





COMUNE DI VILLASPECIOSA

PROVINCIA DEL SUD SARDEGNA

Lavori di: “REALIZZAZIONE DI UNA CASSA DI ESPANSIONE
SUL RIO SPINOSU MATTA MANNU IN LOCALITA'
SAN PLATANO A DIFESA
DELL'ABITATO DI VILLASPECIOSA”

PROGETTO DEFINITIVO

DATA: dicembre 2021	SCALA: -	REV.: 0	ALLEGATO:
ELABORATO: RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA			3
PROGETTAZIONE: Dott. Ing. Alessia Vargiu  Dott. Geol. Simone Manconi 			COLLABORATORI: Dott. Ing. Michela Cardia Geom. Luisa Antonetti
RESPONSABILE AREA TECNICA: P.I. Giuseppe Arca		IL SINDACO: Sig. Gianluca Melis	

INDICE

1.	Premessa.....	3
2.	L'indagine.....	3
3.	Ubicazione dell'area in esame	4
4.	Analisi del quadro di riferimento progettuale e descrizione delle opere	8
5.	Inquadramento Geologico.....	10
6.	Inquadramento Geomorfologico.....	15
7.	Schema della circolazione idrica superficiale.....	24
8.	Schema della circolazione idrica sotterranea.....	27
9.	Modello geotecnico del sottosuolo	28

1. Premessa

La presente relazione esamina le questioni di carattere geologico e geotecnico connesse con il progetto dei lavori di realizzazione di una cassa di espansione sul Rio Spinosu Matta Mannu in località San Platano, a difesa dell'abitato di Villaspeciosa.

Complessivamente, le opere progettuali previste in progetto riguardano:

- Realizzazione di un rilevato arginale a protezione dell'abitato di Villaspeciosa;
- Realizzazione di un colatore da realizzarsi al piede del rilevato arginale per lo scolo delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale provenienti dall'abitato. extraurbana locale a traffico limitato avente la funzione di accesso;

Le scelte tecnico - progettuali dovranno tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali al contorno, soprattutto in riferimento ai caratteri di pericolosità idrogeologica.

La funzione di quest'opera di ritenuta sarà quella di mettere in sicurezza l'abitato di Villaspeciosa rispetto alle condizioni di pericolosità esistente del Rio Flumini Mannu e del Rio Matta Spinosu.

In particolare, nell'ambito della redazione del progetto definitivo si avrà modo di illustrare le caratteristiche dell'area sotto il profilo geologico, geomorfologico e idrogeologico, evidenziando le caratteristiche lito-stratigrafiche dell'area su cui verrà predisposta una campagna di indagini in sito ed in laboratorio per la definizione delle proprietà geotecniche del suolo e del sottosuolo.

Per la redazione della presente relazione occorre riferirsi alle NTC 2018 e s.m.i., in particolare al capitolo 6 "Progettazione Geotecnica" trattandosi di opere e manufatti di materiali sciolti naturali o di provenienza diversa.

Inoltre, nelle fasi progettuali successive, sulla base dei risultati delle indagini in sito ed in laboratorio si avrà modo di eseguire la verifica di sicurezza dell'opera anche in riferimento a quanto stabilito dal D.M. 26.06.2014 (Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta).

A tal fine, il Comune di Villaspeciosa ha conferito un incarico specialistico allo scrivente Geologo Dott. Simone Manconi, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Sardegna al n. 513 per la redazione dello studio geologico e geotecnico delle opere previste in progetto.

2. L'indagine

L'indagine ha avuto l'obiettivo di analizzare le condizioni geologiche e geomorfologiche dell'area su cui è prevista la realizzazione dell'opera e valutare l'insieme di fattori e condizioni che possono influire sulla modellazione geotecnica dell'opera con il terreno di sedime.

Verranno pertanto definite le caratteristiche litostratigrafiche del sito, avendo cura di argomentare al meglio le caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche dell'area, anche in riferimento alle condizioni di potenziale instabilità dovute a criticità di tipo idro-geologiche.

In riferimento a quanto previsto dall'art. 24 e 26 del D.P.R. 207/2010 – comma 1 lettera A -D, la relazione geologica comprende, sulla base di specifiche analisi geologiche, l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica;

La relazione geotecnica definisce, sulla base del modello geologico ed alla luce di specifiche indagini, scelte in funzione del tipo di opera e delle modalità costruttive, il modello geotecnico del volume del terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che a sua volta influenzerà il comportamento del manufatto stesso.

Illustra inoltre i procedimenti impiegati per le verifiche geotecniche, per tutti gli stati limite previsti dalla normativa tecnica vigente, che si riferiscono al rapporto del manufatto con il terreno, e i relativi della risposta sismica locale. La relazione geotecnica deve inoltre comprendere l'illustrazione delle indagini effettuate, e a tal fine, dei procedimenti adottati e dei risultati ottenuti.

A tal fine, sulla base di tali indicazioni, il lavoro si è sviluppato secondo i seguenti punti:

- Ubicazione dell'area in esame
- Analisi del quadro di riferimento progettuale
- Inquadramento Geologico
- Inquadramento Geomorfologico
- Inquadramento Geopedologico
- Inquadramento Idrogeologico superficiale e sotterraneo
- Modello geologico del sottosuolo
- Piano delle indagini geognostiche

3. Ubicazione dell'area in esame

Il sito oggetto di intervento è ubicato nella urbana del Comune di Villaspeciosa, più precisamente in corrispondenza del Parco di San Platano.

Nell'eseguire i lavori relativi all'ubicazione, alla caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica, si è fatto riferimento alla seguente cartografia:

- Foglio n. 556 "Assemini", dell'I.G.M.I. (scala 1:50.000);
- Foglio n. 556, sez. II "Assemini", dell'I.G.M.I. (scala 1:25.000);
- Foglio n. 556, sez. 080 "Decimomannu" - CTR (scala 1:10.000);
- Cartografia Catastale Comune di Decimomannu (Scala 1:2000);
- DTM 1 m RAS;
- DTM 10 m RAS;

- Ortofoto Digitale Georeferenziate;
- P.U.C. Comune di Villaspeciosa
- Piano di Assetto Idrogeologico – Regione Sardegna (Approvato con Decreto Presidente Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006 e s.m.i.);
- Piano Stralcio delle fasce Fluviali - Regione Sardegna (Approvato con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 2 del 17.12.2015);
- Piano di gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) - Regione Sardegna - Approvato con Deliberazione Comitato Istituzionale n. 2 del 15.03.2016 e s.m.i. e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/10/2016, pubblicato sulla Gazzetta ufficiale serie n. 30 del 06/02/2017 e s.m.i.
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (P.G.R.A.) – Regione Sardegna – Scenari di intervento strategico e coordinato – Rio Flumini Mannu – Deliberazione Comitato Istituzionale n° 1 del 15.03.2019 pubblicata sul B.U.R.A.S. n°13 del 21.03.2019;
- Piano di Gestione del rischio alluvioni (P.G.R.A.) – Regione Sardegna – Scenari di intervento strategico e coordinato – Rio Mannu – Deliberazione Comitato Istituzionale n° 1 del 11.12.2018 pubblicata sul B.U.R.A.S. n°1 del 03.01.2019
- Studio Art.8 c.2 Comune di Villaspeciosa, approvato con D.C.I. n°6 del 27/10/2015;

