "*Riu Mascari*" e da alcuni affluenti naturali che si originano soprattutto dalle creste dei versanti a Nord Raccogliendo anche l'affluente Riu Fontana Regina che rappresenta la più grande incisione di drenaggio del versante settentrionale. Il Fiume *Riu Mascari* poi si immette poi sul Fiume *Riu Mannu* in prossimità della località scala Bianca.

Ad influenzare principalmente la morfologia dell'area sono stati i processi morfogenetici legati all'azione fluviale del *Riu Mascari* e dei suoi affluenti, le cui incisioni fluviali sono quelle maggiormente rappresentati in affioramento.

Completamento itinerario Sassari – Olbia. Potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2°Lotto” (dal km 202 al km 209)		
CA357	Relazione Geologica	

Le precedenti edizioni della Carta Geologica ufficiale in scala 1:100.000 risalgono a più di 40 anni fa; il vecchio Foglio 1:100.000 ricadente sul nuovo taglio al 1:50.000 è il Foglio 180 “Sassari” curato dal Servizio Geologico d’Italia, mentre il Foglio in scala 1:50.000 è il numero 459 “Sassari”

Il quadrante geologicamente limitrofo a “Sassari” è ubicato nella Sardegna settentrionale nelle regioni storiche della Nurra, Romangia, Logudoro, Anglona e Mejjogu; ricade interamente nella provincia di Sassari e comprende i territori dei seguenti comuni: Alghero, Banari, Cargeghe, Codrongianos, Florinas, Ittiri, Muros, Olmedo, Osilo, Ossi, Porto Torres, Putifigari, Sassari, Sénnorì, Sorso, Tissi, Uri, Usini

Il paesaggio è caratterizzato da una morfologia collinare, in particolare dove affiorano i rilievi del massiccio vulcanico terziario, mentre nella parte centro-settentrionale prevale una morfologia sub-pianeggiante, in corrispondenza delle propaggini meridionali della piana costiera turritana. La quota massima di 557 m s.l.m. si trova nella parte nord-orientale del in regione “Marralzu”, laddove affiorano i massicci vulcanici andesitici di Osilo. Su tali litologie vulcaniche l’erosione selettiva modella le rocce più tenaci dando luogo a forme particolari tipiche dell’area geografica. La morfologia del settore orientale è spesso aspra ed articolata in contrasto con quella dell’area occidentale, caratterizzata invece dall’estesa pianura della Nurra.

La relativa uniformità dell’altezza dei rilievi, che aumenta gradatamente verso E, ed il fatto che alla medesima quota si rinvengono formazioni di età differente, suggeriscono che in passato questo settore sia stato caratterizzato da un’estesa superficie di spianamento. La morfologia attuale sarebbe il risultato della progressiva dissezione di questo altopiano da parte delle acque dilavanti e dei corsi d’acqua. I corsi d’acqua principali ed in particolare il Riu d’Ottava a N, il Riu Mascari al centro e il Riu Mannu nel settore meridionale hanno disseccato profondamente il rilievo, generando in corrispondenza delle formazioni calcaree profonde gole delimitate da pareti verticali e sub-verticali.

Sui terreni più erodibili le valli si ampliano e originano un paesaggio collinare con versanti più dolci e piccoli dossi isolati. Il dilavamento e l’erosione dei corsi d’acqua minori sarebbe invece responsabile dell’erosione della parte alta dell’antico rilievo spianato che è oggi conservato con “cime di uguale altezza”.

Circa un terzo dell’Isola è coperto da sedimenti e vulcaniti del Carbonifero superiore-Permiano, del Mesozoico e del Cenozoico. Le formazioni più rappresentate sono di età miocenica; esse, infatti affiorano con continuità dal Golfo di Cagliari a quello di Sassari e rappresentano da sole oltre la metà degli affioramenti delle coperture post-varisiche. Complessivamente le coperture non metamorfiche hanno una potenza di circa 6000 m; i maggiori spessori sono raggiunti nella “fossa sarda” (Vardabasso, 1962) o “rift sardo” (Cherchi & Montadert, 1982), in realtà costituiti da una serie di bacini sedimentari terziari (Oggiano et al., 2009) che interessano una fascia meridiana, più o meno continua tra il Golfo di Cagliari e quello di Sassari.

Il reticolo idrografico nella parte orientale del Foglio è angolare ed angoloso, secondo direttrici principalmente orientate N-S, NNE-SSW e E-W che seguono verosimilmente faglie minori e soprattutto il campo di fratture.

La differente resistenza all'erosione dei terreni affioranti sui fianchi delle valli ha condotto localmente a differenti tipologie di erosione che in coincidenza della Formazione di Borutta nella sua frazione siltitica è rappresentata di versanti a bassa pendenza e versanti a gradini, mentre nelle litologie della Formazione di Monte Santo si osservano le acclività più marcate come in corrispondenza della Loc. Pala Soliana, in prossimità del tracciato stradale attuale.

La stagione estiva si estende da maggio a settembre ed è generalmente secca, con temperature molto variabili. In trent'anni di osservazioni le medie dei valori stagionali indicano che:

- il mese più secco è luglio, quelli più piovosi novembre-dicembre;
- la temperatura media dell'area risulta pari a 10°, 17°, 23° e 14°, rispettivamente per inverno, primavera, estate ed autunno;
- il mese più caldo è agosto, il più freddo gennaio;
- il regime dei venti mostra prevalenze dai quadranti settentrionali.

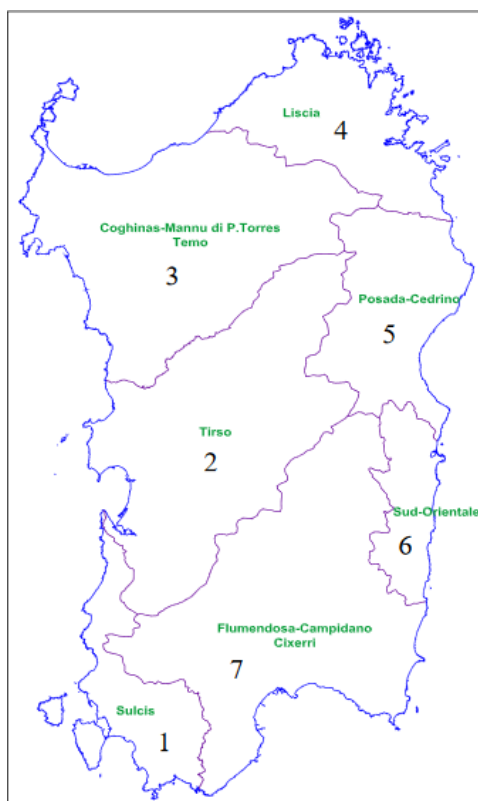
La vegetazione presenta una scarsa variabilità dovuta alla ridotta differenza altimetrica; l'associazione vegetale più rappresentata è la macchia mediterranea costituita prevalentemente da arbusti sempreverdi, talora degradati per espansione urbana, pascolo intensivo ed incendi.

La frammentazione fondiaria, con sistemi particellari complessi, segna non solo dal punto di vista vegetazionale e agronomico il sistema naturale tutto, generando l'attuale tessitura del paesaggio.



Fig. 3 - Tipologia di scarpata della Formazione "Monte Santo"

I tipici rilievi della zona di Florinas e Codrongianos sono contraddistinti da una "giovane erosione" dei versanti con aree di acclività accentuata e giaciture a reggipoggio ed aree a bassa acclività dei versanti con geometrie e giaciture di direzione variabile.



- Delimitazione dei Sub-bacini Regionali Sardi -

All'interno del sub-bacino, l'area in studio ricade nell'Unità Idrografica Omogenea del Choghinas-mannu di p.torres termo, tra le più estese tra le U.I.O. individuate.

L'intera area di Sassari e le aree collinari di Codrongianos e Florinas sono percorsa da una linea di deflusso naturale con tipiche geometrie meandriche di fondovalle.

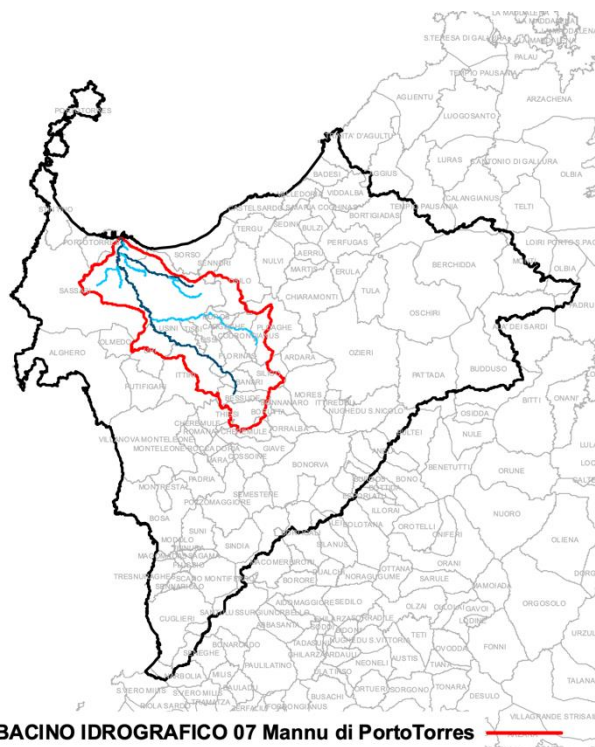
Il Riu Mannu di Porto Torres è il corso d'acqua principale dell'area di studio è considerabile a regime torrentizio che scorre in provincia di Sassari.

Situato nell'estremità nord occidentale della Sardegna, Il Riu Mannu di Porto Torres attraversa la Provincia di Sassari. Nasce dal Monte sa Figu (m 376) e sfocia nel Golfo dell'asinaro presso la spiaggia della Marinella a Porto Torres. È considerato un corso d'acqua naturale di primo ordine in quanto recapita la propria acqua direttamente in mare ed ha un bacino imbrifero con una superficie maggiore di 200 km. Il bacino inoltre si estende nell'entroterra per 671,32 kmq. È caratterizzato da un'intensa idrografia dovuta alle varie tipologie rocciose attraversate.

Il bacino del Riu Mannu di Porto Torres si sviluppa in una vasta area della Sardegna nord-occidentale all'interno dell'area denominata Fossa Sarda, la quale è stata interessata in diversi periodi da ripetute trasgressioni e regressioni marine e da numerose manifestazioni vulcaniche.

A seguito dei movimenti che hanno dato origine alla Fossa Sarda, questo territorio è stato invaso dal mare e ricoperto da imponenti coltri sedimentarie dalla cui emersione si è originato un esteso

altopiano. L'area nel quale si sviluppa il corso d'acqua è caratterizzata da una serie di colline di media altezza, da falsipiani e tavolati modellati nei sedimenti calcarei di età Miocenica.



SUB-BACINO 03
Coghinas-Mannu di Porto Torres-Temo

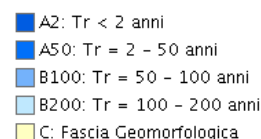
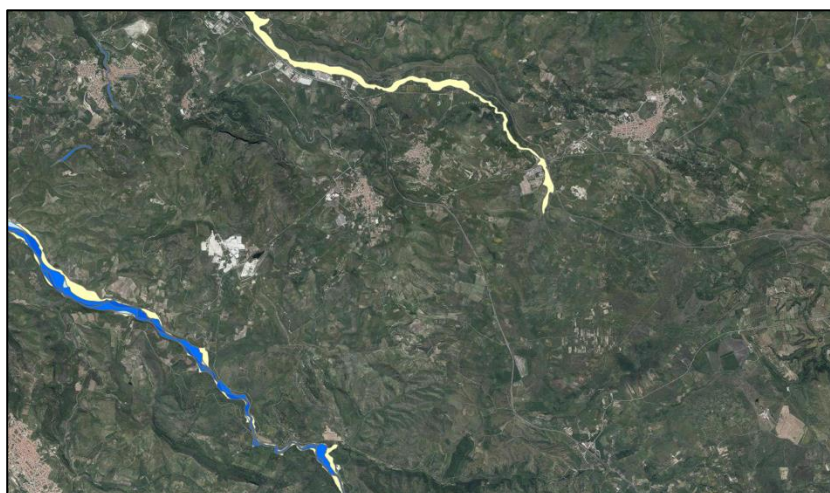
BACINO IDROGRAFICO 07 Mannu di Porto Torres

Dall' atlante cartografico delle fasce fluviali - sub bacino 03 coghinas – mannu di porto torres - temo bacino idrografico del fiume mannu di porto torres Riu Mannu 701 (di porto torres).

ISTAT	COMUNE	TOPONIMO	TAVOLA
090007	BANARI	Riu Mannu 701	MA013
			MA014
090010	BESSEDE	Riu Mannu 701	MA014
090022	CARGEGHE	Riu Mòscari	MA021
090026	CODRONGIANUS	Riu Mòscari	MA022
			MA023
			MA024
			MA012
090029	FLORINAS	Riu Mannu 701	MA013
090033	ITTIRI	Riu Mannu 701	MA010
			MA011
			MA012
090043	MUROS	Riu Mòscari	MA020
			MA021
			MA022
090051	OSSI	Riu Mannu 701 Riu Mòscari	MA011
			MA012

			MA019
			MA020
090057	PLOAGHE	Riu Mòscari	MA023
			MA024
090058	PORTOTORRES	Riu Mannu 701 Fiume 128	MA001
			MA002

Stralcio delle fasce fluviali così come indicate studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello studio denominato progetto di piano stralcio delle fasce fluviali della autorità di Bacino della Regione Sardegna.



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

Nello specifico dell'intervento in progetto, particolare importanza assume naturalmente la presenza del Riu Mascari, che si pone nella parte di fondovalle e di congiunzione tra i due comuni di Muros e Sassari.

Pur non avendo a disposizione materiale cartografico e/o fotografico antecedente al 1968, è evidente che il tracciato idrografico è tipicamente meandriforme e rispetta il tracciato originale e naturale.

Chiaramente alcune modifiche sul tracciato del Riu Mascari si sono rese necessarie per contenere le interferenze con la rete stradale attuale locale.

Il Torrente Riu Mascari dimostra di essere comunque un corso idrico di secondaria incidenza sul reticolo idrografico.

Nonostante la sua generale naturalità e la carenza di opere di contenimento o interventi di sistemazione idraulica, non vi sono aree di criticità idraulica evidenziate sia nel corso dell'elaborazione del P.A.I., sia nella perimetrazione delle aree allagabili definite nel Piano delle Fasce Fluviali.

Le porzioni di tracciato ricadenti nei territori di Muros e a sud di Sassari non presentano aree con pericolosità idrauliche.

Si è proceduto quindi ad un rilievo delle forme 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 forme morfologiche, individuando 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.

I processi geomorfologici antichi e recenti consentono di individuare due grandi raggruppamenti di litologie:

- Successione sedimentaria oligo-miocenica (Terziario)
- Complesso vulcanico oligo-miocenico (Terziario)

L'assenza di nette variazioni morfologiche dei luoghi, direttamente connessa con la predominanza di fenomeni deposizionali di tipo alluvionale e di depositi di versante che spesso derivano dall'alterazione del substrato roccioso.

In particolare, dagli strumenti urbanistici emergono indicazioni di pericolosità geomorfologica per i versanti posti sul lato Sud dell'abitato di Sassari a ridosso delle valli incise dal Riu Mascari. I versanti vengono collocati dalle indicazioni del PAI con pericolosità di frana che oscillano tra gli Hg0 e gli Hg4.

La porzione di versante maggiormente suscettibile a fenomeni di instabilità del versante è quella sul versante inciso dal Riu Mascari tra le due gallerie in progetto esattamente a Sud dell'abitato di Sassari in cui sono state riconosciute classi di pericolosità che oscillano tra gli Hg3 e gli Hg4; In tale area la tratto stradale in progetto si poggia direttamente su brecce di versante cementate derivanti da processi di disfacimento del versante contemporaneamente all'azione erosiva del Riu Mascari, pertanto si tratta di un'area sottoposta ad un elevato grado di instabilità. Pericolosità evidenziate dal PAI ad Hg3, sono anche quelle in prossimità del versante dove è in progetto la galleria Pala Soliana e Chighizzu, nel quale a seguito del rilievo di campagna e dall'analisi delle cartografie esistenti risultano presenti depositi di versante lungo il pendio descrivendo così un'area soggetta ad instabilità e crolli di materiale litoide.

Le aree a pericolosità sono state così descritte dalla Piano di assetto idrogeologico della Regione Sardegna: pericolosità da frana molto elevata (Hg4), elevata (Hg3), media (Hg2) e moderata (Hg1).

Le indicazioni di pericolosità sono state individuate negli studi dall'interpolazione delle pendenze con le aree soggette ad alterazione, infatti le aree più acclivi sono state evidenziate con pericolosità.



– Immagini aeree dell'intorno Codrongianos-Florinas (foto a sinistra 2016) e foto stato attuale e (foto a destra 1968) con variazioni delle aree vegetate e delle aree urbanizzate.

(Fonte: <http://www.sardegnageoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai-sardegnaportale>) -

I risultati dei rilievi geomorfologici sono stati sintetizzati nella cartografia geomorfologica a scala 1:2.000.

Le osservazioni di dettaglio in ambito geomorfologico hanno permesso un rilevamento delle scarpate di primo e di secondo ordine oltre ad una vasta distinzione delle aree soggette ad alterazione del substrato roccioso e alle aree con presenza di alterazioni anche rilevanti degli stati superficiali.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in studio è localizzata nel settore settentrionale della pianura del Sassari, 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 Settentrionale 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.

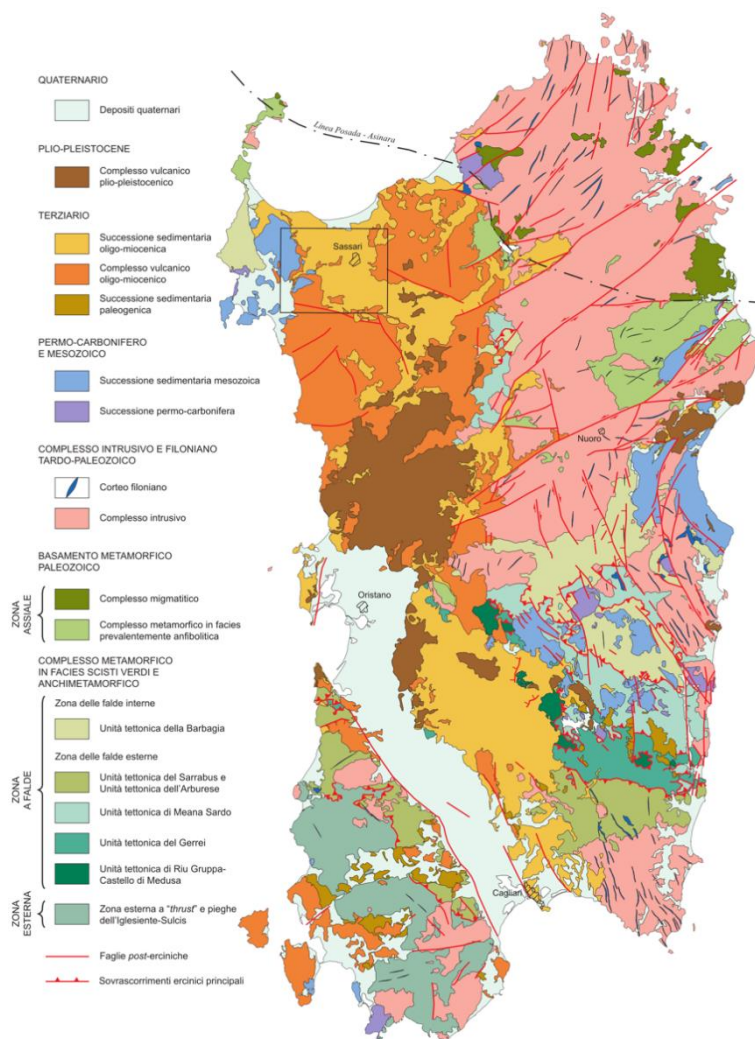
La formazione dell'ampia depressione campidanese si deve invece a un'intensa tettonica disgiuntiva verificatasi durante il tardo Terziario, soprattutto dopo il Messiniano, nell'ambito della formazione del bacino marino tirrenico, che ha provocato lo sprofondamento di un ampio settore della Sardegna

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 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, come sopra descritto.

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 di Sassari.

Il basamento sardo è un segmento della catena ercinica sud-europea che dalla maggior parte degli Autori è considerata una catena collisionale, con subduzione di crosta oceanica e metamorfismo di alta pressione a partire dal Siluriano, e collisione continentale con importante ispessimento crostale, metamorfismo e magmatismo durante il Devoniano e il Carbonifero.



Schema strutturale della Sardegna. Il rettangolo indica l'ubicazione del foglio 459 "Sassari". La porzione di nostro interesse occupa la porzione Sud Est del quadrante indicato.

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–quaternaria 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). Il substrato litoide su cui poggia la sequenza clastica plio–quaternaria 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).

