

S.S. n.131 "Carlo Felice"
Completamento itinerario Sassari – Olbia

Potenziamento–Messa in sicurezza dal km 192+500 al km 209+500

1° lotto (dal km 193 al km 199)

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA349

PROGETTAZIONE: ATI VIA - SERING - VDP - BRENG

PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Giovanni Piazza (Ord. Ing. Prov. Roma 27296)

RESPONSABILI D'AREA:

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. Salvatore Frasca

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:



MANDANTI:



GEOLOGIA, GEOTECNICA E SISMICA

Relazione Geologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

D P C A 0 3 4 9 D 2 0

NOME FILE

CA349_T00GEO00GEORE01_02A

CODICE ELAB.

T 0 0 G E O 0 G E O R E 0 1

REVISIONE

SCALA:

A

D

C

B

A

REV.

EMISSIONE

DESCRIZIONE

NOV.2020

DATA

E. CURCURUTO

REDATTO

E. CURCURUTO

VERIFICATO

G. PIAZZA

APPROVATO

Indice

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	13
6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	32
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	37
8. SISMICITA' DELL'AREA	55
9. ANALISI DEL TRACCIATO.....	86

1. PREMESSA

La presente relazione descrive gli studi geologici, geomorfologici ed idrogeologici eseguiti a supporto dei **lavori di potenziamento e messa in sicurezza della S.S.131 "Carlo Felice" del lotto 1 dal km 193 al km 199**. L'intervento è inserito con codice CA349 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.

L'intervento realizza un primo lotto dei lavori di adeguamento e messa in sicurezza della SS131 nel tratto dal nuovo svincolo con la SS729 "Sassari-Olbia", nel comune di Codrongianos, fino all'abitato di Sassari. 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 tratto in progetto è quello compreso dal km 193 al km 199, interessando i comuni di Florinas e Codrongianos.

Attualmente, questo tratto della SS131 presenta una tortuosità del tracciato con carreggiate sfalsate e una ridotta piattaforma stradale; per il miglioramento delle caratteristiche dell'infrastruttura e adeguamento a tipo B, si prevede la realizzazione di una variante piano altimetrica in prossimità dell'abitato di Codrongianos, per uno sviluppo di circa 5.71 km, con limitati tratti in sede. In tal modo si otterrà un incremento della sicurezza stradale dell'infrastruttura, in particolare per:

- ✓ Il miglioramento delle caratteristiche geometriche del tracciato, con adeguamento delle curve e armonizzazione di tutti gli elementi piano-altimetrici secondo quanto previsto nel DM 05/11/2001 per una VP=120 km/h;
- ✓ L'adeguamento della sezione tipo, in conformità a quanto previsto nel DM 05/11/2001 per una strada di tipo B (Extraurbana principale);
- ✓ L'inserimento degli allargamenti per visibilità ovunque necessari;
- ✓ La realizzazione delle piazzole di sosta.

L'intervento prevede inoltre il rifacimento dei due svincoli di Florinas e Codrongianos, i quali saranno entrambi adeguati ad intersezioni di tipo 2 del DM 19/04/2006.

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, 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;*

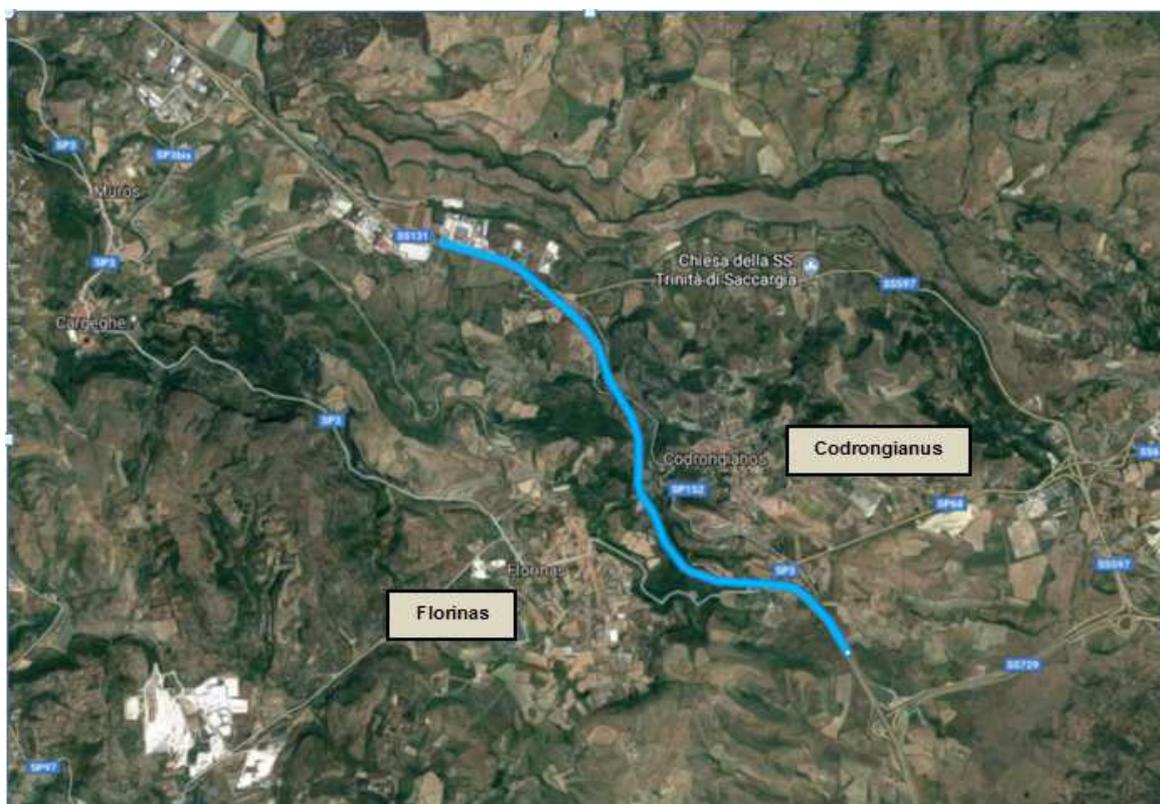
□ *Legge Regione Sardegna n. 45 del 22-12-1989 - "Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale" e successive modifiche e integrazioni, tra cui quelle della L.R. del 15-2-1996, n.9.*

□ *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*

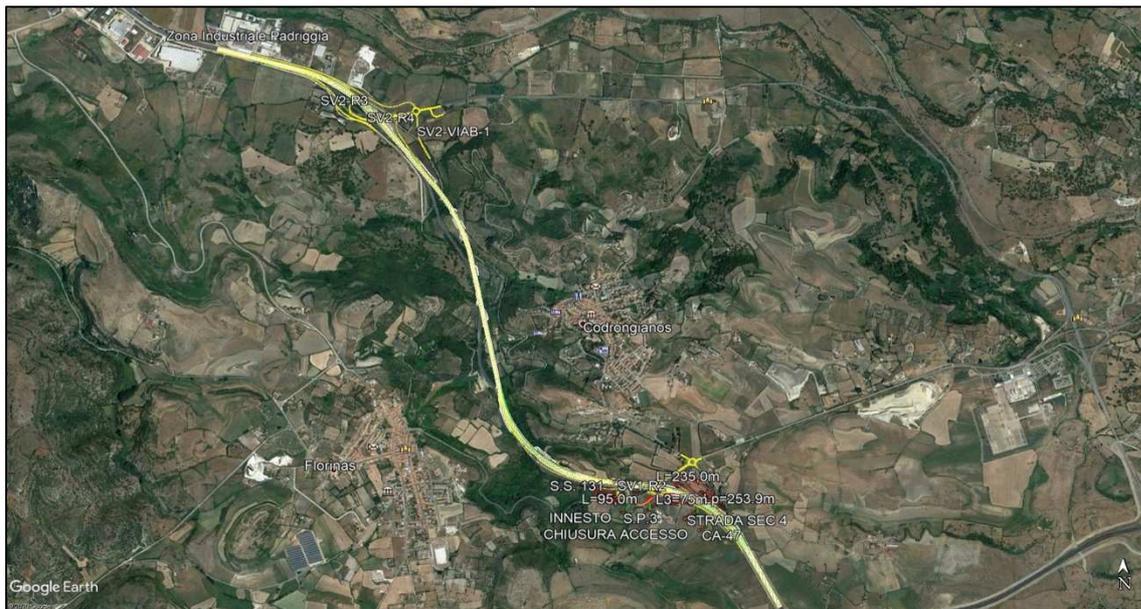
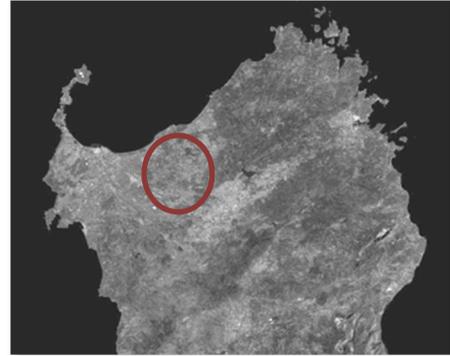
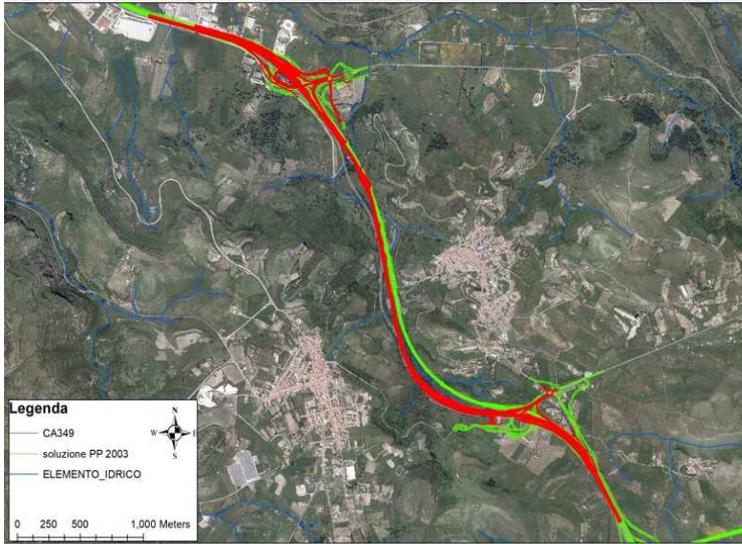


- Area d'intervento CA349 su ortofoto.-

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La S.S.131 "Carlo Felice" collega il capoluogo Sardo con Porto Torres; inizia appunto a Cagliari, dal Nord della città, e scorre prevalentemente in direzione Nord attraversando le provincie di Cagliari, Oristano, Nuoro e Sassari finendo presso la città di Porto Torres. Il tracciato in progetto si colloca nel programma di completamento della Strada Statale 131 "Sassari – Olbia" lotto 1 dal km 192+500 al km 209+500.

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



Ubicazione dell'area di intervento e precedente tracciato –

L'opera in progetto insiste quasi interamente sul territorio comunale di Codrongianos (SS), a differenza di un breve tratto di circa 1,2 km che ricade all'interno del territorio comunale di Florinas (SS). Lo stesso ricade nelle seguenti tavolette della Carta d'Italia redatta dall'I.G.M.I., nella sequenza progressiva del tracciato da E verso W:

F° 459 II "Ossi";

F° 460 III "Ploaghe";

e nelle sezioni N° 460130, 460090 e 459120 della Carta Tecnica Regionale.

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

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 alla formazione di Mesas e di versanti a gradini. Questi ultimi sono particolarmente evidenti al contatto tra le formazioni piroclastiche ed i calcari di Mores e di Monte Santo.

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:

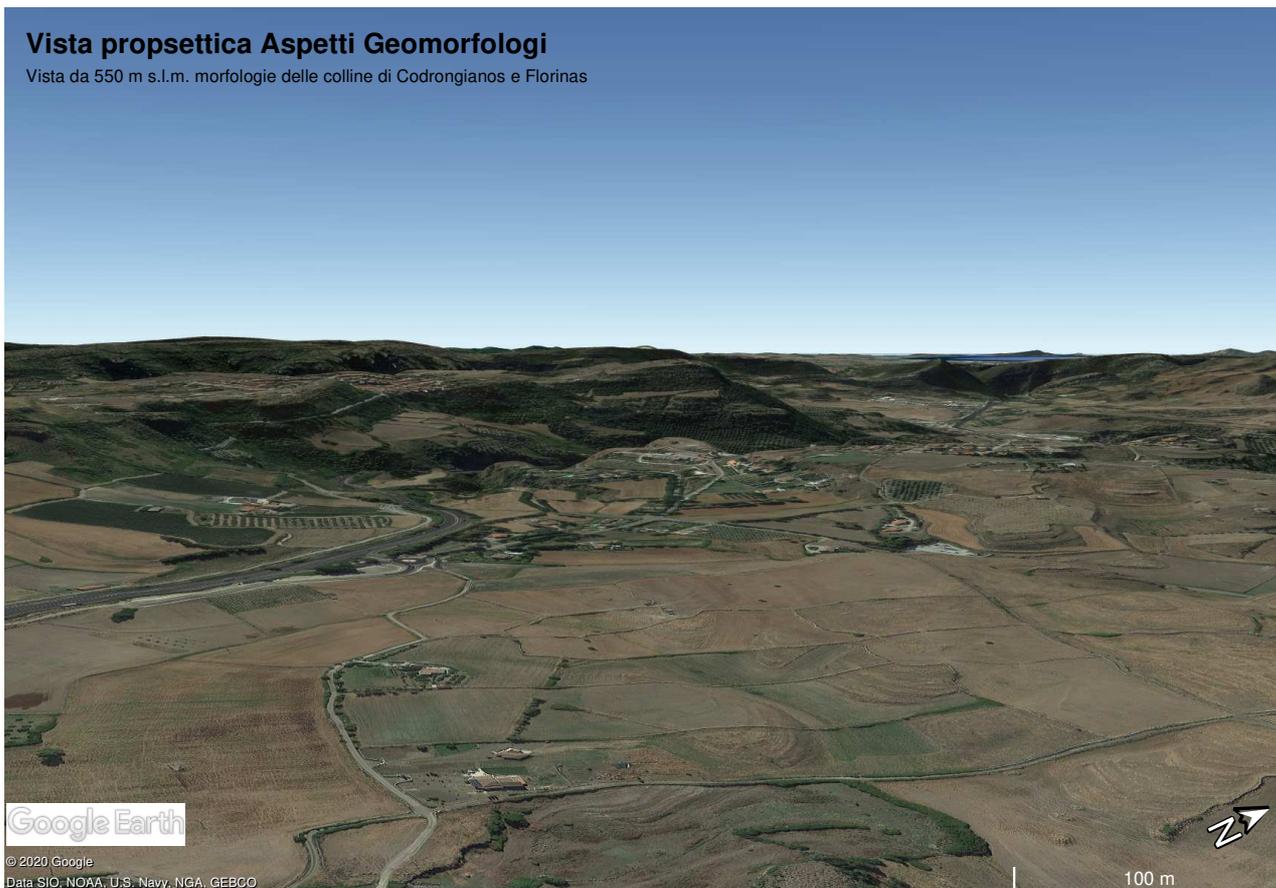
- il mese più secco è luglio, quelli più piovosi novembre-dicembre;
- la temperatura media dell'area risulta pari a 10°, 17°, 23° e 14°, rispettivamente per inverno, primavera, estate ed autunno;
- il mese più caldo è agosto, il più freddo gennaio;
- il regime dei venti mostra prevalenze dai quadranti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

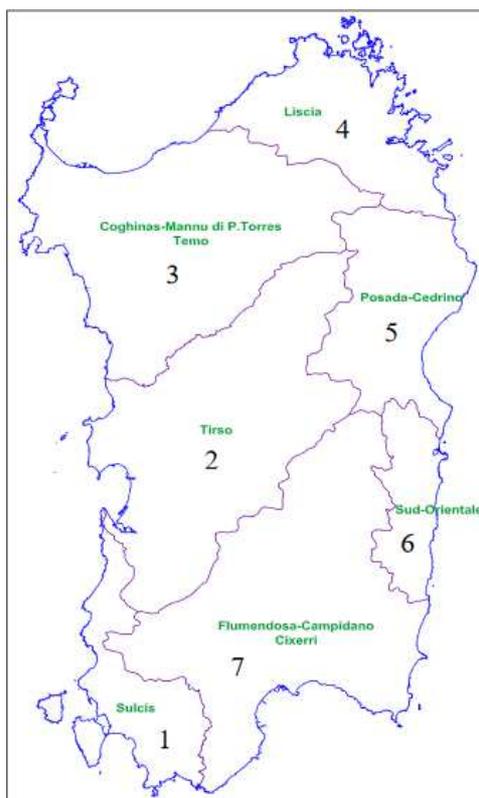
La frammentazione fondiaria, con sistemi particellari complessi, segna non solo dal punto di vista vegetazionale e agronomico il sistema naturale tutto, generando l'attuale tessitura del paesaggio.

Vista prospettica Aspetti Geomorfologici

Vista da 550 m s.l.m. morfologie delle colline di Codrongianos e Florinas



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 percorse da una linea di deflusso naturale con tipiche geometrie meandriche di fondovalle.

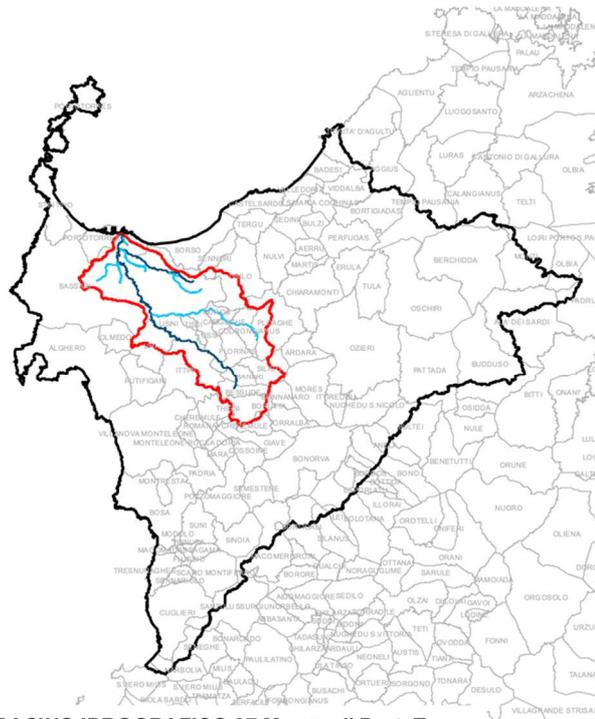
Il Riu Mannu di Porto Torres è il corso d'acqua principale dell'area di studio è considerabile a regime torrentizio che scorre in provincia di Sassari.

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

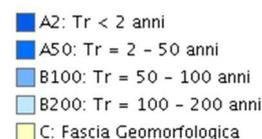
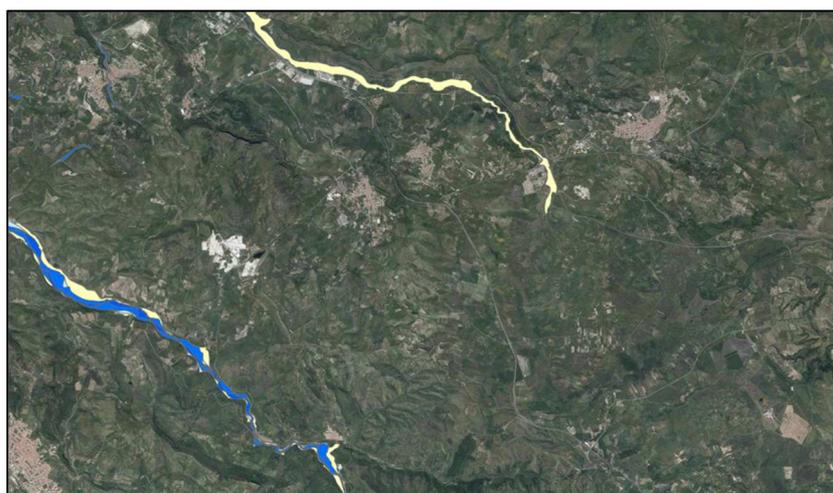
BACINO IDROGRAFICO 07 Mannu di Porto Torres

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	BESSEUDE	Riu Mannu 701	MA014
090022	CARGEGHE	Riu MÒscari	MA021
			MA022
090026	CODRONGIANUS	Riu MÒscari	MA022
			MA023
			MA024
			MA012
090029	FLORINAS	Riu Mannu 701	MA013
			MA010
090033	ITTIRI	Riu Mannu 701	MA011
			MA012
			MA020
090043	MUROS	Riu Mòscari	MA021
			MA022
			MA020
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 Predda Niedda, che si pone nella parte di fondovalle e di congiunzione tra i due comuni di Codrongianos e Florinas.

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 si sul tracciato del Predda Niedda si sono rese necessarie per contenere le interferenze con la rete stradale attuale locale.

Il Torrente Predda Niedda 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 Florinas e Codrongianos 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 Est dell'abitato di Florinas. Il versante viene collocato dalle indicazioni del PAI con pericolosità di frana che oscillano tra gli Hg0 e gli Hg4.

La porzione di versante maggiormente suscettibile ai movimenti gravitativi è quella sulla sommità del versante in prossimità dell'abitato di Florinas ma soprattutto in prossimità del tracciato stradale con delle pericolosità che oscillano tra gli Hg3 e gli Hg4.

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.

Le aree interessate dal nuovo tracciato stradale in progetto, sono coinvolte solo parzialmente dalle aree a pericolosità geomorfologica così come descritte dal PAI.

Si fa particolare riferimento al tratto stradale compreso tra la progressiva 2+600 e la progressiva 2+480; lungo questa porzione di tracciato è possibile riscontrare una vicinanza delle aree a pericolosità geomorfologica.

Si nota che che il nuovo tracciato in questo tratto è parzialmente sovrapposto al vecchio tracciato stradale.

In quest'area la strada in progetto è a ridosso di una porzione del versante esposta più ad ovest con delle pendenze accentuate e delle scarpate (come è meglio visibile in cartografia geomorfologica), dove è stata indicata una classe di pericolosità HG3.

Non esiste comunque sovrapposizione delle aree a pericolosità geomorfologica con la posizione del tracciato stradale in progetto.

Anche nella porzione di tracciato stradale che va dalla progressiva 3+020 fino alla progressiva 3+160 vi è una prossimità con un'area a pericolosità geomorfologica di classe HG3.

Anche in questo caso la strada è affiancata dal versante sulla porzione ad ovest dove le pendenze sono più accentuate a ridosso del vecchio tracciato stradale.

In entrambe le condizioni indicate, di prossimità alla pericolosità geomorfologica, non si riscontra un particolare aggravio delle condizioni del versante né una maggiore interazione del nuovo tracciato stradale rispetto al precedente.



– 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.sardegnaeoportale.it/webgis2/sardegnamappe/?map=pai-sardegnaoportale>) -

I risultati dei rilievi geomorfologici sono stati sintetizzati nella cartografia geomorfologica a scala 1:5.000.

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.

L'area interessata dell'intervento è ubicata sulla zona Sud delle colline di Sassari e del fiume Preda Niedda, la zona oggetto di intervento è ad una quota variabile tra circa 350,00 m e 200,00 m s.l.m., l'intera strada è posizionata su un suolo a bassa pendenza, con generali condizioni morfologiche subpianeggianti con leggera pendenza verso Sud e circondata da debolissimi rilievi determinati dal terrazzamento delle Formazioni posterciniche che contornano l'area valliva.

L'intera zona è contraddistinta da una bassa pendenza generale delle aree a valle mentre le superfici e rilievi con plateau abbastanza marcati sul versante Ovest delle colline di Florinas, nel versante ad Est invece dove ha sede l'abitato di Codrongianos le morfologie sono più blande e le incisioni vallive sono più marcate nelle litologie tendenzialmente marnose della formazione geologica presente nell'area.

Dal punto di vista idrografico l'area oggetto di intervento è percorsa da un unico fiume "*Preda Niedda*" e da alcuni affluenti naturali che si originano dai versanti. Il Fiume si immette poi sul Fiume *Riu Murrone* a quota 188,00 m s.l.m..