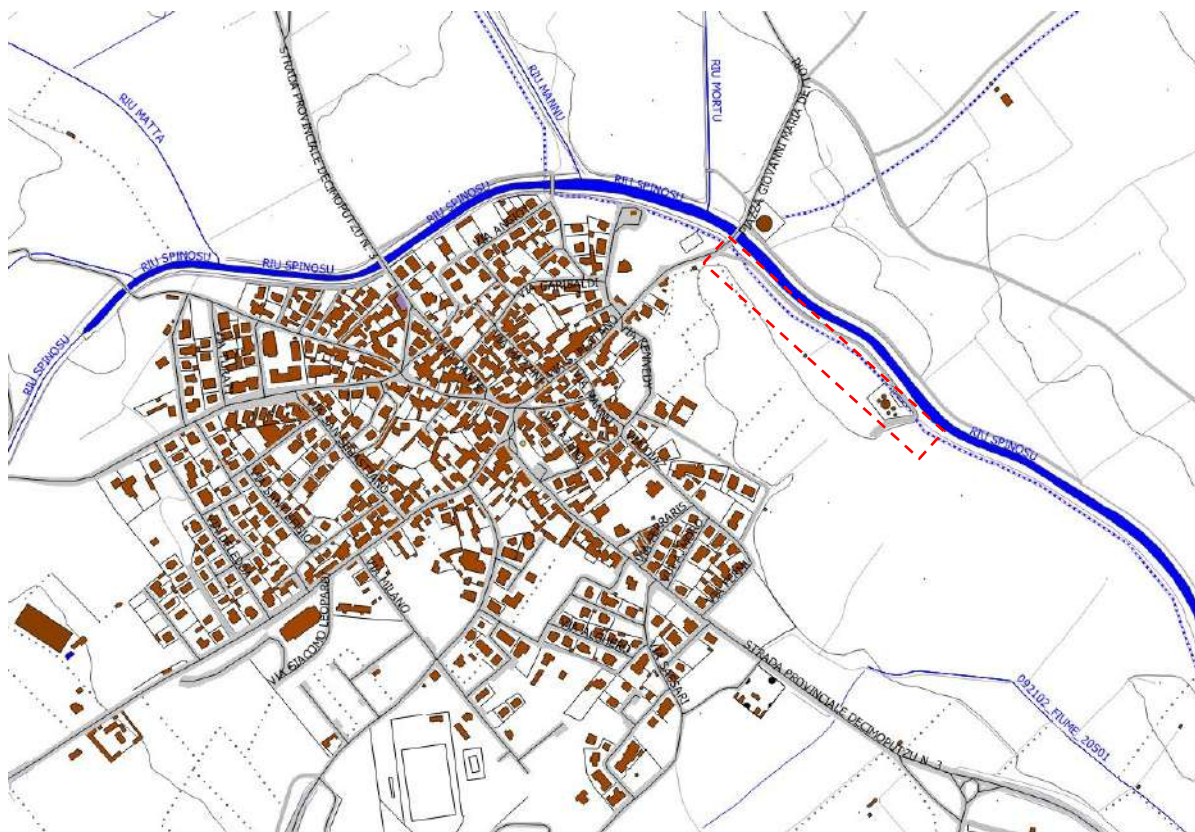


Fig. 1: Inquadramento DBMP dell'area d'intervento



Fig. 2: Inquadramento IGM 25000 dell'area d'intervento



Fig. 3: Inquadramento aerofotogrammetrico dell'area d'intervento



Fig. 4: Ripresa volo drone APR dell'area d'intervento



Fig. 5: Ripresa volo drone APR dell'area d'intervento

4. Analisi del quadro di riferimento progettuale e descrizione delle opere

La soluzione progettuale consiste nella costruzione di un rilevato arginale per la mitigazione del rischio idraulico molto elevato/elevato, che attualmente, grava sul centro abitato del Comune di Villaspeciosa e riconducibile all'esondazione del Fiume Rio Flumini Mannu.

L'intervento, dello sviluppo di circa 340 metri lineari, verrà realizzato nell'area di San Platano, in destra idraulica sul Rio matta Spinosu, nel tratto compreso tra il ponte di Via del Parco e l'impianto di depurazione comunale.

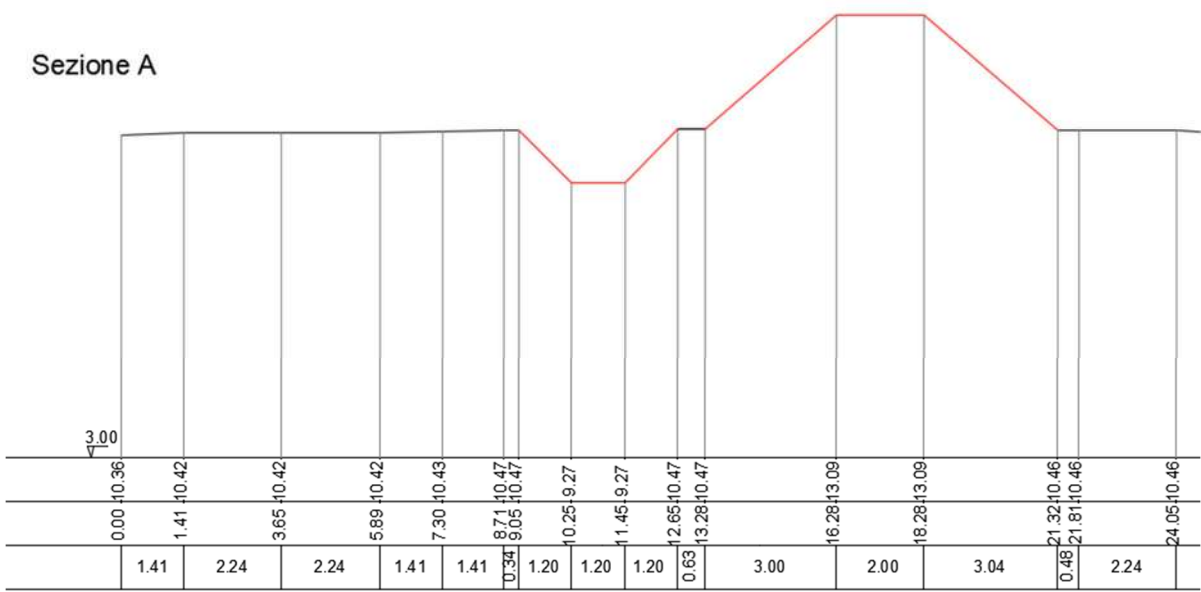
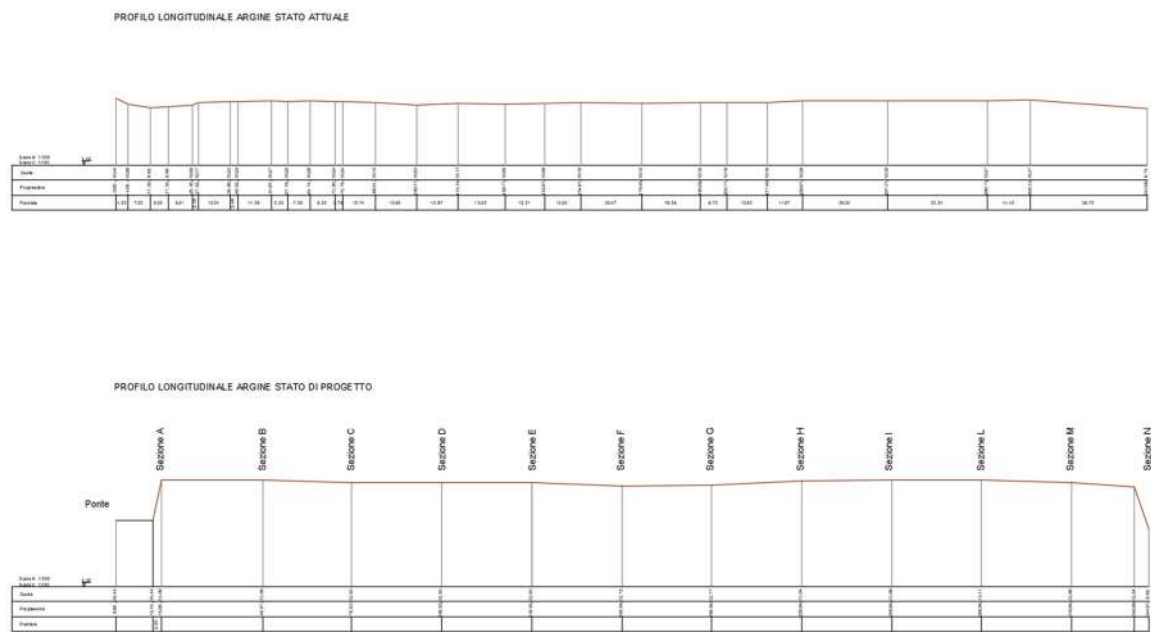
Il nuovo rilevato verrà realizzato in terra con nucleo in argilla. Il manufatto sarà realizzato con sponde circa 1:1, larghezza in testa di 2 metri e base di circa 8 metri. L'altezza media è di circa 2.60 m con massimo di circa 2.80 m.