I depositi più diffusi, riferiti al terziario, sono rappresentati da vulcaniti e da sedimenti clastici e carbonatici. Le vulcaniti sono costituite da lave andesitiche alternate a flussi piroclastici saldati e non saldati a chimismo riolitico-riodacitico. Questi prodotti vulcanici occupano principalmente vaste porzioni del settore sud- occidentale e nord-orientale del Foglio e, con limitati affioramenti, piccole aree della parte centrale. I depositi sedimentari rappresentano la maggior parte dei terreni affioranti nelle porzioni centro-meridionale e settentrionale; sono costituiti da facies sedimentarie di ambiente transizionale e marino. Seguono i depositi del Plio-Quaternario; se si eccettuano alcune limitate colate di basalti alcalini del ciclo plio-pleistocenico, essi sono in prevalenza clastici con differenti facies deposizionali principalmente di ambiente continentale, presenti sia nell'entroterra dove marcano la fisiografia della rete idrografica attuale, sia in prossimità dell'area costiera che delimita il foglio a N (Porto Torres) e a SW (zona di Alghero).

Sono di notevole interesse alcuni aspetti di geologia applicata. Infatti, è diffusa l'attività estrattiva sia di cava sia di miniera, nell'ambito dei minerali industriali. Nel bacino estrattivo di Florinas si coltivano le sabbie silicee e quarzoso-feldspatiche; nelle successioni del Mesozoico presso Olmedo viene estratta la bauxite, sempre dai calcari mesozoici vengono ricavati granulati per usi civili. Le vulcaniti cenozoiche ospitano giacimenti di bentonite presso Uri e Olmedo. Inoltre sia le successioni mioceniche che quelle mesozoiche ospitano ingenti risorse idriche sotterranee.

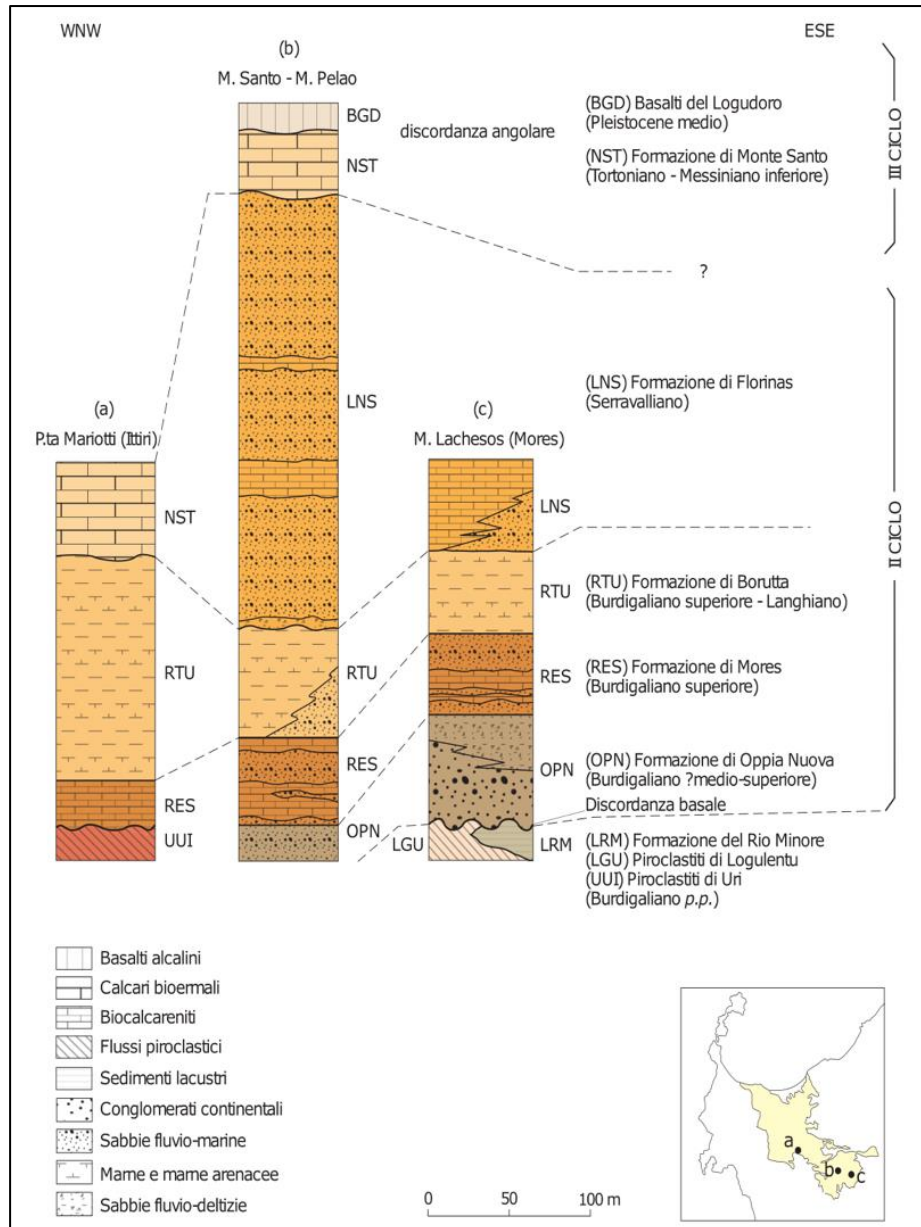
COPERTURE MESOZOICHE E LORO QUADRO GEODINAMICO

Le coperture mesozoiche della Sardegna comprendono le formazioni triassiche, trasgressive sulla Catena ercinica peneplanata, e le successioni del Margine continentale sud-europeo instauratosi a partire dal Giurassico medio. In Nurra e nel Sulcis la successione trasgressiva triassica è caratterizzata da “facies germaniche”. Sui depositi continentali (Buntsandstein) poggia una successione carbonatica di ambiente neritico (Muschelkalk) seguita da sedimenti di ambiente evaporitico (Keuper).

Nella Sardegna centro-orientale il Triassico è poco rappresentato; ciò sembra suggerire, in questa zona, l'esistenza di un alto strutturale. In Corsica si rinviene una successione stratigrafica analoga (DURAND DELGA, 1978) come anche più a Nord nel Dominio brianzone, ove un alto strutturale ha separato il Dominio piemontese dal Dominio delfinese tra il Lias medio e il Dogger.

Solo nel Giurassico medio, con l'apertura dell'Oceano ligure-piemontese e l'impostazione del margine passivo sud-europeo, la Sardegna subisce una generale trasgressione che porta all'instaurazione di un'ampia piattaforma carbonatica (FOURCADE et alii, 1977; SCHNEIDER, 1978;

FAUR & PEYBERNÈS, 1983). Tuttavia, tra le successioni mesozoiche della Sardegna occidentale ed orientale esistono importanti differenze che riflettono una paleogeografia complessa ed articolata e che avevano portato a sostenere l'esistenza di due bacini separati da una dorsale ad andamento meridiano



- Schema delle formazioni e delle successioni locali delle formazioni geologiche presenti nella zona di Sassari

5.1 Stratigrafia

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

DEPOSITI DI VERSANTE (A)

Gli affioramenti più estesi si rinvencono a ridosso dei rilievi carbonatici. Si tratta di depositi in genere monogenici ed eterometrici, con clasti spigolosi o scarsamente elaborati da una notevole matrice fine, accumulati essenzialmente per gravità alla base dei versanti. Di solito la cementazione è scarsa e sono in parte coperti da vegetazione.

Nell'area di indagine tali depositi si osservano ai piedi dei versanti, in particolare agli ingressi della galleria Chighizzu e Pala Soliana. Nel tratto di strada compreso tra le due gallerie si trova una estesa area coperta da depositi di versante provenienti dalla parete rocciosa che fiancheggia l'asse stradale.

L'età di questi depositi è riferita all'Olocene.



Affioramento breccie cementate osservate durante la campagna di rilevamento nel tratto stradale compreso le due gallerie in progetto (Vedi scheda rilievo geologico 3)



Depositi di versante al disotto del viadotto sul Rio Giuncheddu (Scheda di rilevamento 4)

DEPOSITI ALLUVIONALI (B)

L'area è solcata da numerosi corsi d'acqua tributari del Riu Mannu, tra cui: il Riu Mascari, il Riu Olia e Riu Giuncheddu.

L'alveo di questi corsi d'acqua, come la maggior parte dei torrenti dell'area, è interessato durante la maggior parte dell'anno da scorrimento idrico estremamente esiguo, che viene fortemente attivato durante gli eventi piovosi eccezionali.

Nei piccoli corsi d'acqua affluenti di quelli sopraccitati, i depositi alluvionali sono sempre di modesto spessore e spesso affiora il substrato roccioso.

I depositi sono costituiti da ghiaie e sabbie grossolane (ba). Verso valle gli alvei sono più ampi, e sulla pianura di esondazione prevalgono i sedimenti fini, costituiti da sabbie con rare ghiaie (bb). Le strutture sono rappresentate da stratificazione piano parallela o incrociata concava, con riempimento di canali a bassa profondità e interessati localmente da migrazione laterale.

Lo spessore di questi sedimenti, difficilmente valutabile, è nella maggior parte dei casi intorno a qualche metro. Olocene

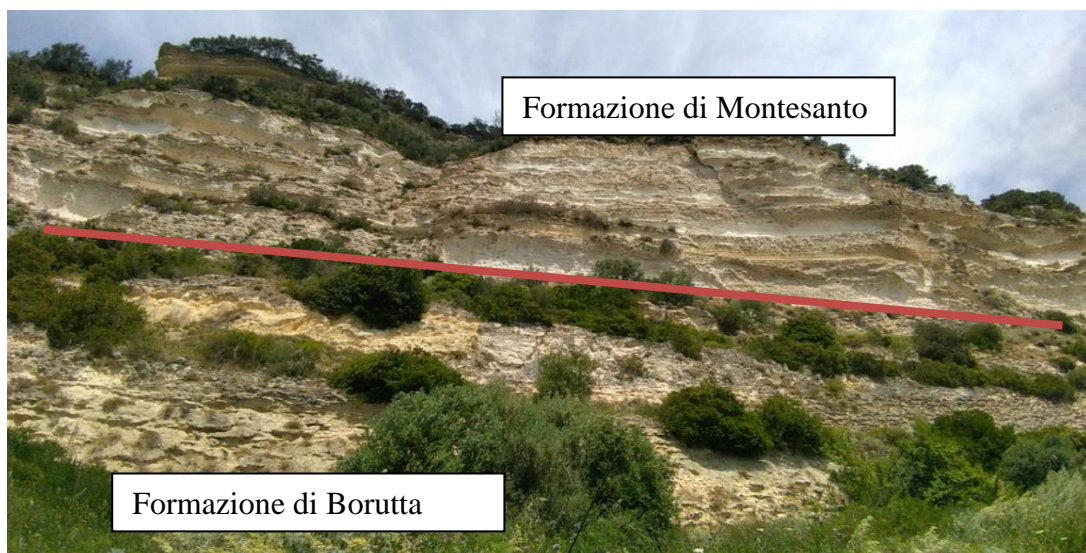
FORMAZIONE DI MONTE SANTO (NST)

Si tratta di calcari che mostrano una larga variabilità di facies e giaciture; poggiano, talora in eteropia, sia sulle marne della formazione di Borutta (RTU), che sulle sabbie della formazione di Florinas (LNS), mentre a Ittiri poggiano direttamente sulle vulcaniti. In genere gli affioramenti sovrastanti la formazione di Florinas sono grainstone che denotano elevata energia, presentano stratificazione incrociata o clinoforni, presenza di abbondanti alghe calcaree (*Rodophyllum* e *Lithophyllum*) talvolta in accumuli di algal ball, oltre a coralli del genere *Tarbellastrea* e *Porites* (NST).

Tra i componenti dell'abbondante paleofauna si rilevano gasteropodi, lamellibranchi, resti di echinidi, macroforaminiferi dei generi *Heterostegina* e *Amphistegina*.

La formazione di Montesanto affiora dalle progressive 4+000 fine a fine tracciato e si trova a contatto con le marne della Formazione di Borutta. Tale Formazione di presenta differenziata da tratti a minore consistenza, alternando così, facies calcaree bioclastiche consistenti, che compongono la parete rocciosa che costeggia l'asse stradale e soggetta alla perforazione della galleria Chighizzu, e tratti composti da sabbie calcaree meno consistenti riscontrate dai sondaggi verticali eseguiti lungo l'asse stradale in progetto.

Non essendo datata paleontologicamente, la formazione di Monte Santo viene attribuita, su basi stratigrafiche e per analogia litologica, con i depositi sommitali affioranti nelle colline di Cagliari (calcari di Cagliari, BARCA et alii, 2005) POMESANO CHERCHI (1971) e MAZZEI & OGGIANO (1990) attribuiscono dubitativamente la parte alta della formazione di Monte Santo al Tortoniano-Messiniano pre-evaporitico.



Parete rocciosa affiorante lungo il tratto stradale nel quale si vede il contatto stratigrafico tra la formazione di Montesanto e la Formazione di Borutta



Formazione di Montesanto osservabile all'uscita della galleria Chighizzu esistente

FORMAZIONE DI FLORINAS (LNS)

Questa unità affiora in un'area compresa fra Ossi e Florinas e a SE di Sassari. È costituita da arenarie silicee di colore bianco, poco o nulla cementate, con siltiti scure alla base, di ambiente fluviomarino, organizzate sovente in strutture tipo Gilbert (MARTINI et alii, 1992).

La composizione mineralogica di queste sabbie è formata esclusivamente da quarzo, feldspato potassico e da una matrice caolinica derivata probabilmente dall'alterazione dei feldspati in clima caldo ed in ambiente ben drenato. I clasti sono generalmente rappresentati da granuli monofasici con rare inclusioni. L'unità poggia sulle marne della formazione di Borutta (RTU) ed è ricoperta in concordanza, talora con passaggi eteropici, dalla formazione di Monte Santo (NST).

La Formazione di Florinas, lungo il tratto di strada in progetto, affiora in contatto stratigrafico sulla Formazione di Borutta nel tratto interessato dalla Galleria Pala Soliana.

Alla formazione di Florinas viene attribuita al Serravalliano.

FORMAZIONE DI BORUTTA (RTU)

La formazione, conosciuta in passato anche come unità marnoso-arenacea (MAZZEI & OGGIANO, 1990), affiora dalle progressive 1+600 fino a fine tracciato. È costituita da una fitta alternanza di marne, marne arenacee, calcareniti e siltiti di colore da grigio-bruno a biancastro-giallastro.

Nella parte alta della formazione sono presenti anche livelli più francamente carbonatici; negli strati marnosi si osservano talvolta nuclei più compatti e duri che presumibilmente rappresentano prodotti da diagenesi differenziata. Le facies più arenacee contengono elementi di quarzo e muscovite e sono molto ricche in bioturbazioni, sia sui singoli piani di strato che ortogonalmente a questi, come è particolarmente evidente lungo la ferrovia Sassari-Sorso ed a Scala di Giocca.

Il contenuto fossilifero è abbondante ed è rappresentato soprattutto da echinidi (*Opissaster* sp., *Echinometra* sp., *Spatangus* sp., *Schizaster* sp.) in prevalenza spatangoidi, bivalvi (*Chlamys* e *Amusium*), gasteropodi (*Conus* sp.), pteropodi, foraminiferi planctonici e ostracodi.

In base alla associazione faunistica l'ambiente deposizionale è da riferire alla piattaforma esterna.

Gli spessori in affioramento, osservabili nelle profonde valli a S di Sassari, possono superare i 100 m.

Verso l'alto si passa alle arenarie quarzoso-feldspatiche della formazione di Florinas (M. Mannu, Scala di Giocca), o direttamente ai calcari della formazione di Montesanto; Tali contatti sono ben visibili nei pressi dei rilievi su cui sono progetto le gallerie e rispettivamente per la Galleria Pala Soliana e Chighizzu.

La datazione è confermata da FRANCOLINI (1994) che individua nelle marne e nelle marne arenacee presso Sennori, il Langhiano basale (parte basale della zona a *Sphenolithus heteromorphus*) e forse il Burdigaliano superiore (parte superiore della zona a *Sphenolithus heteromorphus* - *Helicosphaera ampliapertura*). BOSSIO et alii (2006), utilizzando i foraminiferi planctonici, attribuiscono, in base al ritrovamento della zona a *Globigerinoides trilobus*, la sequenza marnosa affiorante sempre nei dintorni di Sennori al Burdigaliano superiore.



Affioramenti della formazione di Borutta osservati sull'area di rilevamento E

UNITA' DI MONTE SA SILVA (ILV)

Si tratta dei depositi vulcanici più recenti presenti nell'area dei dintorni di Sassari. Sono costituiti da piroclastiti di flusso pomiceo-cineritiche, di colore grigio-biancastro, non saldate, ricche di fenosclasti (Plagioclasio, quarzo e biotite), con litici di vulcaniti prevalentemente centimetrici ma che localmente raggiungono i 3-4 cm, pomici mediamente centimetriche fino a 4-5 cm.

Le piroclastiti si presentano per lo più massive, solo occasionalmente mostrano livelli grossolanamente stratificati. Il loro chimismo è riolitico.

Dagli affioramenti osservati durante il rilievo di campagna, si identificano delle stratificazioni piano parallele, ceneri in deposito massivo alla base, competenti cineriti a grana fine con sporadici lapilli centimetrici alla sommità con stratificazione sub-orizzontale.



Depositi di flusso piroclastico osservati in sito – è osservabile l'alternanza di strati massivi e strati a stratificazione piano-parallela

5.2 Tettonica

L'evoluzione tettonica dell'area in studio, a partire dal Cenozoico, è caratterizzata da un vulcanismo da alcalino a transizionale e da potenti depositi conglomeratici che testimoniano una significativa attività tettonica in questo periodo (Carmignani et al., 2001).

I principali lineamenti strutturali dell'intorno di Sassari derivano dalla evoluzione stratigrafica e tettonica oligo-miocenica, responsabile dello sviluppo dei bacini del Logudoro e di Porto Torres e dell'intenso vulcanismo calcocalino.

Solo nel settore occidentale acquistano rilevanza anche strutture riconducibili a tettonica di età mesozoica. Tuttavia gran parte delle strutture tettoniche presenti nel Foglio sono difficilmente rilevabili in campagna poiché in prevalenza sono sigillate dalle coperture vulcaniche e soprattutto sedimentarie mioceniche. Ad esempio, faglie di discreta importanza, come quella presso la località Nalvonazzos che isola presumibilmente un alto strutturale, per la gran parte sono state sepolte dai flussi piroclastici terziari.

Pertanto, se da un lato la comprensione dei modelli cinematici e la loro collocazione in un corretto quadro geodinamico è da considerarsi soddisfacente, rimane difficile documentare e descrivere le singole strutture per via dei vincoli suddetti.

Si distinguono alcune fasi della tettonica che ha coinvolto la regione Sardegna, se ne elencano le fasi:

TETTONICA MESOZOICA

Movimenti tettonici in regime distensivo, ai quali è legata l'emersione della piattaforma carbonatica, sono riferiti all'Albiano anche sulla base di correlazioni con i movimenti tettonici della Provenza (movimenti bedouliani).

Sono caratterizzati da faglie normali con direzione principale ENE-WSW che hanno riattivato discontinuità tardo-varisiche del basamento.

Tali faglie hanno sollevato il settore nord-occidentale della piattaforma carbonatica mesozoica causandovi, alla fine del Cretacico superiore, la formazione di alti strutturali e l'erosione dei depositi del Giurassico superiore e del Cretacico inferiore. In questo modo la successione carbonatica mesozoica ha iniziato a presentare spessori via via decrescenti verso NW fin dalla fase emersiva mesocretacica.

In miniera sono attribuite a questa fase tettonica le faglie sigillate dall'orizzonte bauxitico; in questo modo l'età della deformazione viene confinata alla parte terminale del Cretacico inferiore (Aptiano terminale).

Nel Cretacico superiore sono descritte due fasi tettoniche, di cui la più antica a carattere transpressivo, caratterizzata da faglie trascorrenti sinistre con associate pieghe blande a direzione NNW-SSE e faglie normali orientate NE-SW.

Una struttura importante legata a questa tettonica è la faglia di Nalvonazzos (FNS in tav.10), nota anche come “accidente tettonico di Su Zumbaru - Mamun- tanas” (SANNA & TEMUSSI, 1986). La faglia decorre da località Nalvonazzos di Uri sino ad oltre Mamuntanas nei quadranti sud-occidentali del Foglio, sebbene, come accennato in precedenza, gran parte di essa non affiora in quanto sigillata dai flussi piroclastici miocenici

Questa struttura ha prevalente componente trascorrente sinistra, cui si associa una componente secondaria normale con rigetti verticali dell'ordine del centinaio di metri. È responsabile del sollevamento della piattaforma carbonatica posta a SE, che probabilmente è rimasta emersa anche durante il Cretacico superiore; infatti a S della faglia di Nalvonazzos non si trovano mai sedimenti trasgressivi di tale epoca.