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

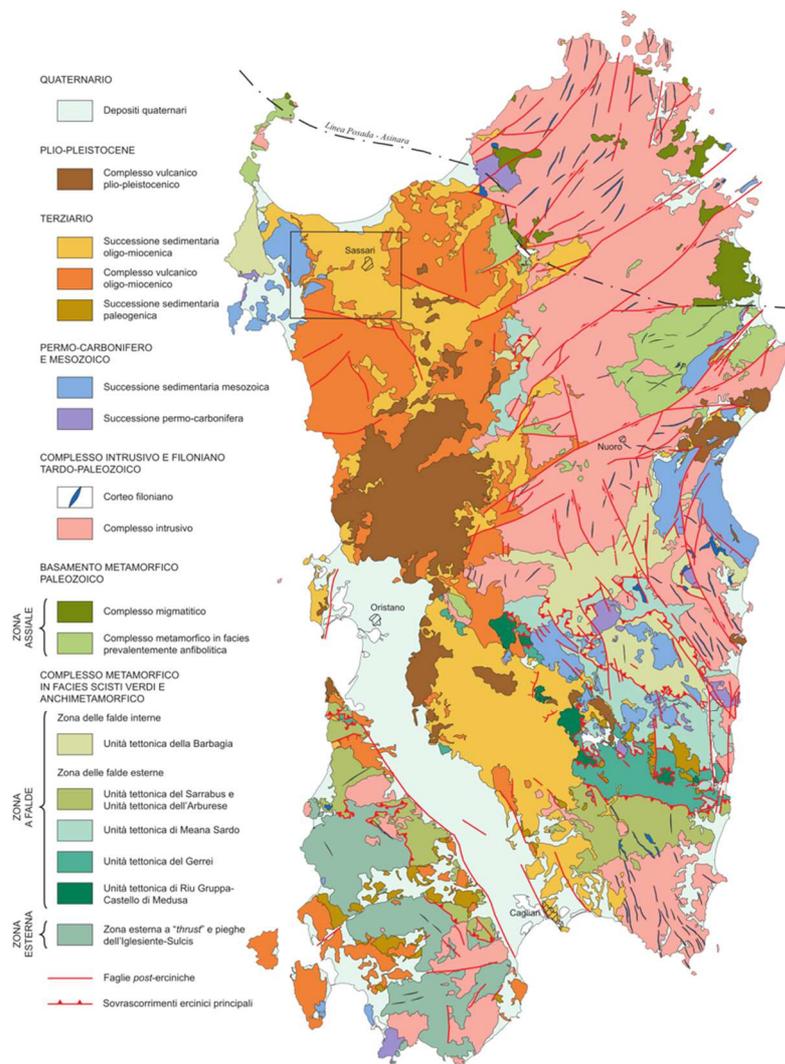
Il paesaggio è caratterizzato da una morfologia collinare, in particolare dove affiorano i rilievi del massiccio vulcanico terziario, mentre nella parte centro-settentrionale prevale una morfologia sub-pianeggiante, in corrispondenza delle propaggini meridionali della piana costiera turritana. La quota 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 rinvergono 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".

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.

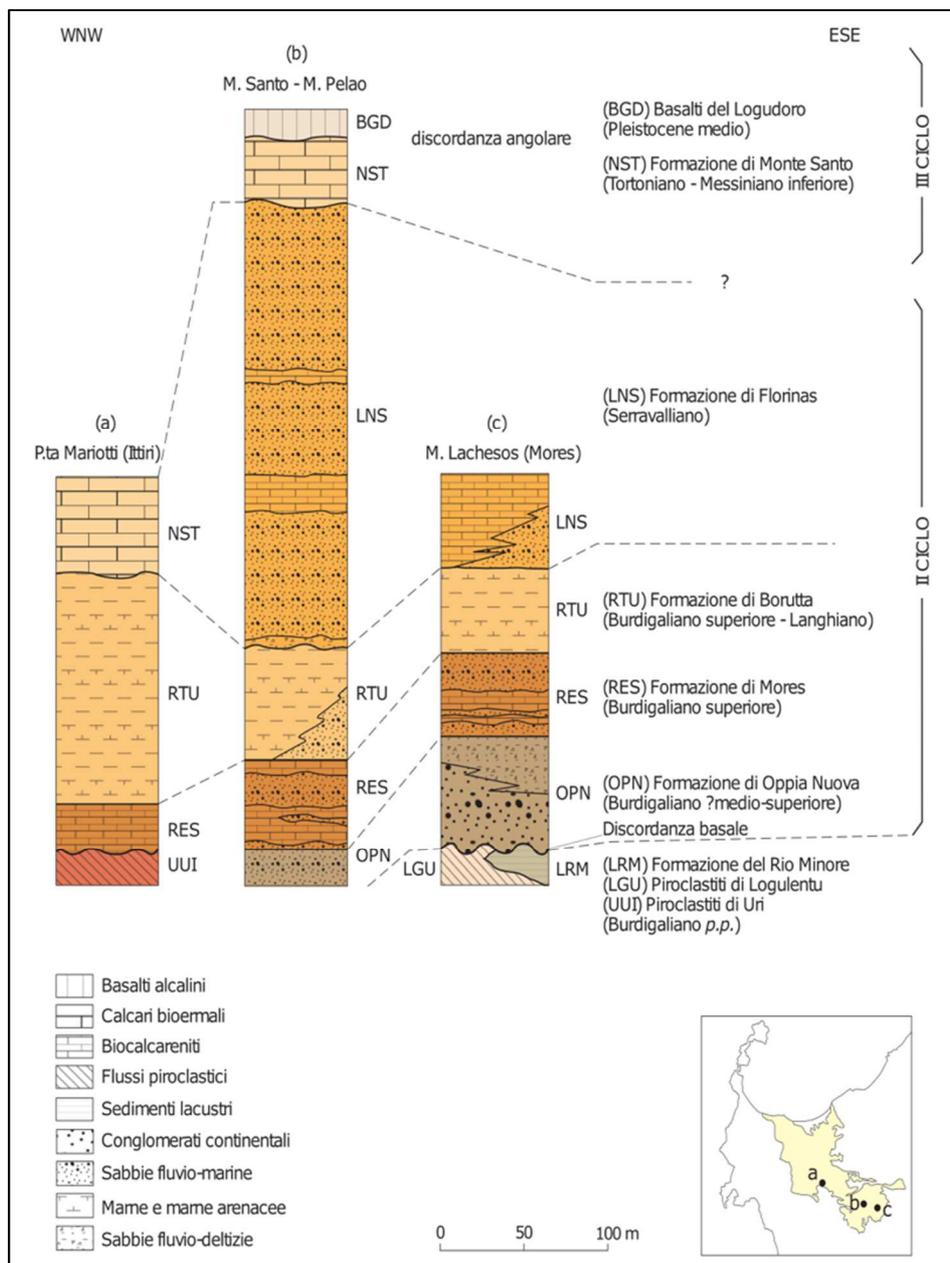
COPERTURE MESOZOICHE E LORO QUADRO GEODINAMICO

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 Brianzese, 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 Codrongianos e di Florinas.

5.1 Stratigrafia

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

DEPOSITI ALLUVIONALI (B)

L'area è solcata da numerosi corsi d'acqua; tra i maggiori il Riu Mannu, che attraversa tutto il Foglio con andamento diagonale, ed i suoi numerosi tributari: il Riu Mascari, il Riu d'Ottava, il Riu su Mattone-Sardino e il Riu Sa Cafala.

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.

Lungo l'alveo di alcuni corsi d'acqua, come Riu Sardino, in località Tottubella e Riu Ertas, sono presenti limi sabbiosi (bc); i sedimenti sono stati depositati dove il deflusso è ostacolato per la scarsa pendenza o per l'affioramento del substrato. Lo spessore di questi sedimenti, difficilmente valutabile, è nella maggior parte dei casi intorno a qualche metro, ma nel Riu Mannu può raggiungere i 15 m. Olocene

CALCARI LACUSTRI CON GASTEROPODI POLMONATI (PVM2E)

Affiorano lungo le sponde del Riu Sardino e nelle località comprese tra Azienda Bonassai fino a Su Mattone e presso Case Mattearghentù.

Sono costituiti da calcari micritici, fitoclastici, fitostromali e fitoermali e subordinatamente da sabbie e limi calcarei. I calcari sono ben cementati, in strati spessi fino a 1 m, contengono resti di molluschi come *Planorbis* sp., *Limnea* sp. e altri gasteropodi di acqua dolce. Spesso le varie facies sopra menzionate si alternano a sabbie calcaree fitoclastiche, con noduli e tubuli di incrostazione sui vegetali rimaneggiati

Una sezione artificiale presso la Funtana de Talia, sulla strada tra Olmedo e Tottubella, mostra dal basso verso l'alto: sabbie fitoclastiche a stratificazione incrociata concava in canali molto piatti, contenenti noduli di carbonato di calcio diffusi in tutti gli strati (spessore 2 m), grainstone con piccoli

fori di dissoluzione distribuiti a reticolo e concrezionati all'interno da calcite spatica; sono inoltre presenti gusci di molluschi di acqua dolce (spessore 0,5 m) e l'intero deposito è ricoperto da suolo agricolo spesso 0,3 m. Si tratta di facies associate alla formazione di tufi calcarei (calcareous tufa) (GOLUBIC et alii, 1993; FORD & PEDLEY, 1996; ALONZO ZARZA & TANNER, 2010) che si originano a valle di sorgenti carsiche in seguito alla precipitazione del carbonato di calcio, principalmente ad opera di alghe e batteri. Le diverse litofacies si formano in corrispondenza di particolari contesti morfologici (cascate e laghi) e idrodinamici, e di associazioni vegetali differenti.

Questi depositi sono stati attribuiti al Pleistocene superiore perché in prossimità del Riu Sa Cafala è stato osservato che sono sottostanti ai depositi eolici pleistocenici e sono sempre dissecati e terrazzati dai corsi d'acqua attuali.

Dato che la precipitazione di questi sedimenti è favorita da alghe calcaree e muschi, che necessitano di acque limpide per sopravvivere, essi sono tentativamente attribuiti all'ultimo interglaciale, però la loro deposizione può essere continuata sino a quando il deterioramento delle condizioni climatiche non ha prodotto un'intensa erosione dei versanti. In Italia meridionale, alle sorgenti del Volturno, la deposizione è proseguita sino al MIS 3 (COLTORTI et alii, 2006).

Spessore complessivo circa 15 m. Pleistocene superiore.

BASALTI DEL LOGUDORO (BGD)

Nel Foglio 459 "Sassari" le vulcaniti di questo ciclo affiorano lungo il Riu Coloru e il N.ghe S. Maria di Codrongianus, presso la stazione di Campomela e in regione Torria a W di Usini. Il primo, e più importante dei due affioramenti, è costituito da alcalibasalti in giacitura di colata che caratterizzano il rilievo che sovrasta il rio omonimo. La potenza media delle colate è intorno ai 5; si osservano le tipiche porzioni basali autobrecciate scoriacee che sfumano a parti centrali caratterizzate da lava bollosa.

La roccia si presenta porfirica per cristalli di plagioclasio, olivina e raro pirosseno in massa di fondo microcristallina. Talora si rinvencono piccoli noduli peridotitici. Mostra la fessurazione colonnare tipica di effusioni laviche tipo plateau, legata a sistemi eruttivi indipendenti che talvolta vanno a colmare paleodepressioni dando luogo poi, con l'intervento degli agenti erosivi, ad evidenti fenomeni di inversione del rilievo. Su queste vulcaniti dalla letteratura scientifica sono note datazioni con il metodo 40K/40Ar (BECCALUVA et alii, 1977) che rivelano età di $0,6 \pm 0,1$ Ma. Nell'ambito del Progetto CARG su campioni (camp. FA124) prelevati nell'altopiano del Coloru sono state eseguite datazioni con il metodo 39Ar/40Ar presso laboratori francesi, che hanno fornito un'età di $373,96 \pm 52,76$ ka. Pleistocene medio.

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 cliniformi, 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, la mellibranchi, resti di echinidi, macroforaminiferi dei generi *Heterostegina* e *Amphistegina*.

Generalmente questi calcari poggiano sulle sottostanti marne della formazione di Borutta (RTU) in giacitura caotica ed erosiva con la presenza di slumping e megabrecce, come ad esempio a Sennori dove il passaggio avviene attraverso l'interposizione di livelli caotici a blocchi di calcare (olistostromi), la cui matrice marnosa ha fornito foraminiferi ancora del Burdigaliano superiore (BOSSIO et alii, 2006) a denotare un rimaneggiamento dei sottostanti sedimenti marnosi burdigaliani. Megabrecce e slump sono presenti anche alla base della formazione presso Scala di Giocca, dove sono stati interpretati da VIGORITO et alii (2006) come depositi canalizzati. Nella città di Sassari questo passaggio non è sempre ben definito in quanto la formazione di Monte Santo (NST) è talora costituita da calcareniti giallastre che si distinguono solo per una meno marcata stratificazione.

Localmente si rinvencono all'interno dei calcari di Monte Santo delle intercalazioni silico-clastiche più o meno potenti costituite da sabbie quarzoso-feldspatiche (NSTa).

Lo spessore è variabile, fino ad un massimo di 50 m in località Scala di Giocca.

I foraminiferi rinvenuti in questi calcari, che presentano una giacitura caotica (olistostromi) all'ingresso di Sennori, hanno fornito associazioni a *Globigerinoides trilobus*, Reuss, 1850, *Globigerinoides quadrilobatus*, D'Orbigny, 1846 e *Globigerinoides sacculifer*, Brady, 1877, che BOSSIO et alii (2006) riferiscono alla N7 zone e quindi al Burdigaliano superiore, facendo supporre un rimaneggiamento a spese della più antica formazione di Mores affiorante negli alti strutturali.

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.

Tortoniano - Messiniano inferiore.

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 loro geometria quindi presenta chiusure laterali tipo pinch out.

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. Per questi motivi questi depositi sono coltivati come materia prima per l'industria vetraria e ceramica. Come le sabbie della formazione di Oppia Nuova, anche queste sono prive di fossili; solamente nelle porzioni sommitali dei depositi nelle sabbie si intercalano strati decimetrici di microconglomerati a cemento carbonatico in cui si rinvenivano fossili mal conservati (ostree, pettinidi, echinidi) e bioturbazioni.

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).

Lo spessore è variabile e raggiunge il suo massimo nel versante orientale della dorsale orientata N-S formata da M. Mannu e M. Mamas, con spessori fino a 80 m. Per la loro posizione stratigrafica, analoga a quella delle "arenarie di Pirri" del Foglio 557 "Cagliari" (BARCA et alii, 2005) datate paleontologicamente in accordo con POMESANO CHERCHI (1971), MAZZEI & OGGIANO (1990), FUNEDDA et alii (2000), BARCA et alii (2002), la 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 diffusamente tra Sorso e Ittiri nella parte centro-orientale del Foglio. È costituita da una fitta alternanza di marne, marne arenacee e siltiti di colore da grigio-bruno a biancastro-giallastro.

Nella parte alta della formazione sono presenti anche livelli più francamente carbonatici, osservabili soprattutto nella valle del Riu Mascari e presso Usini; 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 anche se sondaggi per ricerche idriche effettuate tra Sassari e Sorso, disponibili presso gli uffici del Genio Civile di Sassari, indicano spessori di marne superiori a 200 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 Monte Santo come evidente nell'area tra Tissi, Ossi e Usini. In base al nannoplancton calcareo della zona a *Sphenolithus heteromorphus* - *Helicosphaera ampliaperata*, MAZZEI & OGGIANO (1990) riconoscono il Langhiano basale e probabilmente il Burdigaliano superiore nell'area di Florinas. 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 ampliaperata*). BOSSIO et alii (2006), utilizzando i foraminiferi planconici, attribuiscono, in base al ritrovamento della zona a *Globigerinoides trilobus*, la sequenza marnosa affiorante sempre nei dintorni di Sennori al Burdigaliano superiore.

FORMAZIONE DI MORES (RES)

È la formazione miocenica che affiora con maggiori estensioni ed una notevole varietà di facies in relazione ai diversi contesti deposizionali che accompagnano l'evoluzione del bacino di sedimentazione (*Rift sardo Auct.*).

Gli affioramenti più importanti occupano la parte centrale del Foglio, attraversandolo in senso meridiano da Ittiri sin'oltre il Riu di Ottava, sul bordo N del Foglio, per passare poi nel limitrofo Foglio 441 "Porto Torres". Altri affioramenti minori si rinvengono nei dintorni di Sennori, Florinas, P.ta Mariotti e nella valle del Riu Mannu.

Delle quattro litofacies distinte in carta, quella più diffusa (**RES_a**), che caratterizza in maniera evidente il paesaggio dell'area sassarese, è costituita da biocalcareni e calcari bioclastici a banchi di ostree ed altri bivalvi, ed echinidi (*Amphiope*, *Scutella*, *Clypeaster*) (SP Sassari-Ittiri, SS. 127 bis, località Rocca su Sale), spesso con evidenti clinostratificazioni (Riu Mannu, M. Cuga, Valle dei Ciclamini), più raramente si vedono strutture tipo dune sottomarine come ad esempio a Badde Mulinu presso Ponte Zunchi.

La litofacies **RES_b**, prevalentemente costituita da conglomerati (fig.38), presenta invece un contenuto principalmente silicoclastico con cemento carbonatico da abbondante a scarso; i clasti, in genere ben arrotondati, presentano dimensioni variabili da millimetriche a centimetriche talvolta decimetriche, e sono principalmente costituiti da quarzo e localmente da vulcaniti terziarie e rocce del basamento paleozoico. Affiora principalmente a W di Uri, lungo il Riu Mannu e in località Saccheddu. In genere la litofacies **RES_b** affiora in posizione sottostante alla litofacies **RES_a** (Riu Mannu, M. Minudo, Sas Monzas), mentre più a S (Sas Giorras, Campagnuzzu) è la litofacies carbonatica (**RES_a**) che precede stratigraficamente quella terrigena (**RES_b**).

Presso Uri la litofacies è costituita da arenarie di colore grigio o beige, che affiorano secondo una fascia ad andamento NNW-SSE che segna la linea di costa miocenica. Le arenarie sono in genere medio-fini, abbastanza classate (grani intorno a 1 mm) costituite da elementi di quarzo, metamorfiti, vulcaniti, biotite e muscovite, con una componente carbonatica importante. Lo spessore può raggiungere i 30-40 m.

Si presentano più o meno cementate ed in genere sono scarsamente fossilifere, solo qualche bioclasto; localmente però si osservano livelli più grossolani, conglomeratici (ciottoli fino a 4-5 cm di quarzo e subordinate vulcaniti, metamorfiti e calcari mesozoici), particolarmente fossiliferi con bivalvi e echinidi. Le arenarie si presentano sia massive che stratificate in strati generalmente decimetrici; localmente si osservano stratificazioni incrociate e strutture tipo *slumping*. Lo spessore può raggiungere i 30-40 m.

Più a N, ad esempio in località Mattiuzzu, poco a S di Nuraghe Pilotta, prevalgono le litofacies grossolane, costituite prevalentemente da blocchi e ciottoli del sottostante substrato vulcanico miocenico con tentativi di impianto di bioerme. Alcune volte i depositi clastici alla base della facies RES_a sono rappresentati da deboli spessori, in genere non superiori ad alcuni metri, di depositi conglomeratici quarzosi di trasgressione (tratto superiore del Riu Mannu, Caniga) o rimaneggiati del substrato vulcanico terziario (RES_c) contenenti talvolta concentrazioni di ossidi di manganese, oggetto in passato di una modesta attività estrattiva (M. Jorzi, Uri).

Nella zona tra Sennori e San Lorenzo affiora una litofacies particolare, non riscontrata in altre aree del Foglio, costituita da arenarie e conglomerati ad elementi quasi esclusivamente vulcanici, con intercalazioni di livelli francamente carbonatici (RES_d).

Lo spessore è abbastanza variabile, da poche decine di centimetri a 30-40 m, in relazione alla paleomorfologia delle sottostanti vulcaniti: sembra infatti trattarsi di depositi accumulatisi in corrispondenza di scarpate di faglie normali, su blocchi di tetto tiltati.

Le arenarie hanno generalmente colore grigiastro, granulometria grossolana, talvolta sterili ma più spesso molto fossilifere: si rinvencono echinidi, bivalvi e spesso macroforaminiferi, in veri e propri accumuli. I conglomerati sono formati da ciottoletti, ciottoli e blocchi fino a 1-1,5 m di andesite a volte in matrice sabbiosa (sempre di natura vulcanica), a volte legati da cemento carbonatico; molto raramente si sono osservati ciottoli di calcare verosimilmente mesozoico. La presenza di blocchi, in genere poco elaborati e di discrete dimensioni, supporta l'ipotesi di una provenienza da una falesia in frana impostata su scarpata di faglia. Anche i conglomerati presentano fossili tra cui ostreidi, coralli, gasteropodi.

I livelli carbonatici che si rinvencono localmente sono costituiti da calcari e calcareniti spesso con componente vulcanica e spessore di 1,5-2 m.

In località Filigheddu la formazione di Mores è chiaramente trasgressiva sulle piroclastiti di Sa Silva, con un ambiente di sedimentazione da riferire ad una piattaforma carbonatico-terrigena a debole profondità, con apporti simmetrici dai settori emersi rappresentati dai rilievi granitici ad E e da quelli metamorfici della Nurra a W.

Il passaggio alla soprastante formazione di Borutta (RTU) è talvolta ben apprezzabile a scala di versante anche se talvolta presenta caratteri eteropici, come si può ben osservare a Sassari, Sennori e Li Punti.

Nell'area di Florinas (M. Mannu) si assiste al passaggio diretto, di tipo erosivo, con la formazione di Florinas (LNS), la quale però, per i suoi caratteri deposizionali, può anche essere assente. In alcuni casi, sugli alti strutturali ad E di Sassari, le facies carbonatiche della formazione di Mores (RESa) vengono sovrapposte direttamente da quelle simili della formazione di Monte Santo (NST).

Su base stratigrafica, e per i rapporti con la soprastante formazione di Borutta, datata paleontologicamente, l'età è da riferire al Burdigaliano superiore.

FORMAZIONE DI OPPIA NUOVA (OPN)

È costituita da depositi continentali analoghi a quelli che affiorano nella località Oppia Nuova (Logudoro), dove questa formazione è stata descritta da FU-NEDDA et alii (2000).

Nella Carta Geologica 179 "Alghero", in scala 1:100.000, tale unità non era distinta dai depositi marini miocenici.

Nel Foglio Sassari affiora estesamente quasi senza interruzioni tra Olmedo, nella parte occidentale del Foglio, e Nuraghe Pilotta, sul bordo settentrionale. Inoltre alcuni piccoli affioramenti sono presenti nel margine nord-orientale (valle del Riu Mascari), mal distinguibili sul terreno per la presenza di estese coperture detritiche quaternarie. Si tratta di arenarie e depositi conglomeratici in matrice sabbiosa e argillosa, massivi o con strutture tipo cut-and-fill (FUNEDDA et alii, 2003); localmente prevalgono depositi limoso-argillosi senza evidenze di stratificazione.

I ciottoli, in genere ben elaborati, di dimensioni sino a decimetriche, sono rappresentati soprattutto da calcari della serie mesozoica della Nurra e da vulcaniti terziarie, con evidenti apporti dai quadranti occidentali, mentre negli scarsi affioramenti della valle del Riu Mascari la natura granitica dei ciottoli indica un'alimentazione dai rilievi granitici presenti negli alti strutturali tra la Gallura e Alà dei Sardi.

Nella matrice sono evidenti miche e caolinite dovuta all'alterazione del feldspato. Il letto della formazione è costituito da calcari mesozoici o da ignimbriti burdigaliane, mentre a tetto sono presenti in genere facies ad elevata componente clastica della formazione di Mores (RESb). L'ambiente di sedimentazione è da ricollegare ad una vasta conoide alluvionale con canali intrecciati tipo braided.

Sovrastando i depositi ignimbrici, che anche in altri settori della Sardegna settentrionale non sono mai più antichi del Burdigaliano inferiore-medio (GATTACCECA et alii, 2007; OUDET et alii, 2010), questi depositi continentali sono da collocare

nel Burdigaliano medio e precedono la trasgressione del Burdigaliano superiore. Gli spessori in affioramento sono limitati ad alcune decine di metri. Burdigaliano? medio-superiore.

FORMAZIONE DEL RIO MINORE ("LACUSTRE" AUCT.) (LRM)

Affiora lungo buona parte della valle del Riu Mannu, lungo la valle del Riu Mascari e tributari, tra gli abitati di Muros e Cargeghe, dove in parte è eteropica con le piroclastiti di Monte Sa Silva (ILV). Nel Foglio Geologico 180 "Sassari" in scala 1:100.000 questa formazione, seppure oggetto di discussione circa l'attribuzione stratigrafica viene giustamente collocata a tetto delle unità piroclastiche precedentemente descritte (MORETTI, 1951). Si tratta prevalentemente di un deposito epiclastico costituito da cineriti stratificate, biancastre o verdastre per alterazione a cui si associano conglomerati, arenarie, calcari silicizzati e selci grigio-nerastre in livelli e lenti di spessore variabile. Le facies cineritiche contengono talvolta resti di palme del Burdigaliano (FILIGHEDDU *et alii*, 1996) oltre ad alghe e ostracodi (TILOCCA, 2003). L'ambiente è tipicamente lacustre con spessori che possono superare i 100 m.

Le caratteristiche litologiche delle formazioni presenti su tutto il tracciato non permettono un chiaro affioramento visibile e continuativo; rimangono comunque delle aree dove le stesse formazioni geologiche sono state esposte al tracciato stradale e quindi visibili anche se in forma alterata. Si elenca in maniera puntuale le aree di affioramento descrivendole per posizioni caratteristiche.

Nella porzione a sud del tracciato fino alla progressiva 0+780 non sono presenti morfologie di rilievo tali da evidenziare o esaltare o comunque esporre formazioni geologiche; successivamente si entra in una parte del tracciato dove la morfologia si fa più marcata e si scorgono formazioni geologiche sulle prossimali arie di rilievo poste a nord del tracciato sulla progressiva 0 + 820, con la Formazione di Borutta RTU.