L'intervento di realizzazione dell'argine si completa con un'opera di regolazione della rete idrografica secondaria (acque zenitali e di deflusso superficiali provenienti dall'abitato) mediante la costruzione di un colatore in CLS a sezione trapezia, da sistemarsi al piede del rilevato arginale con immissione in dx idraulica a valle del rilevato arginale.

Le opere previste permetteranno la riduzione delle condizioni di pericolosità idraulica per tempi di ritorno cinquantennali e centennali, con i previsti franchi di sicurezza idraulica.



Fig. 6: Planimetria di progetto dell'area con individuazione degli interventi



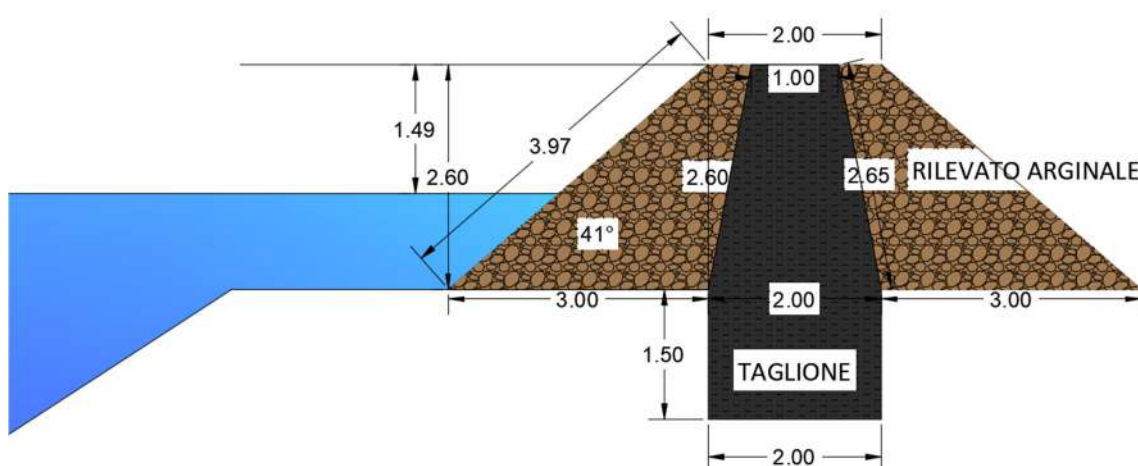


Fig. 9: Particolare costruttivo del rilevato arginale

5. Inquadramento Geologico

L'attuale conformazione geologica e geomorfologica del settore d'indagine si allaccia in maniera evidente con l'evoluzione idrogeologica dei corsi d'acqua della zona, rappresentati dal Rio Flumini Mannu e dal Rio Matta Spinosu, localizzati a Nord rispetto all'area nella quale è prevista la realizzazione dell'intervento.

Come del resto tutto il territorio comunale, anche l'area d'intervento si imposta sui terreni della piana alluvionale del Flumini Mannu, avente andamento NW-SE, parallela al Graben del Campidano.

Il deflusso superficiale dei corsi d'acqua sopraccitati termina nello Stagno di Santa Gilla, la cui origine è correlabile con le fasi glaciali ed interglaciali che hanno caratterizzato tutte le aree costiere durante il Quaternario. Nel complesso, l'intero settore può essere inquadrato come una zona depressa su cui si sono accumulati i terreni di riempimento quaternari in facies continentale di tipo alluvionale.

Per la caratterizzazione dell'assetto litostratigrafico locale sono stati utilizzati altri dati acquisiti dallo scrivente in aree contermini a quella d'intervento, laddove sono state eseguite delle indagini geognostiche che hanno permesso di investigare il sottosuolo fino ad una profondità max di $\cong 10.00$ m dal p.d.c.

In particolare, nei sondaggi eseguiti in aree contermini sulle stesse successioni litologiche, è stata rilevata una sequenza stratigrafica di litotipi silico-clastici di facies alluvionale. La sequenza stratigrafica rilevata può essere così rappresentata:

- Depositi pedogenizzati prevalentemente limo-argillosi, talora frammisti a ciottoli (0.00 m –

1.20 m) (Quaternario Olocene);

- Depositi continentali di facies alluvionale, costituiti da alternanze di sabbie limose con interclusi ciottoli centimetrici, poligenici ed eterometrici, in matrice argillosa di colore rossastro con grado di cementazione da medio a molto elevato con livelli sabbiosi e lenti argillose di spessore metrico (1.20 m – 30.00 m) (Quaternario Olocene);

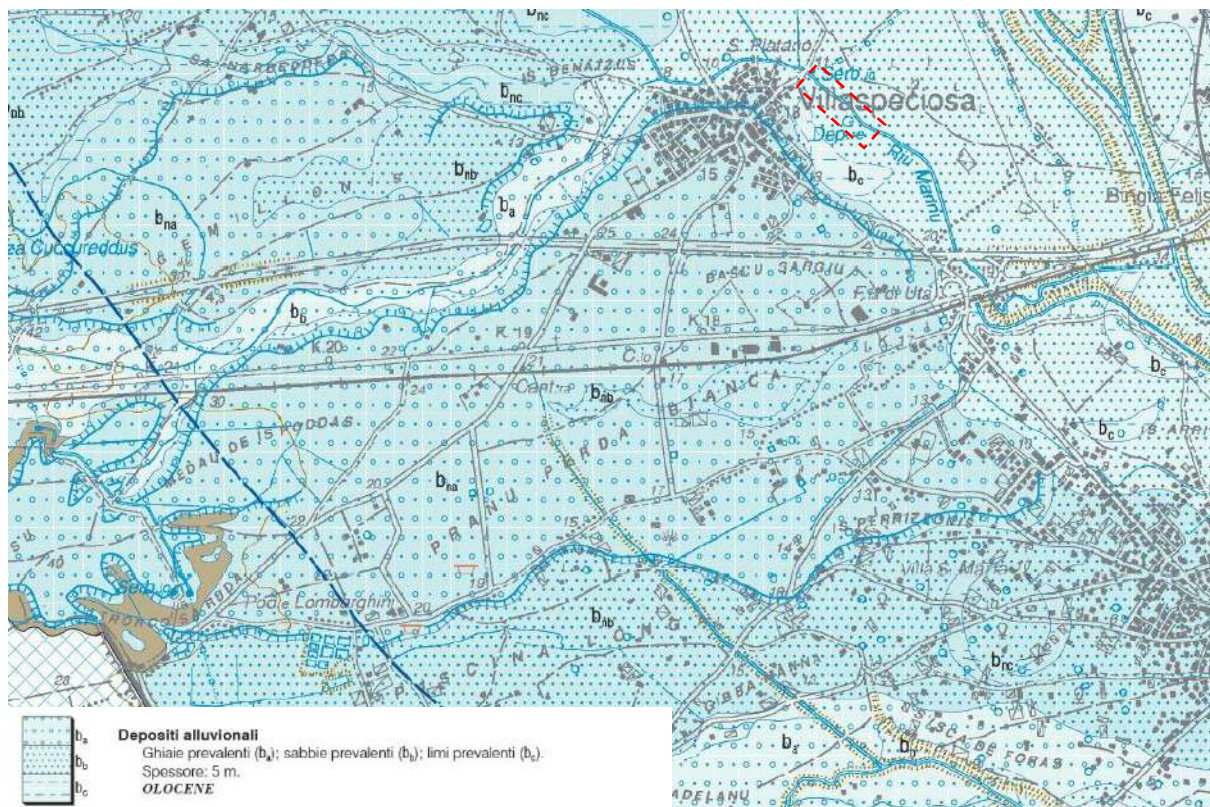


Fig. 10: Inquadramento geologico dell'area d'intervento – Fonte ISPRA Progetto CARG

Come si evince dalla Fig. 15, l'assetto i depositi alluvionali della zona sono caratterizzati da sequenze deposizionali di sabbie e ghiaie con limitate aree a limi argillosi prevalenti.

L'insieme delle litologie presenti mostrano nel complesso specifiche litologiche simili e in ogni caso interconnesse con gli aspetti idrogeologici dell'area.

Il settore oggetto di intervento come del resto tutta l'area urbana comunale, risultano modellati dai corsi d'acqua della zona, i cui apporti solidi rappresentano di fatto la coltre sedimentaria principale rilevata in tutto l'abitato di Villaspeciosa.