Completa il quadro della tettonica mesozoica una fase tettonica distensiva del Cretacico terminale.

Strutture riferibili a questa tettonica sono alcune faglie dirette ad alto angolo, di direzione NE-SW ed immersione verso NW (FBR: faglie di Brunestica,), che si osservano in affioramento per circa 2 km nell'intorno della miniera di bauxite di Olmedo. Queste faglie presentano disposizione a gradinata, con rigetti verticali di alcune decine di metri (come messo in evidenza dalla geometria degli affioramenti della formazione di Grascioleddu). Le faglie di Brunestica, dirette NE-SW, si interrompono su strutture coniugate dirette circa N-S; entrambi i sistemi di faglie sono sigillati dai flussi piroclastici miocenici.

TETTONICA CENOZOICA

FASE TETTONICA POST-CRETACICO SUPERIORE E PRE-IGNIMBRITI

Tra il Cretacico superiore e il Miocene medio si sono sviluppate diverse fasi tettoniche che tradizionalmente vengono riferite genericamente alla fase “Pirenaica” (CHERCHI & TROMOLIÈRES, 1984).

Le pieghe principali generate da tale tettonica hanno direzione assiale circa NE-SW e mostrano un raccorciamento con direzione circa N140E, differente da quello riferito alla fase pirenaica nella Sardegna sud-occidentale (BARCA & COSTAMAGNA, 1997; CARMIGNANI et alii, 2004).

Non essendoci marker stratigrafici che possano vincolarla, sia inferiormente sia superiormente, tale tettonica, oltre che alla fase Pirenaica, potrebbe essere attribuita al Cretacico superiore o anche all'Oligocene-Aquitano.

In questo secondo caso sarebbe riferibile alla collisione appenninica, che nella Sardegna orientale ha generato importanti faglie trascorrenti sinistre con associate fasce transpressive (CARMIGNANI et alii, 1994a; 1995; OGGIANO et alii, 2009).

A questa fase tettonica sono attribuibili le pieghe che interessano le successioni mesozoiche. Particolarmente evidenti sono l'anticlinale di Campanedda (ACP in tav.10), nel settore nord-occidentale del Foglio e la sinclinale di Serralonga (SSN in tav.10), presente nella stessa area, ad E

di M. Nurra tra casa Migheli e Casa Bazzoni. Si tratta di strutture a piano assiale verticale ed asse sub-orizzontale orientato da NE-SW a NNE-SSW con debole immersione assiale verso NE.

L'anticlinale di Campanedda non mostra alcuna espressione morfologica, in quanto l'area risulta completamente peneplanata, presenta al nucleo i sedimenti triassici del Keuper, attraversati in sondaggio per circa 300 m (*POMESANO CHERCHI, 1968*), sovrastati da calcari e dolomie giurassici della formazione di Monte Zirra. Verso NE l'anticlinale viene intersecata da una faglia diretta, ad andamento N-S, che interrompe la continuità dei depositi triassici e di quelli giurassici più antichi.

Anche la sinclinale di Serralonga, a causa della peneplanazione dell'area non ha evidenze morfologiche; presenta un'estensione complessiva in affioramento di circa 3 km. È ben cartografabile per la presenza del livello-guida costituito dalla formazione di Grascioleddu, che separa la formazione di Punta Cristallo dalla formazione di Capo Caccia.

FASE TETTONICA OLIGO-AQUITANIANA

Questa fase tettonica si manifesta con faglie trascorrenti sinistre di direzione ENE-WSW. Ad essa sono legati i bacini transtensivi (*CARMIGNANI et alii, 1994a; OGGIANO et alii, 1995; PASCI et alii, 1998*), le strutture transpressive e quelle ad esse correlate.

Nell'area rilevata le manifestazioni legate a tale tettonica sono mascherate sia dai flussi piroclastici successivi, sia dai sedimenti trasgressivi post-burdigaliani. Tuttavia non si può escludere che alcune faglie con direzione ENE-WSW rappresentino la riattivazione di faglie precedenti e siano legate a tale tettonica.

FASE TETTONICA DISTENSIVA DEL BURDIGALIANO

Questa fase tettonica distensiva riveste notevole importanza nella strutturazione definitiva di questo settore dell'Isola. Infatti ad essa è riferibile il generale tilting verso NE del blocco crostale della Nurra, ben deducibile dall'immersione orientale sia delle strutture planari e lineari del basamento che degli assi delle pieghe che interessano le successioni mesozoiche nel settore occidentale dell'area di interesse.

Le strutture più importanti legate a tale fase distensiva sono rappresentate dalle faglie ad orientazione NNW-SSE che generano l'approfondimento del bacino di Porto Torres verso E.

Sempre durante questa fase devono essersi attivate le faglie coniugate ad orientazione E-W o WNW-ESE, come la Faglia di San Martino e altre faglie ad orientazione E-W che affiorano nel settore meridionale del Foglio, responsabili del trasferimento dell'estensione dal Bacino di Porto Torres al Bacino del Logudoro. Come accennato gran parte di queste strutture sono sepolte al di sotto delle successioni sedimentarie mioceniche.

FASE TETTONICA DEL SERRAVALLIANO

Durante il Serravalliano una fase tettonica distensiva si è manifestata con l'attivazione di faglie ad orientazione prevalente E-W.

Tale tettonica ha generato alti strutturali collocati a S del Bacino del Logudoro ed in parte ha riattivato le faglie della zona di trasferimento tra i due bacini. La manifestazione più evidente di tale tettonica è la discordanza tra la formazione di Monte Santo (NST) e le marne della formazione di Borutta (RTU), ben osservabile in località Badde Sant'Andria.

La struttura cartograficamente più significativa è la Faglia di Ittiri (*FUNEDDA et alii, 2000; FIT*), una faglia normale, di direzione circa E-W, subverticale, immergente verso N, con rigetti verticali di ordine ettometrico.

FASE TETTONICA DEL PLIOCENE

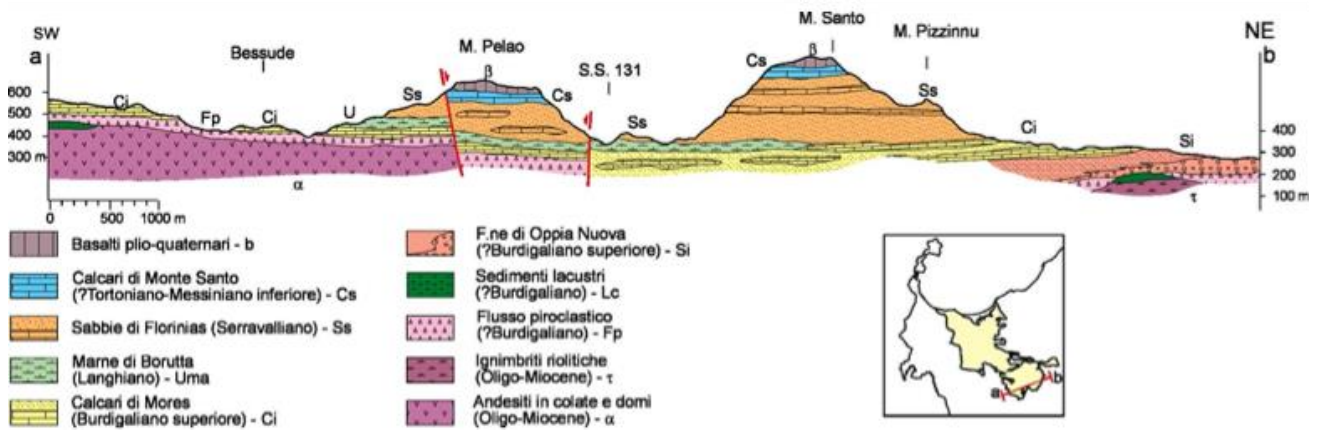
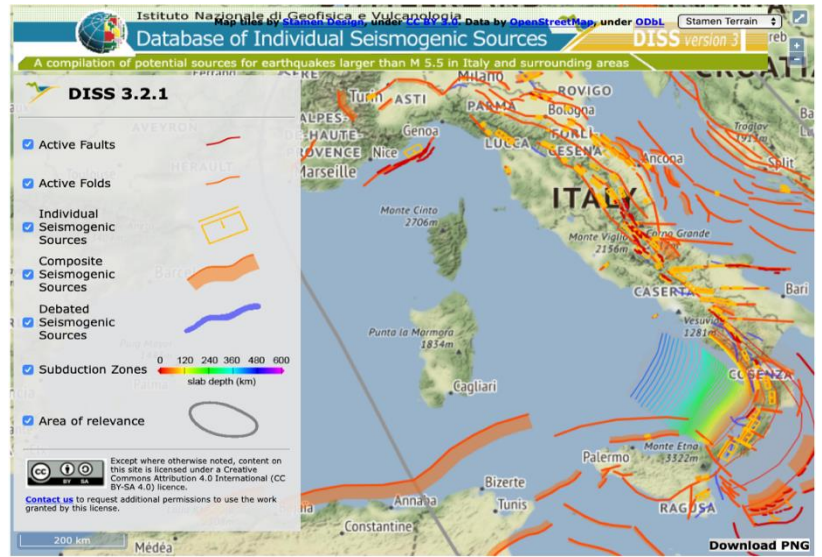
Questa fase tettonica, a carattere distensivo, è responsabile del sollevamento recente della regione e si manifesta con faglie dirette e sollevamenti in blocco.

Le faglie hanno spesso andamento meridiano ed in genere agiscono riattivando faglie precedenti con differenti direzioni, e generando depressioni ad andamento N-S ed ENE-WSW all'interno delle quali si conservano vulcaniti mioceniche e depositi clastici del Miocene superiore.

Queste faglie controllano anche il sollevamento post-Messiniano di questo settore dell'Isola, che deve essere stato attivo fino al Pleistocene, come documentato dall'inversione del rilievo determinata dalle colate basaltiche pleistoceniche nell'area del Rio Coloru (*MARINI & MURRU, 1983*).

Nel Foglio tale fase tettonica è testimoniata da una faglia diretta subverticale di direzione N-S (Faglia del Rio Barca, FRB), che ad E di Sassari mette in parte a contatto, presumibilmente riattivando una struttura più antica, i depositi carbonatici delle formazioni di Mores e di Monte Santo lungo Valle Barca.

Alla stessa fase tettonica appartengono, inoltre, le faglie ad andamento NW-SE presenti tra Ittiri e Usini con immersione ad alto angolo verso NE (Faglie di Serra Orzu e Su Vincoladu, rispettivamente FSO e FSV) e la faglia che con immersione verso W disloca le unità vulcaniche ad Est di Uri (Faglia di Monte Ladu, FML).



- Stralcio cartografia dei complessi della Sardegna e catalogo delle faglie da portale INGV-
- Sezione geologica attraverso il Bacino del Logudoro (da Funedda et al., 2000).

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Al fine di definire il modello idrogeologico dell'area interessata dalla realizzazione del 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 giacitura, 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, ordinati per permeabilità crescente

Tale unità è stata suddivisa nei seguenti complessi idrogeologici (da GHIGLIERI et alii, 2009):

- Csc (T) - Complesso sedimentario composto del Triassico (Acquifero del Triassico):

$K=1 \times 10^{-6}$ m/sec;

- Cc (G) - Complesso calcareo del Giurassico (Acquifero del Giurassico):

$K=1 \times 10^{-4}$ m/sec;

- Ccm (C) - Complesso calcareo marnoso del Cretacico (Acquifero del Cretacico):

$K=1 \times 10^{-5}$ m/sec.

Come evidenziato in questa carta tematica della permeabilità l'area di studio ricade interamente nel complesso del marnoso-calcareo del Miocene.

cmc (MC) $K = 10^{-4}$ m/sec

Più precisamente l'area di nostro interesse è stata suddivisa con maggiore dettaglio dalla cartografia tematica della Regione Sardegna che invece discrimina con maggiore puntualità locale il grado di permeabilità delle formazioni presenti in zona.

Vengono così individuate alcune formazioni che interessano il nostro contesto di studio che sono descrivibili come segue:

MBF: Permeabilità medio bassa per fratturazione

MP: Permeabilità media per porosità

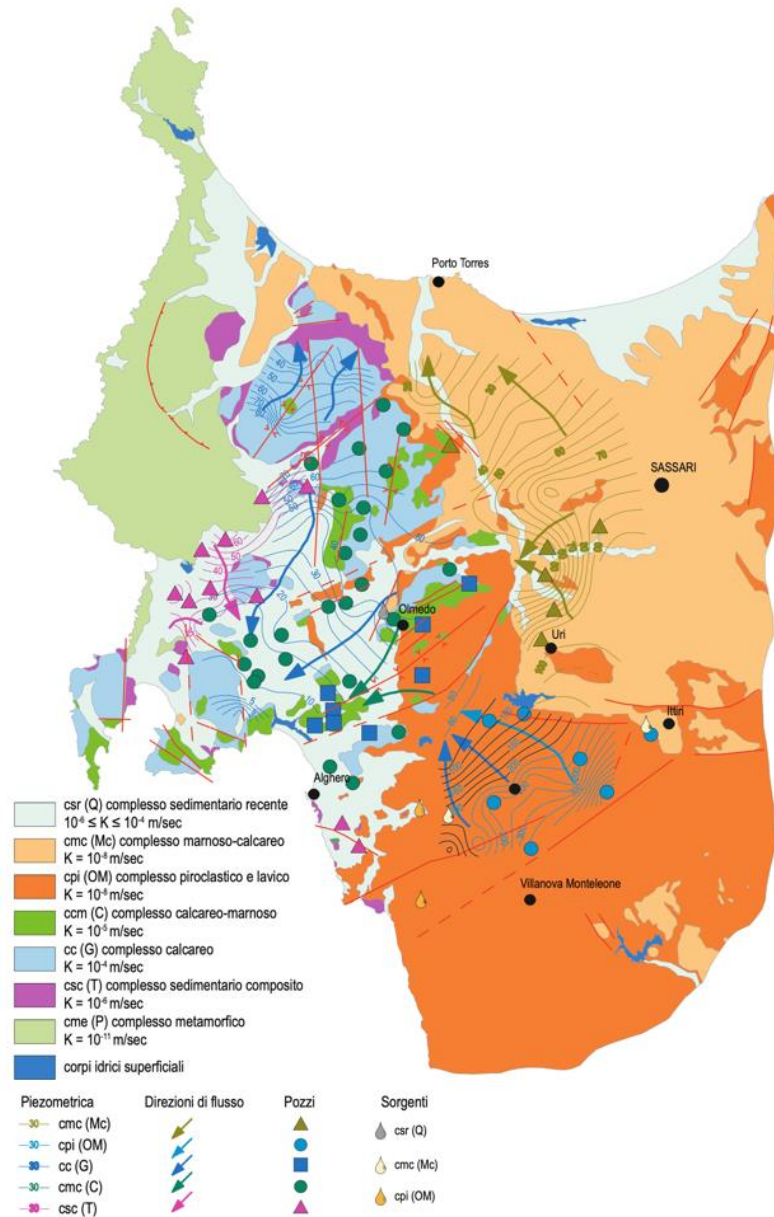
MACF: Permeabilità medio alta per carsismo e fratturazione

MAP: Permeabilità medio alta per porosità

AP: Permeabilità alta per porosità

I litotipi sono stati classificati all'interno di cinque diverse classi per il coefficiente di permeabilità (K):

- Alta: $K > 10^{-3}$ m/s;
- Medio-alta: $10^{-3} > K > 10^{-5}$ m/s;
- Medio-bassa: $10^{-5} > K > 10^{-7}$ m/s;
- Bassa: $10^{-7} > K > 10^{-9}$ m/s;
- □ Nulla: $K < 10^{-9}$ m/s.



LITOTIPO/FORMAZIONE	Età	Sigla	Coefficiente di Permeabilità					Tipo di Permeabilità		
			K (m/s)					Porosità (P)	Fratturazione (F)	Carsismo (C)
			Alta (A) $K > 10^{-3}$	Medio-Alta (MA) $10^{-3} > K > 10^{-5}$	Medio-Bassa (MB) $10^{-5} > K > 10^{-7}$	Bassa (B) $10^{-7} > K > 10^{-9}$	Nulla (N) $K < 10^{-9}$			
Depositi alluvionali. Sabbie con subordinati limi e argille.	Olocene	bb			MB			P		
Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme) Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie.	Pleistocene	PVM2a	A					P		
BASALTI DEL LOGUDORO	Plio-Pleistocene	BGD			MB				F	
FORMAZIONE DI MONTE SANTO. Calcarei bioclastici di piattaforma interna, con rare intercalazioni silicoclastiche ed episodi biohermali; calcareniti.	Serravalliano - ? Tortoniano	NST			MB				F	

CA357


Relazione Geologica

FORMAZIONE DI FLORINAS. Sabbie quarzoso-feldspatiche, biancastre, poco o nulla cementate, di ambiente fluvio-marino; alla base siltiti scure e conglomerati continentali.	? Serravalliano	LNS	MA				P		
FORMAZIONE DI BORUTTA. Marne, marne arenacee bioturbate e calcari mamosi, localmente in alternanze ritmiche.	Langhiano	RTU					N		
FORMAZIONE DI MORES - Litofacies (a) Calcareniti, calcari bioclastici fossiliferi. Calcari nodulari a componente terrigena, variabile, con faune a gasteropodi (Turritellidi), ostréidi ed echinidi (Scutella, Amphiope) ("Calcari inferiori" Auct.).	Burdigaliano	RESa		MB			P	F	C
FORMAZIONE DI OPIA NUOVA. Sabbie quarzoso-feldspatiche e conglomerati eterometrici, ad elementi di basamento paleozoico, vulcaniti oligomioceniche e calcari mesozoici (Nurra). Ambiente da conoide alluvionale a fluvio-deltizio.	Burdigaliano? Medio-Sup.	OPN	MA				P		
FORMAZIONE DEL RIO MINORE. Depositi epiclastici con intercalazioni di selci, siltiti e marne con resti di piante, conglomerati, e calcari silicizzati di ambiente lacustre (Formazione lacustre Auct.).	Burdigaliano	LRM			B			F	
UNITÀ DI MONTE SA SILVA. Depositi di flusso piroclastico in facies ignimbritica, pomiceo-cineritici, bianco grigiastri, non saldati.	Burdigaliano	ILV		MB			P	F	

Sono inoltre state distinte delle aree a egual quota freatica, il modello è stato generato dalle risultanze delle letture sui pozzetti e nei sondaggi geognostici, pertanto sono possibili variazioni stagionali e interferenze locali non indagabili con la scala di indagine a nostra disposizione. Inoltre si precisa che i dati in nostro possesso non sono stati osservati con cadenza stagionale e per tanto non descrivono la dinamicità del flusso idrico sotterraneo.

Nel tratto di strada in progetto si osservano differenti falde nell'area, prevalentemente legate alla presenza dei fiumi che attraversano le valli a Sud di Sassari. Dalle progressive 0+620 si trova una falda a circa 3-4 m di profondità da piano campagna all'interno dei depositi alluvionali del Rio Mascari, fino alle progressive 1+820. Successivamente è stata riscontrata una falda profonda all'interno del rilievo dove è prevista la realizzazione della galleria Pala Soliana, in cui la falda oscilla a quota variabili tra i 1 e 60 m la quale sembra seguire l'andamento della morfologia del rilievo stesso; la geometria di questa falda è riconducibile ad una falda libera ed è osservabile interamente all'interno della facies calcarenitica della Formazione di Borutta. Successivamente si ha la presenza di una falda superficiale all'interno dei depositi alluvionali del Rio Olia con una profondità da piano campagna di circa 3-4 m. In prossimità della galleria Chighizzu si ha la presenza di una falda superficiale osservabile a circa 10-15 m circa da piano campagna all'interno delle facies sabbiose della Formazione di Montesanto. L'ultima falda riscontrabile risulta essere all'interno dei depositi alluvionali del Rio Giuncheddu alla profondità di circa 3-4 m da piano campagna.

Pertanto, dallo studio dei sondaggi eseguiti si riconoscono 2 complessi idrogeologici; Il primo identificabile all'interno di depositi alluvionali quindi complessi caratterizzati da permeabilità alta per porosità aventi permeabilità di circa 10^{-3} m/s ; Il secondo complesso idrogeologico caratterizzato da

Completamento itinerario Sassari – Olbia. Potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2°Lotto” (dal km 202 al km 209)		
CA357	<i>Relazione Geologica</i>	

permeabilità media medio-alta costituita dalle facies sabbiose e calcarenitiche delle formazioni di Montesanto e Borutta aventi una permeabilità variabile tra $10^{-3} > K > 10^{-5}$ m/s.

Il gran numero di pozzi trivellati presenti in tutto l'areale dell'acquifero miocenico ha fortemente impoverito il numero e la produttività delle sorgenti, che in molti casi marcano il contatto tra i calcari di Monte Santo (NST) e le litologie marnose della formazione di Borutta (RTU).