Dalla progressiva 1+600 alla progressiva 1+720, in prossimità dello svincolo Florinas Ploaghe, è possibile vedere, nella corsia che procede verso sud, una vasta area di affioramento della Formazione di Borutta che appare alterata ma continuativa al di sotto di un primo pacchetto di terreni vegetali, dimostrando una buona continuità di affioramento sulla porzione più a sud del tracciato.



RTU_ dalla progressiva 1+600 alla progressiva 1+720

Medesima situazione di affioramento appare nella nella corsia opposta sempre sulla stessa porzione di tracciato dalle progressive 1+640 fino o alla progressiva 1+940.

Anche in questa posizione la formazione di Florinas è chiaramente visibile con un affioramento in scavo su una porzione collinare dove è stato ricavato l'asse stradale ad oggi presente. Questa porzione di tracciato evidenzia come la formazione di Borutta sia caratterizzata da una blanda pendenza rispetto al tracciato stradale.

Le caratteristiche stratigrafiche della formazione di Borutta sono ben rappresentate su questa foto di affioramento, nella porzione di tracciato sopra descritta, con un'alternanza regolare di strati di spessore variabile di Marne e Marne arenacee con presenza di siltiti e nella porzione sommitale si riscontrano anche la presenza di calcareniti marnose.



RTU_ dalla progressiva 1+760 alla progressiva +780

Altra area di affioramento è presente dalla progressiva 2 + 240 alla progressiva 2 + 400 seppure in alcune di queste aree di tracciato la formazione sia meno visibile perché celata dalla vegetazione. E' comunque facilmente riscontrabile come l'affioramento della formazione RTU sia in continuità con altre porzioni di tracciato.

In quest'area sono più evidenti delle stratificazioni di maggiore potenza alternate comunque a stratificazioni e alternanze ritmiche piano parallele.



RTU_ progressiva 2+320

Alla progressiva 3 + 200 è stato osservato un punto di affioramento sulla linea di tracciato in progetto che si sovrappone parzialmente al precedente asse stradale. Infatti anche in questa porzione di strada è visibile una scarpata in affioramento che emerge sul fronte della strada statale rappresentato da uno sbancamento sul versante posto ad ovest. In questo caso abbiamo in affioramento la formazione di Mores che è composta da calcareniti e calcilutiti.

L'alterazione di questa formazione non permette evidenti affioramenti continuativi, rimane comunque riscontrabile la evidenza del substrato affiorante in questo tratto stradale, seppur alterato.

Nelle porzioni di tracciato più a nord dalla 4+000 fino alla 5+710 non affiora più substrato roccioso in maniera evidente: le condizioni morfologiche a bassa pendenza non hanno dato motivo di significativi sbancamenti durante i precedenti interventi stradali. Ma anche quando presenti piccoli ipotizzabili affioramenti, gli stessi risultano essere troppo alterate per essere visibili e riconoscibili.

Si fa particolare riferimento alla Formazione di Oppia Nuova e alla Formazione del Rio Minore che non sono affioranti su tutta la porzione del tracciato a nord.

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 calcalkalino.

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 Zumaru - Mamuntanas" (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; PASCİ 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

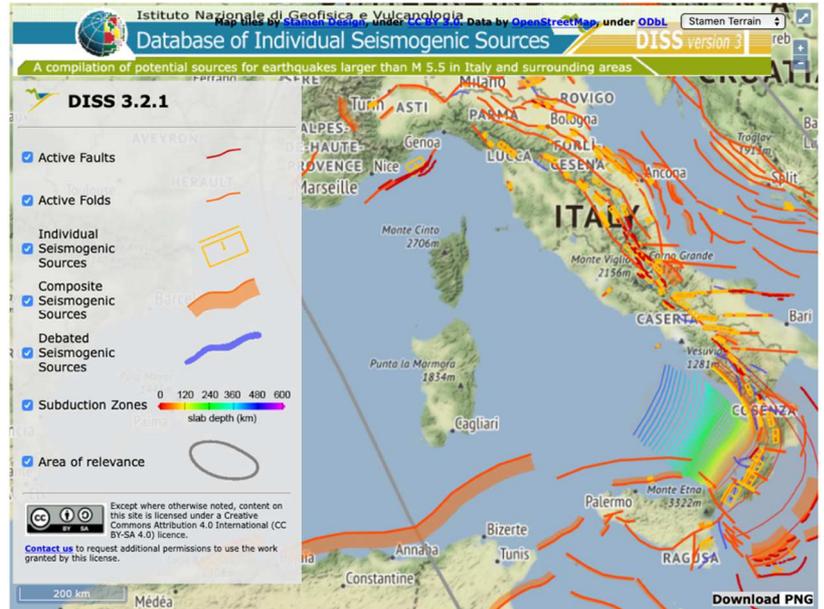
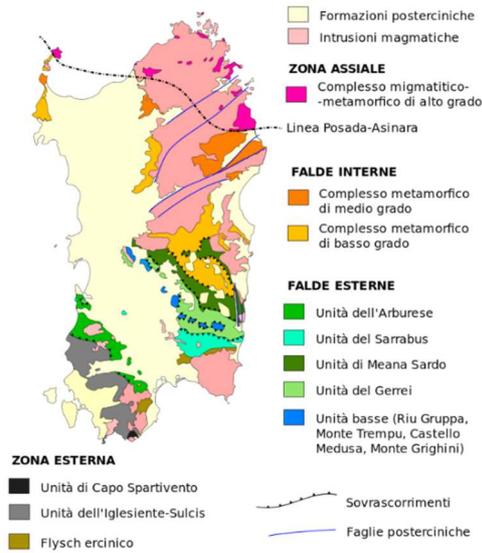
Questa fase tettonica, a carattere distensivo, è responsabile del sollevamento recente della regione e si manifesta con faglie dirette e sollevamenti in blocco.

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.

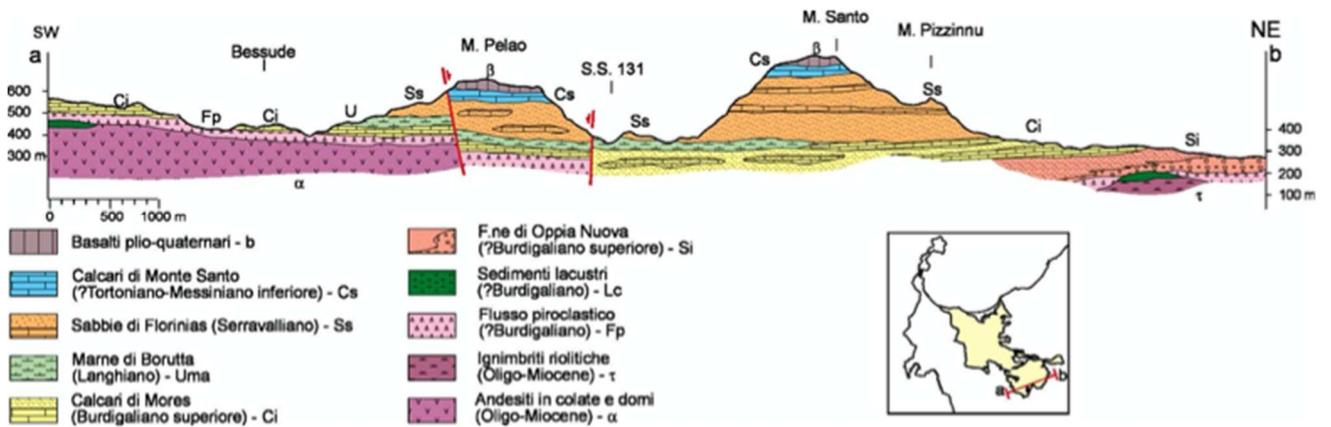
Queste faglie controllano anche il sollevamento post-Messiniano di questo settore dell'Isola, che deve essere stato attivo fino al Pleistocene, come documentato dall'inversione del rilievo determinata dalle colate basaltiche pleistoceniche nell'area del Rio Coloru (*MARINI & MURRU, 1983*).

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

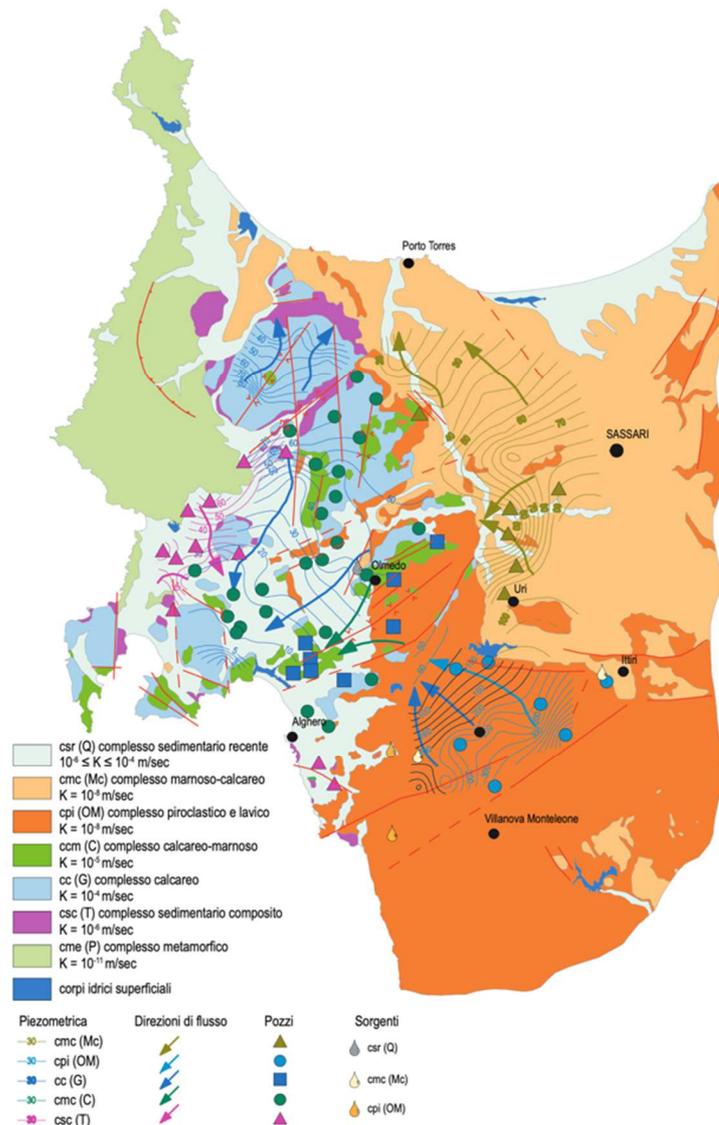
Al fine di definire il modello idrogeologico dell'area interessata dalla realizzazione del progetto è stato effettuato un rilievo idrogeologico di dettaglio al fine di ricostruire ed individuare possibili interferenze tra i lavori dell'opera da eseguire ed il deflusso delle acque in sottosuolo. Sulla 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 giaciturale, un tipo e grado di permeabilità omogenea.

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

Sono stati individuati i seguenti complessi idrogeologici, 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. 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 Substema di Portoscuso (Sintema 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	
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), ostreidi 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 oligomiceniche 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 ignimbratica, 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.

Dai dati in nostro possesso la falda rinvenuta oscilla in prossimità del tracciato stradale su quote relative tra i - 6 metri e i - 3 metri dal p.c.

Più precisamente dalla progressiva 0+000 alla progressiva 0+500 circa è possibile distinguere una sola falda con prossimità del piano di campagna e caratterizzata da un andamento circa lineare; successivamente dalla progressiva 0+500 fino alla 1+580, i dati in nostro possesso ci permettono di evidenziare la presenza di due falde: una più superficiale a circa 3 metri dal piano di campagna e l'altra che invece giace a profondità maggiori di 10 metri dal p.c., e comunque nell'interfaccia di passaggio tra i membri RTU e RTUb.

I dati derivanti dalle indagini geognostiche attuali e pregresse indicano che il livello di falda risulta sub parallelo alla morfologia presente anche nel tratto che va dalla progressiva 1+580 alla 2+400; sempre nell'interfaccia di passaggio tra i due membri RTUb ed RTU, posizionandosi ad una profondità di circa 4-5 m dal p.c.

Nella parte di tracciato che va dalla progressiva 2+440 al 3+100, si apprende, dai sondaggi in prossimità (S07_DH e al S08), che la falda si trova in posizione superficiale sulle coste del versante all'interno della formazione RESa per poi permeare i depositi alluvionali di valle con quote abbastanza superficiali nell'ordine dei 2-3 m di profondità dal piano di campagna.

Qui sono presenti anche delle falde più profonde che invece si attestano a quote di circa 5-6 m rispetto al piano di campagna e che ricalcano le geometrie delle formazioni presenti nel sottosuolo, costeggiando con una certa precisione anche l'interfaccia tra la formazione LRM1 e la formazione OPN.

Dalla progressiva 3+100 alla 4+160 è stata riscontrata una falda profonda ad una quota di circa 9-11 m rispetto al piano di campagna che costeggia l'interfaccia delle formazioni LMRa ed OPN. La falda in questo tratto risulta essere lineare e coerente con le morfologie presenti, seguendo le stesse con andamento regolare.

La presenza della falda è continuativa su queste quote di circa 9-11 metri, ad eccezione delle aree di fondovalle dove sono state distinte anche delle falde superficiali che invece si posizionano su livelli più prossimi al piano di campagna, oscillanti a circa 2,5-3,5 metri dal p.c., come evidente nella porzione di tracciato compresa tra la 3+300 e la 3+600 e il tratto compreso tra 3+700 e 3+900.

Dalle informazioni in nostro possesso è possibile definire anche una falda nel tratto stradale indagato dal sondaggio S06 e S20, dalla progressiva 4+300 fino alla 4+660. Anche in questa porzione di tracciato la falda percorre l'interfaccia della formazione LRMa con quella sottostante ILV, ad una profondità rispetto al piano di campagna di circa 3 metri.

L'ubicazione della falda scaturita dai dati a disposizione, nella porzione a nord del tracciato ovvero dalla progressiva 4+600 fino alla 5+540, risulta a quote prossime al piano di campagna, all'interno della Formazione del Rio Minore, ad una profondità pressoché costante di circa 3 metri dal p.c.

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 marciano il contatto tra i calcari di Monte Santo (NST) e le litologie marnose della formazione di Borutta (RTU), come ad esempio in regione Setti Funtani e presso la vecchia stazione di Scala di Giocca a S. di Sassari.

Simili piccole sorgenti di contatto sono presenti costantemente alla base dei calcari della formazione di Monte Santo presso Tissi, Ossi e Usini.

Sorgenti per limiti di permeabilità sono presenti anche lungo il contatto, in parte eteropico, tra i calcari di Mores (RESa) e le marne della formazione di Borutta nelle alture a N di Sassari; da alcune risorgive localizzate nella valle di Eba Giara provengono le acque che alimentano la fontana monumentale del Rosello, situata all'interno della città di Sassari, che mostra valori di portata medi intorno a 10 l/s .

Altre sorgenti importanti si rinvencono nella vallata di Badde Olia, subito ad E di Sassari, al contatto tra le litologie carbonatiche e le piroclastiti di Monte sa Silva (ILV), con portate di 15 l/s che vengono immesse nell'acquedotto cittadino.

Sempre a Sassari, tra le tante sorgenti e sorgentelle ancora presenti, si segnalano la fontana delle Conce con portate nell'ordine di 3-4 l/s, la sorgente di Caniga con portate in genere superiori a 5 l/s, le sorgenti di Rizzeddu con portate complessive maggiori di 5 l/s.

Medesima situazione in prossimità di Florinas e di Codronginos dove tra le tante aree soggette a insorgenze di acqua nelle aree di versante che si manifestano con cadenza regolare sulle formazioni.

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

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

Le caratteristiche dei terreni e delle rocce interessati dal tracciato sono state investigate in passato con diverse campagne di indagini geotecniche svolte tra il 1997 ed il 2019.

In particolare, sono disponibili i risultati delle seguenti indagini:

Campagna ANAS 1997 Soc. Geotecno

- n° 15 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 4 Pozzetti esplorativi
- n° 5 Prove penetrometriche statiche CPT

Campagna ANAS 2015 Soc. Sondedile

- n° 1 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 1 pozzetti esplorativi
- Prove di carico su piastra
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio

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 2019 ed è stata così articolata:

Campagna ANAS 2019

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

- n° 19 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 4 installazioni di piezometri di cui n. 1 con cella di Casagrande e n. 3 a tubo aperto
- n° 91 prove penetrometriche dinamiche S.P.T.

- n° 182 prelievi di campioni, di cui n. 43 indisturbati (CI) per analisi e prove di laboratorio, n. 105 rimaneggiati (CR) per analisi e prove di laboratorio e n. 34 litoidi (CL)
- n° 6 pozzetti esplorativi p = 2,0 m
- n° 6 campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi
- n° 6 prove Down Hole
- n° 6 profili sismici con metodologia MASW e sismica a rifrazione

7.1 Campagna ANAS 2019

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 - 1° lotto nel territorio comunale di Codrogianos (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 marzo-maggio 2019.

La campagna di indagine geognostica è stata così articolata:

- n. 19 sondaggi geognostici verticali a carotaggio continuo finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica, di cui n. 4 condizionati a piezometro e n. 6 condizionati con tubo per prove down-hole.
- n. 91 prove penetrometriche SPT;
- n. 182 prelievi di campioni, di cui n. 43 indisturbati (CI), n. 105 rimaneggiati (CR) e n. 34 litoidi (CL), da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. "Documentazione prove di laboratorio geotecnico");
- n. 6 pozzetti esplorativi spinti alla profondità max di 2.0 m dal p.c..
- n. 6 prelievi di campioni rimaneggiati prelevati dai pozzetti esplorativi, da sottoporre a prove di laboratorio geotecnico (cfr. "Documentazione 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. 6 prove down hole
- n. 8 profili sismici a rifrazione

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.

Sigla ID	profondità	SPT	CI	CR	CL	Tubo Down	Piezometro
S01-PZ	15	3	2	4	2		X
S02-DH	25	2	2	5	4	X	
S03-DH	30	2	1	4	6	X	
S04-PZ	25	2	1	1	5		X
S06	25	3	1	3	4		
S07-DH	30	6	4	7		X	
S08	25	9	2	5			
S09	25	6	2	5			
S10-DH	30	8	2	10		X	
S11	25	8	1	9			
S12-PZ	20	4	2	3	1		X
S13	25	7	3	7			
S14-DH	30	8	4	7		X	
S15	25	4	2	12			
S16	20	6	3	6			
S17	25	4	4	6			
S18-DH	30	7	3	6	1	X	
S19-PZ	25	3	4	5			X
S20	20	1			11		

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 all'elaborato "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.

CA349

Relazione Geologica

Sigla ID	Coordinata G.B. Nord	Coordinata G.B. Est	Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)	Quota assoluta t.t. (m s.l.m.)
S01-PZ	1473193.379	4499633.171	343.795	343.886
S02-DH	1473285.189	4499730.223	338.762	338.483
S03-DH	1472820.727	4499870.913	315.340	315.077
S04-PZ	1472680.930	4499966.317	291.726	291.844
S06	1471669.435	4502199.161	200.624	
S07-DH	1472364.722	4500538.267	264.620	264.720
S08	1472334.897	4500622.347	259.970	
S09	1472302.978	4500715.496	258.902	
S10-DH	1472301.068	4500867.842	258.734	258.806
S11	1472298.142	4500920.055	258.836	
S12-PZ	1472257.561	4501086.534	255.127	255.388
S13	1472216.285	4501272.174	231.603	
S14-DH	1472165.429	4501352.284	229.812	229.613
S15	1472143.149	4501416.000	236.054	
S16	1472110.891	4501495.004	247.979	
S17	1472046.237	4501611.852	212.276	
S18-DH	1472003.094	4501692.754	213.796	213.807
S19-PZ	1471966.275	4501756.483	217.319	217.238
S20	1471657.063	4502240.097	196.904	
S01-PZ	1473193.379	4499633.171	343.795	343.886

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

- testa di rotazione KNM 4.5-30 rpm
- slitta di avanzamento 3.00 m
- centralina oleodinamica
- cingoli con pattini in ferro
- 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 divisorii e coperchio apribile di dimensioni 5 m X 1 m, ed una volta scortecciate sono state fotografate.

Su ogni cassetta è stato indicato 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. 83 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° 83 prove sono state eseguite utilizzando il campionatore Raymond (punta aperta); i risultati sono riportati nella tabella riepilogativa seguente:

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
1	S01-PZ	1.00	1.45	4-6-5	11
2	S01-PZ	8.10	8.55	14-13-17	30
3	S01-PZ	11.70	12.00	36-42-R	Rif.
4	S02-DH	4.00	4.45	3-4-3	7
5	S02-DH	7.45	7.90	16-21-23	44
6	S03-DH	2.30	2.75	6-7-8	15
7	S03-DH	5.85	6.15	16-37-R	Rif.
8	S4-PZ	4.70	5.15	9-8-10	18
9	S4-PZ	6.80	7.12	16-27-R	Rif.
10	S06	6.60	7.05	22-28-29	57
11	S06	11.60	11.84	39-R(9cm)	Rif.
12	S06	13.30	13.75	21-26-17	43
13	S07-DH	4.20	4.85	2-4-3	7
14	S07-DH	6.25	6.70	4-5-4	9
15	S07-DH	10.74	11.10	20-32-R(6cm)	Rif.
16	S07-DH	12.40	12.85	16-18-21	39
17	S07-DH	16.90	17.35	29-38-47	85
18	S07-DH	22.45	22.57	R(12cm)	Rif.
19	S08	1.65	2.10	9-11-8	19
20	S08	6.15	6.60	18-14-16	30
21	S08	10.50	10.76	46-R(11cm)	Rif.
22	S08	12.00	12.45	22-26-36	62
23	S08	13.90	14.35	16-33-41	74
24	S08	15.90	16.35	16-18-22	40
25	S08	18.40	18.83	18-46-R(13cm)	Rif.

CA349

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
26	S08	20.75	21.00	29-R(10cm)	Rif.
27	S08	23.60	23.73	R(13cm)	Rif.
28	S09	2.55	3.00	5-8-7	15
29	S09	7.70	8.15	2-5-3	8
30	S09	9.80	10.25	15-14-19	33
31	S09	11.70	12.15	12-6-17	23
32	S09	16.30	16.50	25-R	Rif.
33	S09	18.00	18.45	17-21-27	48
34	S10-DH	2.55	3.00	4-5-5	10
35	S10-DH	7.30	7.85	4-3-5	8
36	S10-DH	9.60	10.05	7-11-10	21
37	S10-DH	11.60	12.05	16-18-15	33
38	S10-DH	17.20	17.65	13-11-10	21
39	S10-DH	19.55	20.00	10-11-14	25
40	S10-DH	22.50	22.95	15-16-11	27
41	S10-DH	27.00	27.20	46-R	Rif.
42	S11	2.60	3.00	26-18-23	41
43	S11	5.80	6.25	11-30-26	56
44	S11	8.30	8.75	10-28-29	57
45	S11	11.40	11.65	35-R(10cm)	Rif.
46	S11	16.05	16.50	35-21-26	47
47	S11	19.45	19.68	46-R(8cm)	Rif.
48	S12-PZ	1.20	1.60	22-43-R	Rif.
49	S12-PZ	9.65	10.10	13-22-36	58
50	S12-PZ	16.50	16.95	18-21-32	53
51	S12-PZ	18.65	19.10	9-8-10	18
52	S13	1.00	1.45	2-1-3	4
53	S13	5.90	6.35	39176	11
54	S13	7.80	8.25	13-21-24	45
55	S13	12.55	13.00	18-20-22	42
56	S13	14.80	15.25	33-41-24	65
57	S13	18.40	18.85	20-27-33	60
58	S13	21.30	21.75	31-46-24	70
59	S14-DH	3.35	3.70	3-2-4	6
60	S14-DH	9.60	10.05	5-3-3	6
61	S14-DH	11.55	12.00	1-1-2	3
62	S14-DH	13.90	14.35	4-6-1	7
63	S14-DH	16.25	16.70	3-5-4	9
64	S14-DH	21.40	21.85	14-21-28	49

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	Colpi	N spt
65	S14-DH	23.75	24.20	14-21-28	49
66	S14-DH	26.80	27.25	6-7-4	11
67	S15	1.50	1.95	4-6-6	12
68	S15	5.40	5.85	11-15-19	34
69	S15	8.45	8.90	11-22-31	53
70	S15	11.40	11.85	18-21-27	48
71	S16	1.45	1.90	3-2-3	5
72	S16	3.80	4.25	4-5-7	12
73	S16	5.20	5.65	6-9-11	20
74	S16	12.55	13.06	12-13-15	28
75	S16	14.55	15.00	9-16-19	35
76	S16	19.10	19.21	R(11cm)	Rif.
77	S17	4.60	5.05	3-4-6	10
78	S17	7.60	8.05	5-6-8	14
79	S17	13.00	13.45	12-18-22	40
80	S17	15.40	15.85	28-32-40	72
81	S18-DH	1.15	1.50	7-8-12	20
82	S18-DH	2.25	2.70	11-18-16	34
83	S18-DH	7.30	7.75	6-18-21	39
84	S18-DH	11.50	11.95	6-18-21	13
85	S18-DH	17.85	18.30	5-6-7	13
86	S18-DH	21.55	22.00	22-33-39	72
87	S18-DH	24.30	24.42	R(12 cm)	0
88	S19-PZ	2.00	2.45	21-30-41	71
89	S19-PZ	6.00	6.36	22-32-R	Rif.
90	S19-PZ	8.50	8.95	36-29-32	61
91	S20	2.10	2.30	42-R(5cm)	Rif.