Da un punto di vista delle originarie condizioni orografiche si rileva che il Rio matta Spinosu è stato oggetto di un intervento di bonifica e regimazione piuttosto importante, avvenuto negli anni 50, con il quale si è provveduto ad una rettifica della direzione originaria del corso d'acqua che risultava in origine più vicino al centro abitato.

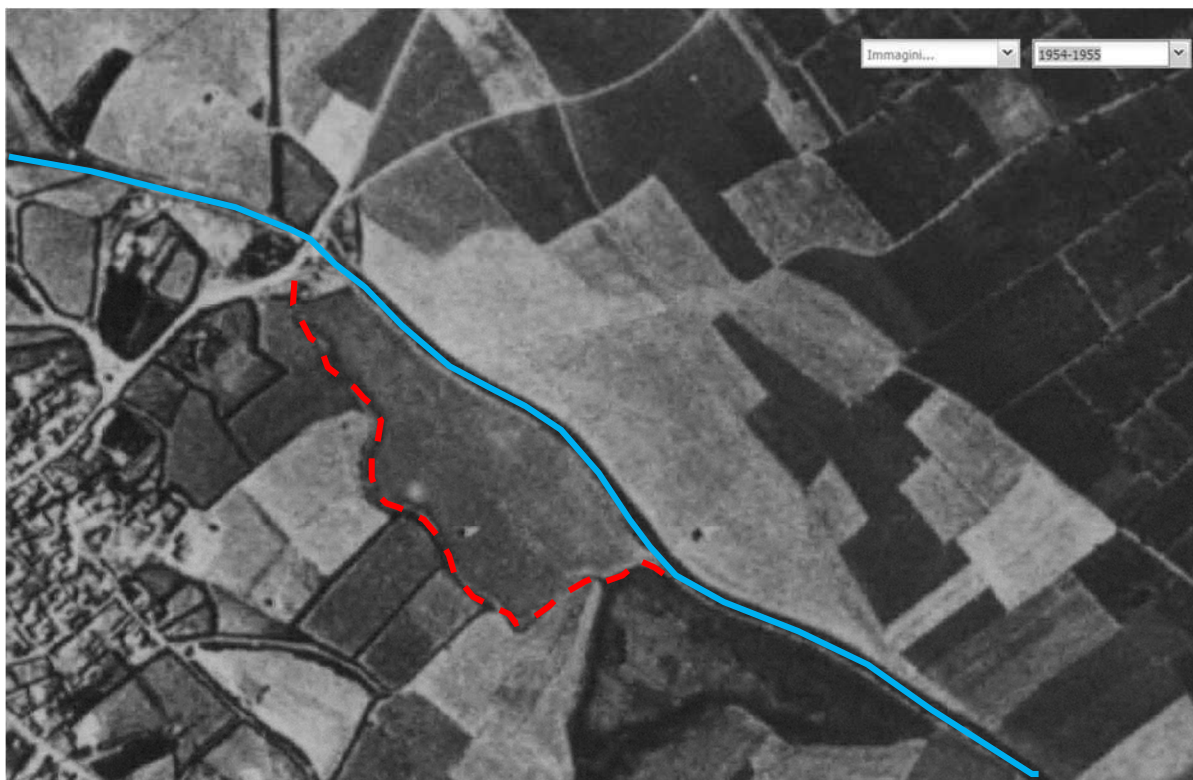


Fig. 11: Ripresa aerofotogrammetrica Rio Matta Spinosu – 1954-1955 (si noti la realizzazione del nuovo tracciato in celeste rispetto a quello relitto in rosso tratteggiato)

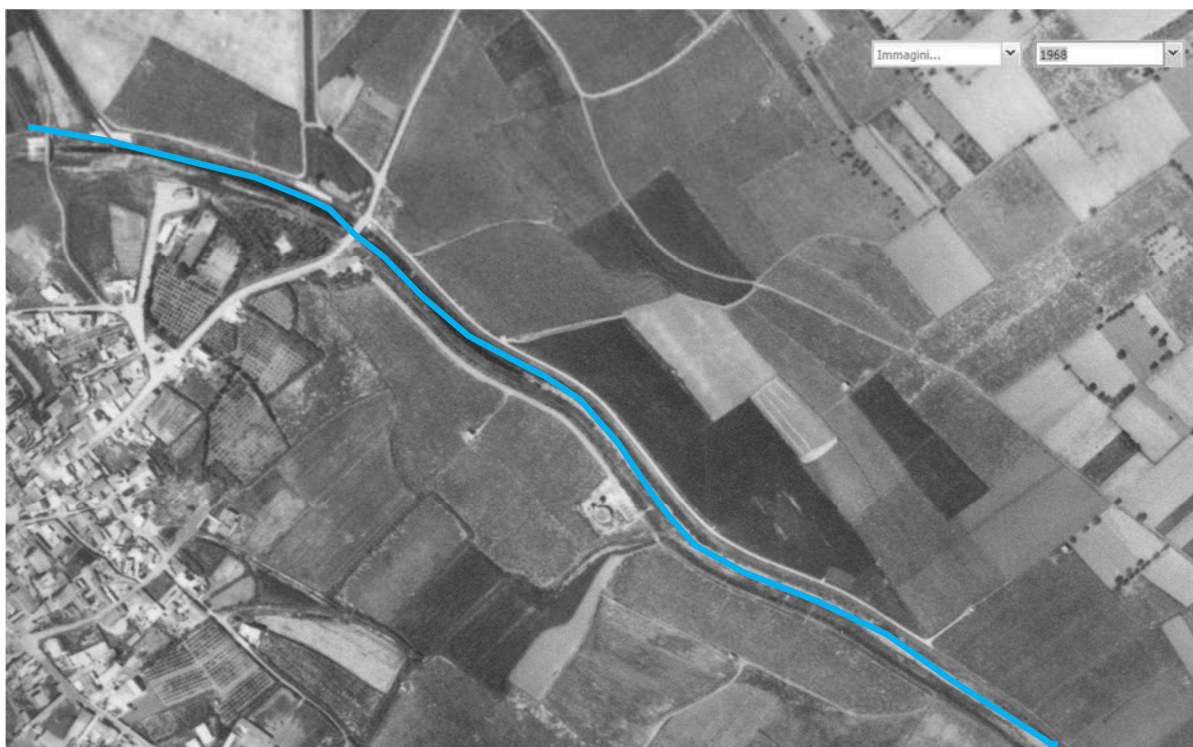


Fig. 12: Ripresa aerofotogrammetrica Rio Matta Spinosu – 1968 (si noti la realizzazione del nuovo tracciato)



Fig. 13: Testimoni prelevati in corrispondenza delle aree sistemate a ridosso del Rio Flumini Mannu – Profondità 0.00 m – 5.00 m



Fig. 14: Testimoni prelevati in corrispondenza delle aree sistemate a ridosso del Rio Flumini Mannu – Profondità 5.00 m – 10.00 m