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di dettagliare le osservazioni eseguite nei rilievi di superficie è stata effettuata una campagna di indagini geognostiche realizzata nel corso del 2020 con interruzioni tra i mesi di febbraio-marzo e luglio dovute alla pandemia di COVID-19. 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 ANAS 1999 Soc. Tea S.r.l.

- n° **32** sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° **53** prove penetrometriche SPT
- n° **44** campioni prelevati

Campagna ANAS 1999 Soc. Geolavori S.r.l.

- n° **14** sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° **9** Prove penetrometriche SPT
- n° **44** Prove a resistenza meccanica
- n° **14** Prove Lugeon


Si è resa necessaria poi 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.

E' stata quindi programmata la campagna di indagine geognostica dell'anno 2020 ed è stata così articolata:

Campagna ANAS 2020 Soc. Tecnoin S.r.l.

Nel corso dell'**attuale** fase di progettazione è stata eseguita una nuova campagna di indagini geotecniche che ha previsto:

- n. **26** sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica, dei quali n. 8 condizionati con tubo in PVC per esecuzione di prove Down-Hole e n. 10 condizionati con piezometro a tubo aperto da 2" e 3".;
- n. **2** sondaggi geognostici orizzontali, realizzati a carotaggio continuo al fine di prelevare campioni utili alla caratterizzazione geomeccanica e geolitologica degli ammassi rocciosi in corrispondenza dell'asse delle gallerie in progetto;
- n. **49** prove penetrometriche SPT;
- n. **196** prelievi di campioni, di cui n. **21** indisturbati, n. **88** rimaneggiati, n. **87** litoidi, da sottoporre a

Completamento itinerario Sassari – Olbia. Potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2°Lotto” (dal km 202 al km 209)		
CA357	Relazione Geologica	

prove di laboratorio geotecnico;

- n. **6** prove di permeabilità Lugeon
- n. **8** prove pressiometriche
- n. **15** pozzetti esplorativi geognostici/ambientali spinti alla profondità max di 2.0 m dal p.c..
- n. **25** prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico;
- Georeferenziazione dei punti di indagine; per la visione di dettaglio si rimanda al documento "Georeferenziazione delle indagini" ed alle monografie allegate.

Sono state realizzate inoltre:

- n. **14** prospezioni sismiche a rifrazione
- n. **8** prove down-hole

7.1 Campagna ANAS Tecnoin 2020

La Documentazione delle indagini geognostiche in nostro possesso sono state eseguite e redatte per il "progetto di completamento itinerario Sassari-Olbia potenziamento-messa in sicurezza, della S.S.131, dal km 192+500 al km 209+500 - 2° lotto (dal km 202 al km 209) nel territorio comunale di Sassari (SS)".

La ditta Tecnoin Geosolution ha rispettato la normativa vigente in ambito geognostico di cui si riporta, di seguito, l'elenco della normativa di riferimento osservata:

- Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- Allegati alle Norme Tecniche per le Costruzioni "Approvate con Decreto Ministeriale 14.01.2008"
- Raccomandazioni AGI (1977)
- Modalità Tecniche ANISG (1977)
- Capitolato speciale d'appalto ANAS

Le attività di cantiere si sono espletate nei mesi di febbraio-marzo 2020 poi interrotte a causa della epidemia di COVID-19 e riprese a luglio fino al completamento a dicembre 2020. Di seguito la tabella riepilogativa dei sondaggi effettuati con indicazione, della profondità raggiunta, della tipologia di installazione in foro, delle prove in sito e del prelievo di campioni.

CA357

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	Prof. (m dal p.c.)	Orizz.	Vert.	SPT	CI	CR	CL	Pressio- metriche	Prove Lugeon	DH	Piezo- metri
1	S01D_DH	35		X	4	1	2	3			X	
2	S2D_PZ	30		X	2	2	3					X
3	S3D_DH	35		X	2	2	4	1			X	
4	S4D_PZ	30		X	1	1	4	3				X
5	S5D_PZ	30		X	2	3	6					X
6	S06D	20		X	3	1	3	1				
7	S07D_DH	35		X	6	2	3	2			X	
8	S8hD		150 m				2	17				
9	S12D_PZ	70		X				8		2		X
10	S13D_PZ	30		X		1	3	3				X
11	S14D_DH	35		X	1	2	3	2			X	
12	S15D_PZ	25		X	7		3	1				X
13	S16D_DH	35		X	9		4				X	
14	S17D	85		X					2	2		
15	S18D	75		X					2	2		
16	S19D_PZ	60		X			7	2	2			X
17	S20D	45		X				8	2			
18	S21D_PZ	35		X	2		4	3				X
19	S22D	30		X	3		4	2				
20	S23D_PZ	25		X			6	2				X
21	S24D_DH	35		X			7	1			X	
22	S25D_DH	35		X			3	4			X	
23	S26D_DH	30		X	2	2	3	3			X	
24	S27D_PZ	28		X	2	4		1				X
25	S28D	25		X			5	3				
26	S29D	25		X			4	3				
27	S30D	25		X	3		4	1				
28	S31hD		130 m				1	13				

Scheda sintetica dei sondaggi

(CI=campine indisturbato; CT=campione rimaneggiato; CL=campione litoide)

- Tabella riassuntiva dei sondaggi e delle prove-

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

Per l'ubicazione delle indagini si rimanda agli elaborati "Planimetria Ubicazione indagini", mentre di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle coordinate espresse nel sistema Gauss Boaga; per il dettaglio si rimanda all'elaborato "Georeferenziazione" ed alle monografie ad esso allegate.

CA357

Relazione Geologica

N.	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.)
1	S01D-DH	1467701.785	4505005.096	151.911	151.910
2	S02D-PZ	1467656.707	4505125.211	144.688	144.621
3	S03D-DH	1467562.189	4505249.157	150.149	150.095
4	S04D-PZ	1467437.012	4505279.251	145.801	145.799
5	S05D-PZ	1466897.076	4505717.214	141.705	141.578
6	S06D	1466803.841	4505873.158	139.233	
7	S07D-DH	1466669.248	4505777.723	136.601	136.430
8	S8hD	1466660.408	4505768.706	136.345	
9	S12D-PZ	1465932.376	4505608.360	214.800	214.736
10	S13D-PZ	1465572.468	4505688.218	129.476	129.473
11	S14D-DH	1465484.553	4505640.048	135.693	135.624
12	S15D-PZ	1465157.568	4505648.671	163.272	163.172
13	S16D-DH	1465030.706	4505652.958	167.414	167.592
14	S17D	1464254.279	4505456.469	249.807	
15	S18D	1464207.766	4505421.250	245.206	
16	S19D-PZ	1464143.916	4505450.328	242.102	242.181
17	S20D	1463814.867	4505389.644	225.536	
18	S21D-PZ	1463617.953	4505372.899	216.899	216.814
19	S22D	1463511.666	4505382.387	208.908	
20	S23D-PZ	1463277.969	4505316.554	208.071	208.069
21	S24D-DH	1463172.983	4505322.932	204.916	204.797
22	S25D-DH	1463001.345	4505387.751	203.141	203.271
23	S26D-DH	1462645.489	4505681.229	145.222	143.207
24	S27D-PZ	1462611.667	4505704.085	140.778	140.601
25	S28D	1462411.963	4505871.751	195.574	
26	S29D	1465846.063	4505412.863	137.469	
27	S30D	1464692.640	4505483.960	151.928	
28	S31hD	1465574.533	4505688.140	129.439	

p.c.= piano campagna t.t.= testa tubo

- Tabella coordinate ubicazione dei sondaggi -

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 l'occlusione è stata 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 delle sonde di perforazione utilizzate per la realizzazione dei sondaggi sono riassunte di seguito:

Sonda GM 600

- testa di rotazione 600 daNm /30 giri di coppia
- slitta di avanzamento 3.40 m
- centralina oleodinamica
- argano idraulico
- freno blocca aste
- POMPA TRX 200 con motore idraulico e regolatore di flusso
- doppia morsa

Sonda MAIT T9

- testa di rotazione KNM 9.6
- slitta di avanzamento 4.30 m
- centralina oleodinamica
- montata su carro gommato
- argano idraulico
- freno blocca aste
- pompa a pistone
- doppia morsa

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.

È 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. 49 prove penetrometriche dinamiche 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° 49 prove sono state eseguite utilizzando il campionatore Raymond (punta aperta); i risultati sono riportati nelle nella tabella riepilogativa seguente:

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
1	S01D_DH	3.00	3.45	7-13-13	26
2	S01D_DH	9.30	9.75	18-24-26	50
3	S01D_DH	12.00	12.45	23-29-35	64
4	S01D_DH	14.50	14.95	14-20-21	41
5	S02D_PZ	3.00	3.45	4-6-12	18
6	S02D_PZ	5.50	5.95	10-17-19	36
7	S03D_DH	2.60	3.05	4-6-7	13
8	S03D_DH	8.25	8.70	13-12-9	21
9	S04D_PZ	2.60	3.05	9-10-14	24
10	S05D_PZ	2.70	3.15	8-10-13	23
11	S05D_PZ	6.00	6.45	7-8-10	18
12	S06D	4.50	4.80	29-37-RIF	Rif.
13	S06D	15.00	15.45	14-17-23	40
14	S06D	18.00	18.45	20-24-26	50

CA357

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
15	S07D_DH	1.50	1.95	5-8-9	17
16	S07D_DH	3.50	3.95	7-10-12	22
17	S07D_DH	5.50	5.95	6-9-11	20
18	S07D_DH	13.50	13.95	17-21-23	44
19	S07D_DH	15.50	15.95	10-22-23	45
20	S07D_DH	17.50	17.95	18-20-24	44
21	S14D_DH	2.60	3.05	5-8-8	16
22	S15D_PZ	3.70	3.90	RIF	Rif.
23	S15D_PZ	6.00	6.45	19-23-29	52
24	S15D_PZ	9.00	9.30	25-31-RIF	Rif.
25	S15D_PZ	12.00	12.30	22-31-RIF	Rif.
26	S15D_PZ	16.00	16.30	29-26-RIF	Rif.
27	S15D_PZ	19.00	19.45	19-29-27	56
28	S15D_PZ	22.30	22.75	22-23-25	48
29	S16D_DH	3.00	3.20	RIF	0
30	S16D_DH	7.00	7.45	21-28-32	60
31	S16D_DH	10.00	10.45	15-19-20	39
32	S16D_DH	14.00	14.45	17-22-24	46
33	S16D_DH	17.00	17.45	13-17-21	38
34	S16D_DH	20.00	20.45	20-21-26	47
35	S16D_DH	23.30	23.75	15-18-20	38
36	S16D_DH	27.00	27.45	18-19-21	40
37	S16D_DH	30.50	30.95	22-21-23	44
38	S21D_PZ	2.00	2.45	23-32-39	71
39	S21D_PZ	5.00	5.45	36-RIF	Rif.
40	S22D	2.50	2.95	19-26-33	59
41	S22D	5.00	5.45	28-21-38	59
42	S22D	8.50	8.95	15-19-28	47
43	S26D_DH	1.50	1.95	49-35-7	42
44	S26D_DH	3.00	3.45	4-8-9	17
45	S27D_PZ	1.50	1.95	2-2-2	4
46	S27D_PZ	5.00	5.45	50 R+12 cm	Rif.
47	S30D	3.00	3.45	26-18-23	41
48	S30D	6.00	6.45	19-25-28	53
49	S30D	20.50	20.95	7-11-14	25

- Prove SPT eseguite con relativo n° di colpi -

La strumentazione impiegata per l'esecuzione delle prove SPT consiste in:

- Tubo campionatore apribile longitudinalmente: \varnothing est= 50.8 mm; \varnothing int= 35 mm L minima (escluso tagliente principale)>457 mm; L utile = 630 mm;
- Scarpa tagliente terminale (con rastremazione negli ultimi 19 mm) = 76 mm; il campionatore è munito di valvola a sfera alla sommità e aperture di scarico e sfiato;

- Massa battente di peso 63,5 kg che cade da 75 cm di altezza;
- Aste collegate al campionatore aventi peso per metro lineare 6.5 kg (± 0.5 kg/ml). Le aste saranno diritte, ben avvitate in corrispondenza dei giunti e con flessione totale della batteria pronta per la prova $< 1^\circ$. La caduta del maglio deve essere libera; pertanto deve essere adottato un dispositivo di sganciamento.

PRELIEVO DI CAMPIONI GEOTECNICI

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati prelevati campioni geotecnici di terre indisturbati con campionatori Shelby, rimaneggiati e litoidi.

Il campionatore Shelby è un campionatore a pressione, in acciaio inox, a parete sottile con basso coefficiente di parete. Il campionatore in acciaio quindi, funge anche da contenitore del campione stesso. La base del campionatore è tagliente con un angolo di scarpa di circa 4-15°. Il campionamento avviene tramite infissione a pressione, senza rotazione, in un'unica manovra.

Tutti i campioni prelevati sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio; per la visione di dettaglio dei risultati si rimanda all'elaborato "Documentazione prove di laboratorio geotecnico" ed ai certificati ad esso allegati.

Di seguito si riporta uno schema sintetico dei campioni prelevati.

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
1	S01D_DH	5.70	6.30	CI1
2	S01D_DH	10.00	10.50	CR1
3	S01D_DH	18.00	18.60	CR2
4	S01D_DH	25.40	25.70	CL1
5	S01D_DH	28.40	28.70	CL2
6	S01D_DH	31.10	31.40	CL3
7	S02D_PZ	7.00	8.00	CR1
8	S02D_PZ	14.00	14.50	CR2
9	S02D_PZ	17.40	18.00	CI1
10	S02D_PZ	25.00	25.50	CR3
11	S02D_PZ	26.50	26.80	CI2
12	S03D_DH	5.00	5.50	CI1
13	S03D_DH	7.00	7.30	CR1
14	S03D_DH	11.00	11.50	CR2
15	S03D_DH	18.00	18.50	CI2
16	S03D_DH	27.00	28.00	CL1
17	S03D_DH	30.40	30.80	CR3
18	S03D_DH	34.50	35.00	CR4
19	S04D_PZ	0.60	1.00	CR1
20	S04D_PZ	3.50	4.00	CR2
21	S04D_PZ	7.50	8.00	CI1
22	S04D_PZ	11.20	11.60	CR3
23	S04D_PZ	15.50	15.80	CL1

CA357

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla	N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
24	S04D_PZ	19.50	20.00	CL2	66	S08_HD	148.30	149.00	CL17
25	S04D_PZ	21.10	21.60	CR4	67	S12DPZ	12.20	12.50	CL1
26	S04D_PZ	25.00	25.30	CL3	68	S12DPZ	29.60	29.80	CL2
27	S05D_PZ	0.20	0.50	CR1	69	S12DPZ	35.70	36.00	CL3
28	S05D_PZ	2.30	2.70	CR2	70	S12DPZ	43.40	43.70	CL4
29	S05D_PZ	7.00	7.50	CR3	71	S12DPZ	48.40	48.60	CL5
30	S05D_PZ	9.00	9.50	CL1	72	S12DPZ	54.30	54.50	CL6
31	S05D_PZ	12.10	12.50	CR4	73	S12DPZ	61.50	61.80	CL7
32	S05D_PZ	15.20	15.70	CL2	74	S12DPZ	68.40	69.00	CL8
33	S05D_PZ	18.00	18.30	CR5	75	S13D_PZ	3.00	3.50	CR1
34	S05D_PZ	22.50	23.00	CL3	76	S13D_PZ	9.30	10.00	CL1
35	S05D_PZ	27.50	27.80	CR6	77	S13D_PZ	12.05	12.60	CL2
36	S06D	6.70	7.00	CR1	78	S13D_PZ	17.00	17.30	CL3
37	S06D	9.30	9.70	CL1	79	S13D_PZ	25.20	25.70	CL1
38	S06D	10.20	10.50	CR2	80	S13D_PZ	26.00	26.40	CR2
39	S06D	12.00	12.50	CL1	81	S13D_PZ	29.40	29.70	CR3
40	S06D	17.00	17.50	CR3	82	S14D_DH	3.00	3.50	CR1
41	S07D_DH	5.00	5.50	CR1	83	S14D_DH	6.00	6.20	CL1
42	S07D_DH	7.70	8.30	CL1	84	S14D_DH	10.40	11.00	CL1
43	S07D_DH	10.00	10.20	CL1	85	S14D_DH	17.00	17.60	CL2
44	S07D_DH	14.60	15.00	CR2	86	S14D_DH	21.00	21.80	CR2
45	S07D_DH	22.00	22.50	CL2	87	S14D_DH	26.00	27.00	CR3
46	S07D_DH	30.10	30.40	CR3	88	S14D_DH	30.00	30.50	CL2
47	S07D_DH	34.60	34.90	CL2	89	S15D_PZ	1.00	1.50	CR1
48	S08_HD	0.20	0.50	CL1	90	S15D_PZ	3.70	4.00	CL1
49	S08_HD	2.40	2.60	CL2	91	S15D_PZ	14.00	14.50	CR2
50	S08_HD	5.60	6.00	CR1	92	S15D_PZ	20.50	21.00	CR3
51	S08_HD	9.60	10.00	CR2	93	S16D_DH	0.50	1.00	CR1
52	S08_HD	12.00	12.30	CL3	94	S16D_DH	6.50	7.00	CR2
53	S08_HD	17.40	18.00	CL4	95	S16D_DH	10.30	11.00	CR3
54	S08_HD	29.20	29.70	CL5	96	S16D_DH	21.00	22.00	CR4
55	S08_HD	38.10	39.00	CL6	97	S19D_PZ	9.50	10.00	CR1
56	S08_HD	48.00	48.50	CL7	98	S19D_PZ	19.00	19.40	CR2
57	S08_HD	53.00	53.30	CL8	99	S19D_PZ	27.00	27.30	CR3
58	S08_HD	61.30	61.70	CL9	100	S19D_PZ	34.60	35.00	CR4
59	S08_HD	73.40	74.00	CL10	101	S19D_PZ	39.10	39.40	CR5
60	S08_HD	82.00	82.40	CL11	102	S19D_PZ	43.00	43.50	CL1
61	S08_HD	91.60	92.00	CL12	103	S19D_PZ	49.10	49.40	CR6
62	S08_HD	102.50	103.00	CL13	104	S19D_PZ	52.10	52.50	CR7
63	S08_HD	109.30	109.60	CL14	105	S19D_PZ	58.00	58.50	CL2
64	S08_HD	119.50	120.00	CL15	106	S20D	5.70	6.00	CL1
65	S08_HD	132.00	132.60	CL16	107	S20D	17.40	17.80	CL2

CA357

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla	N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
108	S20D	21.60	22.00	CL3	150	S26D_DH	4.00	4.30	CR1
109	S20D	24.00	24.30	CL4	151	S26D_DH	5.00	5.50	CL1
110	S20D	29.00	29.30	CL5	152	S26D_DH	8.00	8.40	CR2
111	S20D	33.50	33.90	CL6	153	S26D_DH	10.00	10.50	CL2
112	S20D	38.00	38.40	CL7	154	S26D_DH	12.60	13.00	CR3
113	S20D	42.00	42.40	CL8	155	S26D_DH	15.00	15.80	CL1
114	S21D_PZ	4.50	5.00	CR1	156	S26D_DH	19.50	20.00	CL2
115	S21D_PZ	10.00	10.50	CR2	157	S26D_DH	23.40	24.00	CL3
116	S21D_PZ	14.00	14.50	CR3	158	S27D_PZ	3.00	3.50	CL1
117	S21D_PZ	18.40	18.80	CR4	159	S27D_PZ	6.30	6.80	CL2
118	S21D_PZ	21.00	21.50	CL1	160	S27D_PZ	9.50	10.00	CL3
119	S21D_PZ	24.50	25.00	CL2	161	S27D_PZ	15.00	15.50	CL4
120	S21D_PZ	30.00	30.40	CL3	162	S27D_PZ	25.00	25.40	CL1
121	S22D	4.00	4.50	CR1	163	S28D	0.20	0.50	CR1
122	S22D	9.00	9.50	CR2	164	S28D	2.70	3.00	CR2
123	S22D	14.50	15.00	CR3	165	S28D	6.00	6.40	CR3
124	S22D	17.00	17.50	CR4	166	S28D	10.70	11.00	CR4
125	S22D	22.50	22.80	CL1	167	S28D	13.00	13.20	CL1
126	S22D	28.00	28.40	CL2	168	S28D	15.00	15.50	CR5
127	S23D_PZ	0.20	0.50	CR1	169	S28D	18.40	18.80	CL2
128	S23D_PZ	2.50	3.00	CR2	170	S28D	23.20	23.60	CL3
129	S23D_PZ	4.60	4.80	CL1	171	S29D	0.70	1.00	CR1
130	S23D_PZ	9.00	9.30	CR3	172	S29D	2.50	3.00	CR2
131	S23D_PZ	13.00	13.30	CR4	173	S29D	3.70	4.00	CR3
132	S23D_PZ	15.00	15.50	CL2	174	S29D	6.00	6.40	CL1
133	S23D_PZ	15.70	16.00	CR5	175	S29D	12.00	12.50	CL2
134	S23D_PZ	22.60	23.00	CR6	176	S29D	18.40	18.70	CR4
135	S24D_DH	4.00	4.30	CR1	177	S29D	22.00	22.50	CL3
136	S24D_DH	7.50	7.70	CL1	178	S30D	0.20	0.50	CR1
137	S24D_DH	13.70	14.00	CR2	179	S30D	1.60	2.00	CR2
138	S24D_DH	17.00	17.30	CR3	180	S30D	5.50	5.80	CR3
139	S24D_DH	21.50	22.00	CR4	181	S30D	10.00	10.30	CL1
140	S24D_DH	24.00	24.20	CR5	182	S30D	22.30	22.80	CR4
141	S24D_DH	28.60	29.00	CR6	183	S31_HD	2.50	2.70	CR1
142	S24D_DH	33.00	33.40	CR7	184	S31_HD	7.30	7.60	CL1
143	S25D_DH	0.70	1.00	CR1	185	S31_HD	12.50	13.00	CL2
144	S25D_DH	2.70	3.00	CR2	186	S31_HD	22.50	23.00	CL3
145	S25D_DH	5.00	5.30	CL1	187	S31_HD	34.00	34.50	CL4
146	S25D_DH	13.50	14.00	CR3	188	S31_HD	44.20	44.60	CL5
147	S25D_DH	18.00	18.50	CL2	189	S31_HD	51.00	51.40	CL6
148	S25D_DH	23.00	23.50	CL3	190	S31_HD	64.00	64.50	CL7
149	S25D_DH	29.00	29.50	CL4	191	S31_HD	79.30	79.70	CL8

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
192	S31_HD	89.00	89.50	CL9
193	S31_HD	99.50	100.00	CL10
194	S31_HD	108.50	109.00	CL11
195	S31_HD	121.00	121.40	CL12
196	S31_HD	128.00	128.40	CL13

- Scheda sintetica dei campioni prelevati -

Tutti i campioni una volta estratti, sono stati opportunamente sigillati tramite paraffina sintetica; quelli rimaneggiati ed i litoidi sono stati riposti in bustine di plastica.