- 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°°. 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	S01-PZ	1.50	1.90	CR1
2	S01-PZ	2.40	3.00	CR2
3	S01-PZ	4.00	4.50	CI1
4	S01-PZ	5.10	5.35	CL1
5	S01-PZ	6.10	6.60	CI2
6	S01-PZ	9.00	9.60	CR3
7	S01-PZ	12.20	12.50	CR4
8	S01-PZ	13.70	13.90	CL2
9	S02-DH	0.20	0.80	CR1
10	S02-DH	1.60	2.20	CI1
11	S02-DH	2.50	2.90	CR2
12	S02-DH	4.40	5.00	CR3
13	S02-DH	5.30	5.90	CI2
14	S02-DH	14.60	14.80	CL1
15	S02-DH	16.00	16.20	CL2
16	S02-DH	18.20	18.40	CR4
17	S02-DH	19.00	19.30	CL3
18	S02-DH	22.30	22.60	CL4
19	S02-DH	24.50	24.70	CR5
20	S03-DH	0.20	0.90	CR1
21	S03-DH	3.00	3.40	CR2
22	S03-DH	4.30	4.90	CI1
23	S03-DH	6.10	6.60	CR3

CA349

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
24	S03-DH	8.60	9.00	CL1
25	S03-DH	10.60	10.80	CL2
26	S03-DH	14.45	14.70	CL3
27	S03-DH	17.70	18.00	CL4
28	S03-DH	19.00	19.60	CL5
29	S03-DH	24.60	25.00	CR4
30	S03-DH	29.10	29.30	CL6
31	S04-PZ	2.35	2.95	CI1
32	S04-PZ	5.50	6.00	CR1
33	S04-PZ	8.70	9.00	CL1
34	S04-PZ	11.80	12.00	CL2
35	S04-PZ	13.00	13.30	CL3
36	S04-PZ	18.80	19.00	CL4
37	S04-PZ	20.80	21.00	CL5
38	S06	0.40	0.90	CR1
39	S06	2.60	3.20	CI1
40	S06	7.00	7.30	CR2
41	S06	8.40	8.60	CL1
42	S06	12.00	12.50	CR3
43	S06	14.20	14.40	CL2
44	S06	17.00	17.30	CL3
45	S06	24.00	24.60	CL4
46	S07-DH	0.20	1.00	CR1
47	S07-DH	2.30	2.90	CI1
48	S07-DH	5.30	5.80	CR2
49	S07-DH	8.70	9.30	CI2
50	S07-DH	11.60	12.00	CR3
51	S07-DH	13.30	13.90	CR4
52	S07-DH	14.45	15.00	CI3
53	S07-DH	18.50	18.90	CR5
54	S07-DH	19.25	19.85	CI4
55	S07-DH	23.50	24.00	CR6
56	S07-DH	28.10	28.40	CR7
57	S08	3.20	3.80	CI1
58	S08	7.60	8.20	CI2
59	S08	9.40	10.00	CR1
60	S08	13.00	13.60	CR2
61	S08	17.50	18.00	CR3
62	S08	21.60	22.00	CR4

CA349

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
63	S08	24.20	24.80	CR5
64	S09	3.50	4.00	CR1
65	S09	5.40	6.00	CI1
66	S09	8.50	9.00	CR2
67	S09	12.40	12.80	CR3
68	S09	13.20	13.65	CR4
69	S09	14.55	15.10	CI2
70	S09	18.70	19.00	CR5
71	S10-DH	2.00	2.40	CR1
72	S10-DH	3.30	4.00	CR2
73	S10-DH	5.10	5.70	CI1
74	S10-DH	8.20	8.70	CR3
75	S10-DH	12.20	12.60	CR4
76	S10-DH	13.20	13.75	CI2
77	S10-DH	15.00	15.40	CR5
78	S10-DH	18.00	18.50	CR6
79	S10-DH	22.10	22.50	CR7
80	S10-DH	24.20	24.60	CR8
81	S10-DH	25.50	25.90	CR9
82	S10-DH	29.30	29.70	CR10
83	S11	1.50	2.00	CR1
84	S11	4.20	4.80	CR2
85	S11	7.00	7.50	CR3
86	S11	9.00	9.50	CR4
87	S11	12.00	12.50	CR5
88	S11	13.10	13.70	CI1
89	S11	15.50	16.00	CR6
90	S11	18.70	19.00	CR7
91	S11	21.50	22.00	CR8
92	S11	24.00	24.50	CR9
93	S12-PZ	3.90	4.50	CI1
94	S12-PZ	6.50	7.00	CI2
95	S12-PZ	10.10	10.20	CL1
96	S12-PZ	14.50	15.00	CR1
97	S12-PZ	16.00	16.50	CR2
98	S12-PZ	18.20	18.45	CR3
99	S13	0.20	1.00	CR1
100	S13	3.60	4.15	CI1
101	S13	5.10	5.80	CR2

CA349

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
102	S13	8.25	8.70	CR3
103	S13	10.45	11.00	CI2
104	S13	13.00	13.70	CR4
105	S13	16.40	17.00	CI3
106	S13	19.10	19.70	CR5
107	S13	20.20	20.50	CR6
108	S13	24.00	24.50	CR7
109	S14-DH	1.50	2.00	CI1
110	S14-DH	4.60	5.10	CI2
111	S14-DH	6.90	7.50	CI3
112	S14-DH	10.00	10.50	CR1
113	S14-DH	13.00	13.50	CR2
114	S14-DH	14.40	14.80	CR3
115	S14-DH	15.00	15.50	CR4
116	S14-DH	18.45	19.00	CI4
117	S14-DH	19.40	19.60	CR5
118	S14-DH	23.00	23.70	CR6
119	S14-DH	27.20	28.00	CR7
120	S15	0.20	1.00	CR1
121	S15	2.20	2.70	CR2
122	S15	3.90	4.50	CI1
123	S15	7.00	7.40	CR3
124	S15	9.30	9.80	CR4
125	S15	11.00	11.40	CR5
126	S15	13.20	13.75	CI2
127	S15	14.70	15.00	CR6
128	S15	17.70	18.00	CR7
129	S15	18.60	18.90	CR8
130	S15	19.60	20.00	CR9
131	S15	22.70	22.90	CR10
132	S15	23.20	23.40	CR11
133	S15	24.60	24.80	CR12
134	S16	0.20	0.80	CR1
135	S16	3.30	3.80	CR2
136	S16	5.00	5.30	CR3
137	S16	6.20	6.80	CI1
138	S16	9.00	9.50	CR4
139	S16	10.00	10.60	CI2
140	S16	15.40	16.00	CR5

CA349

Relazione Geologica

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
141	S16	17.20	17.70	CI3
142	S16	19.00	19.40	CR6
143	S17	0.20	0.85	CR1
144	S17	2.30	2.90	CI1
145	S17	6.60	7.00	CR2
146	S17	9.30	9.90	CI2
147	S17	10.85	11.40	CI3
148	S17	13.60	14.00	CR3
149	S17	16.30	16.50	CR4
150	S17	18.40	19.00	CI4
151	S17	20.30	20.60	CR5
152	S17	23.00	23.50	CR6
153	S18-DH	0.20	1.00	CR1
154	S18-DH	2.00	2.30	CR2
155	S18-DH	5.20	5.80	CI1
156	S18-DH	7.75	8.00	CR3
157	S18-DH	9.30	9.85	CI2
158	S18-DH	10.50	11.00	CR4
159	S18-DH	12.20	12.90	CR5
160	S18-DH	13.70	14.30	CI3
161	S18-DH	15.10	15.30	CL1
162	S18-DH	19.00	19.60	CR6
163	S19-PZ	4.00	4.50	CI1
164	S19-PZ	7.00	7.50	CR1
165	S19-PZ	9.50	10.00	CI2
166	S19-PZ	11.00	11.50	CR2
167	S19-PZ	13.50	14.00	CI3
168	S19-PZ	17.00	17.50	CR3
169	S19-PZ	18.50	19.10	CI4
170	S19-PZ	22.00	22.50	CR4
171	S19-PZ	24.50	24.70	CR5
172	S20	2.10	2.30	CL1

CA349

Relazione Geologica

173	S20	4.00	4.30	CL2
174	S20	7.10	7.40	CL3
175	S20	10.00	10.30	CL4
176	S20	12.00	12.30	CL5
177	S20	13.70	14.00	CL6
178	S20	14.40	14.90	CL7
179	S20	15.00	15.30	CL8

N.	Sigla ID	da (m dal p.c.)	a (m dal p.c.)	sigla
180	S20	17.00	17.40	CL9
181	S20	18.00	18.40	CL10
182	S20	19.00	19.40	CL11

- 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. 6 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	Tipo	Profondità perforazione (m da lp.c.)	Profondità installazione p.c.) (m da lp.c.)	Falda (m dal
1	S01-PZ	Tubo aperto	15	5	2.00
2	S04-PZ	Casagrande	25	9	5.00
3	S12-PZ	Tubo aperto	20	20	8.50
4	S19-PZ	Tubo aperto	25	14.50	9.00

- 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.6 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	Profondità (m dal p.c.)
1	S02-DH	25
2	S03-DH	30
3	S07-DH	30
4	S10-DH	30
5	S14-DH	30
6	S18-DH	30

- 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 avvvitamento
- 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)

POZZETTI ESPLORATIVI

- Le indagini hanno previsto la realizzazione di 6 pozzetti geognostici 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 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.
- Di seguito si riportano le coordinate dei pozzetti realizzati, rimandando alla planimetria per l'ubicazione cartografica e alle schede di dettaglio allegare, 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.		Quota assoluta p.c. (m s.l.m.)
		Nord	Est	
1	Pz01	1473275.588	4499771.808	318.214
2	Pz02	1473659.473	4499923.020	340.969
3	Pz04	1471783.746	4502075.891	204.637
4	Pz05	1471553.976	4502359.934	190.956
5	Pz06	1471381.566	4502330.749	199.514
6	Pz07	1471140.267	4502568.424	187.519

– Scheda sintetica dei pozzetti esplorativi –

7.2 Campagna ANAS indagini 2015

Nell'anno 2015 la società Sonedile 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° 1 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 1 pozzetti esplorativi
- Prove di carico su piastra
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio

SONDAGGIO GEOGNOSTICO

L'unico sondaggio eseguito nella campagna di indagini 2015 è il sondaggio S8 effettuato in data 27/06/2015. All'interno di tale sondaggio sono stati effettuate 3 prove SPT e sono stati prelevati 5 campioni di cui 3 indisturbati e 2 rimaneggiati. Nelle tabelle seguenti si illustrano tali specifiche:

Coordinate e quota Sondaggio S8

Sigla	Coordinata Nord	Coordinata Est	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)
S8	1471941.663	4501615.881	213.761	20

Profondità e sigla campioni prelevati dal Sondaggio S8

Sigla	Da m	Fino a m	Sigla campione
S8	1.50	1.80	1) She
S8	3.50	4.15	2) She
S8	6.00	6.65	3) She
S8	10.30	10.50	1) Rim
S8	19.00	19.50	2) Rim

Profondità e prove SPT eseguite nel Sondaggio S8

Sigla	Da m	Fino a m	Colpi	N Spt
S8	1.80	2.25	6-9-12	21
S8	4.15	4.60	3-5-7	12
S8	6.65	7.10	13-18-25	43

POZZETTO GEOGNOSTICO

Nel report della Società Sondedile s.r.l. è riportata inoltre la stratigrafia del pozzetto Pz56 effettuato in data 10/07/2015 del quale si riporta sotto le specifiche tecniche. All'interno del pozzetto esplorativo, è stata eseguita nella stessa data una prova di carico su piastra alla profondità di 0,40 m da p.c.

Dalla profondità di 0.40 m a 0.70 m da p.c. è stato prelevato un ulteriore campione rimaneggiato.

Coordinate e quota Pozzetto Pz56

Sigla	Coordinata Nord	Coordinata Est	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)
Pz56	1473344.381	4499634.267	338.980	2

Profondità e sigla campione prelevato dal Pozzetto 56

Sigla	Da m	Fino a m	Sigla campione
Pz56	0.40	0.70	1) Rim

Si rimanda all'elaborato di report della società Sondedile s.r.l. per le ulteriori specifiche e i risultati delle analisi di laboratorio eseguite sui campioni delle indagini.

7.3 Campagna ANAS indagini 1997

Nell'anno 1997 la società Geotecnò, 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° 15 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo
- n° 4 Pozzetti esplorativi
- n° 5 Prove penetrometriche statiche CPT

SONDAGGI GEOGNOSTICI

La campagna di indagini è stata eseguita nel mese di febbraio 1997. Nelle tabelle seguenti si illustrano le specifiche dei 15 sondaggi realizzati:

CA349

Relazione Geologica

Sondaggi Geognostici 1997

Sigla	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)
Si47	336.67	10
Si48	336.14	10
Si51	342.50	10
Si52	295.00	10
Si53	299.00	20
Si54	260.03	10
Si55	253.40	15
Si56	254.80	20
Si57	240.00	15
Si58	227.90	15
Si59	246.40	20
Si60	209.96	13
Si61	211.51	12
Si62	305.00	15
Si63	340.27	15

Profondità e sigla campioni prelevati dai sondaggi

Sigla Sondaggio	Da m	Fino a m	Sigla campione
Si47	8.50	8.90	A (Rimaneggiato)
Si54	6.00	6.60	1 (Indisturbato)
Si54	7.40	8.00	2 (Indisturbato)
Si55	2.10	2.70	1 (Indisturbato)
Si58	3.30	4.00	1 (Indisturbato)
Si59	2.00	2.50	1 (Indisturbato)
Si59	6.00	6.50	2 (Indisturbato)
Si60	3.00	3.60	1 (Indisturbato)
Si60	7.30	8.00	2 (Indisturbato)
Si61	2.50	3.00	1 (Indisturbato)
Si61	4.00	4.50	2 (Indisturbato)
Si61	5.00	5.50	3 (Indisturbato)

CA349

Relazione Geologica

Profondità e prove SPT eseguite nei sondaggi

Sigla sondaggio	Da m	Fino a m	Colpi	N Spt
Si47	1.50	1.95	15-38-50	88
Si48	1.50	1.95	3-7-15	22
Si52	2.50	2.95	7-18-45	63
Si52	5.10	5.55	7-8-Rif 4	Rif
Si54	1.50	1.95	8-15-22	37
Si54	2.70	3.15	3-7-15	22
Si55	4.70	5.15	4-5-6	11
Si55	7.70	8.15	9-27-33	60
Si56	3.00	3.45	7-10-20	30
Si56	7.50	7.95	14-45-49	94
Si57	2.60	3.05	6-8-12	20
Si57	7.00	7.45	7-9-12	21
Si58	1.50	1.95	4-7-9	16
Si58	4.00	4.45	9-13-18	31
Si58	10.50	10.95	15-38-49	87
Si60	1.50	1.95	7-13-21	34
Si60	5.00	5.45	15-28-45	73
Si61	1.50	1.95	4-6-9	15
Si61	4.50	4.95	5-16-18	34
Si61	9.00	9.45	18-40-50	90
Si63	3.00	3.45	12-18-33	51

POZZETTI GEOGNOSTICI

Nel report della Società Geotecno sono riportate le stratigrafie di 4 pozzetti eseguiti in data 16 e 22 febbraio 1997 del quale si riporta sotto le specifiche tecniche.

Pozzetti esplorativi 1997

Sigla	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)
Pz1	207.60	2.00
Pz2	343.00	2.00
Pz3	345.80	2.40
Pz4	342.00	2.40

Profondità e sigla campioni prelevati dai sondaggi

Sigla Sondaggio	Da m	Fino a m	Sigla campione
Pz1	1.45	1.55	A (Rimaneggiato)
Pz2	1.45	1.55	A (Rimaneggiato)
Pz3	1.45	1.55	A (Rimaneggiato)
Pz3	2.00	2.40	1 (Indisturbato)
Pz4	1.45	1.55	A (Rimaneggiato)
Pz4	2.00	2.40	1 (Indisturbato)

PROVE PENETROMETRICHE

La Società Geotecno nel mese di febbraio 1997 ha eseguito 6 prove penetrometriche statiche CPT, con penetrometro da 20 tonnellate, estese fino a varie profondità del quale si riporta sotto le specifiche tecniche.

Prove penetrometriche CPT 1997

Sigla	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)
CPT 21	342.00	8.80
CPT 22	345.80	8.00
CPT 24	343.15	7.60
CPT 25	227.40	11.60
CPT 26	207.60	7.20

Si rimanda all'elaborato di report della società Geotecno per le ulteriori specifiche riguardo alle stratigrafie e i risultati delle elaborazioni delle prove penetrometriche.

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:

- ❑ Macrosismicità
- ❑ Analisi della sismicità storica del territorio;
- ❑ Analisi della Normativa di riferimento
- ❑ Macrozonazione sismica: Pericolosità e Vulnerabilità;
- ❑ Sismicità applicata al tracciato
- ❑ Elaborazione dati geofisici;
- ❑ Caratterizzazione sismica dell'area (D.M. 17 Gennaio 2018);
- ❑ 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.

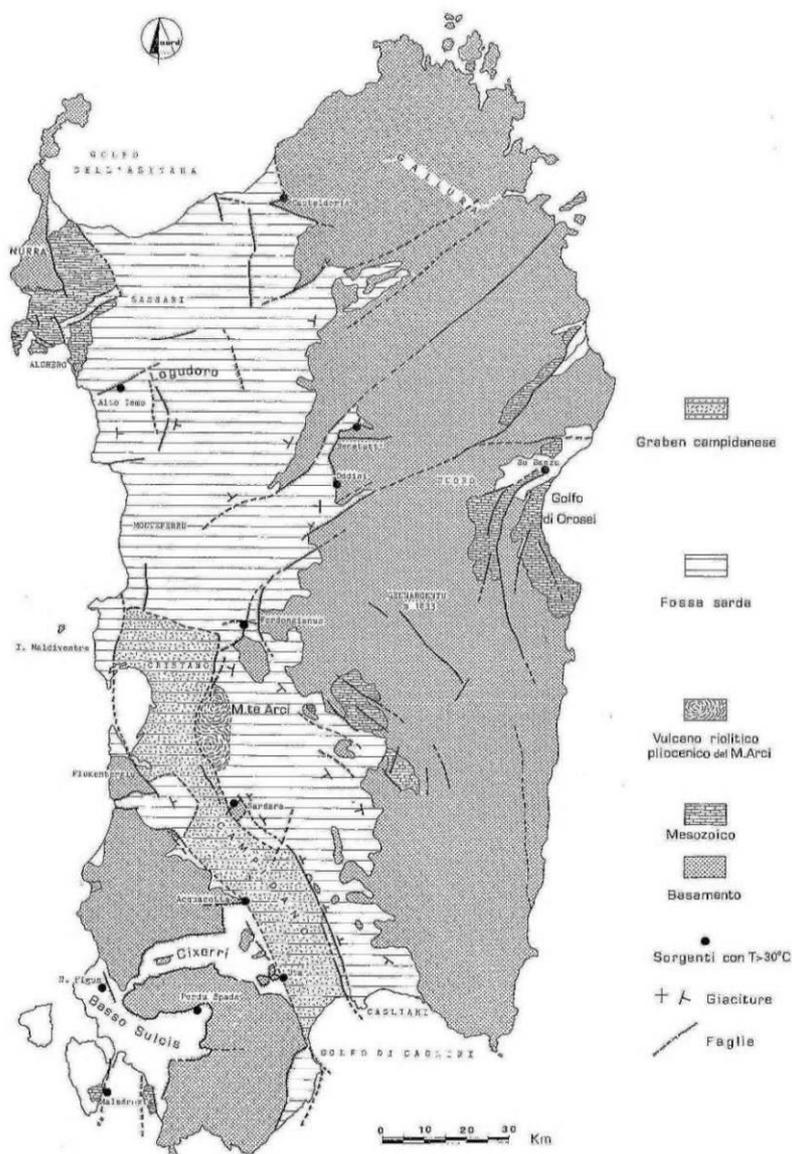
La subsidenza all'interno della fossa fu attiva per un lungo periodo, cosicché il mare miocenico vi penetrò, come testimoniano i numerosi affioramenti di sedimenti marini miocenici.

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 1° lotto (dal km 193 al km 199)		
CA349	<i>Relazione Geologica</i>	

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).

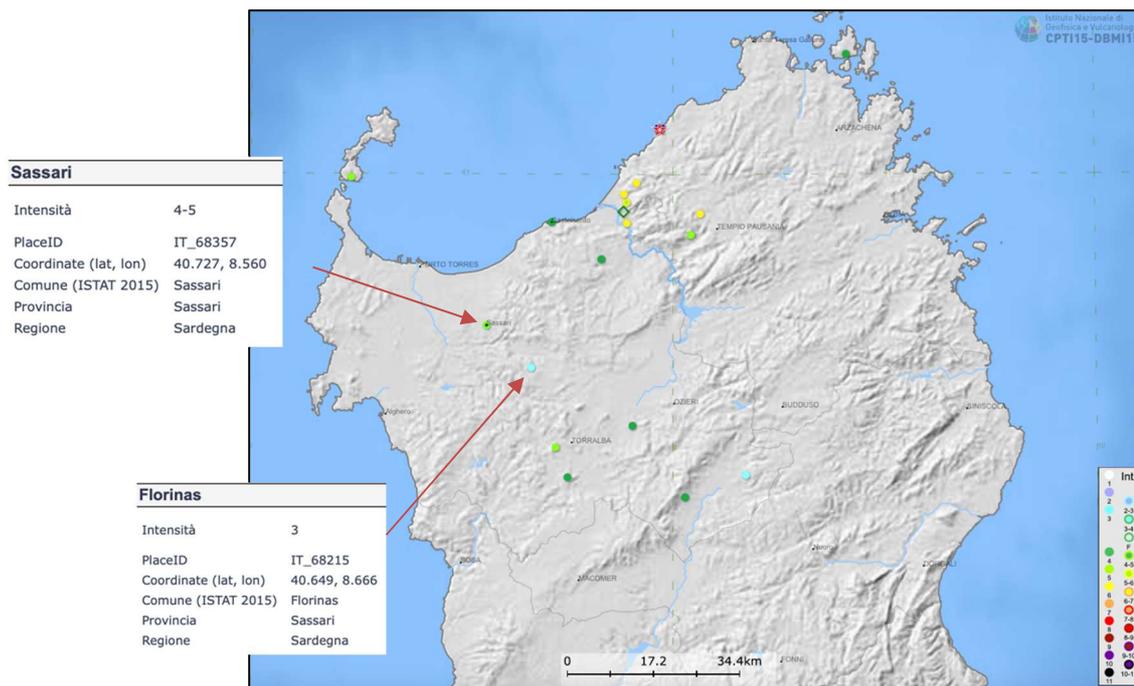
Questo catalogo riporta un set omogeneo di dati di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti e relativo ai terremoti con intensità massima (I_{max}) ≥ 5 avvenuti nel territorio nazionale e in alcuni paesi confinanti (Francia, Svizzera, Austria, Slovenia e Croazia). La finestra cronologica 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 CPTI15, redatti da INGV) –

CA349

Relazione Geologica

COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot	COMUNE	PROVINCIA	Imax	Terremot
Aggus	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 (Fornelli)	SS	5	1	Ittiri	SS	2-3	1	Pattada	SS	4	2
Austis	NU	4	1	La Maddalena	OT	4	2	Perfugas	SS	4	1
Badesi	OT	6	1	Laerru	SS	3	1	Ploaghe	SS	4	1
Banari	SS	3-4	1	Lei	NU	4	1	Porto Torres	SS	3-4	1
Baunei	OG	3	3	Loculi	NU	3-4	3	Posada	NU	4	1
Benetutti	SS	4	2	Lodè	NU	3-4	2	Pozzomaggiore	SS	2-3	1
Berchidda	OT	3-4	2	Lodine	NU	3	1	Pula	CA	3	2
Bessude	SS	3-4	1	Lula	NU	3-4	2	Putifigari	SS	3-4	1
Bidoni	OR	3-4	1	Luogosanto	OT	3	1	Romana	SS	2	1
Birori	NU	3	1	Luras	OT	4-5	1	Ruinas	OR	3	1
Bitti	NU	4-5	3	Macomer	NU	3	1	Samugheo	OR	2-3	1
Bolotana	NU	3	1	Magomadas	OR	3	1	San Teodoro	OT	3-4	2
Bonnanaro	SS	3-4	1	Mamojada	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
Bortigiadas	OT	5	1	Mogoro	OR	3-4	1	Santa Teresa Gallura	OT	3-4	2
Borutta	SS	3-4	1	Monastir	CA	3	1	Sassari	SS	4-5	4
Bosa	OR	4-5	1	Monserrato	CA	2-3	1	Sassano di Montiferro	OR	3	1
Buddusò	OT	3	3	Monti	OT	4-5	2	Sennori	SS	3-4	1
Budoni	OT	3-4	2	Mores	SS	5	1	Serri	CA	3	1
Bultei	SS	3	2	Muntigiani	OT	5-6	1	Seulo	CA	3	1
Bulzi	SS	4	2	Muros	SS	4	1	Siamaggiore	OR	2-3	1
Burgos	SS	3	1	Neoneli	OR	2	1	Sindia	NU	4-5	1
Busachi	OR	3-4	1	Orghedu di San Nicola	SS	2-3	1	Siniscola	NU	3	1
Cagliari	CA	5	6	Orghedu 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
Codrangianos	SS	3	1	Ollolai	NU	3-4	1	Thiesi	SS	4	1
Convento di Bonarcado	CA	4	1	Olmedo	SS	2	1	Torpè	NU	4-5	3
Cossu Sotile	SS	3	1	Olzai	NU	3-4	2	Tresnuraghes	OR	3-4	1
Dorgali	NU	3-4	2	Onani	NU	3-4	1	Turris 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	Orosi	NU	3-4	3	Urzulei	OG	3	3
Flussio	OR	3	1	Orotelli	NU	3	2	Viddalba	SS	6	1
Fonni	NU	3	2	Orune	NU	3-4	1	Villacidra	VS	4	1
Fardongianus	OR	3	1	Oschiri	OT	3	2	Villalba	OR	2	1
Galtelli	NU	5	3	Osidda	NU	3-4	3				