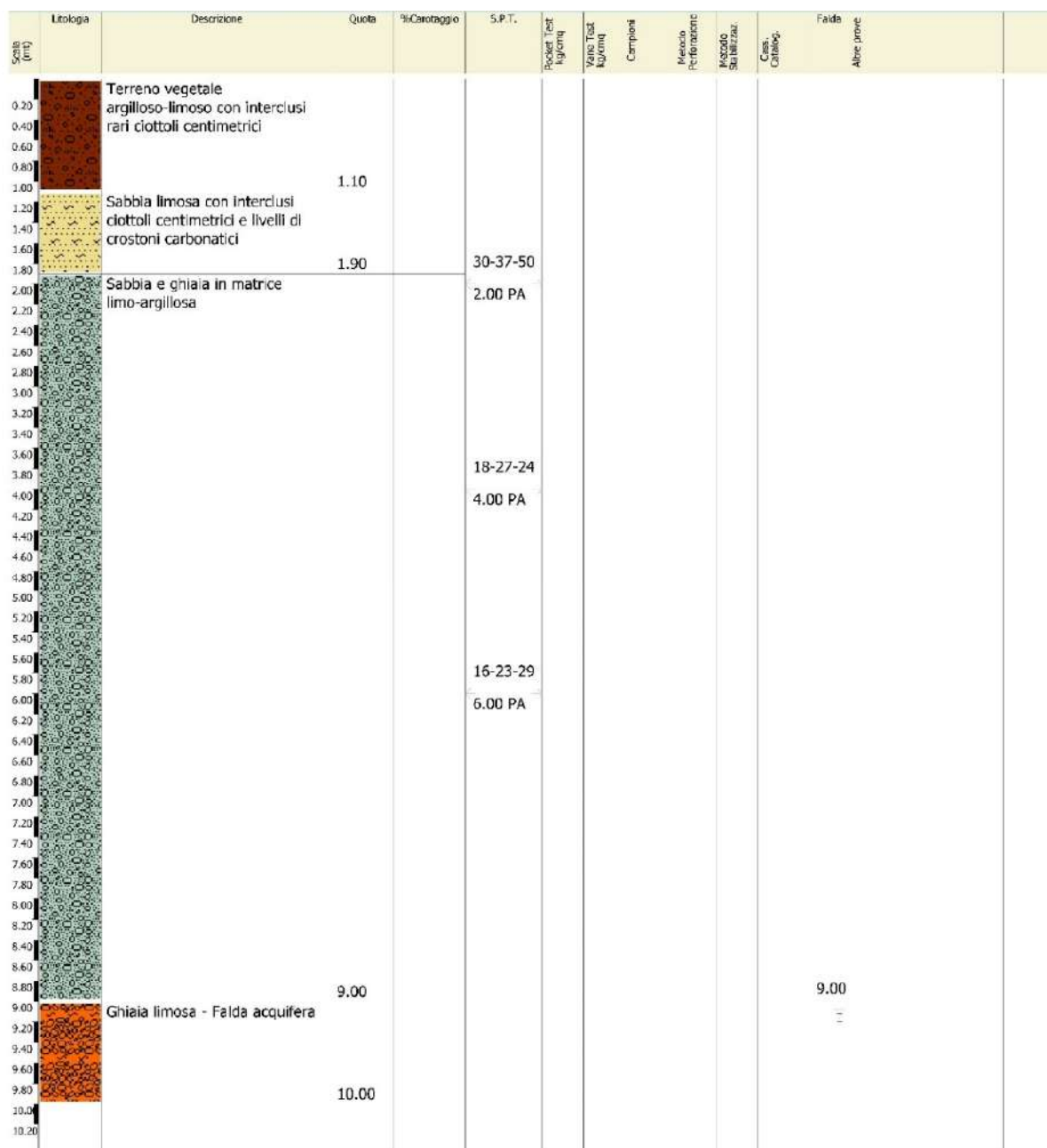


Fig. 15: Stratigrafia delle aree sistemate a ridosso del Rio Flumini Mannu (0.00 m -10.00 m)

Sulla base delle specifiche geologiche dei materiali presenti all'interno dell'area emerge che gli stessi potranno essere riutilizzati per le fasi di formazione del nuovo rilevato arginale.

6. Inquadramento Geomorfologico

Da un punto di vista geomorfologico, la zona d'intervento si colloca nel settore denominato Pardu Bois, caratterizzato da un andamento morfologico planare, pendenze comprese tra il 2% e il 3%, quota media di 10,00 m.s.l.m e dislivelli maggiori nei settori Nord-orientali, corrispondenti all'alveo del Rio Flumini Mannu. L'insieme delle litologie rilevate, mostrano nel complesso specifiche geomorfologiche simili e in ogni caso interconnesse con gli aspetti idrogeologici dell'area. Il settore oggetto di intervento come del resto tutta l'area urbana comunale, risultano modellati dai corsi d'acqua della zona, i cui apporti solidi rappresentano di fatto la coltre sedimentaria principale rilevata in tutto l'abitato di Villaspeciosa. Le morfologie principali che si evincono nell'area d'intervento sono caratterizzate da coltri deposizionali alluvionali disposte in conoidi alluvionali e orli di terrazzi fluviali del I° - II° ordine in corrispondenza dei corsi d'acqua del Rio Flumini Mannu. Relativamente alle condizioni topografiche, l'area d'intervento presenta pendenze $\cong 3\%$, da cui si evince un'inclinazione $i = 0.5^\circ - 1^\circ$, pertanto inquadrabile in categoria T1, ovvero *"Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".* Per quanto attiene la definizione delle categorie di sottosuolo, ai sensi del D.M. 17/01/2018, l'area d'intervento è classificabile in categoria **"C"** ovvero: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".*

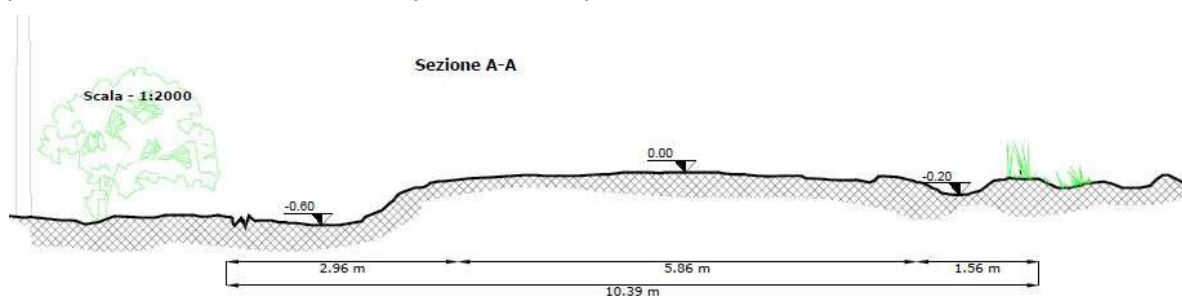


Fig. 16: Sezione morfologica area intervento

In considerazione del fatto che il Comune di Villaspeciosa risulta inserito nell'ambito della mappatura del rischio idrogeologico per criticità idrauliche definite dal Piano di Assetto Idrogeologico della Sardegna, dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali e dal P.G.R.A. è stata eseguita una dettagliata analisi idrogeologica e sovrapposizione cartografica in piattaforma G.I.S. al fine di stabilire se l'area prescelta risulta o meno a rischio idrogeologico ai sensi del P.A.I. Per la stesura della presente relazione ci si è riferiti agli studi riportati nel P.A.I., nel P.S.F.F., adottato in via definitiva per l'intero territorio regionale con delibera del Comitato Istituzionale n° 2 del 17.12.2015, nel P.G.R.A., recentemente revisionato con D.C.I. n°1 del 11.12.2018, pubblicata sul B.U.R.A.S. n° 1 del 03.01.2019 e con D.C.I. n° 1 del 05.03.2019, pubblicata sul B.U.R.A.S. n° 13 del 21.03.2019. Inoltre, verrà considerato lo studio di maggior dettaglio eseguito dal Comune di Villaspeciosa, ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del P.A.I., adottato con D.C.C. n° 6 del 27.10.2015.



Fig. 17 – Stralcio pericolosità PAI (Rev 41) (Zona non pericolosa)



Fig. 18 – Stralcio pericolosità PSFF (Fascia A_50)