Infine, tutti i campioni sono stati catalogati con apposita etichetta riportando le seguenti informazioni: sigla identificativa del sondaggio, numero del campione, tipologia di prelievo, profondità del prelievo, committente, data, località, oggetto del lavoro.

Nel corso dell'esecuzione dei pozzetti esplorativi sono stati, inoltre, prelevati n. 25 campioni rimaneggiati di terre, che sono stati sottoposti alla determinazione di alcuni parametri geotecnici; per

la visione dei risultati si rimanda all'elaborato “Documentazione prove di laboratorio geotecnico” ed ai certificati ad esso allegati.

INSTALLAZIONE PIEZOMETRI A TUBO APERTO E CASAGRANDE

Sono stati installati n. 4 piezometri di cui n. 3 a tubo aperto e n. 1 con cella di Casagrande, come da tabella seguente:

N.	Sigla ID	Profondità di perforazione (m dal p.c.)	Profondità di installazione (m dal p.c.)	2"	3"	Falda (m dal p.c.)
1	S02D_PZ	30	30		X	3.82
2	S04D_PZ	30	30	X		2.84
3	S05D_PZ	30	30	X		4.35
4	S12D_PZ	70	70		X	56.17
5	S13D_PZ	30	20		X	3.61
6	S15D_PZ	25	25	X		assente
7	S19D_PZ	60	60	X		11.49
8	S21D_PZ	35	35		X	12.95
9	S23D_PZ	25	25	X		13.85
10	S27D_PZ	28	20	X		3.17

- Scheda sintetica dei piezometri installati -

La tipologia a tubo aperto è costituita da tubi ciechi e filtranti in PVC del diametro di 2" con estremità filettate; il tratto filtrante ha finestrature trasversali di ampiezza 0,4-1,0 mm e spaziatura di 9 mm,.

Prima della posa in opera sono stati eseguiti i seguenti controlli:

- assenza di lesioni
- assenza di anomalie nei filetti di giunzione per non compromettere il buon accoppiamento dei tubi.

A valle dei controlli descritti, sono state effettuate le seguenti operazioni per la posa in opera:

- verifica della quota di fondo foro con scandaglio;
- lavaggio della perforazione con acqua pulita e immessa dal fondo;
- inserimento del tubo finestrato e cieco;
- realizzazione dello strato filtrante in ghiaietto per lo spessore richiesto;
- formazione del tappo impermeabile costituito da compactonite in pellets;
- estrazione del rivestimento del foro senza ausilio della rotazione;
- posa in opera di pozzetto di protezione a bocca foro.

Per quanto concerne la tipologia Casagrande, si è proceduto secondo il seguente schema:

- cementazione da fondo foro alla profondità di installazione della cella
- versamento nel foro di ghiaietto calibrato pulito con una granulometria di 1-4 mm per uno spessore di circa 0.50 m.
- installazione della cella porosa precedentemente saturata per 24 h e collegata con tubicini in P.V.C. fino alla superficie, alloggiandola sul fondo di ghiaietto;
- versamento nel foro di ulteriore ghiaietto per circa 1.00 m di spessore in modo da creare un filtro poroso di circa 1.00-1.50 m intorno alla cella;
- realizzazione di un tappo di compactonite;
- completamento con miscela cementizia.

Il boccaforo di ogni verticale è stato protetto con chiusini fuori terra.

Per la misura del livello di falda, è stata utilizzata una sonda freaticometrica costituita da un cavo graduato alla cui estremità è posizionato un puntale che emette un segnale acustico, a contatto con il pelo libero dell'acqua.

CONDIZIONAMENTO PERFORI PER PROVE DOWN-HOLE

Al termine dell'esecuzione di n.8 sondaggi, i fori sono stati condizionati con tubazioni in PVC DN80 e spessore 3 mm, per l'esecuzione di prove sismiche down-hole, per i risultati delle quali si rimanda all'elaborato "Documentazione indagine geofisiche"; tutte le verticali sono state completate con chiusini fuori terra; di seguito una tabella riepilogativa:

N.	ID sondaggio	Tipologia di pozzetto
1	S01D_DH	Carrabile
2	S03D_DH	Carrabile
3	S07D_DH	Carrabile
4	S14D_DH	Carrabile
5	S16D_DH	Fuori terra
6	S24D_DH	Carrabile
7	S25D_DH	Fuori terra
8	S26D_DH	Carrabile

- Scheda sintetica dei sondaggi condizionati per down hole

Le modalità di installazione sono state le seguenti:

- controllo che i tubi non presentassero lesioni soprattutto nelle parti terminali;
- controllo che le estremità dei tubi non presentassero sbavature tali da compromettere il buon accoppiamento;
- verifica dell'efficienza del tubo per l'iniezione della miscela di cementazione;
- preparazione dei componenti per la realizzazione della miscela di cementazione;
- verifica quota fondo foro.
- inserimento dei tubi pre-assemblati ed al termine bloccarli con una cravatta a bocca foro
- inserimento del secondo spezzone pre-assemblato con giunzione al primo tramite avvitarmento
- ripetizione delle operazioni fino a quota fondo foro.

- cementazione dal basso verso l'alto tramite tubicino di iniezione precedentemente inserito con miscela cementizia acqua cemento bentonite in rapporto 100,30,5 rispettivamente;
- estrazione del rivestimento di perforazione senza l'ausilio della rotazione ed eventuali rabbocchi
- posa in opera di pozzetto di protezione carrabile o fuori terra (funghetto)

PROVE DI PERMEABILITA' LUGEON

Sono state eseguite n. 6 prove di permeabilità Lugeon.

La prova misura l'attitudine di un ammasso roccioso ad essere interessato da circolazione idrica; si esegue iniettando dell'acqua in pressione entro un tratto di foro di sondaggio isolato mediante otturatore (packer), perforato in materiali litoidi, misurando i volumi assorbiti a diverse pressioni. Preliminarmente si testa il corretto funzionamento dei manometri ed il contalitri viene verificato riempiendo un contenitore di volume noto e superiore a 100 l.

Le perdite di carico nei tubi di adduzione, in assenza di un circuito indipendente di misura delle pressioni, possono essere valutate in sito con il metodo di un tubo campione posto orizzontalmente in superficie e collegato alla pompa con l'interposizione di un manometro.

Si calcola la perdita di carico corrispondente alla portata Q come $P_c = P/L$

dove:

- P_c = perdita di carico per metro lineare (atm/m)
- P = pressione al manometro (atm)
- L = lunghezza del tubo (m)

La prova viene ripetuta per almeno 3 diversi valori della portata Q.

Le prove possono essere eseguite in avanzamento con packer singolo, o in risalita mediante doppio otturatore.

L'otturatore viene calato nel foro dopo avere misurato il livello del fluido nel sondaggio con sonda piezometrica, il tratto di prova deve essere privo di rivestimento e per la perforazione potrà essere usata solo acqua pulita priva di additivi.

Il packer viene espanso sino ad isolare il tratto finale del foro per una lunghezza di almeno 5 volte il diametro di perforazione; la lunghezza massima ammissibile è 5 m.

Si procede iniettando acqua nel tratto di prova, eseguendo almeno 3 diversi gradini di pressione crescente e ripetendo gli stessi in fase decrescente, misurando per ciascun gradino le portate assorbite sino a stabilizzazione.

Ciascun gradino di portata (a regime) viene mantenuto per 10 ÷ 20 minuti primi dopo il raggiungimento della stabilizzazione degli assorbimenti (regime di equilibrio). La costanza della portata deve essere controllata ogni 2 minuti e le variazioni non devono essere superiori a 0.1 l/s.

La scelta dei valori dei gradini di pressione dipenderà dal tipo di ammasso roccioso e dagli specifici obiettivi progettuali delle prove, a discrezione della Società e/o della Direzione Lavori. Non si supereranno comunque valori di 1 MPa, e solo nei casi di elevata resistenza meccanica dell'ammasso roccioso. In condizioni diverse, in ammassi rocciosi poco resistenti è preferibile non

superare pressioni di 0.3 MPa e in ammassi rocciosi mediamente resistenti pressioni di 0.5 MPa. In condizioni di prova a scarsa profondità, in ammassi rocciosi poco resistenti, si ammettono limiti massimi di pressione non superiori a 0.3 MPa.

Di seguito una tabella con valori orientativi dei gradini di pressione da applicare in funzione delle caratteristiche litologiche.

Condizioni di prova	Gradini di pressione Mpa
Rocce semilitoidi, litoidi o litiche a scarsa resistenza, a profondità inferiori a 5 m p.c.	0,05-0,15-0,25- 0,15- 0,05
Rocce con scarsa resistenza	0,1 -0,2-0,3- 0,2- 0,1
Rocce con media resistenza	0,1 -0,3- 0,5-0,3 -0,1
Rocce con altra resistenza	0,2 -0,5 - 0,8 -0,5 - 0,2

Durante la prova si deve mantenere pieno di acqua il foro di sondaggio, per osservare la perfetta tenuta idraulica dell'otturatore, resa evidente dalla assenza di variazioni di livello.

Nel caso di perdite la prova deve essere interrotta e ripresa dopo i necessari interventi correttivi.

Qualora lo stato della roccia fosse tale da non assicurare la tenuta dell'otturatore, le prove potranno essere eseguite in avanzamento previa cementazione e riperforazione del tratto di foro al disopra della prova, in modo da creare una superficie adatta ad impedire perdite idriche.

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle prove eseguite; per i risultati si rimanda agli elaborati allegati (ALL. 4 Documentazione Geognostica):

ID	Tratto di prova
S12D_LUG1	50.0-52.8 m
S12D_LUG2	65.0-67.6 m
S17D_LUG1	55.0-58.0 m
S17D_LUG2	65.0-68.0 m
S18D_LUG1	45.0-48.0 m
S18D_LUG2	55.0-58.0 m

PROVE PRESSIOMETRICHE

Sono state eseguite n° 8 prove pressiometriche, per la cui realizzazione è stata utilizzata una sonda tricellulare del tipo Ménard-Apageo dotata delle seguenti caratteristiche:

	SONDA	CELLA DI GUARDIA	CELLA CENTRALE
LUNGHEZZA (mm)	600	120 (+/- 20)	210 (+/- 10)
DIAMETRO ESTERNO (mm)	30	58 (+/- 2)	58 (+/- 2)

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)-Cétre 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

La prova pressiométrica MPM consiste nella misurazione delle dilatazioni indotte in una cella facente parte di una sonda tricellulare, calata in foro di sondaggio appositamente realizzato con un carotiere da 62mm.

La sonda pressiométrica si compone di una sonda cilindrica ad espansione idraulica costituita da una cella centrale o cella di misurazione e da due celle di guardia laterali; le misurazioni vengono effettuate sulla cella centrale che, posta in pressione dalla massa d'acqua iniettata all'interno, si espande radialmente. Le celle di guardia, dilatate dal gas, mantengono costante la geometria del sistema, impedendo che la cella centrale abbia deformazioni diverse da quelle radiali.

La prova viene eseguita imponendo incrementi di carico mantenuti costanti per 60” e con letture intermedie a 30”, misurando le dilatazioni della cella centrale e, quindi, le corrispondenti deformazioni volumetriche del terreno.

Le pressioni vengono lette in superficie da manometri di precisione dotati di scale differenziate, mentre le deformazioni vengono rilevate da un sistema volumetrico. Le pressioni lette al manometro vengono depurate della pressione d'inerzia della sonda.

La taratura di pressione della sonda è effettuata prima delle prove, facendo espandere liberamente la cella pressiométrica e registrando i volumi di equilibrio a 60” per ogni incremento di pressione, fino alla capacità massima tollerata della guaina. Viene eseguita anche una taratura dell'insieme sonda-cavi-centralina sulle variazioni di volume (taratura di volume); le dilatazioni misurate, anche se di entità trascurabile, sono dovute all'elasticità dei tubi e dalla compressibilità del fluido.

La membrana viene dilatata all'interno di un tubo metallico indeformabile aumentando la pressione fino al valore massimo di prova. Essendo le pressioni di circuito lette in superficie in corrispondenza del manometro, ad un'altezza di circa 0.75 m dal p.c., le pressioni al livello della cella differiscono da quelle misurate di una quantità pari all'altezza della colonna d'acqua nei tubi.

Alla pressione letta è stata così sommata la pressione dovuta alla colonna d'acqua (correzione idrostatica). I dati registrati durante la prova sono:

- Pressione letta al manometro;
- Volume iniettato a 30”
- Volume iniettato a 60”

Da questi volumi si risale alla variazione del volume fra la lettura a 30” e la lettura a 60” (V60- V30), a pressione

costante (volume di fluage) e la variazione di volume fra le letture a 60" di due gradini di pressione successivi. Queste due variazioni di volume permettono di controllare lo sviluppo della prova e stimare la pressione di fine prova. Il grafico pressione-volume è messo in parallelo con il grafico del volume di fluage.

La forma della curva di fluage, infatti, è indicativa per l'individuazione sia della pressione di ricompressione P_o (e quindi del volume V_o) di inizio del tratto pseudo-elastico della curva (lineare) sia della pressione finale del tratto rettilineo P_f (e quindi del volume V_f).

Individuato il tratto rettilineo della curva, si può stimare il modulo pressiometrico normalizzato di Ménard "Ep", attraverso la relazione:

$$E_p = 2 \cdot (1 + \nu) \cdot V_m \cdot \Delta P / \Delta V$$

Dove:

V_m = volume medio della cella nel tratto pseudo-elastico;

ΔP = variazione di pressione nel tratto pseudo-elastico;

ΔV = variazione di volume nel tratto pseudo-elastico.

Il volume medio della cella può essere stimato dalla relazione:

$$V_m = V_i + (V_f + V_o) / 2$$

Dove:

V_i = volume iniziale teorico della cella (535 cm³ nel caso del pressiometro utilizzato).

La pressione limite che corrisponde convenzionalmente alla pressione a cui si raggiunge il volume $V_l = V_i + 2V_o$, non è praticamente raggiungibile in fase di prova poiché comporterebbe una rottura totale del terreno con conseguente espansione infinita della sonda. Essa può essere però stimata a partire dal grafico bi-logaritmico pressione-variazione relativa di volume ($\Delta v/v$), sul quale in prossimità della pressione limite la curva assume un andamento rettilineo e tende al valore $\Delta v/v = 1$ in corrispondenza della pressione limite P_l ; tale procedura sembra essere la più conservativa.

Per ricavare il valore della "Cu", in accordo con gli studi più accreditati, si sono utilizzate le seguenti relazioni (Amare Jezequel 1972):

$$C_u = P_l / 5,5 \text{ per } P_l < 0,3 \text{ MPa}$$

$$C_u = P_l / 10 + 0,025 \text{ per } P_l > 0,3 \text{ MPa}$$

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa delle prove eseguite e delle profondità di prova, mentre per la visione di dettaglio dei risultati si rimanda agli elaborati allegati (ALL.5 Documentazione geognostica):

N.	ID SOND.	SIGLA PROVA	DA	A
1	S17D	MPM1	60.00	61.00
2	S17D	MPM2	70.00	71.00
3	S18D	MPM1	50.00	51.00
4	S18D	MPM2	60.00	61.00
5	S19D_PZ	MPM1	41.00	42.00
6	S19D_PZ	MPM2	54.00	55.00
7	S20D	MPM1	24.80	25.80
8	S20D	MPM2	35.00	36.00

POZZETTI ESPLORATIVI

Le indagini hanno previsto la realizzazione di n. 15 pozzetti geognostico/ambientali su terreno naturale, spinti fino ad una profondità massima di circa 2.00 m dal p.c., allo scopo di:

- verificare in dettaglio la stratigrafia degli strati più superficiali;
- prelievo di campioni rimaneggiati alla profondità compresa tra 0.30 e 0.50 metri e tra 0.80 e 1.00 metri, sui quali eseguire prove di laboratorio (analisi granulometrica e limiti di Atterberg) atte a definire il gruppo di appartenenza dei terreni nell’ambito della classificazione di una terra ad uso stradale.
- Prelevare campioni ambientali di cui al documento “Report indagini ambientali”.

Di seguito si riportano le coordinate dei pozzetti realizzati ed il numero di campioni prelevati, rimandando alla planimetria per l’ubicazione cartografica e alle schede di dettaglio allegate indicanti, per ogni strato, la descrizione stratigrafica (tipo di terreno, condizioni di umidità naturale, compattezza, alterazione, colore, struttura, particolarità), la profondità dal p.c., i campioni prelevati. Per il risultato delle analisi di laboratorio si rimanda all’elaborato “Documentazione Prove di Laboratorio”.

N.	Sigla ID	Coordinata G.B. Est	Coordinata G.B. Nord	Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)	Campioni
1	PZ01D	1467895.594	4504750.040	160.598	2
2	PZ02D	1467418.588	4505424.052	153.642	2
3	PZ03D	1467290.587	4505511.053	147.369	2
4	PZ04D	1467111.586	4505556.053	143.269	2
5	Pz05D	1466683.581	4505798.057	138.297	2
6	PZ06D	1465640.559	4505403.044	131.417	2
7	PZ07D	1465857.768	4505411.909	137.408	2
8	PZ08D	1466175.578	4505576.050	132.095	2
9	Pz09D	1465363.548	4505629.047	154.159	2
10	Pz10D	1464843.529	4505559.042	149.587	2
11	Pz11D	1464641.522	4505452.039	153.851	1
12	Pz12D	1463379.476	4505310.029	211.432	1
13	PZ13D	1463212.469	4505336.029	203.742	1
14	PZ14D	1463076.464	4505337.028	203.804	1
15	PZ15D	1462982.461	4505415.031	202.714	1

– Scheda sintetica dei pozzetti esplorativi –

7.2 Campagna ANAS indagini Tea 1999

Nell'anno 1999 la società Tea s.r.l. per conto di ANAS ha eseguito una campagna di indagini finalizzata alla caratterizzazione geotecnica dei terreni relativamente all'intervento strada statale 131 "Carlo Felice".

In dettaglio le prove eseguite sono:

- n° 32 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n°53 prove penetrometriche SPT
- n°44 campioni prelevati

SONDAGGI GEOGNOSTICI

Sono stati eseguiti 32 sondaggi nella campagna di indagini 1999 da Tea S.r.l. in cui sono state effettuate 53 prove SPT e sono stati prelevati 44 campioni. Non sono a disposizione le coordinate esatte dei sondaggi, pertanto sono state ubicate in planimetria in maniera non precisa; sono state quindi prese in considerazione per quanto riguarda i dati geotecnici ma non per la ricostruzione della sezione geologica.