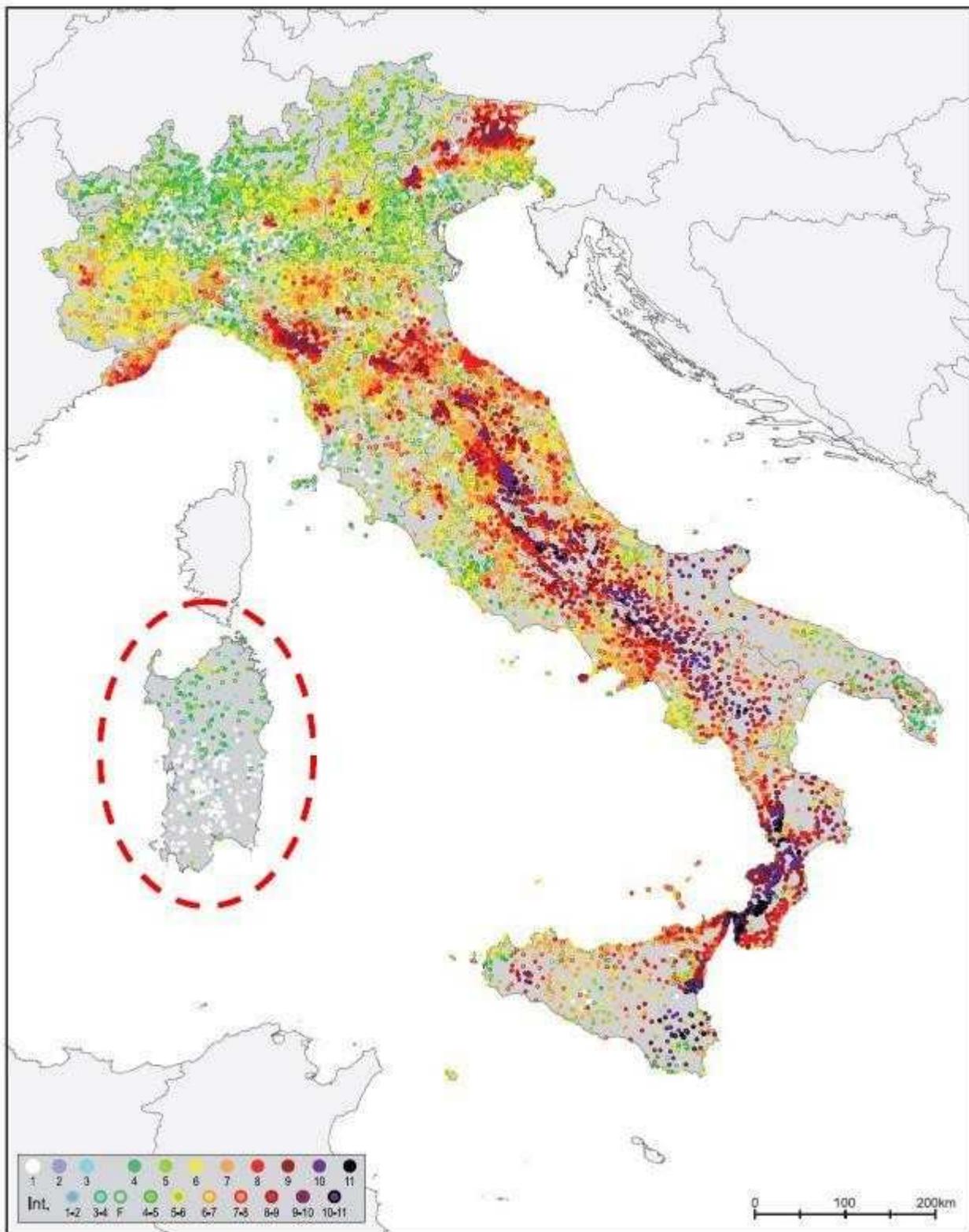
- Elenco degli eventi sismici riportati nel catalogo CPTI15 relativi alla Regione Sardegna

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 1° lotto (dal km 193 al km 199)		
CA349	<i>Relazione Geologica</i>	

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)

SS 131 "Carlo Felice" Completamento itinerario Sassari - Olbia. Potenziamento e messa in sicurezza SS131 dal km 192+500 al km 209+500 - 1° lotto (dal km 193 al km 199)		
CA349	Relazione Geologica	

8.3 Caratterizzazione sismogenetica

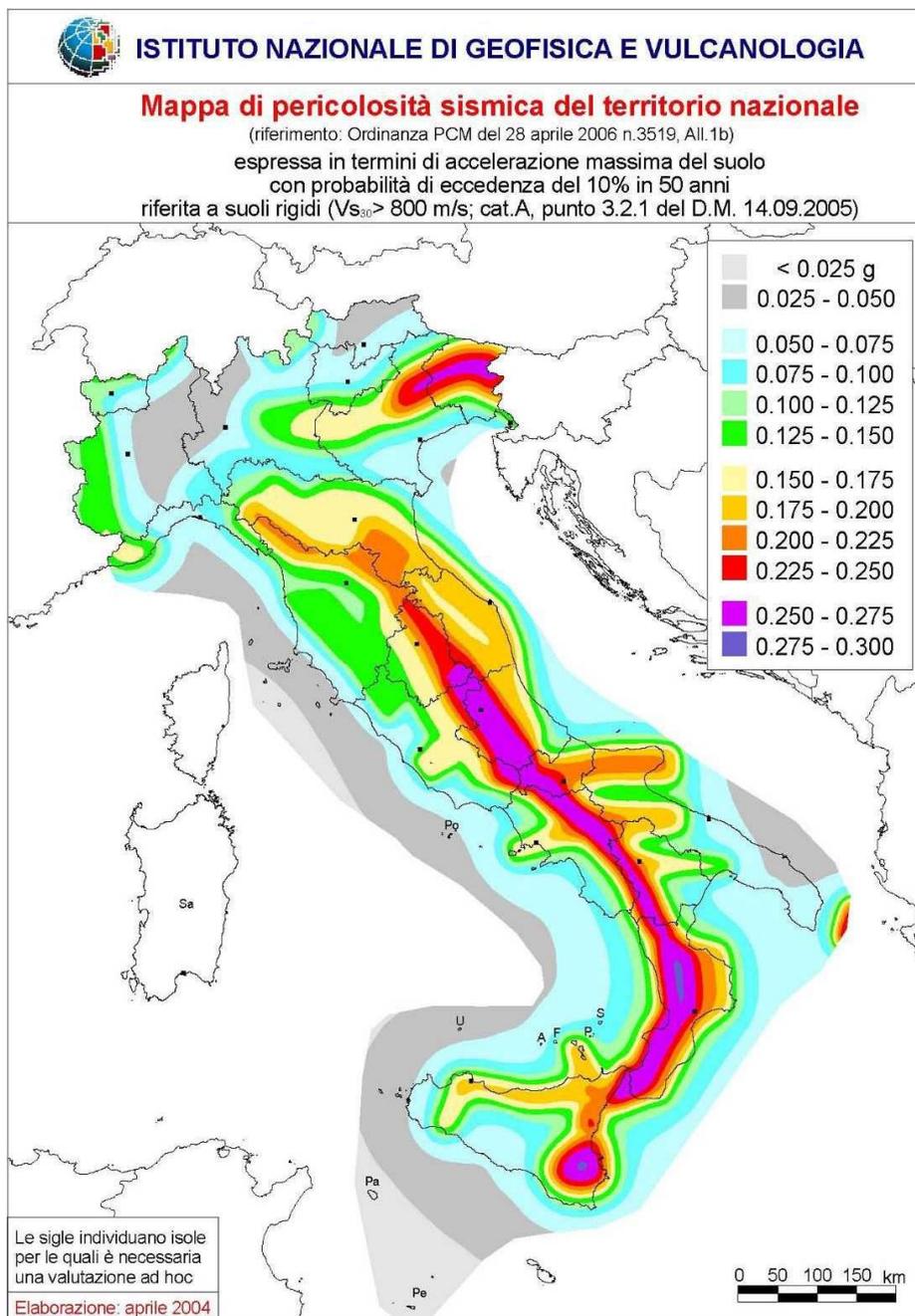
Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della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

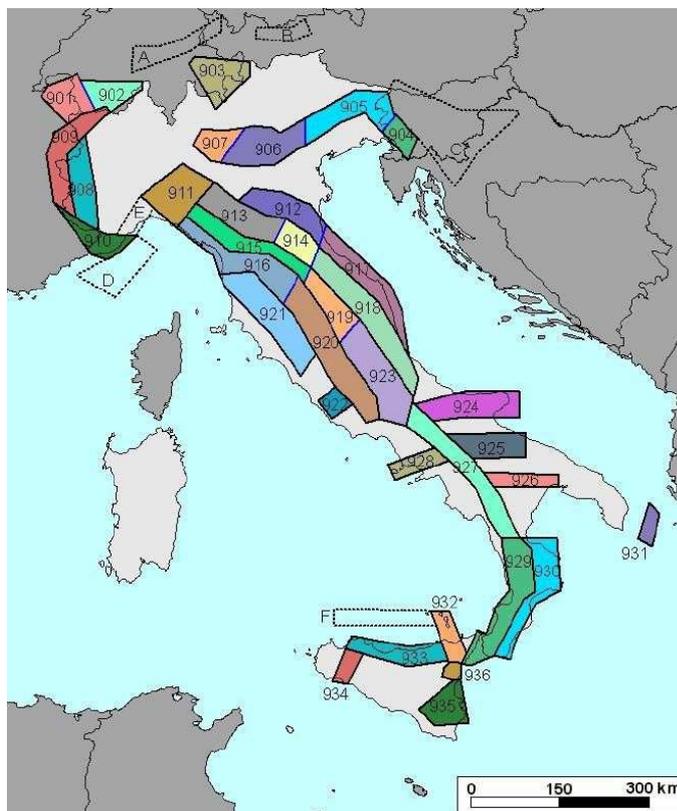
Il tracciato in studio è ubicato nel territorio della Provincia di SASSARI nei territori dei Comuni di Florinas e Codrongianos che ricadono in zona sismica **4**.



- Mappa 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.

8.4 Pericolosità sismica di base

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

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

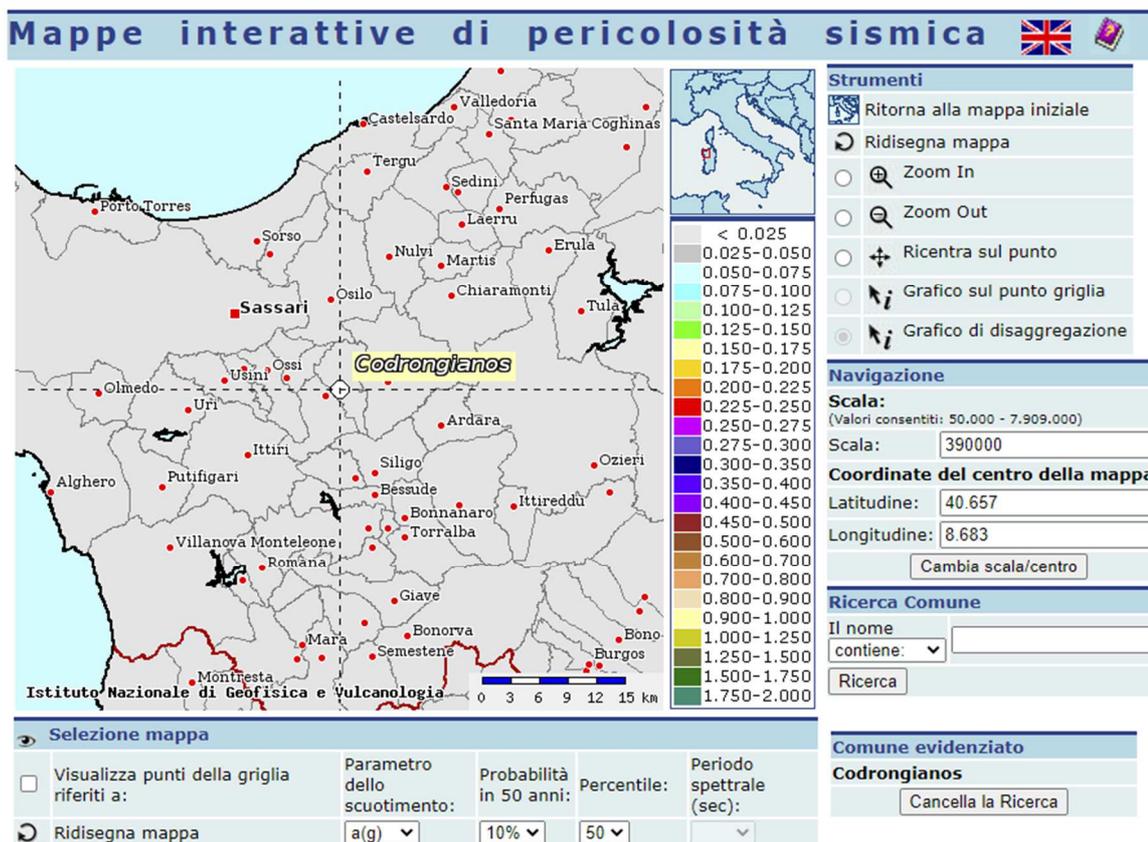
Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

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

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

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

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



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

Secondo quanto definito nell'Allegato A del D.M. 14/01/2008, la Sardegna è caratterizzata da una macrozonazione sismica omogenea, ossia presenta medesimi parametri spettrali sull'intero territorio insulare a parità di tempo di ritorno dell'azione sismica con accelerazione massima (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni pari a 0,050 g costante su tutto il territorio regionale calcolato su un suolo di riferimento di tipo **A**.

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

Al posto della zonazione entrano in gioco quindi:

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

8.5 Pericolosità 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, fogliazione superficiale, instabilità dei pendii e frane indotte.

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

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

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

dove:

h_i = spessore dello strato i esimo;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/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, che vengono riportate ed elaborate di seguito.

8.6 Elaborazione dei dati geofisici e definizione della categoria del suolo di fondazione

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

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

Le prove geofisiche effettuate sono state tutte del tipo attivo e sono state eseguite nella campagna sismica e geognostica del 2019 (Indagini eseguite dalla TecnoIn).

Le indagini utilizzate per redigere il presente studio sono state le seguenti:

- n.8 prospezioni sismiche a rifrazione tomografica;
- n.6 indagini sismiche in foro down-hole

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

Codice indagine	Profondità dal p.c. (m)	UTM WGS84		UTM WGS84
		Coordinata EST	Coordinata NORD	Quota (m s.l.m.)
S02-DH	25,00	473255,507	4499722,197	386,439
S03-DH	30,00	472791,050	4499862,888	363,012
S07-DH	30,00	472335,053	4500530,234	312,281
S10-DH	30,00	472271,402	4500859,803	306,390
S14-DH	30,00	472135,767	4501344,237	277,462
S18-DH	30,00	471973,434	4501684,702	261,439

- Ubicazione sondaggi testati con prova down hole -

Codice indagine	Lunghezza (m)	UTM WGS84			
		Coordinata iniziale EST	Coordinata iniziale NORD	Coordinata finale EST	Coordinata finale NORD
BS1a	46	472689,196	4499888,389	472732,562	4499880,948
BS1b	69	472650,632	4499953,617	472677,952	4499893,582
BS2a	46	472306,091	4500579,051	472321,414	4500532,712
BS2b	69	472285,405	4500683,392	472297,710	4500615,520
BS3	115	472255,416	4500994,862	472216,787	4501100,443
BS4	115	472101,811	4501447,595	472136,548	4501342,141
BS5	115	472050,733	4501524,478	472099,050	4501422,974
BS6	115	471951,766	4501717,617	472000,542	4501620,414

- Ubicazione caposaldi profili a rifrazione tomografica -

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

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

dove:

h_i = spessore dello strato i esimo;

V_{S_i} = velocità delle onde di taglio nell' i esimo strato;

N = numero di strati;

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

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

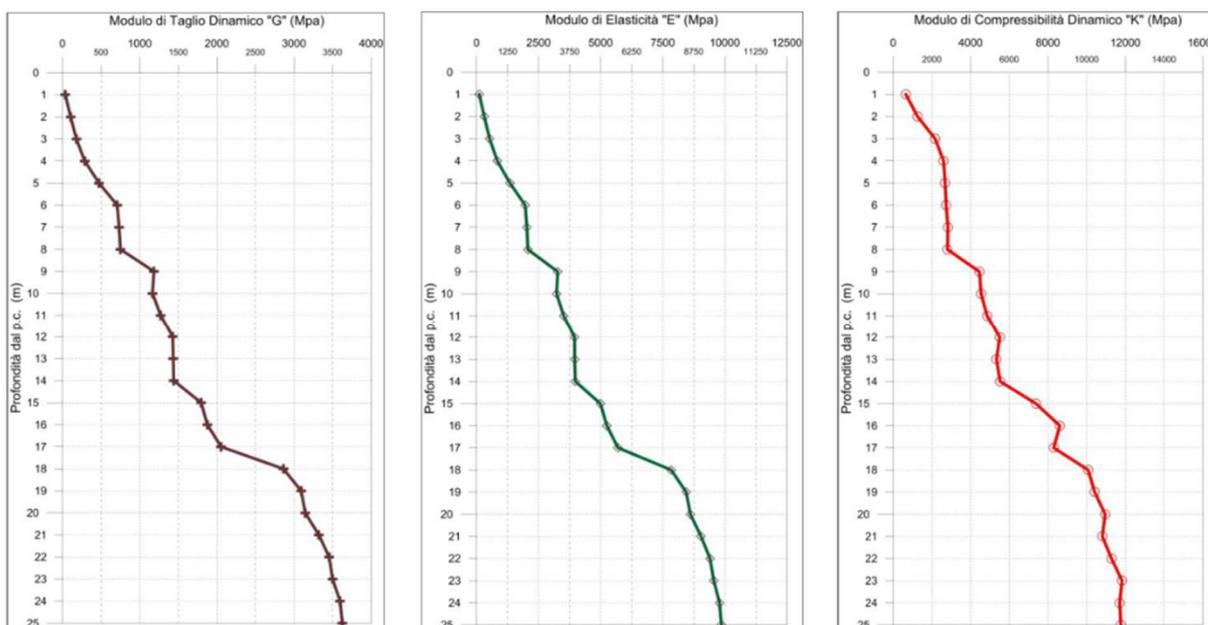
L'elaborazione è finalizzata all'individuazione della categoria del sottosuolo, secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018.

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

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

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

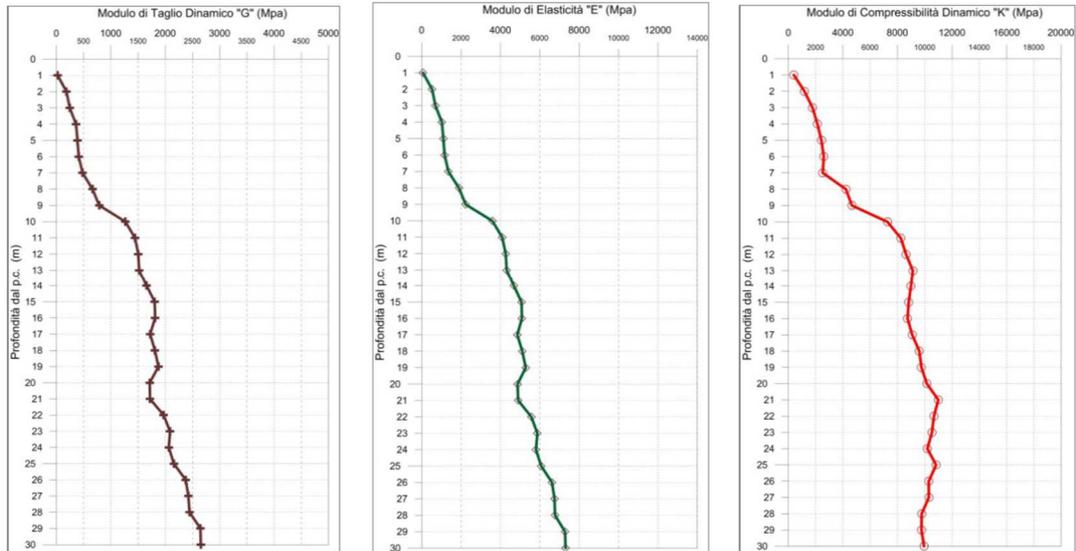
Sondaggio S02-DH_ profondità 25 metri



Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _p m/s	V _s m/s
	da	a		
1°	1,0	5,0	922	246
2°	5,0	8,0	1.370	565
3°	8,0	14,0	1.742	750
4°	14,0	25,0	2.427	1.073

VSeq=528,24 m/s Cat. B

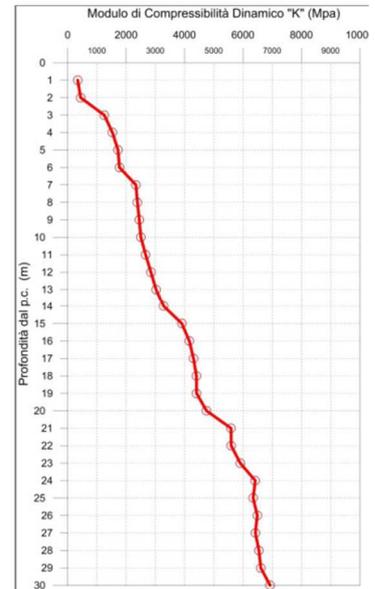
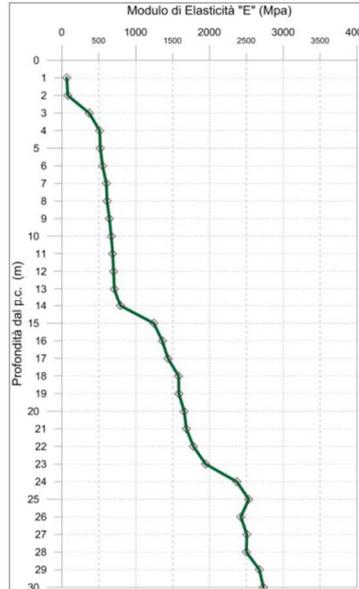
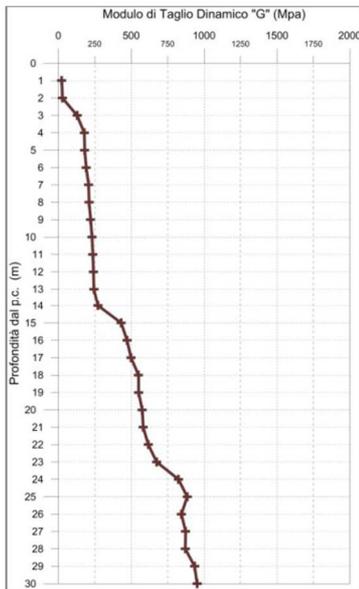
Sondaggio S03-DH_ profondità 30 metri



Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _p m/s	V _s m/s
	da	a		
1°	1,0	7,0	908	271
2°	7,0	9,0	1.563	556
3°	9,0	30,0	2.235	878