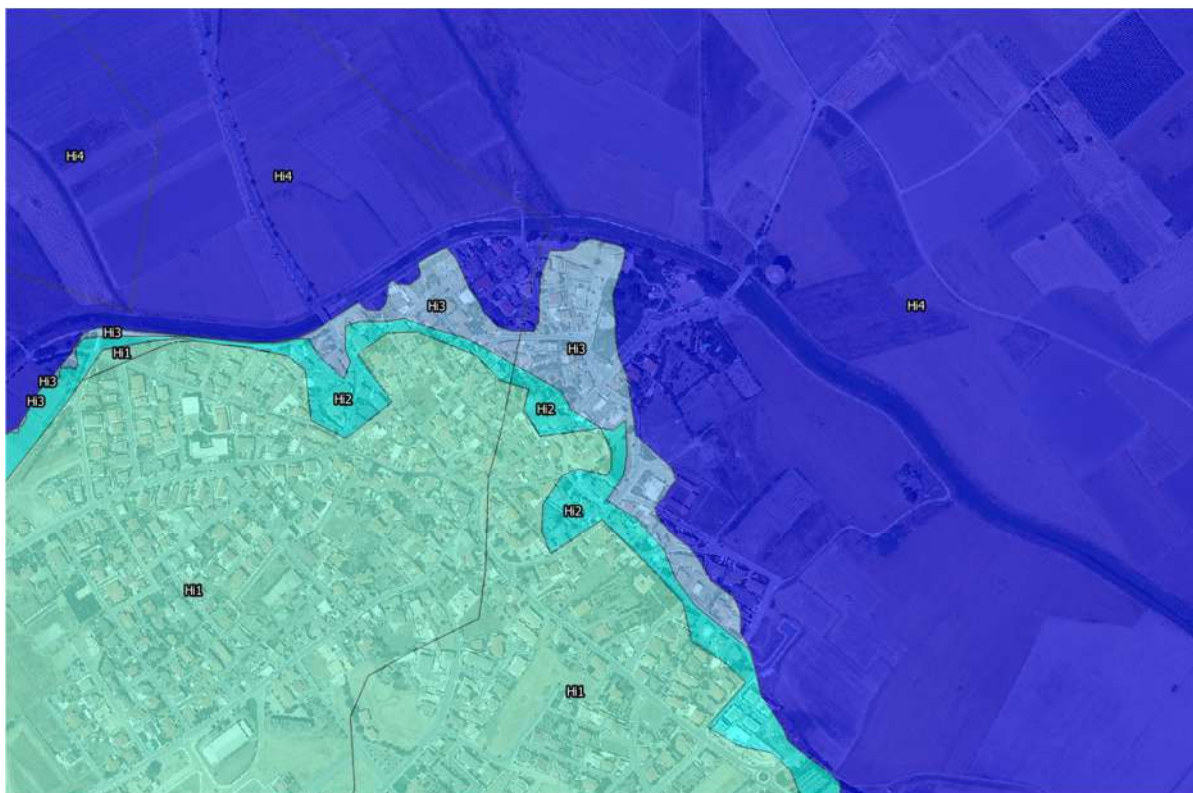


Fig. 19 – Studio Art. 8 c.2 (Zona a pericolosità idraulica molto elevata Hi4)

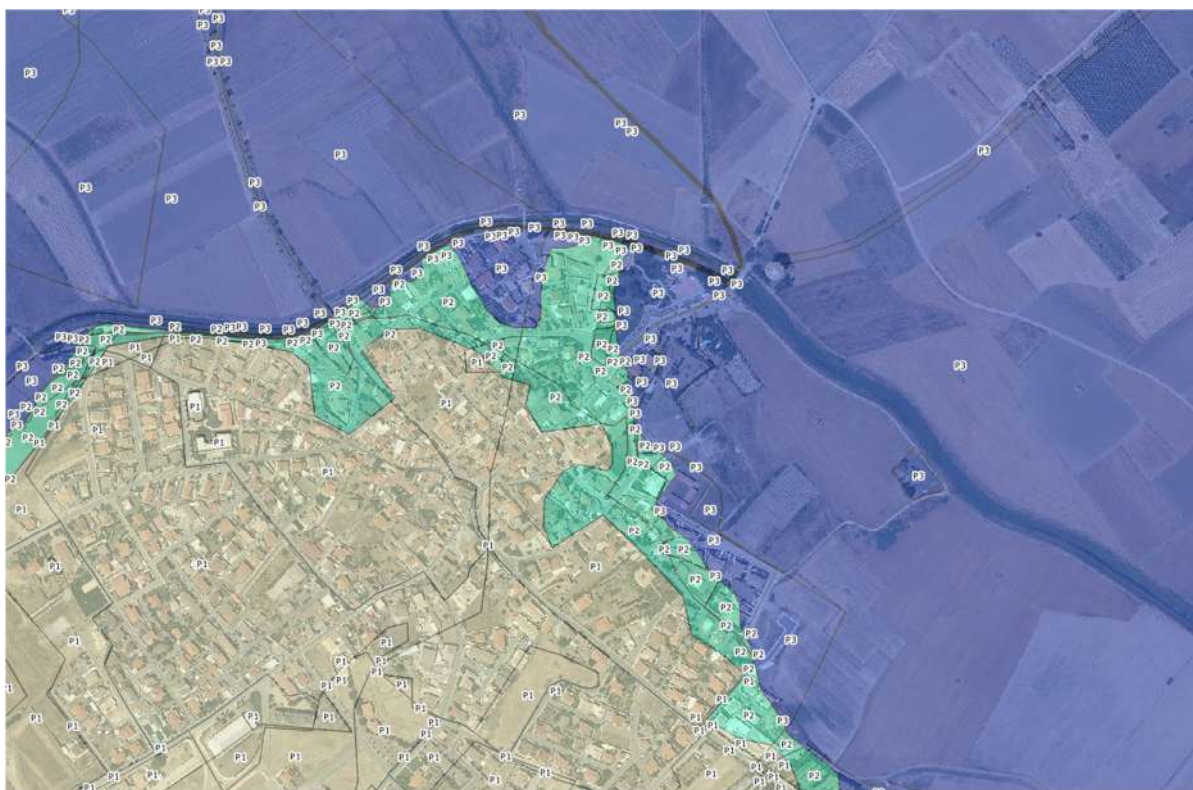


Fig. 20 – PGRA 2017 (Zona a pericolosità elevata da alluvione P3)



Fig. 21 – PGRA 2019 (Zona a pericolosità idraulica molto elevata Hi4)

A seguito dell'approvazione di tutti questi strumenti di pianificazione dell'assetto idrogeologico sono scattate le misure di salvaguardia recepite comunque nel P.G.R.A. per cui in caso di sovrapposizione di vincoli pre-esistenti, valgono le condizioni di vincolo più restrittive.

Complessivamente per l'area d'intervento si evincono i seguenti livelli di pericolosità:

- Piano di assetto idrogeologico (PAI): Area non pericolosa;
- Studio Art.8 c.2 Comunale (idraulica): Area a pericolosità idraulica molto elevata (Hi4);
- Studio Art.8 c.2 Comunale (Frana): Area studiate prive di pericolosità da frana (Hg0);
- Piano stralcio fasce fluviali (PSFF): Area a pericolosità idraulica molto elevata (A_50)
- Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) 2017: Classe di pericolosità da alluvione elevata (P3)
- Piano di gestione rischio alluvioni (PGRA) 2019: Classe di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

Sostanzialmente, per l'area d'intervento vige attualmente una condizione di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), disciplinata dall'art.27 delle N.A. del PAI.

Con l'approvazione del testo coordinato delle N.A. del PAI, recentemente approvate con D.C.I. n° 1 del 05.03.2019, pubblicata sul B.U.R.A.S. n° 13 del 21.03.2019 sono state istituite delle "Fasce di Prima Tutela" ai sensi dell'Art. 30 ter delle N.A. del PAI.

L'Art.30 ter comma 1 delle N.A. del PAI stabilisce chiaramente che: per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto.

ORDINE GERARCHICO (Numero di Horton-Strahler)	PROFONDITA' L (Metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

Come si evince da un'analisi delle condizioni di pericolosità idraulica e analizzati gli elementi idrici di Horton – Strahler, l'area d'intervento non risulta essere interessata da alcuna fascia di prima tutela riconducibile a elementi idrici non studiati.

In particolare, l'unico elemento idrico presente nella zona, di ordine gerarchico 7, risulta essere distante rispetto all'area d'intervento circa 8 m, pertanto all'interno della fascia di vincolo, fissata in 250 metri lineari dall'asse.

Tuttavia, riferendosi ad un corso d'acqua comunque già studiate dal P.A.I., dal P.S.F.F., dallo Studio Art.8 comma 2 e dal P.G.R.A. si ritiene che la fascia di prima tutela di cui all'Art.30 ter, per il caso in questione non debba essere applicato.

Il Comune di Villaspeciosa è parte integrante del Bacino Idrografico del Flumendosa – Campidano - Cixerri, nel quale sono state rilevate una serie di criticità idrauliche perfezionate recentemente con l'aggiornamento intermedio del P.G.R.A. (Versione 2019).

Più specificatamente nell'ambito della definizione degli scenari di intervento strategico e coordinato sono state ridefinite le fasce di pericolosità di alcuni corsi d'acqua tra cui il Rio Flumini Mannu, direttamente interferente con l'area di studio.

Così come riportato espressamente nella relazione idraulica degli scenari di intervento strategico e coordinato, la ridefinizione delle fasce di pericolosità è stata eseguita mediante la nuova definizione delle sezioni idrauliche, ricostruite piano altimetricamente a partire dai dati della rilevazione aerea ad alta definizione (LIDAR) con dettaglio 1m (DTM 1 m RAS), che ha consentito di descrivere in modo dettagliato l'andamento del terreno e di delineare con maggior precisione sia la geometria delle sezioni da implementare nel modello sia le aree allagabili e i relativi battenti idrici.