Nelle tabelle seguenti si illustrano tali specifiche:

Sondaggi Geognostici Tea

Sigla	Profondità (m)	Sigla	Profondità (m)
S1	20.00	S19	20.60
S2	20.00	S20	45.00
S3	20.80	S22	45.00
S4	20.00	S23	24.80
S5	25.00	S24	25.00
S6	20.00	S25	25.00
S7	20.00	S27	25.00
S8	20.00	S28	30.00
S9	20.00	S29	30.00
S10	20.00	S30	30.00
S11	40.00	S31	25.00
S12	40.00	S32	42.00
S13	45.00	S33	20.00
S14	40.00	S34	20.00
S15	21.00		
S16	29.70		
S17	39.80		
S18	35.80		

CA357

Relazione Geologica

PROVE PENETROMETRICHE SPT

Profondità e prove SPT eseguite nei Sondaggi

Sigla	Da m	Fino a m	Colpi	N Spt
S1	1.60	2.05	2-5-5	10
S1	5.60	6.05	11-12-15	27
S1	10.00	10.45	1-2-2	4
S3	1.20	1.40	8-rifiuto	rifiuto
S3	2.60	2.89	10-rifiuto	rifiuto
S4	1.80	2.25	2-5-7	12
S5	1.60	2.05	4-8-10	18
S5	3.1	3.45	18-37-rifiuto	rifiuto
S5	5.00	5.54	1-1-1	2
S7	1.20	1.65	5-11-15	26
S7	3.85	4.30	1-2-20	22
S8	2.00	2.29	20-50-rifiuto	rifiuto
S9	1.20	1.65	14-22-rifiuto	rifiuto
S9	3.00	3.35	18-27-rifiuto	rifiuto
S10	3.2	3.65	3-1-4	5
S10	4.3	4.75	2-7-11	18
S11	2.00	2.41	22-26-rifiuto	rifiuto
S11	4.00	4.45	2-7-3	10
S11	6.00	6.45	11-11-12	23
S12	1.60	2.05	23-30-rifiuto	rifiuto
S12	3.40	3.85	21-21-12	33
S12	6.90	7.00	rifiuto	rifiuto
S13	1.50	1.63	rifiuto	rifiuto
S13	3.60	4.05	15-20-20	40
S13	8.50	8.95	12-21-30	51
S14	3.50	3.95	25-30-17	47
S14	5.00	5.45	5-7-2	9
S15	2.00	2.45	2-2-2	4
S15	3.20	3.49	3-rifiuto	rifiuto
S16	1.60	2.05	2-2-2	4
S16	4.00	4.45	7-15-20	35
S16	6.40	6.85	15-12-18	30
S17	1.20	1.65	2-2-6	8

S17	4.50	4.95	12-18-rifiuto	rifiuto
S17	7.70	7.73	rifiuto	rifiuto
S18	1.20	1.65	2-2-2	4
S18	3.20	3.65	9-6-4	10
S18	7.00	7.45	2-5-7	12
S18	10.00	10.45	2-1-1	2
S20	1.50	1.95	5-38-11	49
S20	5.50	5.95	11-10-40	50
S20	9.50	9.95	12-15-18	33
S22	2.70	3.15	11-12-22	34
S22	5.00	5.45	15-18-22	30
S22	9.20	9.72	4-1-1	2
S27	2.50	2.95	8-12-16	28
S27	7.00	7.45	rifiuto	rifiuto
S28	4.00	4.45	2-4-10	14
S28	6.30	6.75	1-2-2	4
S29	4.30	4.75	1-1-2	3
S29	6.00	6.45	1-1-1	2
S30	2.00	2.45	11-9-9	18
S30	7.50	7.95	14-20-30	50

Si rimanda all'elaborato di report della società Tea s.r.l. per le ulteriori specifiche e le descrizioni delle stratigrafie

7.3 Campagna ANAS indagini Geolavori 1999

Nell'anno 1999 la società Geolavori S.r.l., per conto di ANAS, ha eseguito una campagna di indagini finalizzata alla caratterizzazione geotecnica dei terreni relativamente all'intervento strada statale 131 "Carlo Felice". Anche in questo caso non si ha la esatta ubicazione dei sondaggi, pertanto non sono stati utilizzati per la ricostruzione della sezione geologica ma solamente per la caratterizzazione geotecnica delle formazioni riscontrate. In dettaglio le prove eseguite sono:

- n° 14 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 9 Prove penetrometriche SPT
- n° 44 Prove a resistenza meccanica
- n° 14 Prove Lugeon

SONDAGGI GEOGNOSTICI

La campagna di indagini è stata eseguita nel 1999. Nelle tabelle seguenti si illustrano le specifiche dei 14 sondaggi realizzati:

Sondaggi Geognostici Geolavori

Sigla	Profondità (m)
S1	20.00
S2	15.00
S3	20.00
S4	15.00
S5	10.00
S6	10.00
S7	50.00
S8	48.00
S9	48.00
S10	58.00
S11	60.00
S14	80.00
S15	62.20
S17	40.00

PROVE PENETROMETRICHE SPT

Profondità e prove SPT eseguite nei sondaggi

Sigla sondaggio	Da m	Fino a m	Colpi	N Spt
S1	1.80	2.25	4-5-7	12
S1	6.00	6.45	3-4-3	7
S1	8.70	9.15	4-5-3	8
S1	13.00	13.45	2-3-2	5
S2	3.50	3.95	5-6-7	13
S2	4.50	4.95	7-7-9	16
S3	13.50	13.95	2-3-3	6
S4	5.00	5.45	4-5-7	12
S4	7.00	7.45	5-6-6	12

CA357

Relazione Geologica

PROVE A RESISTENZA MECCANICA

Profondità e prove a resistenza meccanica eseguite nei sondaggi

Sigla	Profondità (m)	Risultato Prova (kg/cm ²)
S7	26.50	2.18
S7	27.00	1.88
S7	29.50	16.57
S7	32.00	6.63
S7	32.50	8.64
S7	38.00	21.82
S7	43.00	12.54
S8	27.50	8.01
S8	28.00	5.16
S8	30.00	9.50
S8	32.00	13.72
S8	32.50	36.76
S8	39.50	18.21
S8	40.00	10.20
S8	41.00	13.86
S8	41.50	9.08
S8	47.00	3.20
S8	47.50	2.49
S9	31.00	15.26
S9	44.00	21.97
S10	38.50	8.47
S10	43.00	2.35
S10	49.00	29.33
S11	33.00	8.89
S11	37.50	7.57
S11	42.50	7.52
S11	49.00	3.75
S11	54.50	10.20
S14	65.00	18.21
S14	76.50	12.44
S14	78.00	29.59
S14	78.50	22.96

CA357

Relazione Geologica

S14	80.00	35.69
S15	47.50	24.80
S15	49.00	5.45
S15	52.50	4.50
S15	54.50	47.30
S15	55.50	4.13
S15	56.50	33.29
S15	58.50	30.96
S15	60.50	27.03
S15	61.50	18.37
S17	12.00	32.44
S17	30.00	14.07

PROVE LUGEON

Profondità e prove Lugeon eseguite nei sondaggi

Sigla	Profondità (m)	Risultato Prova (m/s)
S7	40.00	2.35E-6
S7	45.00	1.51E-6
S8	35.00	0
S8	40.00	6.17E-7
S9	42.00	1.81E-6
S9	47.00	4.02E-6
S11	55.00	1.54E-6
S11	60.00	1.46E-6
S14	72.00	2.22E-6
S14	77.00	1.60E-6
S15	55.00	1.60E-6
S15	60.00	1.54E-6
S17	32.00	2.35E-6
S17	37.00	1.98E-6

Si rimanda all'elaborato di report della società Geolavori Sr.l. per le ulteriori specifiche riguardo alle stratigrafie.

8 SISMICITA' 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.

Lo studio realizzato è stato articolato secondo il seguente schema concettuale:

- a. Macrosismicità
- b. Analisi della sismicità storica del territorio;
- c. Analisi della Normativa di riferimento
- d. Macrozonazione sismica: Pericolosità e Vulnerabilità;
- e. Sismicità applicata al tracciato
- f. Elaborazione dati geofisici;
- g. Caratterizzazione sismica dell'area (D.M. 17 Gennaio 2018);
- h. Calcolo del parametro Vseq.

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 settentrionale nell'intorno di Sassari, 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. Anche nella parte settentrionale le Formazioni Posterciniche si sovrappongono alla “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.

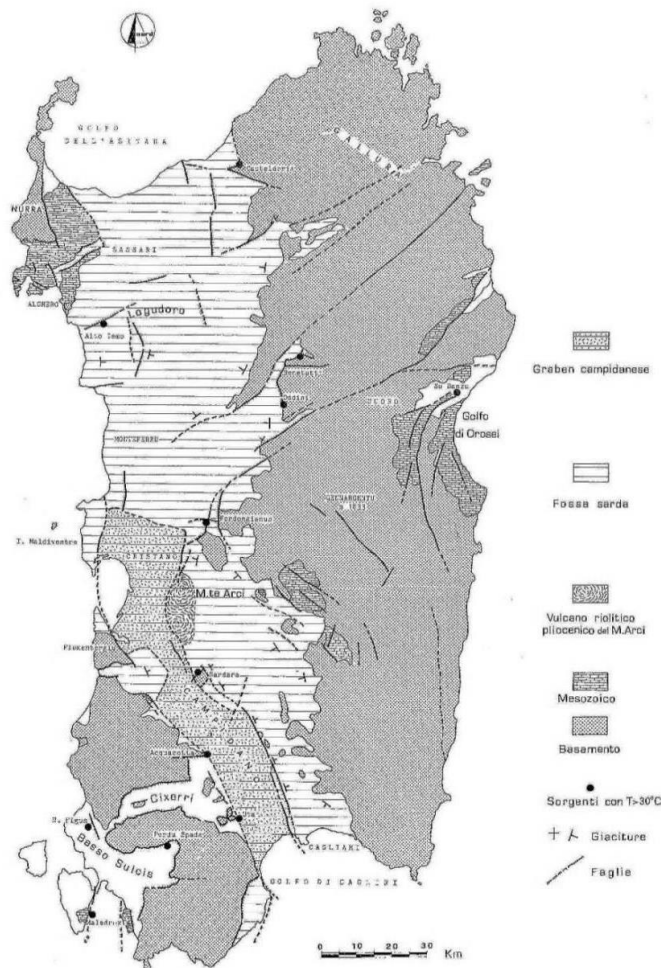
Un'intensa attività vulcanica sintettonica portò al parziale riempimento della stessa, come testimoniano le Falde interne del Complesso Metamorfico di medio grado e il Complesso metamorfico di basso grado che contornano le parte delle formazioni posterciniche della parte settentrionale e occidentale della Sardegna.

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.

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 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.



- Principali Unità strutturali della Sardegna -

8.2 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).

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).

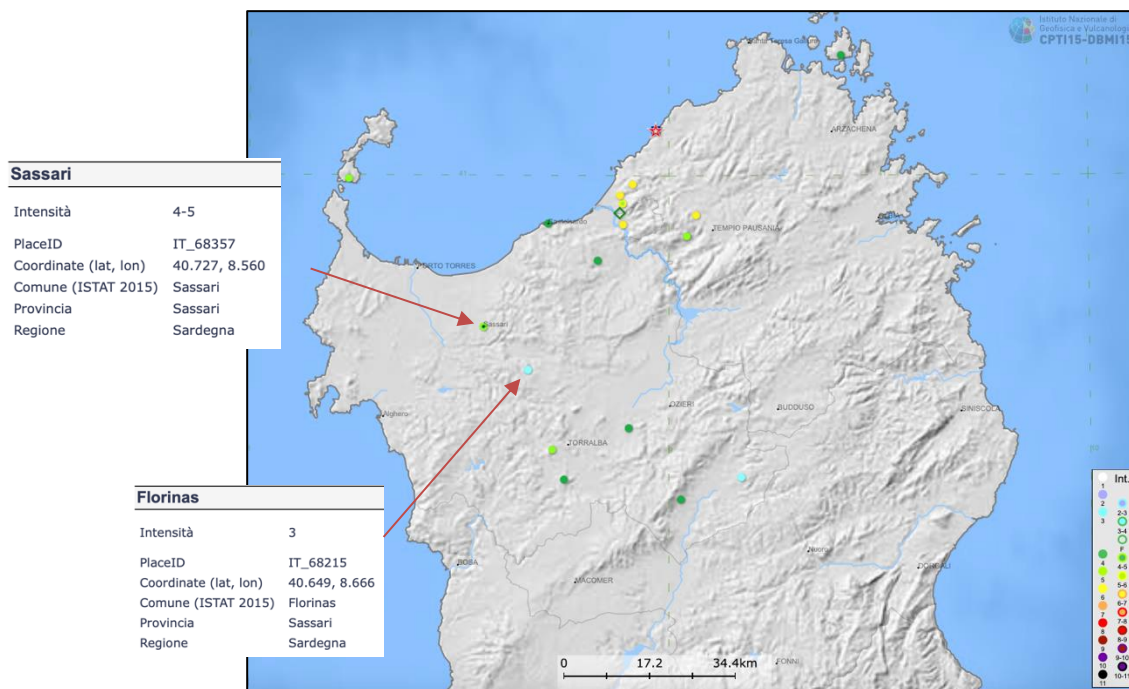
Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). La finestra cronologica 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 $4,43 \pm 0,60$.



Effetti	In occasione del terremoto del		Area epicentrale	NMDP	Io Mw
Int.	Anno	Me Gi Ho Mi Se			
3	1948	11 13 09 52	Mar di Sardegna	18	6 4.72
3-4	2000	04 26 13 37 4	Tirreno centrale	265	4.77

Mappa con la localizzazione degli epicentri dei terremoti storici avvenuti nell'area di progetto (fonte: catalogo CPT115, redatti da INGV) –

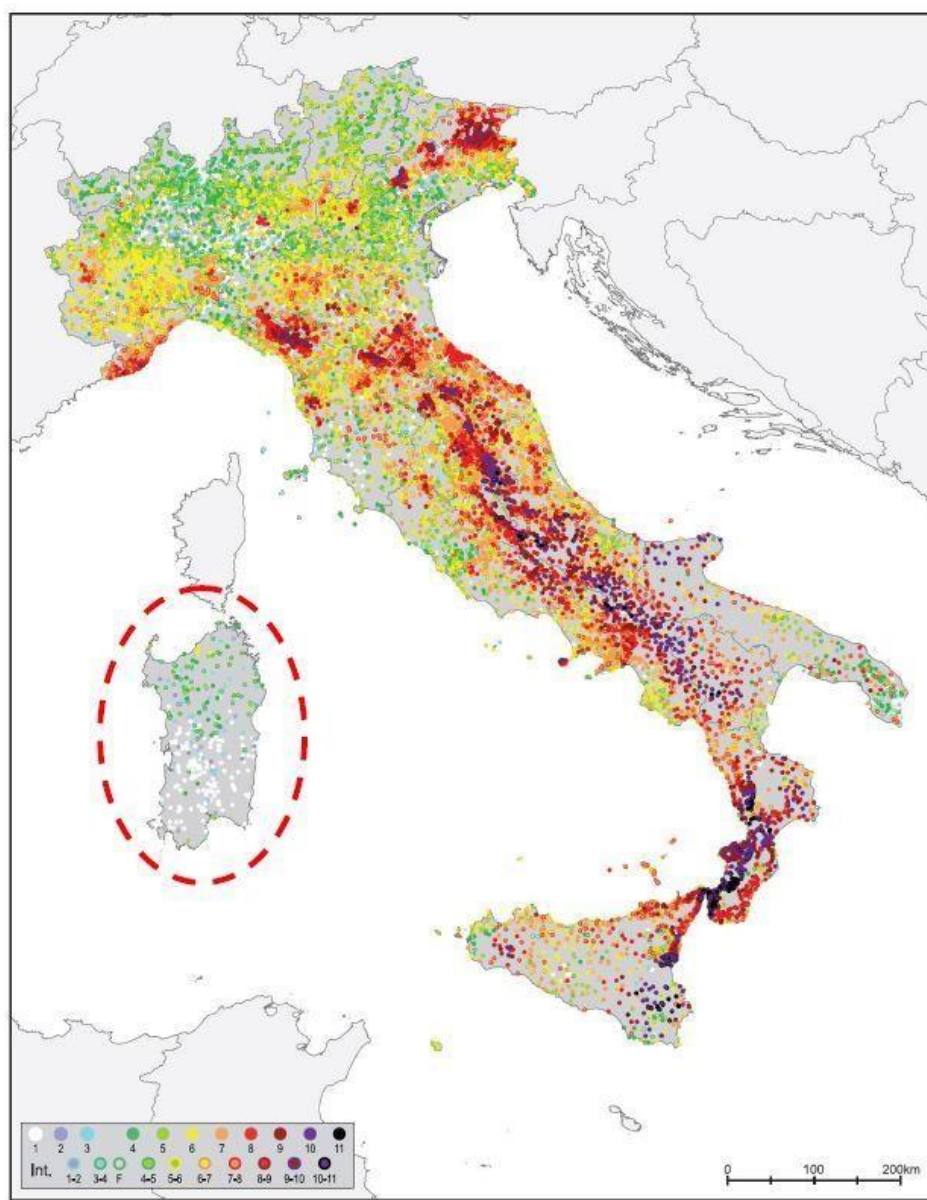
COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot
Aggius	OT	6	2	Gavoi	NU	4	1	Osilo	SS	3	1
Aglientu	OT	3-4	1	Gergei	CA	2-3	1	Osini Nuova	OG	2	1
Aidomaggiore	OR	3-4	1	Ghilarza	OR	3	1	Ossi	SS	3-4	1
Alà dei Sardi	OT	3	3	Giave	SS	4	2	Ottana	NU	4	2
Alghero	SS	4	1	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	Ruinias	OR	3	1
Bitti	NU	4-5	3	Macomer	NU	3	1	Samugheo	OR	2-3	1
Bolatana	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
Bonorva	SS	3-4	1	Martis	SS	4-5	1	Santa Lucia	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	Sennari	SS	3-4	1
Budoni	OT	3-4	2	Mores	SS	5	1	Serri	CA	3	1
Bultei	SS	3	2	Muntigioni	OT	5-6	1	Seulo	CA	3	1
Bulzi	SS	4	2	Muros	SS	4	1	Siamaggiore	OR	2-3	1
Burgas	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
Castelardo	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
Chiaromonte	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 Bona	CA	4	1	Olmedo	SS	2	1	Torpè	NU	4-5	3
Cossu Sine	SS	3	1	Olzai	NU	3-4	2	Tresnuraghes	OR	3-4	1
Dorgali	NU	3-4	2	Onani	NU	3-4	1	Tuà d'Agultu e Vigonza	OT	6	1
Elini	OG	3	1	Onifai	NU	3	2	Tula	SS	3-4	1
Escolca	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
Fonni	NU	3	2	Orune	NU	3-4	1	Villacidra	VS	4	1
Fardangianus	OR	3	1	Oschiri	OT	3	2	Villaurbana	OR	2	1
Galtelli	NU	5	3	Osidda	NU	3-4	3				

- Elenco degli eventi simici 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 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)

Completamento itinerario Sassari – Olbia. Potenziamento – messa in sicurezza S.S. 131 dal km 192+500 al km 209+500 – 2°Lotto” (dal km 202 al km 209)		
CA357	Relazione Geologica	

8.3 Caratterizzazione sismogenetica

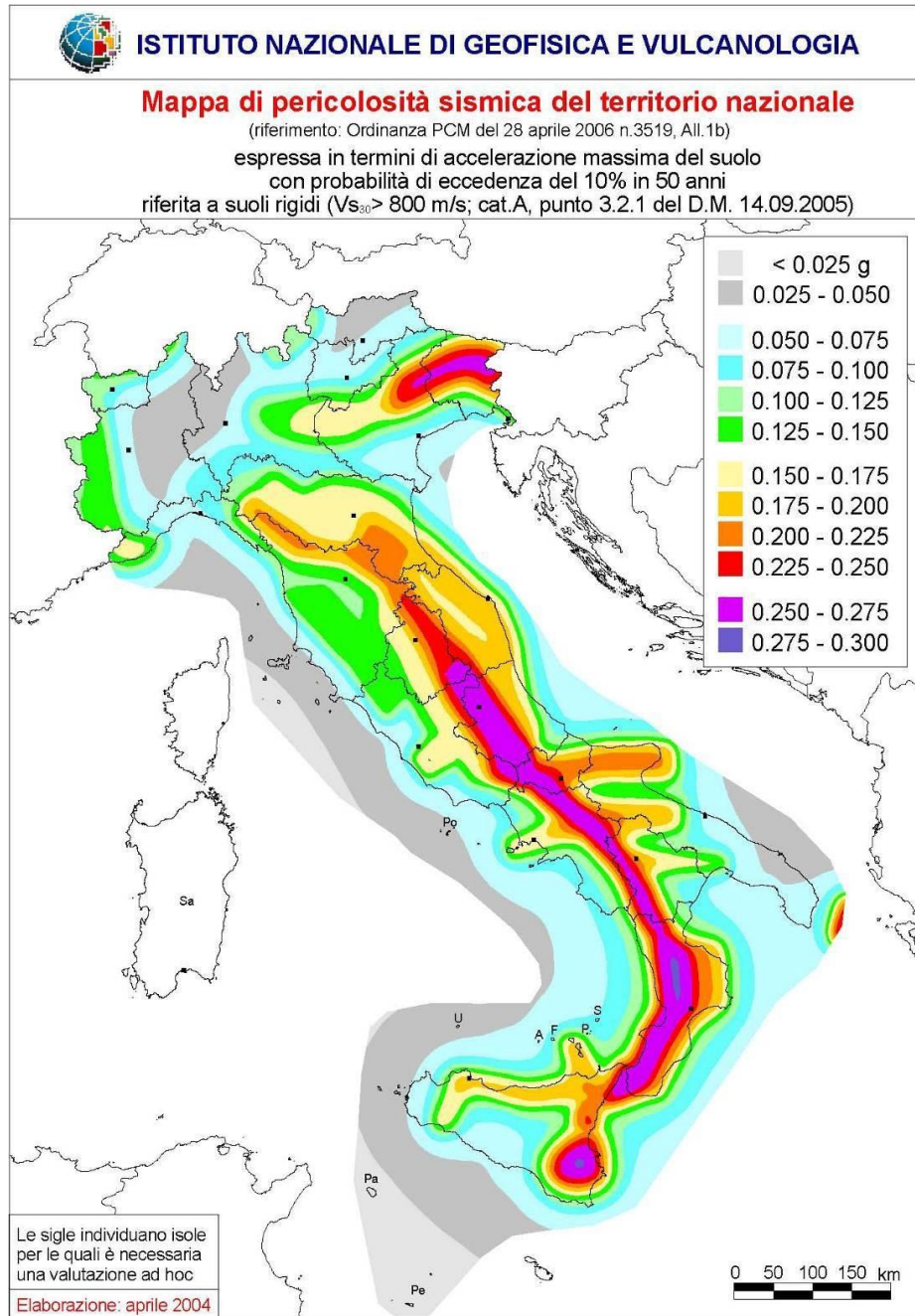
Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della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