VSeq=305,84 m/s Cat. E

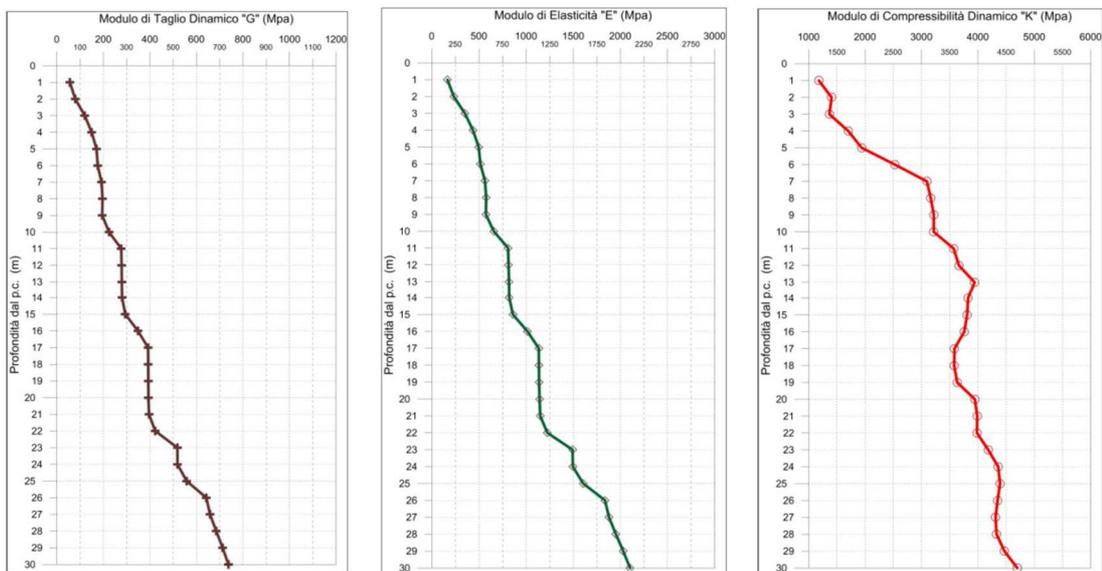
Sondaggio S07-DH _ profondità 30 metri



Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _P m/s	V _S m/s
	da	a		
1°	1,0	14,0	988	342
2°	14,0	23,0	1.660	532
3°	23,0	30,0	1.875	638

VSeq=435,89 m/s Cat. B

Sondaggio S10-DH _ profondità 30 metri

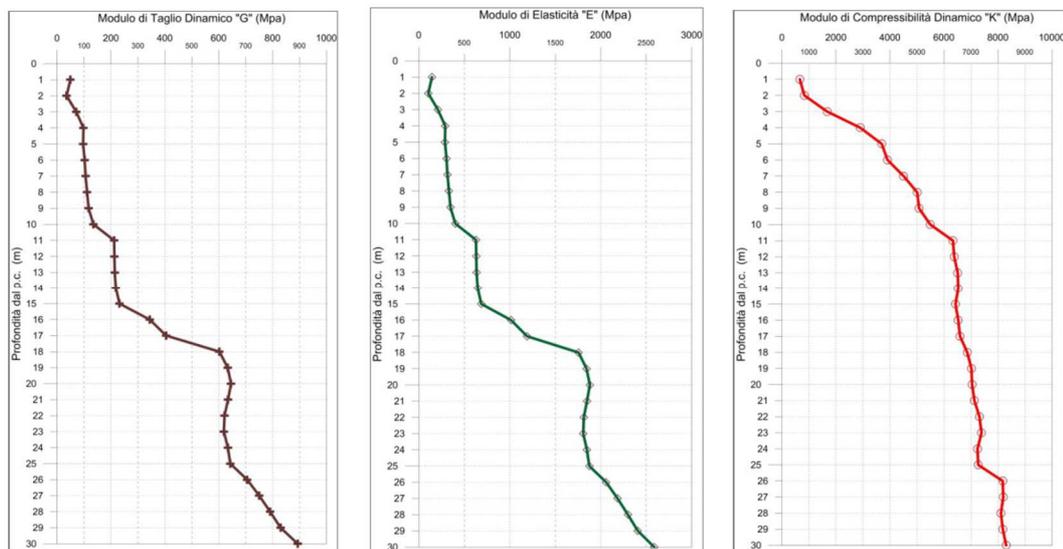


Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _P m/s	V _S m/s
	da	a		
1°	1,0	4,0	901	218
2°	4,0	10,0	1.282	313
3°	10,0	22,0	1.471	418
4°	22,0	30,0	1.620	563

VSeq=372,97 m/s

Cat. C

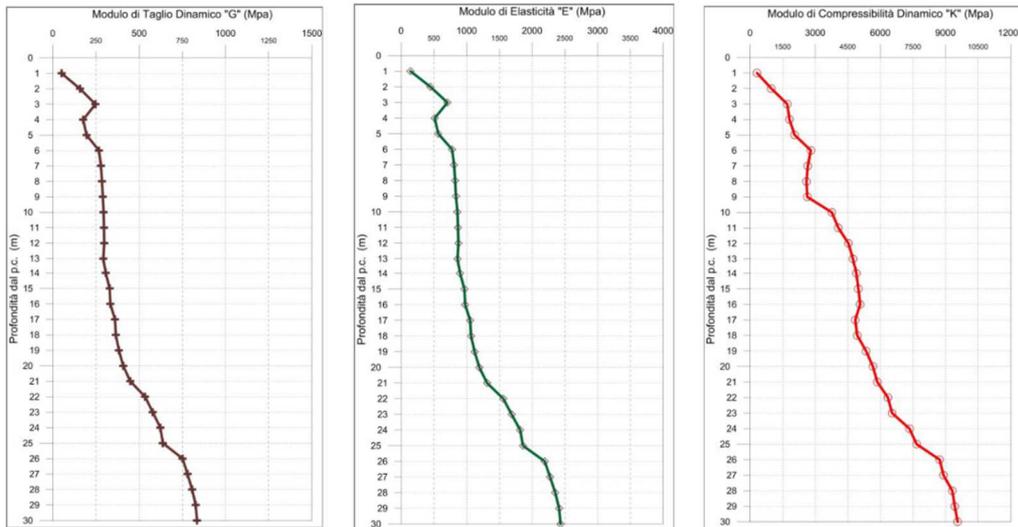
Sondaggio S14-DH _ profondità 30 metri



Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _P m/s	V _S m/s
	da	a		
1°	1,0	2,0	704	163
2°	2,0	10,0	1.417	234
3°	10,0	17,0	1.852	359
4°	17,0	25,0	2.011	560
5°	25,0	30,0	2.151	635

VSeq=340,46 m/s Cat. C

Sondaggio S18-DH (2019)



Sismostrato	Profondità dal p.c. (m)		V _p m/s	V _s m/s
	da	a		
1°	1,0	9,0	911	296
2°	9,0	21,0	1.644	416
3°	21,0	25,0	1.987	551
4°	25,0	30,0	2.162	605

VSeq=401,20 m/s

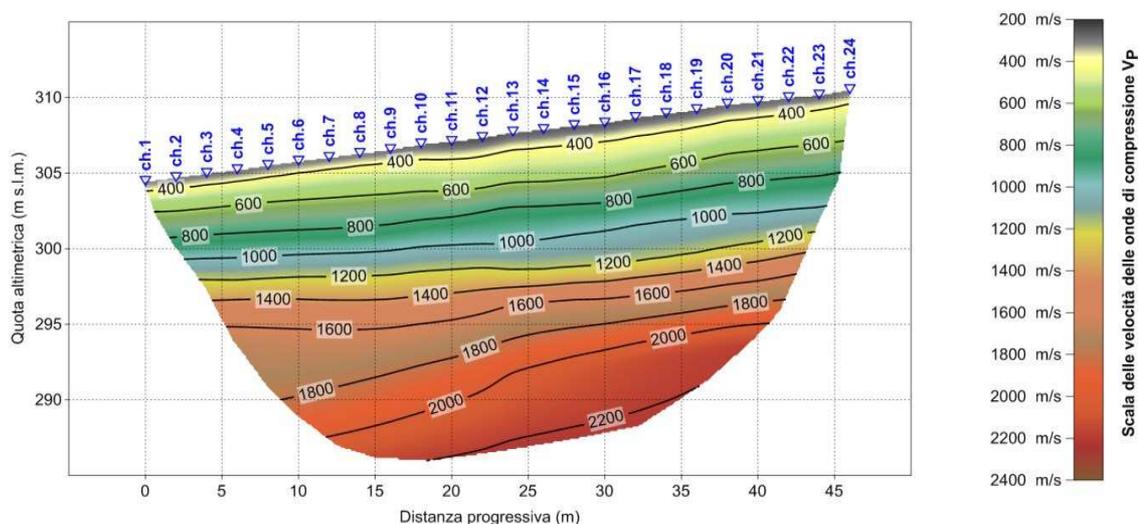
Cat. B

8.7 Tomografia sismica a rifrazione BS1a

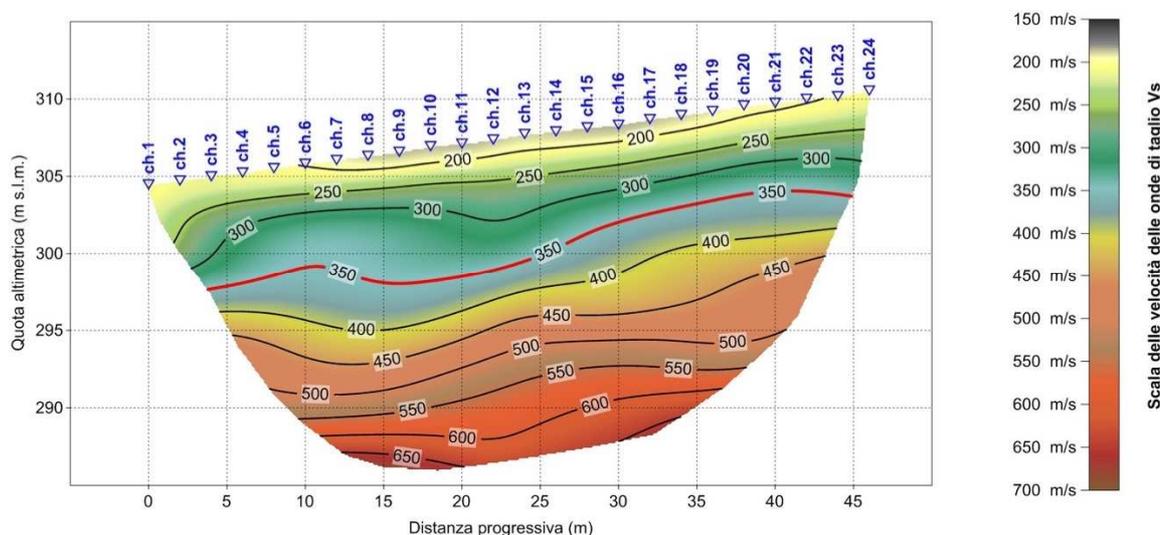
Le pseudosezioni elaborate per il profilo simico BS1a hanno permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta tra il piano campagna ed una profondità media di circa 7 m, ed è costituito da riporto seguito da sabbie, argille e ghiaie. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 150 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 350 e 1.000 m/s.

In profondità, la velocità delle onde sismiche aumenta sino a raggiungere valori compresi tra 350 e 700 m/s, per quanto riguarda le onde S, mentre per quel che concerne le velocità delle onde P, risultano comprese tra 1.000 e 2.200 m/s.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1a.



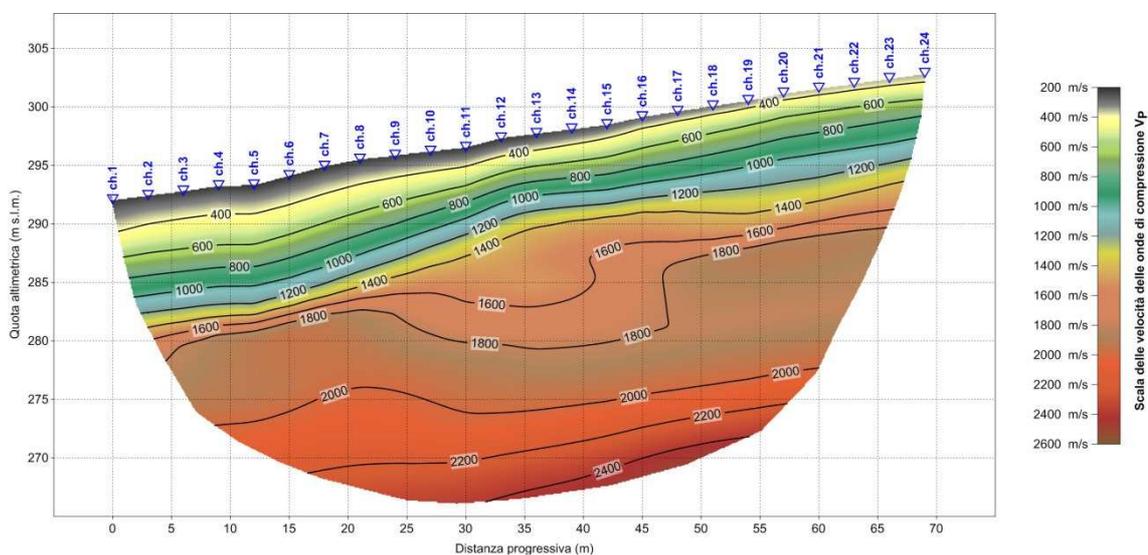
Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS1a

8.8 Tomografia sismica a rifrazione BS1b

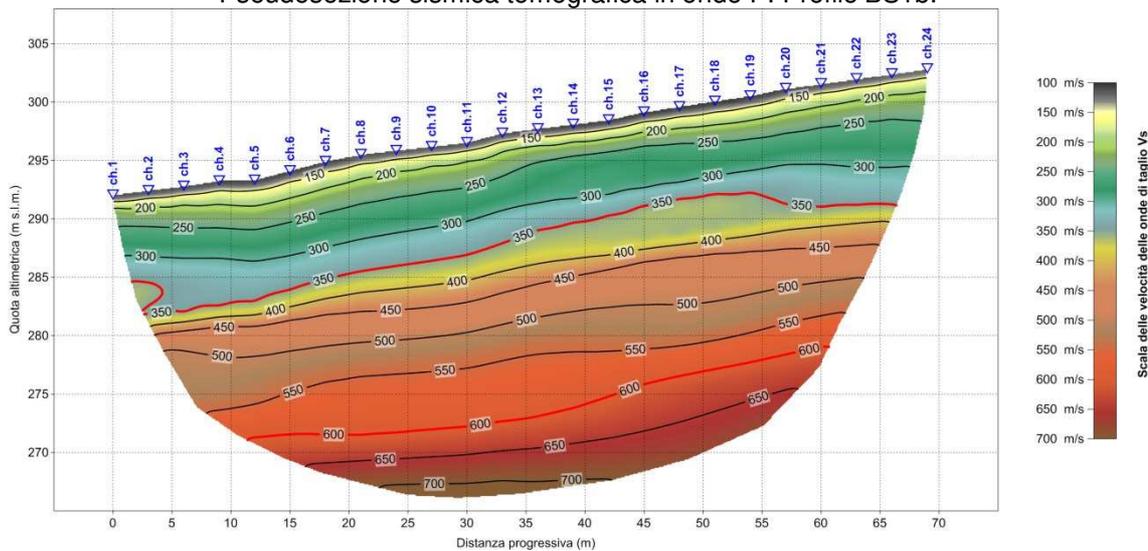
Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS1b hanno permesso di evidenziare tre sismostrati.

Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media di circa 7 m dal p.c. ed è costituito da riporto seguito da sabbie, argille e ghiaie. La velocità delle onde S è compresa tra 150 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P varia tra 350 e 1.000 m/s. Il secondo sismostrato, compreso tra la prima interfaccia ed una profondità di circa 20 m dal p.c., presenta velocità delle onde S compresa tra 350 e 600 m/s e velocità delle onde P compresa tra 1.000 e 2.000 m/s. In questo orizzonte si rinvengono litologie per lo più calcarenitiche alterate.

In profondità sono presenti litologie calcareo marnose. La velocità delle onde sismiche aumenta sino ad oltrepassare 700 m/s, per le onde S, e fino a 2.500 m/s, per le onde P.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS1b.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS1b.

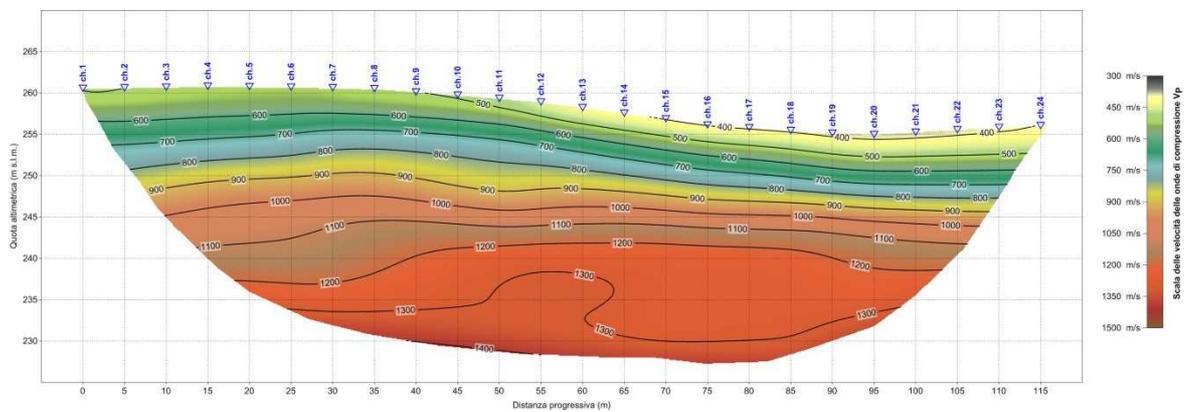
8.9 Tomografia sismica a rifrazione BS3

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS3 hanno permesso di evidenziare due sismostrati.

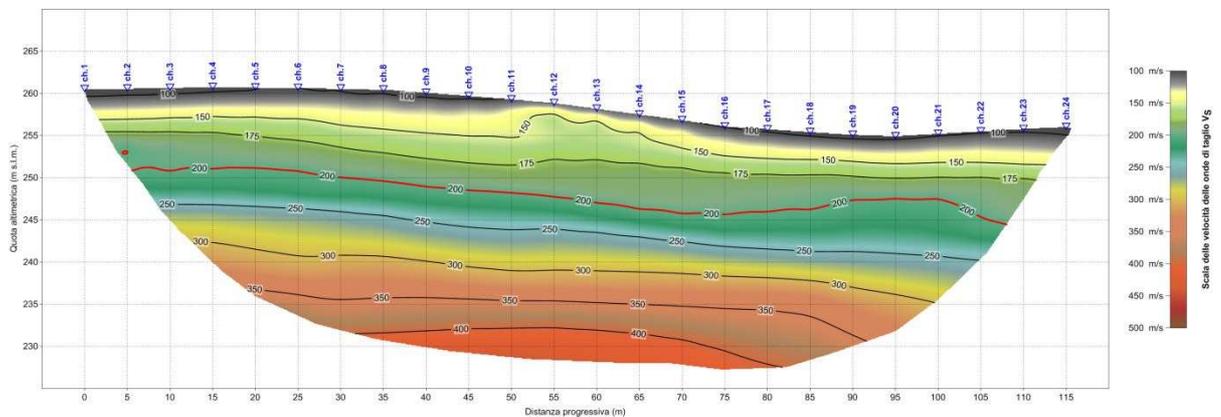
Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media di circa 10 m dal p.c., ed è costituito da materiale di riporto seguito da argilla, limo e sabbia. Presenta velocità delle onde di taglio compresa tra 100 e 200 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 300 e 900 m/s.

Il secondo sismostrato, compreso tra la prima interfaccia e la massima profondità raggiunta dalla prospezione in oggetto, presenta velocità delle onde S compresa tra 200 e 450 m/s e velocità delle onde P compresa tra 900 e 1.500 m/s.

In questo orizzonte si rinvennero litologie per lo più calcarenitiche alterate.



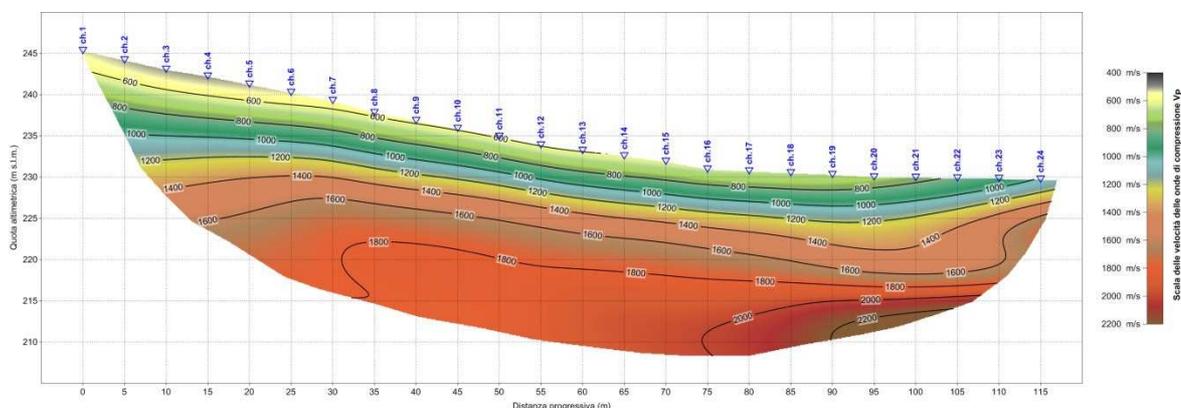
Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS3.



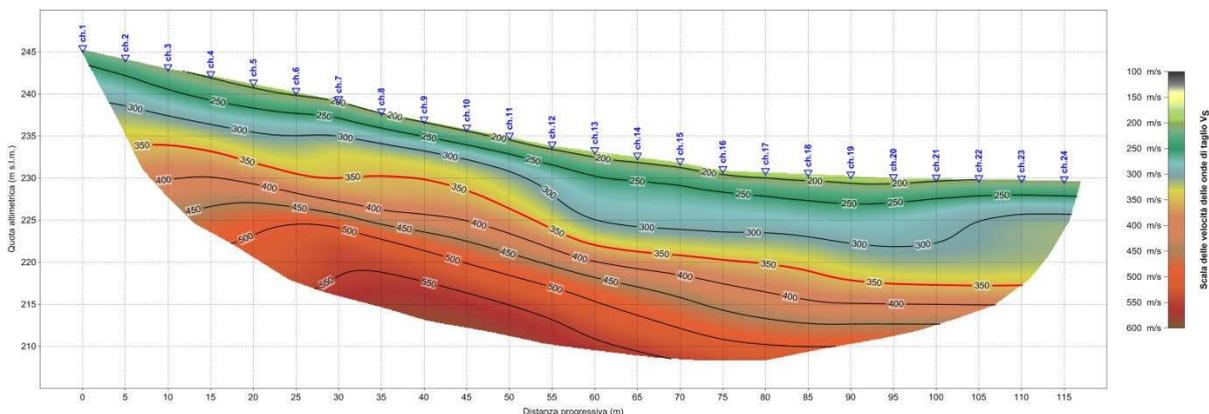
Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS3.

8.10 Tomografia sismica a rifrazione BS4

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS4 hanno permesso di evidenziare due sismostrati. Il primo sismostrato si attesta ad una profondità media di circa 10 m dal p.c., ed è costituito da materiale di riporto seguito da argilla e limo, con intercalazioni sabbiose e calcarenitiche. Presenta velocità delle onde di taglio compresa tra 100 e 350 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 1.500 m/s. Il secondo sismostrato, compreso tra la prima interfaccia e la massima profondità raggiunta dalla prospezione in oggetto, presenta velocità delle onde S compresa tra 350 e 600 m/s e velocità delle onde P compresa tra 1.500 e 2.200 m/s. In questo orizzonte si rinvencono argille marnose e argille molto consistenti e depositi piroclastici.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS4.



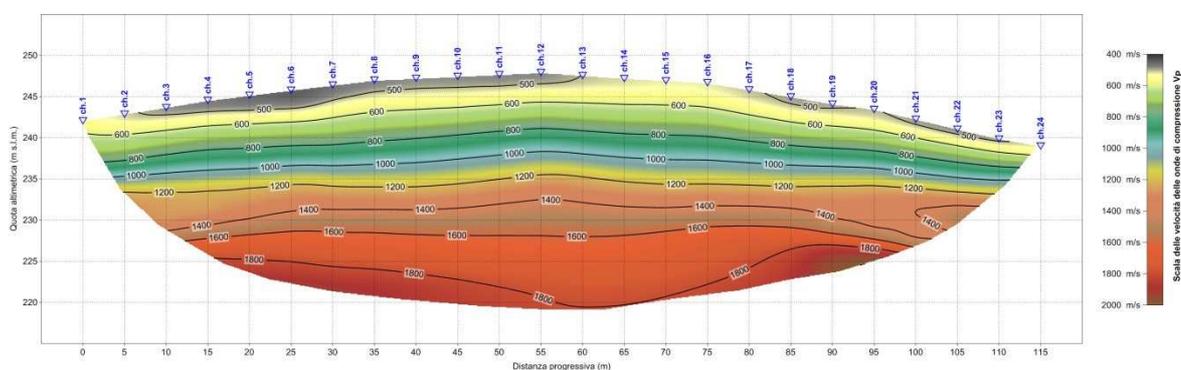
Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS4.

8.11 Tomografia sismica a rifrazione BS5

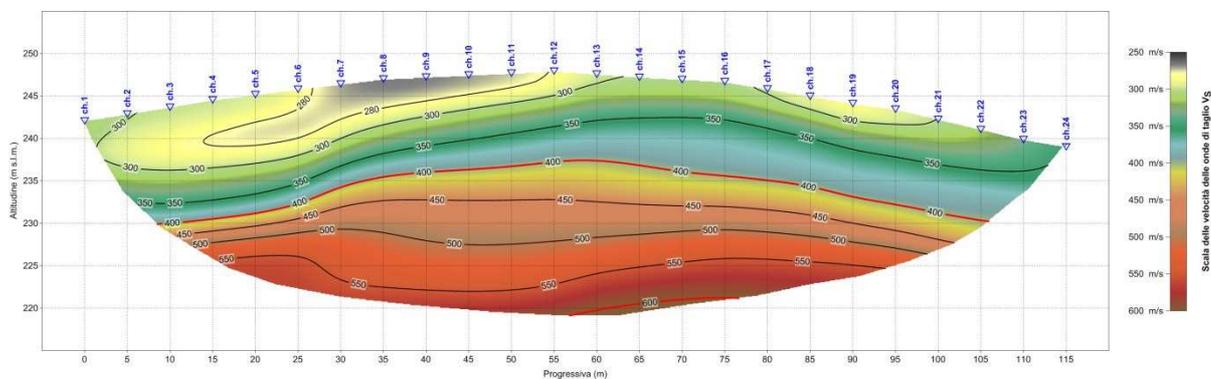
Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS5 hanno permesso di evidenziare due sismostrati.