Per quanto concerne le portate di deflusso sono stati confermati i dati delle portate di massima piena già adottate nel PSFF con la stessa successione di incrementi da monte verso valle.

In particolare, le portate del Rio Fluminimannu alla foce sono le stesse indicate nello studio del PSFF, che fanno riferimento alle portate a valle della diga di Is Barroccus con un effetto di laminazione pressochè ininfluente:

SEZIONE PSFF	TEMPO DI RITORNO	50	100	200
N33	Q (mc/s)	2390	2900	3410
N13	Q (mc/s)	3340	4060	4780

Dal punto di vista modellistico va precisato che il tratto studiato nel PGRA è quello compreso tra il ponte della linea Cagliari – Olbia a valle di Serramanna e la foce, che evidenzia una consistente pressione antropica e le maggiori criticità idrauliche.

In questo tratto l'alveo inciso monocorsuale ad andamento rettilineo, ha pendenza sub-pianeggiante (circa 1.5 ‰) con quote di fondo che progressivamente decrescono sino a valori inferiori al livello medio marino.

Il Rio Flumini Mannu scorre in una zona pianeggiante interamente destinata all'agricoltura ed è arginato su entrambe le sponde con distanza media tra argini pari a 250 m e larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso pari a circa 30 m.

Si tratta essenzialmente di arginature in terra con brevi tratti rivestiti con massi intasati in calcestruzzo, che presentano altezze variabili tra 3, 4 metri nella parte iniziale e 5 metri nella parte prossima alla foce.

L'area d'intervento si inserisce nel tratto compreso tra i centri abitati di Decimoputzu e Decimomannu, caratterizzato dalla presenza di tre attraversamenti posti a monte della confluenza on il Rio Mannu: Ponte Nord della S.S. 130, Ponte Sud e attraversamento ferroviario della Linea Iglesias – Cagliari.

In particolare, nella relazione di accompagnamento allo studio degli scenari di intervento strategico e coordinato, si rileva che i fenomeni di rigurgito dovuti alla triplice interferenza danno luogo a fenomeni di allagamento nei quartieri nord-orientali di Villaspeciosa e in sinistra degli insediamenti periferici di Decimomannu, laddove le fasce di pericolosità ricalcano l'alveo dismesso del Rio di San Sperate.

La simulazione idraulica eseguita nel PGRA ha interessato una lunghezza del Rio Flumini Mannu di circa 17 km misurata in asse all'alveo di magra attualmente individuabile dalle ortofoto, dalla confluenza nello stagno di Santa Gilla e sino a valle del ponte sulla S.S. 196 a Villasor, per un totale di 425 sezioni di cui 215 a valle della SS 130 e originate dal modello a base LIDAR, e 6 ponti, tra i quali il più significativo è senza dubbio quello sulla SS130.

La distanza tra le sezioni è variabile in funzione della larghezza e della pendenza del fondo alveo, delle caratteristiche spondali, dell'esistenza di confluenze o variazioni singolari di sezione, posto che, in prossimità delle opere di attraversamento, sono sempre necessarie sezioni aggiuntive ravvicinate

per tenere conto delle particolari condizioni di deflusso mentre in corrispondenza di tratti con sezioni uniformi possono essere adottate distanze maggiori.

Conformemente allo studio idraulico effettuato nel PSFF, nello studio del PGRA sono stati adottati i valori di scabrezza di Manning derivanti dallo studio come spettanti a ciascun tratto compreso tra 2 successive sezioni trasversali.

Nel rimandare alle metodologie di analisi sviluppate nel PSFF per la descrizione delle procedure applicate, si sottolinea comunque che i valori adottati nel PGRA nella modellazione aggiornata sono assolutamente in linea con il PSFF.



Fig.22 - PGRA – Scenari di Intervento Strategico e Coordinato - Comune di Villaspesiosa – Sezioni Idrauliche

La nuova modellazione idraulica sviluppata nel PGRA per i tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni ha dato risultati abbastanza allineati con quelli del PSFF, sebbene ciò non abbia prodotto una perfetta sovrapponibilità delle perimetrazioni avendo la nuova modellazione una definizione topografica molto più raffinata di quella del PSFF sia in termini di estensione di ciascuna sezione che in termini di numero di sezioni.

In particolare anche nel modello aggiornato si è proceduto, per ogni tempo di ritorno, ad effettuare una modellazione ad argini non tracimabili atta a verificare la tenuta degli argini esistenti ed una modellazione ad argini tracimabili per definire le mappe di pericolosità.

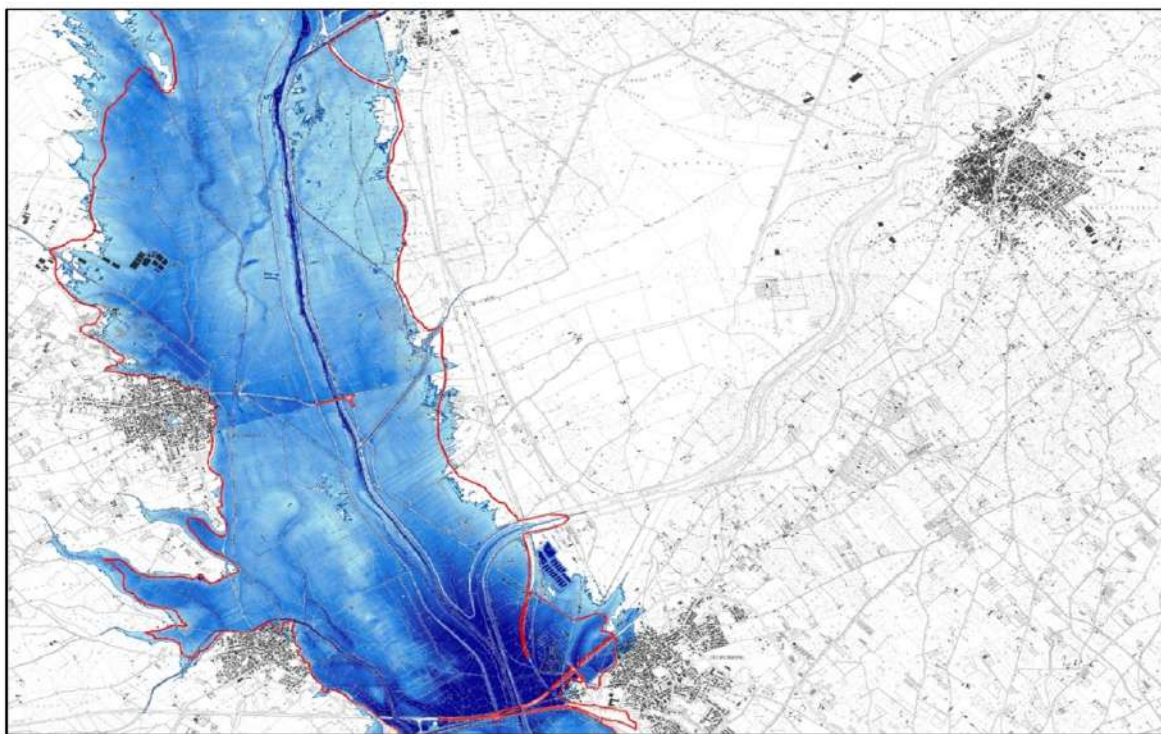


Fig.23 - PGRA – Scenari di Intervento Strategico e Coordinato – Aree di allagamento per T50 rispetto a PSFF (perimetro rosso)