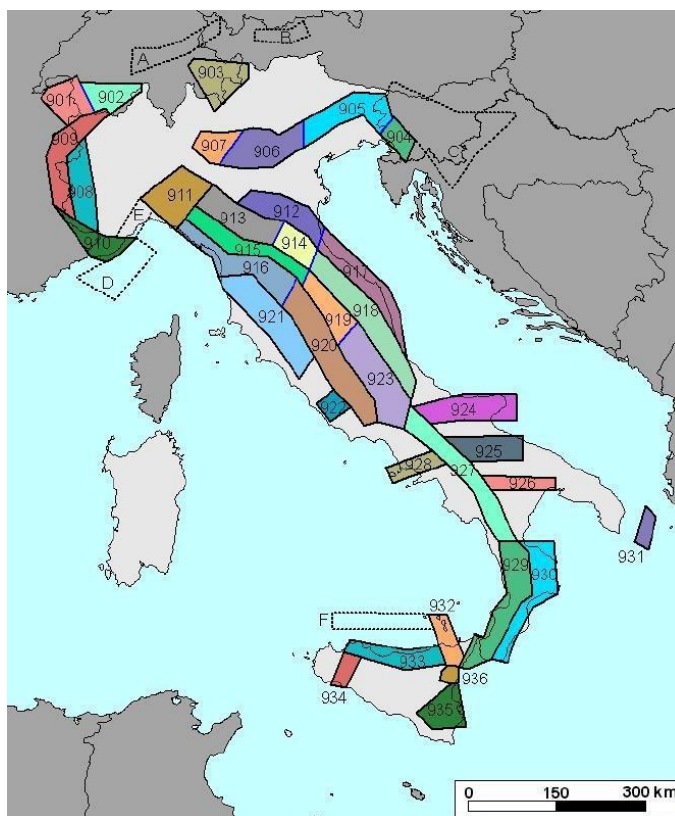
Il tracciato in studio è ubicato nel territorio della Provincia di SASSARI nei territori dei Comuni di Muros e Sassari che ricadono in zona sismica **4**.



- 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.

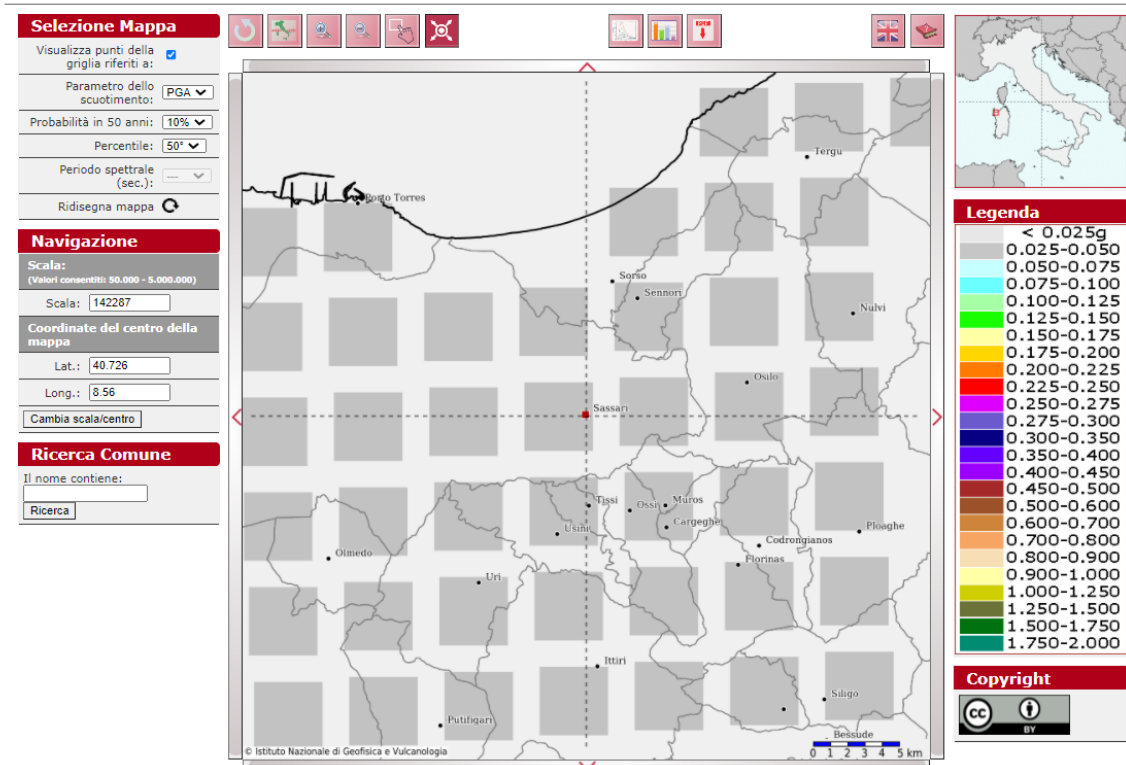
Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

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).



Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



- 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 macro-zonazione sismica omogenea, ossia presenta medesimi parametri spettrali sull'intero territorio insulare a parità di tempo di ritorno dell'azione sismica con accelerazione massima (amax) 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 ag, 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, fagliatura 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, Vs.

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

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

dove:

hi = spessore dello strato iesimo;

Vsi = velocità delle onde di taglio nell' iesimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/se.

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. Per la consultazione dei risultati dei dati elaborati si rimanda alla Relazione Sismica.

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.

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 dai sondaggi.

Le elaborazioni delle prove sono riportate nelle Tabelle seguenti. Come si osserva i valori ottenuti di V_{seq} corrispondono alla categoria di sottosuolo B e C, ai sensi della normativa tecnica NTC2018.

Mediante le risultanze scaturite dalle prospezioni geofisiche descritte nel presente elaborato, l'elaborazione dei dati ha permesso di calcolare i seguenti valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ nelle prove geofisiche hanno ragionevole possibilità di indagare i metri 30 di profondità o nelle prove geofisiche che hanno superato i 30 metri di indagine.

Sondaggio con prova Down Hole		
Sigla	V_{seq} (m/s)	Categoria Sottosuolo (NTC 2018)
S01-DH	428,28	B
S03-DH	388,21	B
S07-DH	372,37	B
S14-DH	501,07	B
S16-DH	337,81	C
S24-DH	539,36	B
S25-DH	499,79	B
S26-DH	461,86	B

11 ANALISI DEL TRACCIATO

La S.S.131 “Carlo Felice” collega la Città di Sassari a Olbia nella porzione settentrionale della Regione Sardegna. Il tracciato oggetto di studi è compreso tra i km 192+500 e i km 209+500. In particolare il secondo lotto è compreso tra il km 202 fino al km 209.

Il tracciato è in larga parte contenuto all’interno del territorio comunale di Sassari, tranne che nella porzione iniziale che ricade all’interno dei confini comunali di Muros.

DATI CARATTERISTICI

ASSE DESTRO

Lunghezza totale itinerario: 6654.85 m Pr. di progetto 0+000.00 – 6+654.85

Opere d’arte maggiori:

VI01 - Viadotto Ferrovia DX L=270m	Pr. di progetto 0+420.00 – 0+699.00
PO01 - Ponte Rio Mascari 1 DX L=45m	Pr. di progetto 1+631.00 – 1+676.00
VI02 - Viadotto Rio Mascari 2 Dx L= 96m	Pr. di progetto 1+746.58 – 1+842.58
GN01 - Galleria Pala Soliana Canna Nord L=1055.20m	Pr. di progetto 1+862.40 – 2+917.61
VI03 - Viadotto Rio Olia 1 DX L=150m	Pr. di progetto 2+927.60 – 3+077.60
GA01 - Canna Nord L=95m	Pr. di progetto 3+095.00 – 3+190.00
VI04 - Viadotto Rio Olia 2 DX L=60m	Pr. di progetto 3+272.31 – 3+332.31
GA02 - Canna Nord L=118m	Pr. di progetto 3+373.25 – 3+493.26
GN02 - Galleria Chighizzu L=975m	Pr. di progetto 4+060.00 – 5+033.00
VI06 - Viadotto Rio Giuncheddu L=285m	Pr. di progetto 5+905.01 – 6+190.02

ASSE SINISTRO

Lunghezza totale itinerario: 6651.12 m Pr. di progetto 0+000.00 – 6+651.12

Opere d’arte maggiori:

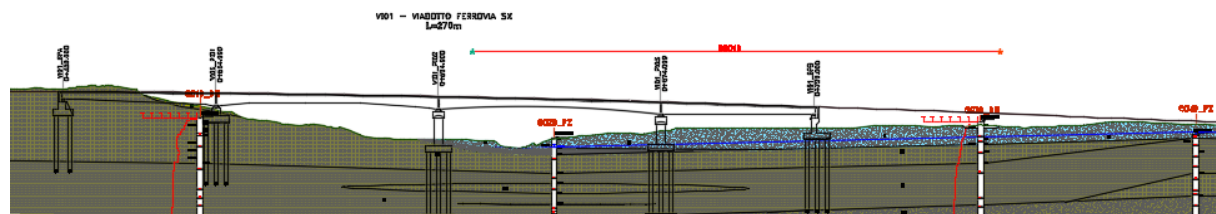
VI01 - Viadotto Ferrovia SX L=270m	Pr. di progetto 0+459.00 – 0+729.00
PO01 - Ponte Rio Mascari 1 SX L=44.42m	Pr. di progetto 1+623.16 – 1+668.18
VI02 - Viadotto Rio Mascari 2 Sx L= 96.64m	Pr. di progetto 1+745.00 – 1+842.04
GN01 - Galleria Pala Soliana Canna Sud L=1035.20m	Pr. di progetto 1+871.64 – 2+906.85
VI03 - Viadotto Rio Olia 1 SX L=150m	Pr. di progetto 2+912.70 – 3+062.70
GA01 - Canna Sud L=55m	Pr. di progetto 3+080.00 – 3+135.00
VI04 - Viadotto Rio Olia 2 SX L=140m	Pr. di progetto 3+217.60 – 3+357.60
VI05 - Viadotto Rio Olia 3 SX L=140m	Pr. di progetto 3+500.00 – 3+640.00
GN02 - Galleria Chighizzu L=884.40m	Pr. di progetto 4+082.39 – 4+966.80
GA03 - Canna Sud L=142m	Pr. di progetto 5+160.00 – 5+302.00
VI06 - Viadotto Rio Giuncheddu L=285m	Pr. di progetto 5+899.04 – 6+184.00

11.1 Tratto compreso tra la progr. 0+000.00 alla 1+500.00

In tale tratto il tracciato corre su un'area sub-pianeggiante a quota media di 150 m s.l.m. degradante, con una blanda pendenza, verso Ovest.

Il tracciato interessa fino a circa 550 m un membro siltitico della Unità di Monte Sa Silva (ILVb) Burdigaliano p.p. di spessore variabile tra i 5 m e i 15 m, sul quale poggiano la prima spalla e i primi due piloni del viadotto ferroviario VI01, mentre il terzo pilone e l'ultima spalla poggiano su depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie. Tali depositi proseguono al di sotto del tratto stradale in progetto fino alle progressive 1+100 1+140, per poi tornare ad affiorare la Unità di Monte Sa Silva (ILV) nella sua facies piroclastica con struttura massiva a fine con stratificazione plano-parallela. Nell'area sono stati eseguiti i sondaggi S01DH, S02Pz, S03DH e S04Pz, i quali hanno permesso di ricostruire la stratigrafia di questo tratto costituito prevalentemente dalle facies piroclastiche a granulometrie differenti della Unità Di Monte Sa Silva. Gli strati hanno una giacitura sub parallela con una debole vergenza verso Sud-Ovest di circa 7°, andamento degli strati riscontrabile anche dall'analisi della stesa sismica BS01D.

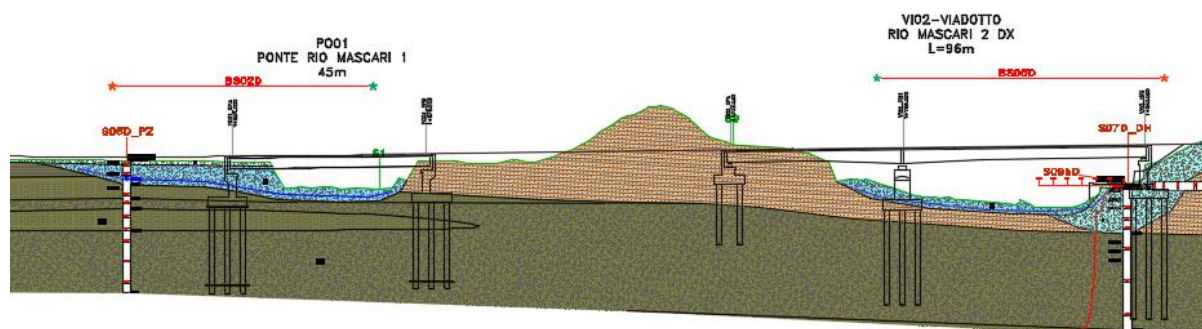
Dai sondaggi eseguiti si è riscontrata la falda ad una profondità di circa 3 m. in prossimità dei depositi alluvionali.



Sezione tracciato nel tratto 0+429.00 – 0+729.00 Viadotto ferrovia – asse stradale sinistro

11.2 Tratto tra la progr. 1+500.00 e progr 1+850.00

In tale tratto il tracciato incontra un meandro del Rio Mascari, pertanto è in progetto l'esecuzione di un ponte e di un viadotto per il superamento delle valli del Rio. Nell'area affiora la facies siltitica e sabbiosa con granuli di quarzo della Unità di Monte Sa Silva mentre all'interno delle valli del Rio Mascari affiorano depositi fluviali costituiti da sabbie e ghiaie. In contatto stratigrafico affiora la Formazione di Borutta nella sua facies calcarenitica (*Burdigaliano Sup. - Langhiano*).



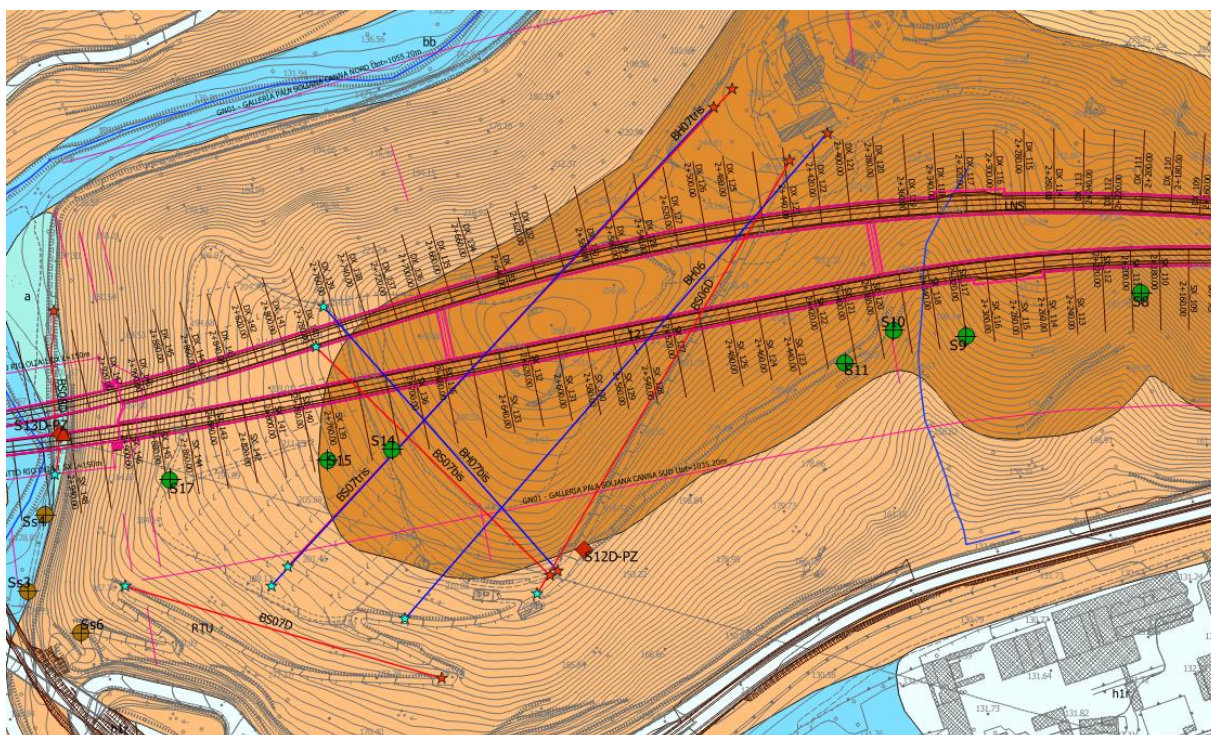
Sezione asse stradale destro tracciato nel tratto 1+620.00 – 1+850.00 Ponte e Viadotto Rio Mascari

Queste formazioni sono riconoscibili all'interno dei sondaggi S05Pz, S07DH e il sondaggio verticale S08hD. L'andamento delle geometrie riscontrate dal rilievo di campagna del sottosuolo sono confermate dallo studio delle stese sismiche BS02D e BS05, le quali confermano un andamento subparallelo con una debole vergenza verso Sud-Ovest.

11.3 Galleria Pala Soliana – progr 1+800.000 e 2+940.000

In questo tratto di strada è prevista la realizzazione della galleria Pala Soliana, discostandosi quindi dal tratto esistente della S.S. 131 “Carlo Felice”. La galleria raggiunge la lunghezza di 1055.20 m per la canna Nord, mentre la canna Sud sarà di 1035.20 m entrambe orientate Est-Ovest.

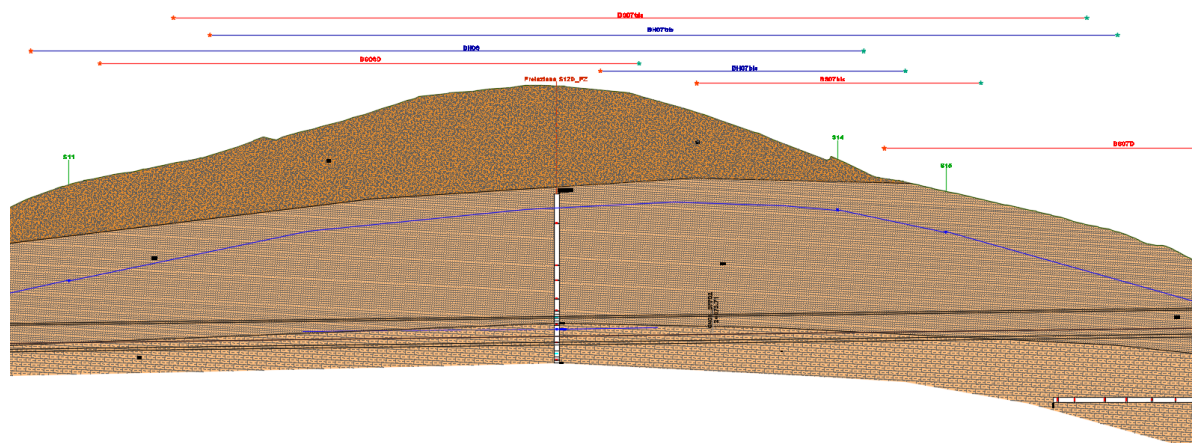
Per la ricostruzione della stratigrafia e per la caratterizzazione geotecnica delle litologie presenti sono stati eseguiti due sondaggi orizzontali posti all'inizio (S08hD) e alla fine (S31hD) del versante oggetto di studio e un sondaggio verticale S12 Pz posto a circa metà della galleria in progetto. È stata eseguita una consistente indagine geofisica in prossimità della seconda metà del versante interessato dall'attraversamento della galleria in progetto per una migliore interpretazione del sottosuolo. Sono state svolte quattro indagini sismiche BS06D, BS07D, BS07bis e BS07tris e tre indagini geoelettriche BH06, BH07bis, BH07tris.