Il primo orizzonte, contraddistinto da litologie per lo più limo-sabbiose e limo-argillose, si attesta dal piano campagna fino ad una profondità media di 12 m e presenta velocità delle onde di taglio compresa tra 250 e 400 m/s, mentre le onde P variano tra 400 e 1.200 m/s.

In profondità, la velocità delle onde sismiche aumenta sino a raggiungere valori compresi tra 400 e 600 m/s, per le onde di taglio, mentre per le onde P risultano compresi tra 1.200 e 2.000 m/s. Le litologie prevalenti a queste profondità sono costituite da marne e argille marnose consistenti.



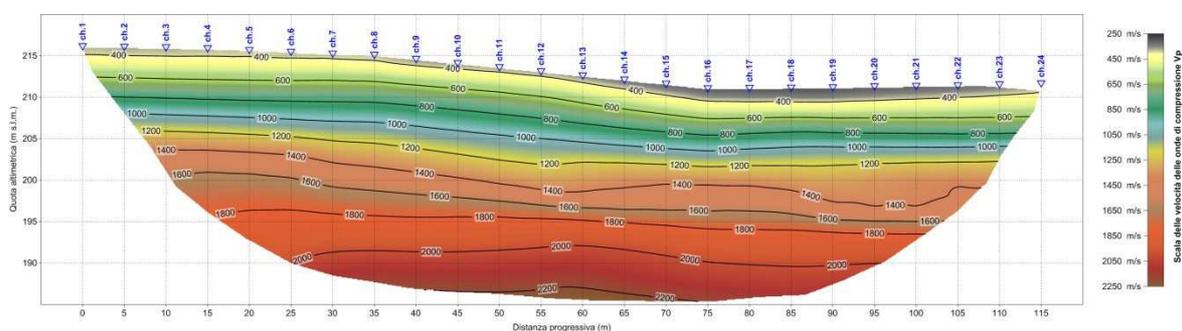
Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo SR5.



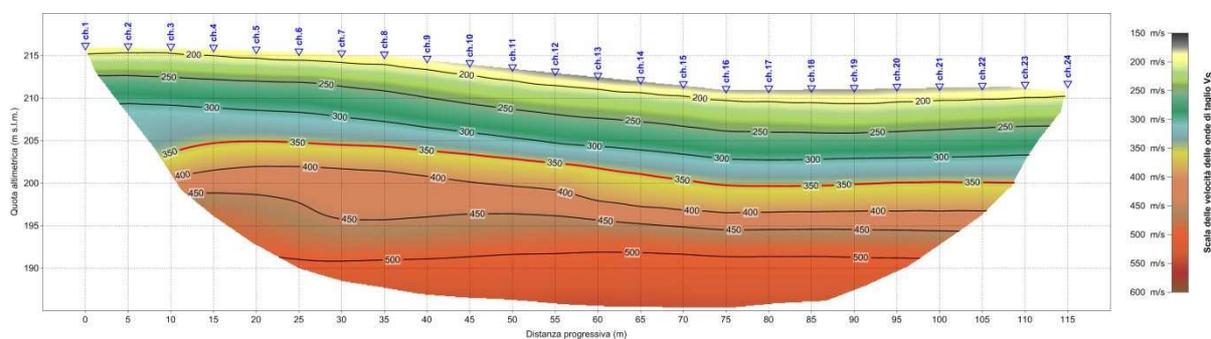
Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS5.

8.12 Tomografia sismica a rifrazione BS6

Le pseudosezioni elaborate per il profilo sismico BS6 hanno permesso di evidenziare due sismostrati. La prima interfaccia è compresa tra il piano campagna e una profondità media di circa 10 m. Risulta costituito per lo più da sabbie e limi, intercalate da argille e depositi piroclastici e presenta una velocità delle onde di taglio compresa tra 150 e 350 m/s, mentre le onde P variano tra 350 e 1.200 m/s. In profondità, la velocità delle onde sismiche aumenta sino a raggiungere valori compresi tra 350 e 600 m/s, per le onde di taglio, mentre per le onde P risultano compresi tra 1.200 e 2.000 m/s. Da un punto di vista litologico sono presenti depositi epiclastici e argillosi, molto consistenti.



Pseudosezione sismica tomografica in onde P. Profilo BS6.



Pseudosezione sismica tomografica in onde S. Profilo BS6

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 Vs30 corrispondono alla categoria di sottosuolo B, C ed E, 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	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria Sottosuolo (NTC 2018)
S02-DH	528,24	B
S03-DH	305,84	E
S07-DH	345,89	B
S10-DH	372,97	C
S14-DH	340,46	C
S18-DH	401,20	B

8.13 Rischio liquefazione dei terreni

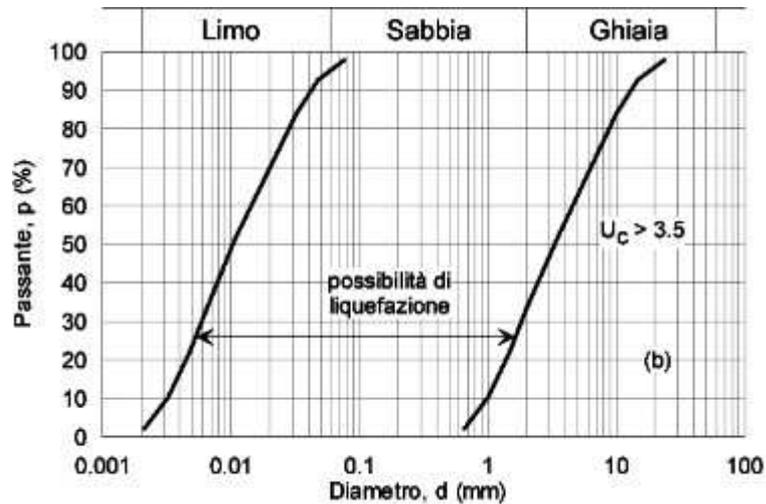
Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale. La liquefazione è l'insieme dei fenomeni associati alla perdita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

I requisiti che permettono di escludere la verifica a liquefazione, anche in presenza di uno solo di essi (par. 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione" -D.M. 17/01/2018) sono di seguito elencati:

- a) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- b) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- c) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- d) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nei casi in esame è possibile escludere la verifica alla liquefazione perchè viene soddisfatta la condizione a). In particolare l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta nell'area in studio di 0,05 g (minore di 0.1 g);

Inoltre, valutati i report di laboratorio relativi alle curve granulometriche si desume che è possibile escludere, per la quasi totalità dei campioni, la verifica alla liquefazione anche per la condizione d) trovandosi in presenza di materiale terrigeno uniforme con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (Fig. 7.11.1(b) D.M. 17/01/2018).



b)

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

8.14 Condizioni topografiche

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

9. 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 195+500 e i km 209+500. In particolare il primo lotto è compreso tra il km 193 fino al km 199.

Il tracciato è in larga parte contenuto all'interno del territorio comunale di Codrongianos, ma in una porzione lo stesso tracciato è invece inserito nel comunale di Florinas.

Dati caratteristici

Lunghezza totale itinerario: 5.71 km	Pr. di progetto 0+000.00 – 5+710.00
Piattaforma stradale Asse Principale	Tipo B
Intervallo velocità di progetto:	70 – 120 km/h
svincoli in progetto:	n. 2 (SV01 e SV02)
pendenza longitudinale max.	5 %
pendenza longitudinale min.	0.50 %
Raggio di curvatura planimetrico minimo:	705 m
Raggio di curvatura altimetrico minimo:	10.000 m

Opere d'arte maggiori:

VI01 - Viadotto su SV01 L=30m	Pr. di progetto 1+171.05– 1+201.05
VI02_dx L=230m	Pr. di progetto 2+010.00 – 2+240.00
VI03 L= 480m	Pr. di progetto 2+490.00 – 2+970.00
VI04 L=280m	Pr. di progetto 3+290.00 – 3+570.00
GA01 – Galleria artificiale L=70m	Pr. di progetto 3+610 – 2+139.24
VI05 L=230m	Pr. di progetto 3+734.00 – 3+964.00
VI06 - Viadotto su SV02 L=22m	Pr. di progetto 4+546.56 – 4+568.56

Indicazione delle strutture fondazionali sulle pile

		PILA	L plinto	B plinto		n° pali/microp
VI02	DX	P1	9.20	12.8	MICROPALI	8 x 11
		P2	9.20	12.8	MICROPALI	8 x 11
		P3	9.20	12.8	MICROPALI	8 x 11
		P4	9.20	12.8	MICROPALI	8 x 11
VI03	SX	P1	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P2	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P3	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P4	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P5	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P6	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P7	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P8	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P9	9.20	9.2	PALI	3 x 3
	DX	P1	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P2	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P3	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P4	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P5	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P6	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P7	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P8	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P9	9.20	9.2	PALI	3 x 3
VI04	SX	P1	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P2	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P3	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P4	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P5	9.20	9.2	PALI	3 x 3
	DX	P1	9.20	9.20	PALI	3 x 3
		P2	9.20	9.20	PALI	3 x 3
		P3	9.20	12.80	PALI	4 x 3
		P4	9.20	12.80	PALI	4 x 3
		P5	9.20	9.20	PALI	3 x 3
VI05	SX	P1	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P2	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P3	9.20	9.2	PALI	3 x 3
		P4	9.20	9.2	PALI	3 x 3
	DX	P1	9.20	12.8	PALI	4 x 3
		P2	9.20	12.8	PALI	4 x 3
		P3	9.20	12.8	PALI	4 x 3
		P4	9.20	9.20	PALI	3 x 3

Indicazione delle strutture fondazionali sulle spalle

		L plinto	B plinto	Tipo	n° pali/microp
VI01	SPA	9.20	46.1	PALI	13 x 3
	SPB	9.20	46.2	PALI	13 x 3
VI02	SPA	9.20	16.4	MICROPALI	15 x 7
	SPB	9.20	16.4	MICROPALI	15 x 7
VI03	SPA	9.20	27.2	MICROPALI	22 x 8
	SPB	9.20	27.2	PALI	8 x 3
VI04	SPA	9.20	27.2	PALI	8 x 3
	SPB	9.20	27.2	PALI	8 x 2
VI05	SPA	9.20	27.2	PALI	8 x 3
	SPB	9.20	27.2	PALI	8 x 3
VI06	SPA	12.80	35.6	MICROPALI	34 x 9
	SPB	12.80	38.5	MICROPALI	34 x 9

Tratto compreso tra la progr. 0+000.00 alla progr 1+600.00

In tale tratto il tracciato corre a raso con una piccola porzione (0+000.00-1+460.00) in riporto su un'area sub-pianeggiante a quota media di 350 m s.l.m. degradante, con una blanda pendenza, verso Nord.

Il tracciato interessa un membro siltitico della formazione di Borutta (RTUb) *BURDIGALIANO SUP – LANGHIANO* di spessore variabile tra i 5 m e i 35 m, costituito da siltiti in alternanza ritmica con i membri (RTUc) costituito da sabbie siltose.

Gli affioramenti sono nel tratto più a valle sono ricoperti al tetto da uno spessore di terreno agrario variante tra 20 cm e 2,00 m.

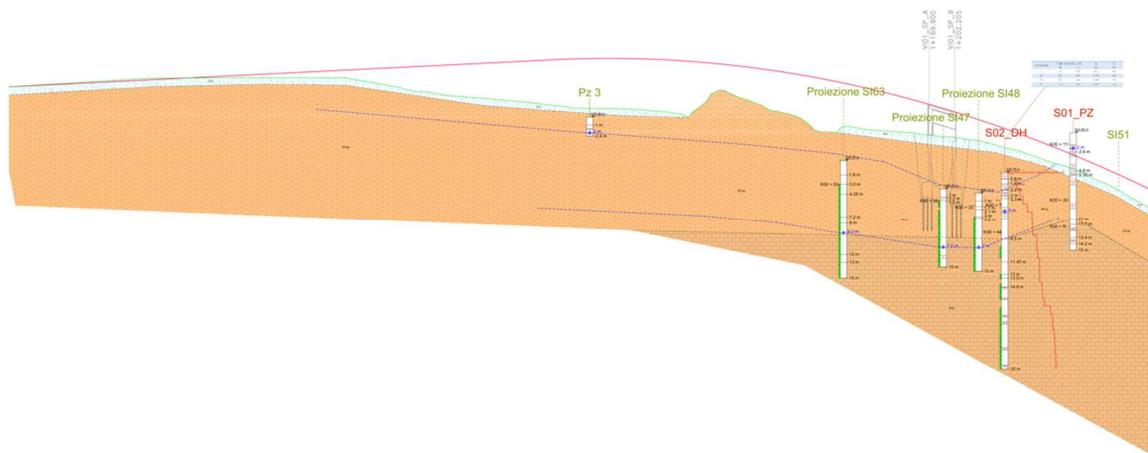
Non si rilevano nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali e neanche pericoli di esondazione, come confermato dalla cartografia PAI.

In tale tratto il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di circa 4.00 m dal p.c. I terreni di fondazione sono stati indagati con specifici sondaggi e proiettati sulla sezione: come il S47-DH ; SI 48 ; S02_DH.

Il rilevato insiste anche sui suoli di copertura (H1r), costituiti da suoli in matrice argillo-sabbiosa (S01- PZ) mediamente addensate dello spessore di circa 4m.

Le alluvioni a grana grossolana sono permeate da falda acquifera con livello statico stimato a circa 2,00 m rispetto alla quota di 345,80 m s.l.m.

Andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre di terreno agrario ed alterato compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 50 cm quale bonifica dalla sezione 24 alla 42 e di 80 cm dalla sezione 43 alla 51.

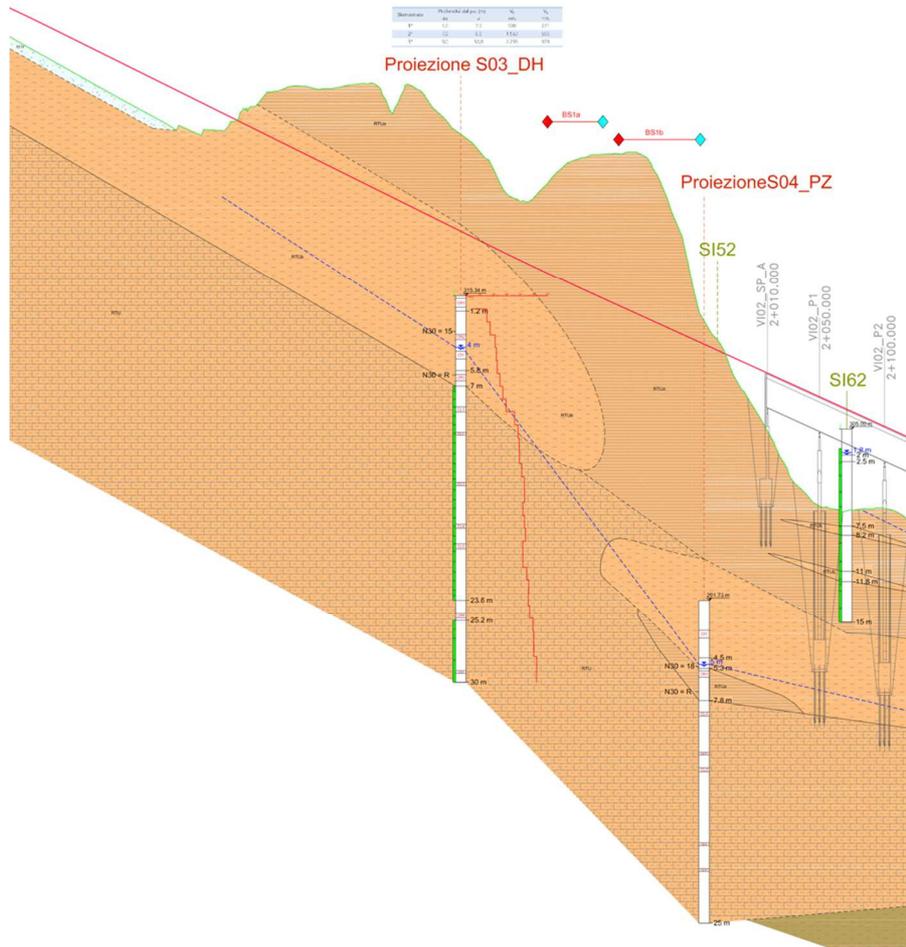


Sezione tracciato nel tratto 0+000.00 – 1+460.00

Tratto compresa tra la progr. 1+600.00 e la progr. 1+940.00

Il suolo di copertura e la roccia imposta sono da considerarsi con stratificazione piano parallela e con bassa vergenza. L'andamento delle caratteristiche geotecniche e sismiche con la profondità risulta essere progressivamente più consistente con la profondità. I dati forniti dalle Prove Sismiche in foro Down Hole, nei dintorni della progressiva 1+240.00, ci indicano che alla profondità già di 10 m si osservano consistenti variazioni dei valori di Modulo di compressibilità dinamica "K" Circa 7000 Mpa e circa 1400 Mpa di Modulo di taglio Dinamico "G" nel S03_DH.

Altre indicazioni derivano dal S02_DH si osservano anche in questo caso consistenti variazioni dei valori a circa 18 metri di profondità di Modulo di compressibilità dinamica "K" con Circa 10000 Mpa e circa 28000 Mpa di Modulo di taglio Dinamico "G".



Sezione tracciato nel tratto 1+600.00 - 1+940.00

Nel tratto indicato la strada in progetto obbliga lo sbancamento delle aree in rilievo geomorfologico.

Le formazioni geologiche presenti in questo tratto sono solitamente distinte da grandi spessori di RTUe e lenti di RTUc in questo assetto le formazioni geologiche sono permeate da acquifera con livello statico altalenante tra i -2 m dal p.c. e i - 9,3 m dal p.c.

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

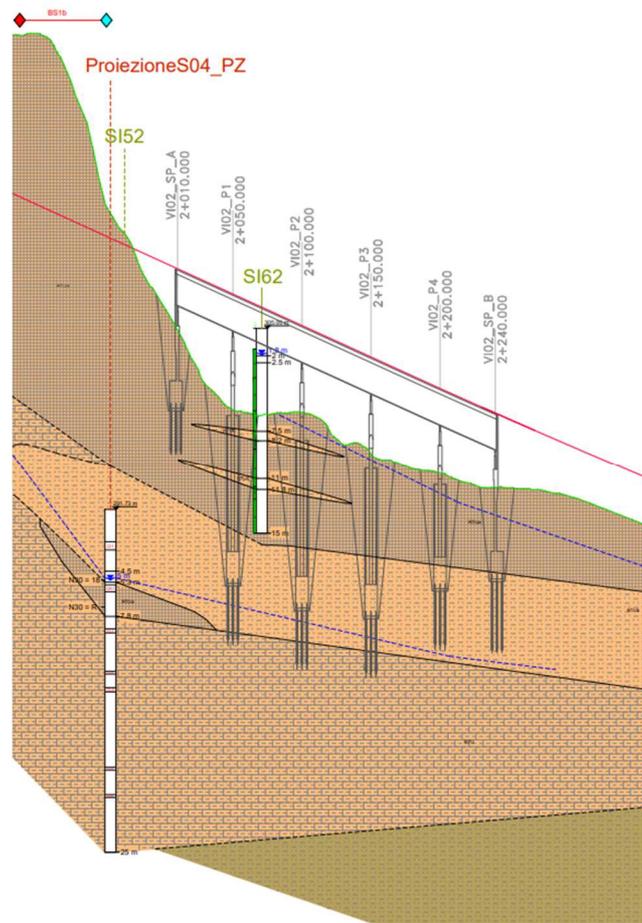
Andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre di terreno agrario ed alterato compressibile con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna e l'asportazione di ulteriori 1,20 m cm quale bonifica dalla sezione 55 alla 67.

Viadotto su Badde Bergula - progressive 1+940.000 e 2+240.000

In questo tratto di strada è prevista la realizzazione di un ponte in corrispondenza del fosso che si immette su Predda Niedda. L'opera ha una lunghezza di 230.00 m, un'altezza di pochi metri.

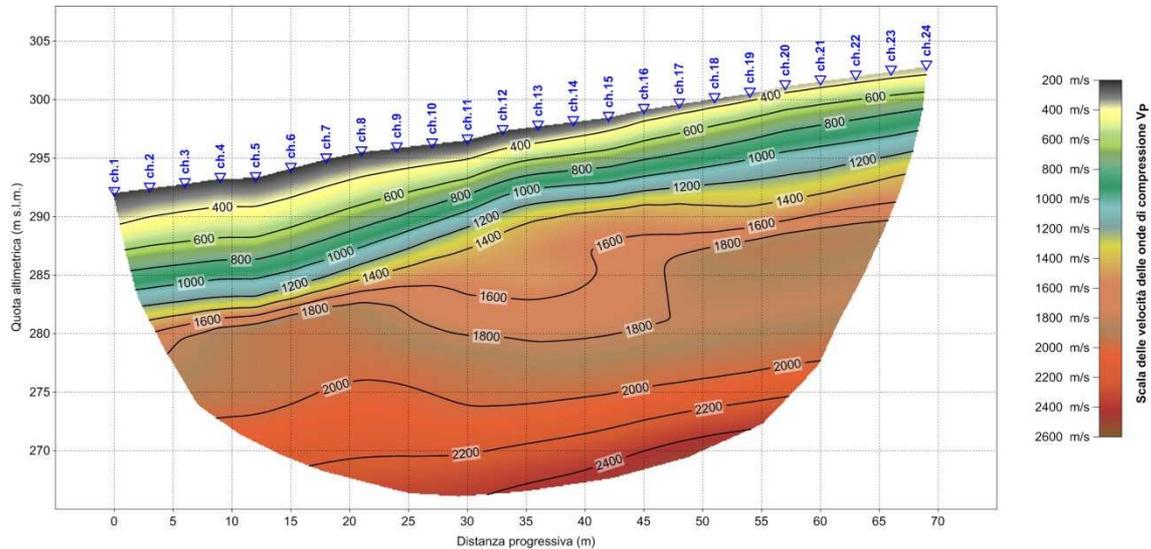
I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi SI62 e il S04_Pz proiettato quest'ultimo sul tracciato.

L'opera insiste sulle Marne Arenacee (RTUa) e sulle lenti incluse delle Siltiti (RTUb), in alternanze cadenzate e di spessori variabili fino a circa 15 metri di profondità per poi passare alla formazione (RTU) costituita principalmente da Marne.



Sezione del tratto 2+010.00 – 2+240.00

Medesime indicazioni derivano dalla vicina prova sismica che nelle indagini delle Vp dimostra di avere locali aree di alterazione e addensamento a conferma di una stratigrafia che presenta lenti di diverse litologia e consistenza.



Intercalata ai depositi siltitici si rileva la presenza di una lente di sabbie limose mediamente addensate, dello spessore di circa 4 m, presenti in profondità dalla profondità di 8,0-15,50 m dal p.c..

Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante i livelli ghiaiosi e sabbiosi delle alluvioni oloceniche con livello statico a quota del livello di campagna e i circa 15 m di falde confinate in pressione.

L'area è comunque interessata dalla classe di pericolosità geomorfologica HG2 la quale viene lambita in maniera marginale dal viadotto. Tale delimitazione interferisce con la carreggiata sud così come confermato nelle cartografie PAI.

Non si rilevano nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali. Potranno essere adottate per la realizzazione dell'opera fondazioni profonde del tipo pali trivellati.

Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi.