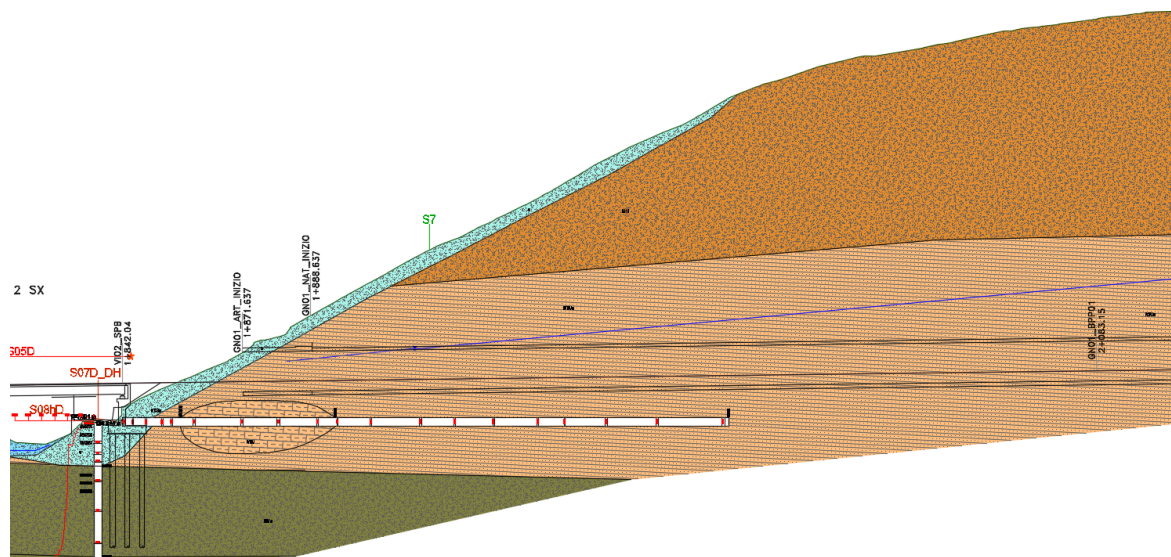
Sezione tracciato dal tratto 2+280.00 a 2+940.00 Galleria Pala Soliana

Dai sondaggi effettuati si osserva la presenza di una facies calcarenitica della Formazione di Borutta per una profondità di circa 80-50 m per poi incontrare la facies calcareo marnosa in prossimità del passaggio delle canne della galleria in progetto. Al tetto del versante oggetto di studio affiora la Formazione di Florinas (LNS - *Serravalliano*); tale formazione non è stata riconosciuta all'interno del sondaggio effettuato ma solamente dai dati cartografici presenti nell'area.

Dal sondaggio S12Pz è stata riscontrata la falda alla profondità di 56.17 m. pertanto al di sopra dell'opera in progetto. Sono stati presi in considerazione i dati della falda dei sondaggi effettuati da Geolavori s.r.l. nel 1999 e nella prima metà del tratto coincidono con il livello di falda riconosciuto nel sondaggio S12Pz, mentre nella seconda metà si osserva un livello freatico superficiale. Come già accennato questi dati oltre ad essere datati, non corrisponde la loro esatta ubicazione e si ritiene opportuno precisare che sono stati utilizzati in ottemperanza alla mancanza di dato lungo il tragitto della galleria Pala Soliana.



Sondaggio S12Pz e indagini geofisiche – asse stradale sinistro



Depositi di versante in prossimità dell'ingresso della galleria Pala Soliana – asse stradale sinistro

All'ingresso e all'uscita della galleria e lungo il versante oggetto di perforazione, sono presenti depositi di materiale litoide distaccato dagli affioramenti osservabili in quota, è pertanto da considerare la messa in sicurezza del versante in prossimità dell'attraversamento della galleria in progetto.

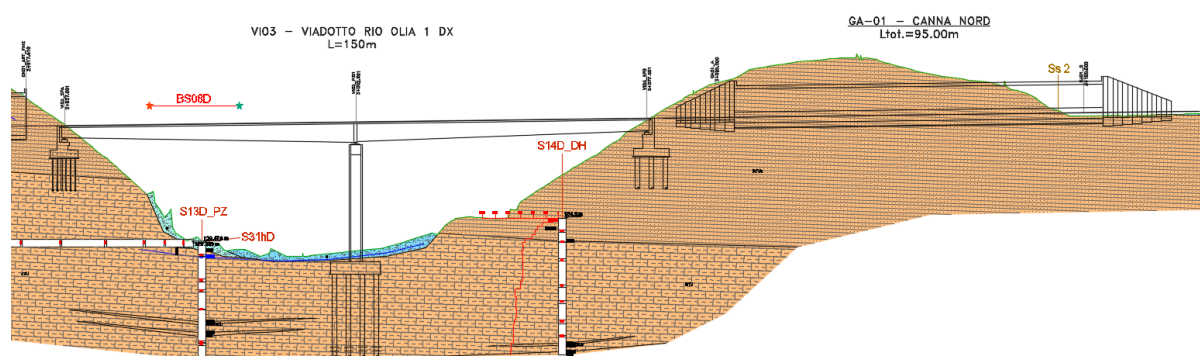
11.4 Tratto tra la progr. 2+940.00 e la progr 3+200.00

Alla uscita della galleria Pala Soliana il tragitto attraversa il Rio Olia, affluente del Rio Mascari, e sono in progetto due opere il viadotto Rio Olia 1 e una galleria GA-01 avente diverse lunghezze tra l'asse stradale destro e l'asse stradale sinistro.

Per la ricostruzione geologica e la caratterizzazione geotecnica sono stati utilizzati il sondaggio orizzontale S31hD, i sondaggi S13Pz e S14DH.

Dallo studio sul terreno e lo studio dei sondaggi eseguiti si riscontrano le litologie già osservate in precedenza ovvero le due facies, dall'alto verso il basso, calcarenitica e calcareo marnosa della Formazione di Borutta. In prossimità del Rio Olia si trovano sedimenti sabbioso ghiaiosi di natura alluvionale.

La falda, riscontrata dal sondaggio S13Pz, è alla profondità di 3.61 m. prevalentemente all'interno dei depositi alluvionali.



Sezione geologica asse destro progr. 2+940.00 e 3+200.00

Il viadotto, come osservabile dalla sezione geologica, poggia con le spalle sulla facies calcarenitica, mentre il pilone centrale risulta appoggiarsi sui depositi alluvionali e la facies calcareo marnosa litoide sottostante.

La galleria artificiale, posta topograficamente a quote superiori si trova all'interno della facies calcarenitica, ed ha una lunghezza di 95 m per la canna Nord e una lunghezza di 55 m per la canna Sud.

11.5 Tratto compreso tra la progr. 3+200.00 e la progr 4+060.00

Morfologicamente la strada segue il tracciato già esistente dalla S.S. 131 "Carlo Felice" e costeggia una parete rocciosa verticale in cui alla base, come ben visibile dai sondaggi eseguiti in prossimità della carreggiata, è presente uno strato di brecce cementate provenienti dal disfacimento della stessa parete rocciosa.

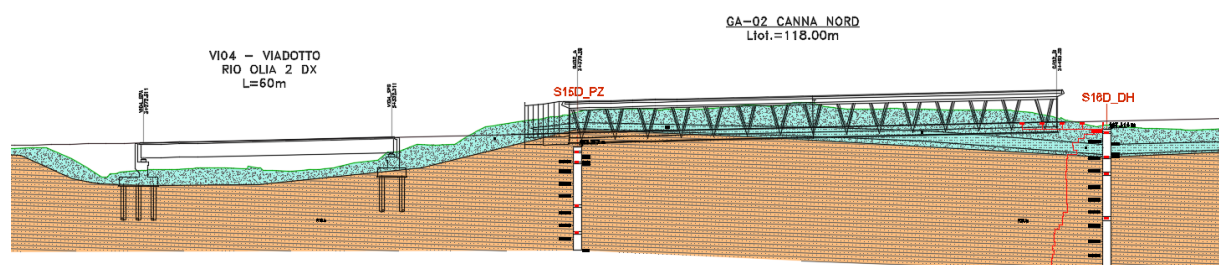
La stratigrafia di questo tratto è stata ricostruita seguendo i sondaggi S15Pz e S16DH, i quali evidenziano uno strato costituito dai depositi di versante, avente uno spessore variabile tra 7 m e 1 m, che poggiano sopra la facies calcarenitica della Formazione di Borutta. Questo assetto stratigrafico lo troviamo lungo tutto il tratto fino all'ingresso della galleria Chighizzu dove al di sopra delle calcareniti torna ad affiorare la facies calcareo-marnosa della stessa Formazione geologica.

Dal sondaggio S15D allestito con piezometro, non si ha una evidenza sulla presenza della falda.

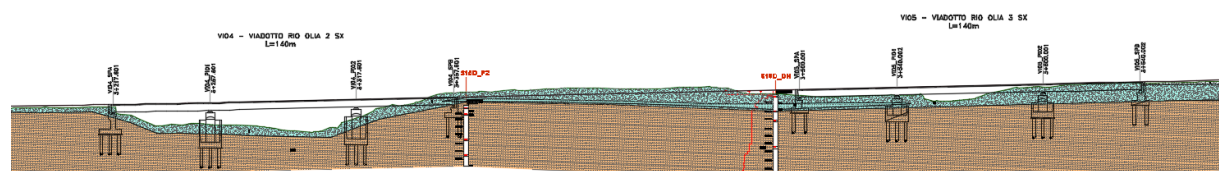
Sebbene morfologicamente il tratto stradale si trovi in un'area a pericolosità geomorfologica molto elevata Hg4, in sezione l'asse stradale topograficamente risulta sub-pianeggiante ad eccezione della prima parte dove si attraversa delle piccole valli o aree sopraelevate. A fronteggiare queste irregolarità topografiche sono in progetto alcune opere con strutture ben diverse tra i due assi stradali.

Sull'asse destro, in continuità con le opere descritte nel tratto precedente, sono in progetto il viadotto Rio Olia 2 e una galleria artificiale GA-02, entrambe appoggiano con le opere di sostegno direttamente sopra i depositi di versante cementati.

Per quanto riguarda l'asse stradale sinistro, sono in progetto due viadotti di maggiore entità, i cui piloni e spalle si appoggiano sulle brecce cementate e le calcareniti sottostanti. Le opere in progetto sono il viadotto Rio Olia 2 e il viadotto Rio Olia 3, entrambi aventi una lunghezza pari a 140 m e anch'essi sono in continuità con le opere descritte nel tratto precedente.



Sezione geologica in prossimità delle opere in asse stradale destro



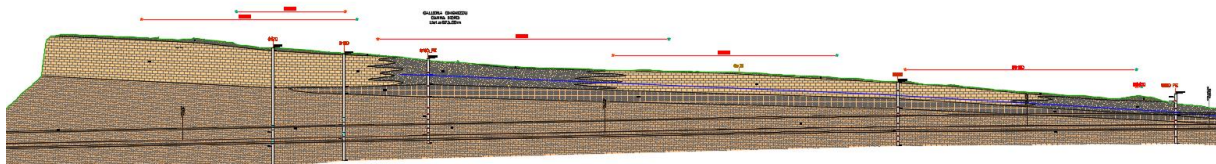
Sezione geologica in prossimità delle opere in asse stradale sinistro

11.6 Galleria Chighizzu tra la 4+060.00 e 5+040.00

Al termine del tratto sub-pianeggiante precedentemente descritto, inizia la galleria Chighizzu, la quale è già presente sul tratto del S.S. 131 “Carlo Felice”, ma dal nuovo progetto verranno spostate entrambe le canne più a Nord. La nuova galleria in progetto ha una lunghezza di 975 m in prossimità dell'asse stradale destro e 884.40 m sull'asse stradale sinistro

L'area è stata indagata su tutta la lunghezza della galleria in progetto tramite l'esecuzione di sondaggi geognostici (S17D, S18D, S19Pz, S20D e S21Pz) i quali descrivono tutti la stessa stratigrafia riscontrata anche dalle cartografie presenti e da rilievo di campagna. Al tetto troviamo i calcari bioclastici appartenenti alla Formazione di Montesanto (NST – Tortoniano – Messiniano inf.) che talvolta risultano fratturati e poco cementati, dopodiché si osservano, lungo quasi tutti i sondaggi, delle siltiti per uno spessore di circa 8 m appartenenti alla Formazione di Borutta e proseguendo in profondità la facies

calcarea marnosa della stessa Formazione geologica. L'assetto stratigrafico è stato ricostruito anche tramite l'ausilio delle indagini sismiche effettuate lungo tutto l'asse stradale in progetto (BS09D, BS10D, BS11D, BS12D, BS13D, BS14D, BS15D e BS16D), i quali confermano degli strati debolmente inclinati in direzione Est-Ovest con inclinazione massima di circa 10°.



Sezione geologica Galleria Chighizzu asse stradale destro

Dai sondaggi attrezzati a piezometro (S19Pz e S21Pz) è stata riscontrata una falda acquifera posta a circa 12 m dalla superficie che risulta ricadere all'interno della Formazione di Montesanto.

11.7 Tratto compreso tra la progr. 5+040.00 e 5+880.00

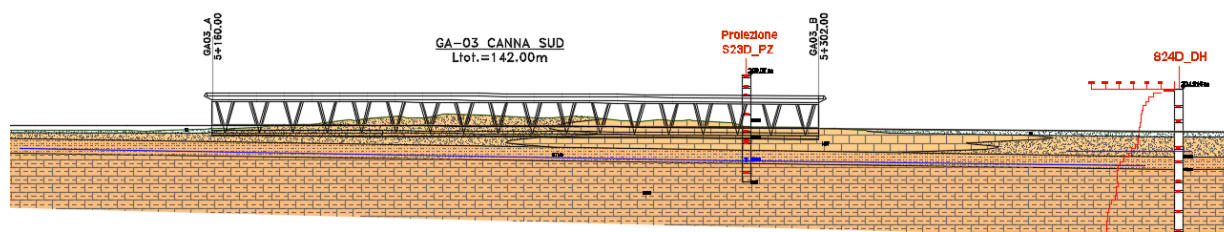
L'andamento stratigrafico rispecchia in continuità quanto precedentemente descritto per la galleria Chighizzu. Dai sondaggi S22D, S23Pz, S24DH e S25 DH è possibile osservare sebbene con spessori nettamente inferiori, la stessa stratigrafia costituita dai calcari della Formazione di Montesanto, siltiti e calcari marnosi della Formazione di Borutta.

Dall'analisi stendimento sismico BS17D si evince che l'assetto stratigrafico è quello riscontrato dai sondaggi effettuati, ovvero con stratificazione sub-parallela con spessori delle formazioni costanti lungo tutto il tratto in esame.

La falda anche in questo caso è osservabile all'interno della Formazione di Montesanto ad una profondità dalla superficie di circa 5 m.

Sull'asse sinistro della strada in progetto è prevista la realizzazione di una galleria artificiale GA-03 per una lunghezza di 142 m a fronte di un'area morfologicamente più alta rispetto alle quote circostanti. Tale opera risulta poggiarsi interamente sui calcari bioclastici della Formazione di Montesanto; data la presenza della falda superficiale, questa potrebbe interagire con l'opera in progetto tramite le oscillazioni stagionali.

Per quanto riguarda lo scavo per la messa in opera della strada in progetto, 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.



Sezione geologica asse stradale sinistro in prossimità della GA-03

11.8 Tratto tra la progr. 5+880.00 fine tratta stradale

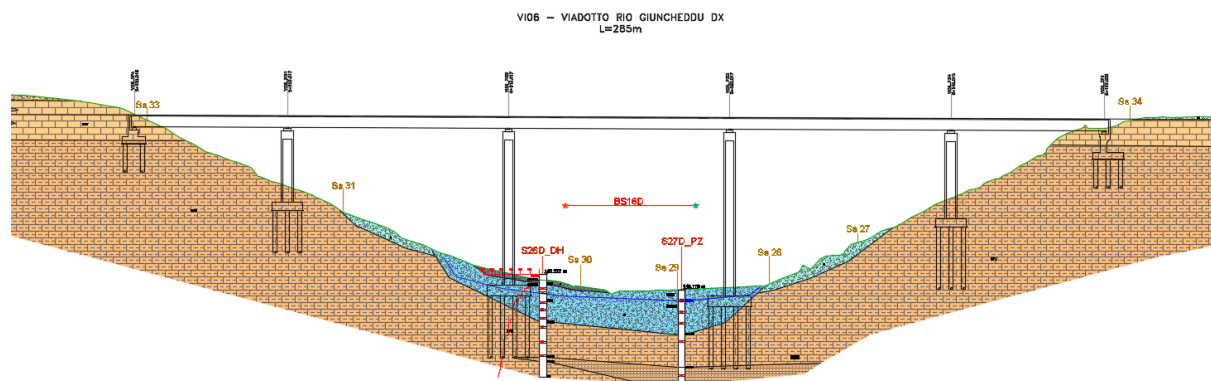
L'ultimo tratto stradale attraversa il Rio Giuncheddu, ed è in opera il rifacimento del ponte già esistente per far fronte ai due nuovi assi stradali in progetto.

Stratigraficamente il tratto è stato indagato tramite i sondaggi S26DH e S27Pz, situati nella valle incisa dal Rio Giuncheddu e dal sondaggio S28D situato negli ultimi metri del tratto stradale in progetto.

La stratigrafia è quella descritta per il tratto in precedenza, ovvero calcari della formazione di Montesanto al tetto e calcari marnosi in continuità stratigrafica sottostante.

All'interno della valle del Rio si hanno depositi di origine alluvionale in prossimità del percorso fluviale, mentre a ridosso del versante destro dal rilevamento di campagna si osserva una facies siltitica con clasti carbonatici interpretata come deposito di versante.

In profondità e in particolar modo osservati dal sondaggio S27Pz è presente la facies calcarenitica della Formazione di Borutta.



Sezione geologica asse stradale destro viadotto Rio Giuncheddu

Le spalle del viadotto in progetto, secondo la stratigrafia ricostruita, poggiano sui calcari di Montesanto, mentre i 2 piloni esterni (PI01 e PI 04) si attestano ai calcari di Borutta. I due piloni centrali, PI02 e PI03 poggiano sopra i depositi alluvionali.

All'interno dei depositi alluvionali è stata riscontrata la presenza della falda a circa 3 m dalla superficie, quindi in prossimità dei piloni centrali del viadotto in progetto.

I versanti incisi dal Rio, ricadono all'interno della classe di pericolosità elevata Hg3, data l'acclività dei pendii e data la presenza di depositi di versante alla base, si osserva un lento disfacimento delle formazioni litoidi in quota.

11.9 Volumi di scotico e bonifica

Le principali questioni di carattere geotecnico connesse con la progettazione delle opere riguardano la scelta del tipo di fondazione delle pile e delle spalle dei viadotti, ponti e cavalcavia e la scelta del piano di posa dei tratti in rilevato.

In relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, ai rapporti tra questi ultimi e le opere ed ai carichi trasmessi dalle strutture, la scelta delle fondazioni delle pile e delle spalle dei viadotti ricade su fondazioni profonde, costituite da pali di c.a. di grande diametro (\varnothing 1200 mm) ad esclusione della spalla A del viadotto 3, dove vengono scelti dei micropali a causa di limitazioni tecnologiche. Per il dimensionamento delle strutture di fondazione si è fatto riferimento ai rapporti tra le opere e i terreni descritti in precedenza.

I risultati dei calcoli strutturali e geotecnici, corredati da particolari costruttivi, sono riportati per ciascuna opera in specifici elaborati.

L'apertura degli scavi per raggiungere i piani di posa dei plinti di fondazione procederà con pendenza 1/1. Qualora gli scavi dovessero raggiungere profondità maggiori di 5 m si interporranno banchine larghe 2 m superati i 5 m di altezza di scavo.

Per quanto riguarda i tratti in rilevato, si prevede lo scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriore strato di spessore variabile da 50 cm a 150 cm, quale bonifica, al fine di garantire l'appoggio dei rilevati su terreni di idonee caratteristiche.

Progressiva [km]	Scotico [cm]	Bonifica [cm]
0+000-0+480	20	50
0+480-1+640	20	150
1+640-1+840	20	50
1+840-2+900	0	0
2+900-4+080	20	70
4+080-4+940	0	0
4+940-6+707	20	50