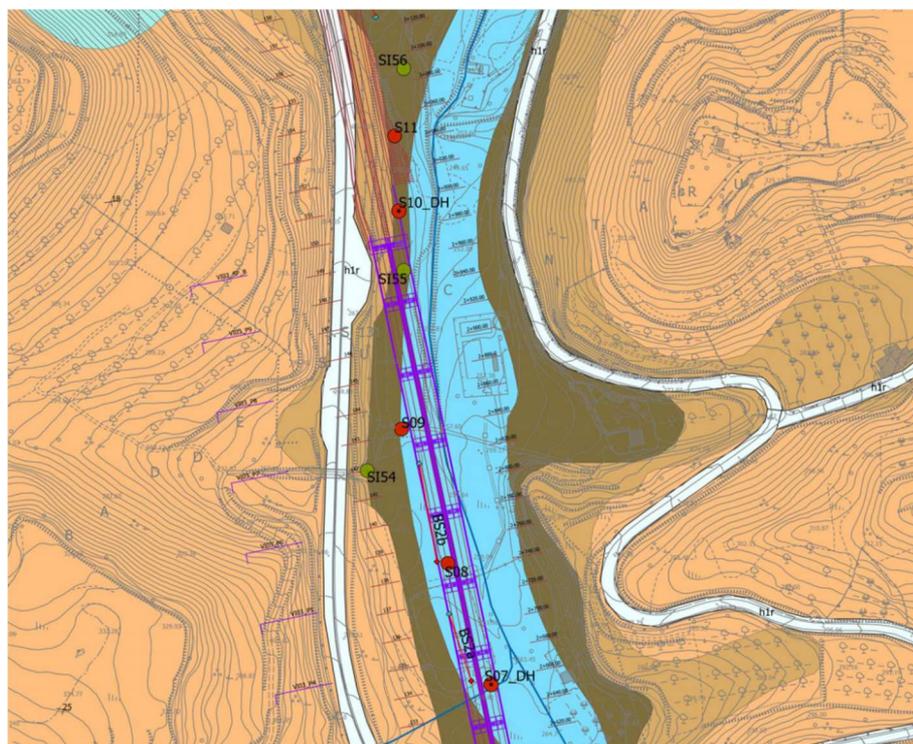
Tratto compreso tra la progr. 2+490.00 e la progr 2+970.00

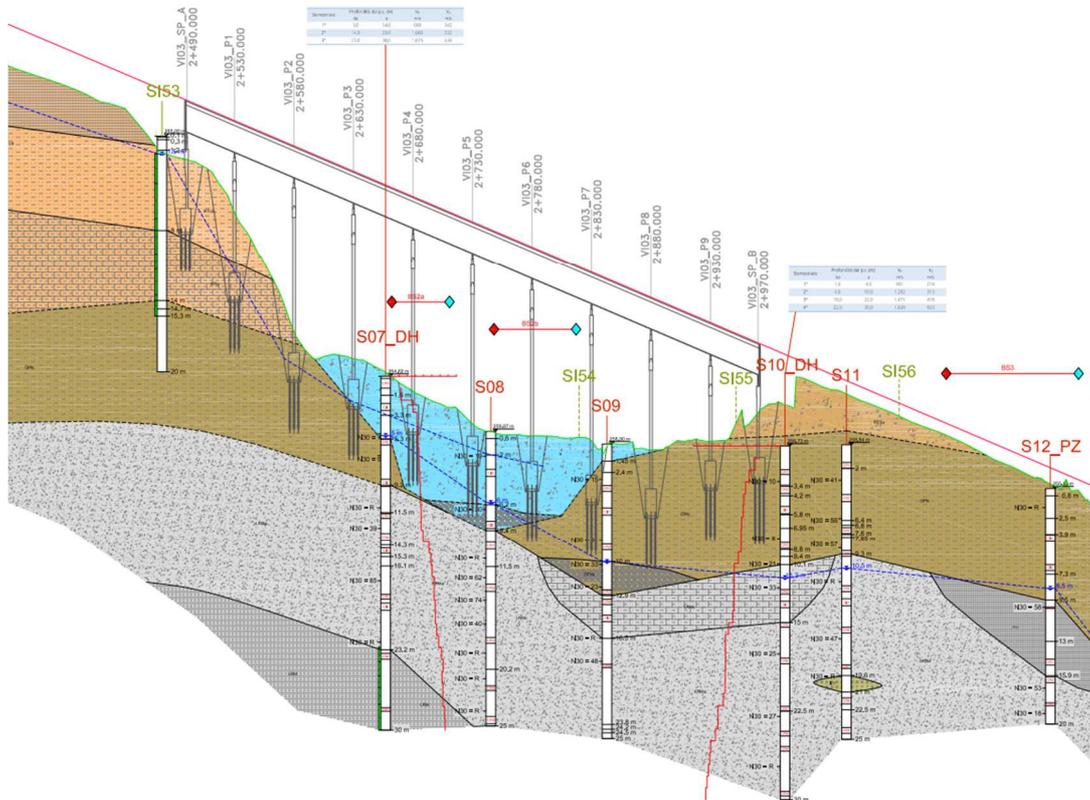
In tale tratto il tracciato corre in rilevato, con altezze massime di circa 12 dal p.c.

I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi in proiezione sulla traccia del profilo SI5, e indagini effettuate nell'anno 2019 sul tracciato definitivo con sigla S07_DH, S08, S09, S10_DH, S11, Zona Badde Su Cantaru. Inoltre vi sono n.1 stese sismiche con indagine tomografica in onde P e in onde S, Le stese in progressione sono indicate con sigla BS2b e BS3.

Il viadotto insiste sulle litologie indicate come rocce sedimentarie terrigene C1, a bordo di una scarpata di erosione fluviale attraversando n. 4 formazioni geologiche che in stratificazione piano parallela, la vergenza

degli strati infatti, risulta essere di basso grado di inclinazione a circa 20° Sud. Le formazioni attraversate sono RTU, RESa, poi OPN ed in fine b con i depositi alluvionali.





La profondità delle alluvioni arriva a circa 10 m dal p.c., ad Argille e sabbie siltose, Sabbie siltoso argillose e Sabbie siltose con passaggi laterali e sabbiose con ciottoli sparsi (bc, S07_DH– S8-S09-S10_Dh).

Lo spessore di tali alluvioni diminuisce man mano che ci si sposta verso ovest, con spessore che variano da un massimo di circa 10,00 m ad un minimo di circa 1,00 m dal p.c, disegnando l'alveo del Torrente *Predda Niedda*. Le alluvioni poggiano, alla profondità di circa 10 m dal p.c. sulle Sabbie quarzoso-feldspatiche della Formazione di Oppia Nuova (OPN).

Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante i livelli ghiaiosi e sabbiosi sia delle alluvioni oloceniche che della Fm. Samassi, con livello statico alla profondità di circa 6 m dal p.c.

Tenuto conto della presenza di coltre di riporto, con spessore variabile tra 1,10 m e 1,30 m, andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre di terreno agrario e di riporto con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna ed asportazione di ulteriori 1,20 m cm quale bonifica dalla sezione 144 alla 150 e di m 1 dalla sez.132 alla 144.

Non si rilevano nel tratto in studio dissesti geomorfologici in atto e potenziali, così come indicati dalla carta Morfologica.

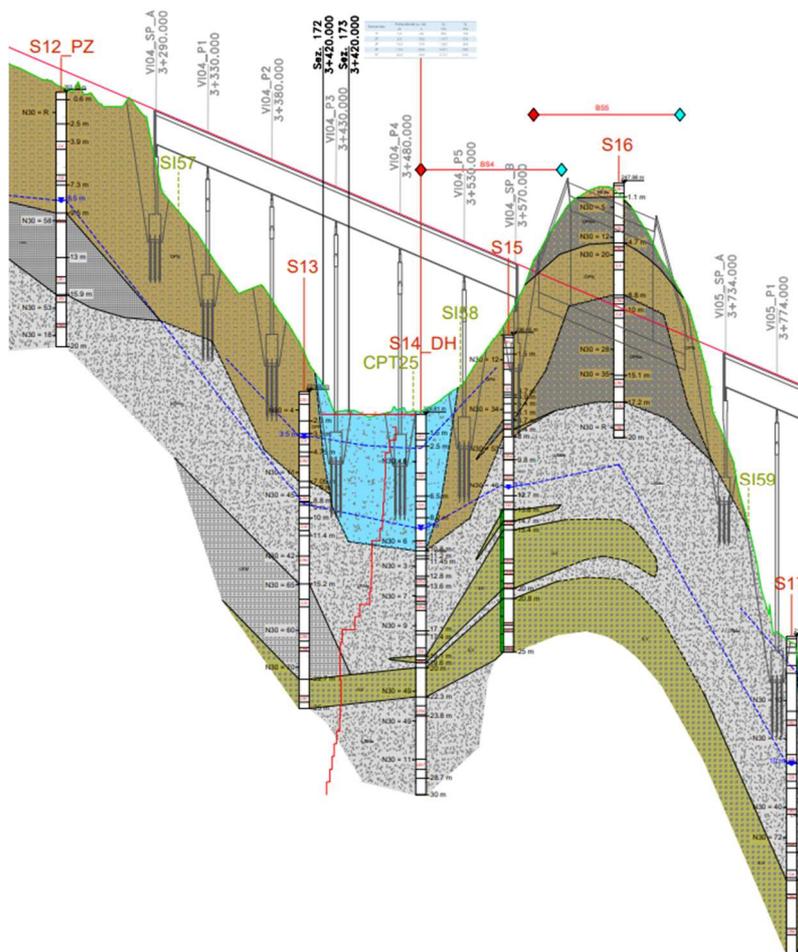
Non si rilevano nel tratto in studio dissesti né in atto né potenziali e neanche pericoli di esondazione, come confermato dalla consultazione della cartografia del PAI. La presenza di aree di dissesto è comunque visibile a monte della attuale SS131 e non ci sono evidenze di interazione della stessa area con il tracciato in progetto.

Tratto compreso tra la progr. 3+700.00 e la progr. 3+570.00

In tale tratta il tracciato corre su un viadotto identificato con la sigla VI04 di lunghezza pari a 305,00 m, con un'altezza massima di circa 15 m dal p.c. I terreni di fondazione sono stati indagati con i sondaggi S13, S14_DH (2019).

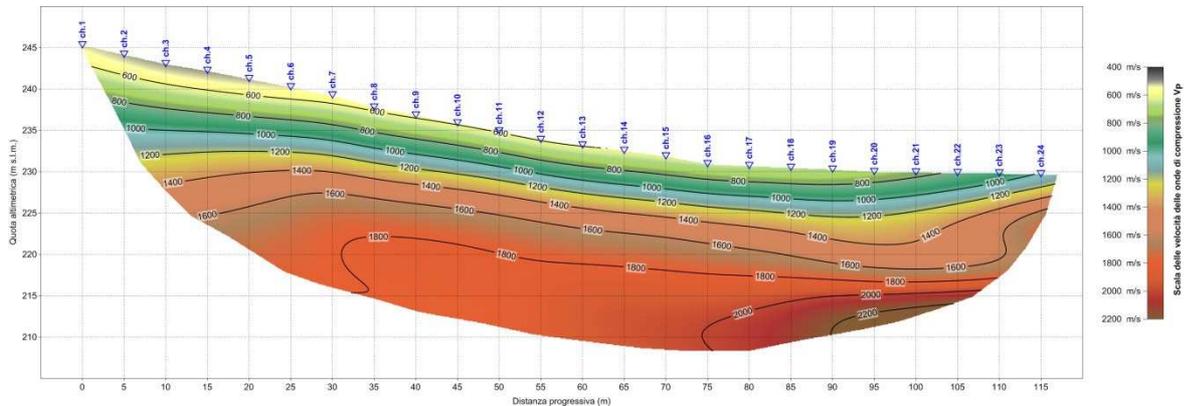
Le fondazioni delle spalle del viadotto insistono sui membri ghiaioso e argilloso-marnoso della Fm. Samassi, ricoperte in superficie da un sottile spessore di circa 2 m di depositi alluvionali ghiaiosi olocenici (ba).

Lungo il tracciato nell'area del viadotto è stato eseguito un profilo sismico a rifrazione con elaborazione tomografica denominato con la sigla BS4 e BS5.



L'area di ubicazione del viadotto VI04 è fondata su strutture palificate che immergono all'interno della formazione OPNa e OPN b Per poi poggiare in alcuni casi sulla formazione stratificamente sottostrante LRMa, LMRb e LMRc.

In tutti i casi la fondazione di progetto attraverserà le formazioni geologiche superficiali e le coltri di alterazione terrigena, così come le alluvioni costituenti l'alveo del Torrente Predda Niedda.



In profondità, sono ancora presenti i depositi sedimentari citati in precedenza caratterizzati, tuttavia, da un grado di addensamento più elevato oppure a maggiore consistenza. La velocità delle onde di taglio è compresa tra 350 e 420 m/s, mentre la formazione litoide in questa stesa presenta delle velocità delle onde P è compresa tra 1300 e 2250 m/s.

Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la coltre alluvionale e l'intervallo superiore ghiaioso, con livello statico a circa -3,5 m dal p.c.

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

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

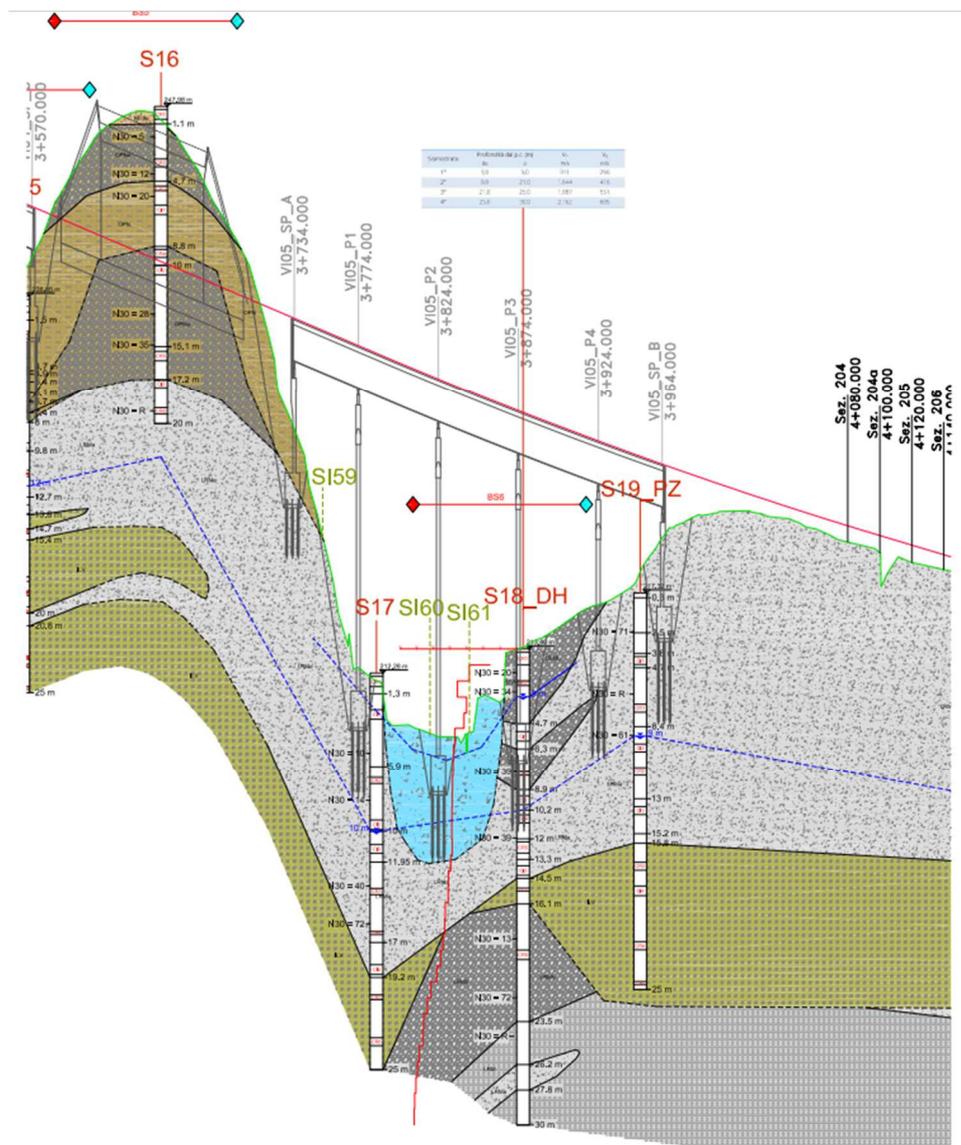
Ai fini della realizzazione dei pali andrà tenuto conto che lo scavo degli stessi verrà realizzato in terreni in falda e che potranno essere intercalati alle formazioni ghiaiose livelli a blocchi.

Tratto compreso tra la progr. 3+734.00 e la progr. 3+964.00

In tale tratta il tracciato corre in viadotto VI05, con altezze che arrivano fino a circa 20,00 appoggiandosi sulle sponde nella formazione LRM "Formazione Del Rio Minore".

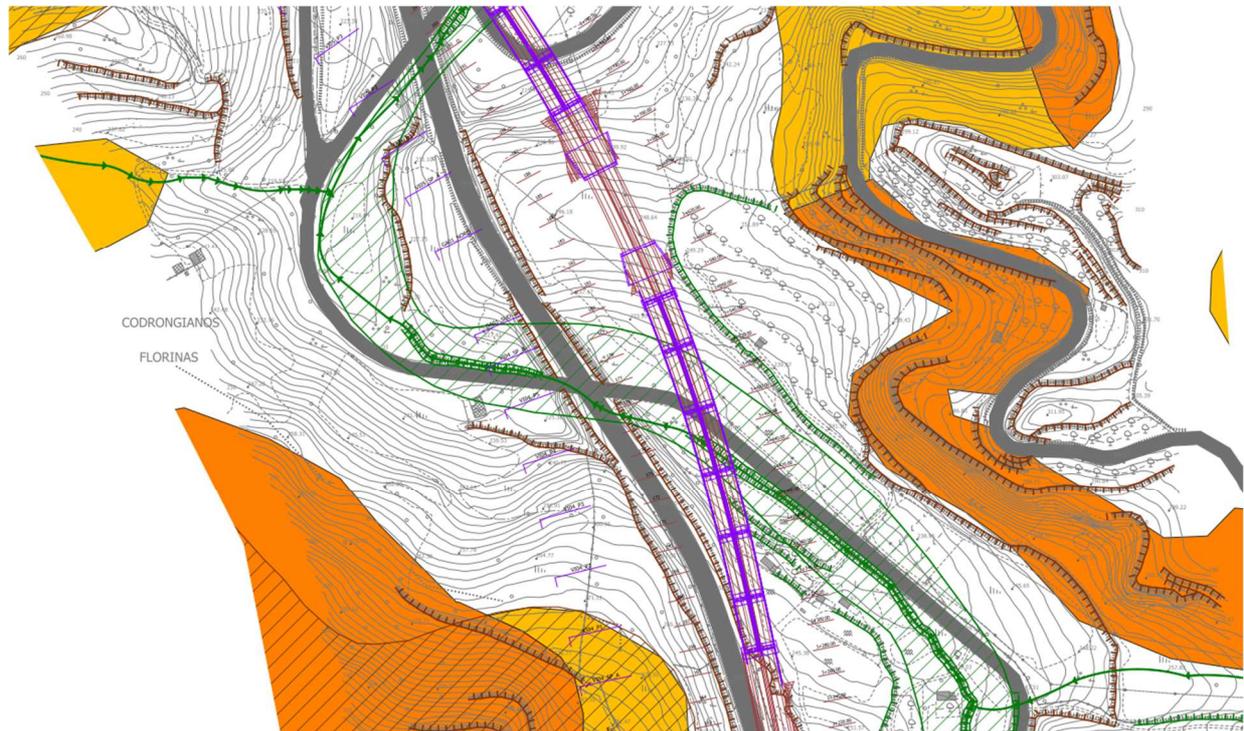
Il viadotto permette l'attraversamento di un salto morfologico e fonderà su pali all'interno della Formazione Geologica LRM.

Dalle indicazioni provenienti alle stese sismiche con particolare riferimento alla BS06 si ottengono indicazioni di passaggi a livelli litologici progressivamente più densi e si evidenzia una sostanziale omogeneità delle litologie oggetto di studi.



Il primo sismostrato corrispondente ai depositi alluvionali si attesta ad una quota media di circa -2,50 m s.l.m. ed è costituito da un'alternanza di depositi sedimentari, lentiformi, con grado di cementazione diverso, a granulometria da ghiaiosa ad argilloso limosa.

La velocità delle onde di taglio è compresa tra 200 e 500 m/s, mentre la velocità delle onde P è compresa tra 400 e 2200 m/s. Solo saltuariamente sono visibili sulla indagine geofisica di Tomografia sismica delle variazioni locali a profondità di circa 15 m che possono voler indicare delle aree omogenee di alterazione o delle lenti con caratteristiche litologiche differenti dal contesto dove sono inserite.



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

Tenuto conto della presenza di terreno vegetale e colture di riporto, con spessore variabile tra 50 cm e 70 cm, andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltura di terreno agrario e di riporto con scottico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna ed asportazione di ulteriori 0,50 m cm quale bonifica dalla sezione 177 alla 187 e di m 0,30 m dalla sez. 190 alla 0,30.

Tratto compresa tra la progr. 4+000.00 e la progr 5+700.00

Il tracciato cammina a raso sino alla progr. 5+700.00 impostandosi al di (LRMb) del membro conglomeratico e (LRMc) calcari silicizzati di ambiente lacustre. L'intera area corre su un tracciato che si affianca in leggero rilevato sul piano di campagna attuale.

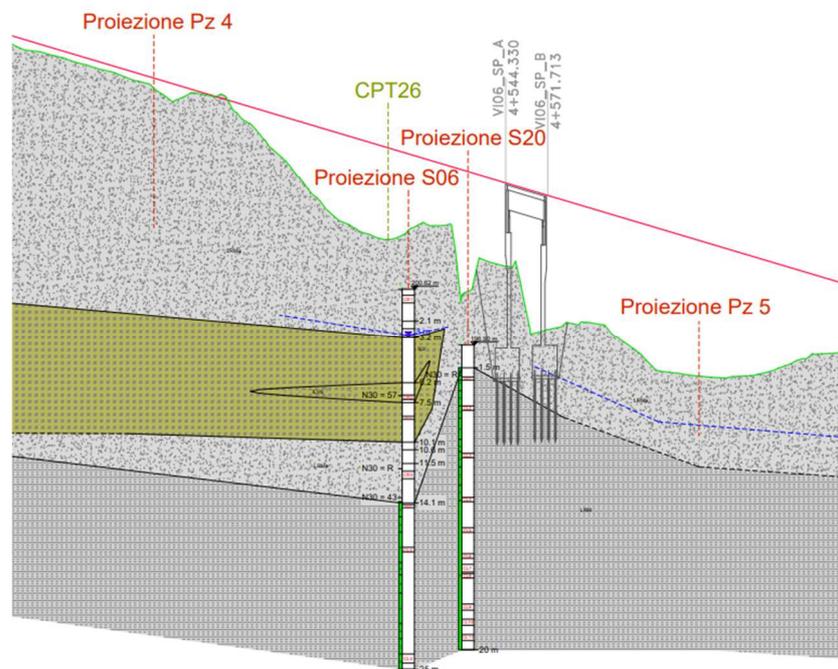
Solo in alcuni tratti il tracciato taglia alcuni lembi del profilo e in una porzione invece costituisce soprelevazione da viadotto VI06, l'intervento Ben si raccorda con la morfologia dei luoghi e il profilo geologico evidenzia una generale situazione stratigrafica piano parallela al profilo longitudinale.

La formazione presente su questo tratto è da considerarsi una alternanza di mitologie con passaggi sub-orizzontali.

Si rileva falda acquifera in sottosuolo permeante la Formazione del Rio Minore LRM, con livello statico a circa - 3 m di profondità dal p.c.

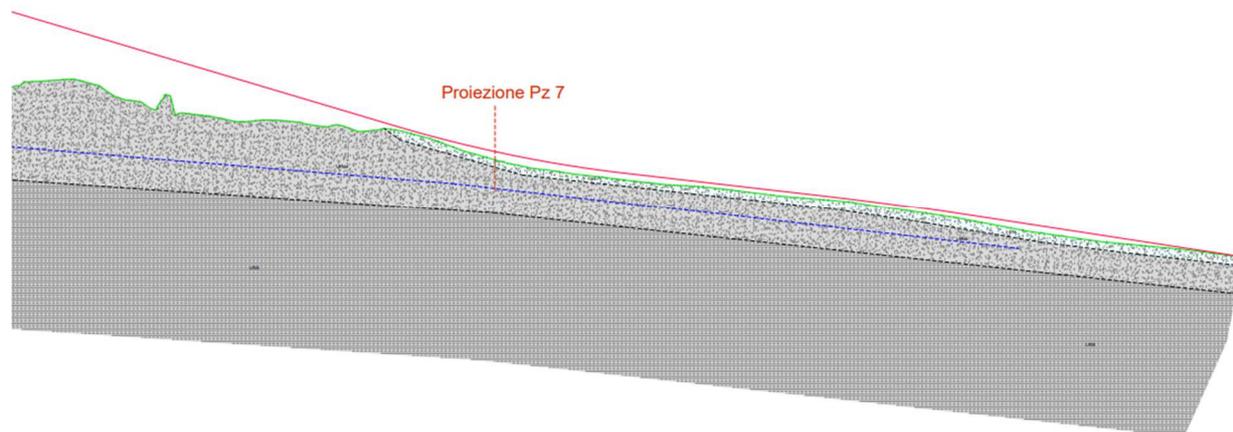
Tenuto conto della presenza di terreno vegetale e coltre di riporto, con spessore variabile tra 50 cm e 1,5 m, andrà prevista una bonifica dello strato più superficiale della coltre di terreno agrario e di riporto con scotico dei primi 20 cm di terreno a partire dal piano di campagna ed asportazione di ulteriori 1,30 m quale bonifica dalla sezione 1 alla.

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



CA349

Relazione Geologica



Tenuto conto della presenza di terreno vegetale e coltre di riporto, con spessori variabili tra i 0,30 e 0,50 m dal p.c., soprattutto in riferimento al tratto finale del tracciato in progetto, andrà prevista una bonifica dei terreni superficiali dello spessore di circa 0,40 m.