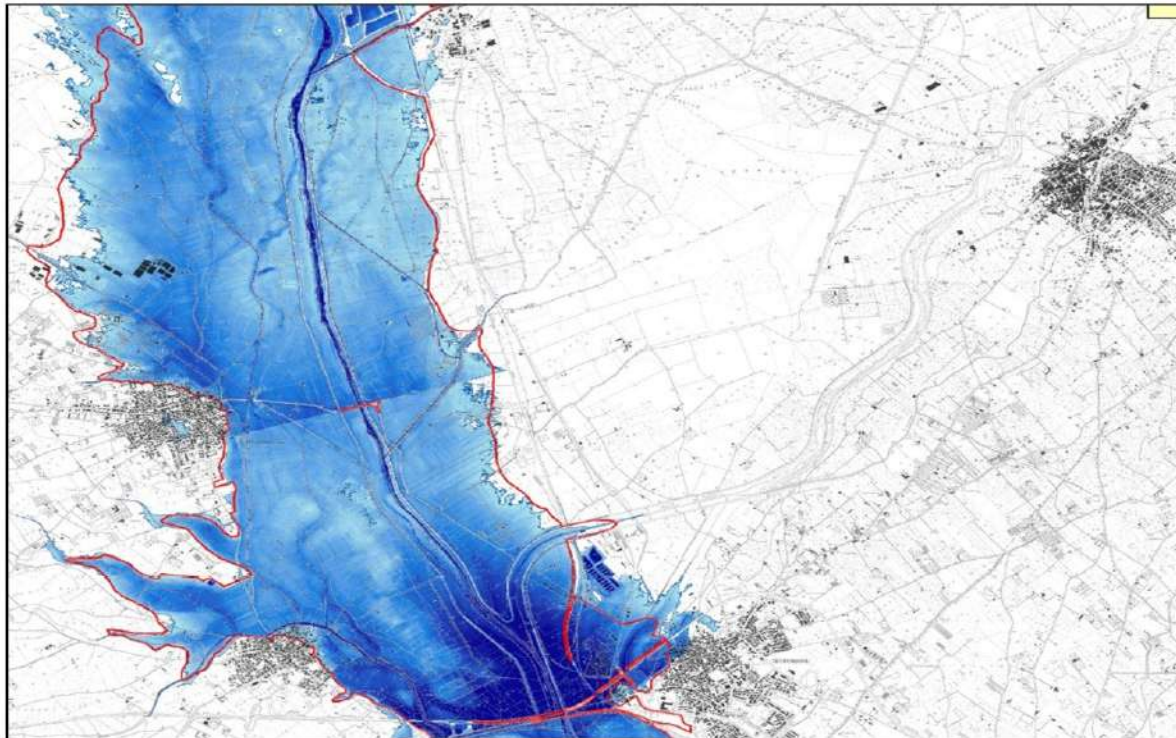


Fig.24 - PGRA – Scenari di Intervento Strategico e Coordinato – Aree di allagamento per T100 rispetto a PSFF (perimetro rosso)

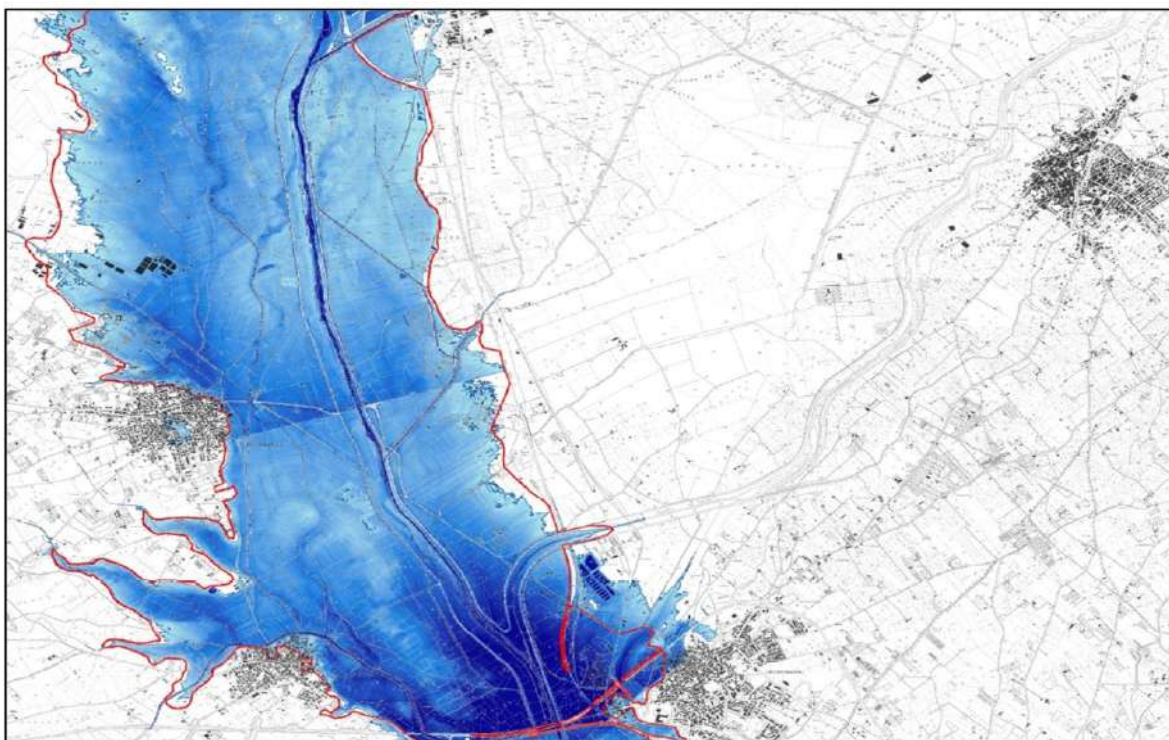


Fig.25 - PGRA – Scenari di Intervento Strategico e Coordinato – Aree di allagamento per T200 rispetto a PSFF (perimetro rosso)

Nel PGRA, la simulazione con scenario ad argini non tracimabili ha mostrato la insufficienza delle opere arginali sia a monte che a valle della SS 130, con differenza di quota tra argine e profilo che già con la portata cinquantenaria arriva fino a 2 m, pertanto per tutti i tempi di ritorno è stato necessario ricorrere allo scenario ad argini sormontabili per tracciare e identificare le mappe di allagamento attraverso l'eliminazione dell'opzione levee, utilizzata localmente solo per correggere i risultati del modello in alcune discontinuità del terreno.

La modellazione ad argini tracimabili eseguita nel PGRA elimina la opzione levee anche nella zona fociva, contrariamente a quanto fa il PSFF che invece disconnette dal territorio la sponda destra nelle ultime sezioni con un argine virtuale.

Rispetto al PSFF, nella modellazione del PGRA sia per il tempo di ritorno T50 sia per quello T100 e 200 il risultato delle simulazioni non evidenzia sostanziali differenze sulla estensione delle aree allagabili sia in sponda destra che in sponda sinistra tanto a monte quanto a valle della SS 130.

Modeste differenze si presentano localmente per l'aggiornamento della base topografica (DTM 1 m RAS) utilizzata nella costruzione della geometria delle sezioni trasversali e nella fase di restituzione sul terreno dei tiranti idrici e delle aree allagabili.

Si deve tuttavia precisare che queste differenze diventano pressoché nulle laddove nel confronto tra perimetrazioni PSFF e PGRA si trascurino le aree con tiranti idrici inferiori ai 25 cm.

Relativamente ai battenti idrici del PGRA, i calcoli mostrano che questi si attestano per le portate T200 mediamente intorno ai 2 metri, anche se vi sono ampie porzioni dell'agro che sono interessate da altezze d'acqua inferiori a 0.5 metri.

Nel complesso, per quanto concerne l'area di studio si ribadisce quanto già riportato in precedenza: ovvero, che la ridefinizione della pericolosità idraulica rispetto a quanto riportato nel PSFF deriva dal fatto che si è riportato in modo più raffinato l'andamento del terreno grazie all'utilizzo del DTM 1 m.

Il risultato finale è stato quello di aver delineato con maggior precisione sia la geometria delle sezioni sia le aree allagabili e i relativi battenti idrici pur con delle differenze marginali, che talora risultano essere < a 25 cm rispetto al PSFF e allo studio comunale.

7. Schema della circolazione idrica superficiale

Come si evince dalla documentazione cartografica, l'area d'intervento è delimitata da un corso d'acqua di importanza regionale, rappresentato dal Rio Flumini Mannu, avente direzione di deflusso E-SE verso lo Stagno di Santa Gilla.

Il Rio Flumini Mannu si estende tra la località Bruncu S'Ollastu presso Nurallao e l'abitato di Serramanna. Complessivamente il Fiume viene caratterizzato sotto l'aspetto geomorfologico con riferimento ai primi 4 tratti omogenei.

Nel primo tratto, a monte del lago di San Sebastiano, la morfologia è quella di un corso d'acqua montano, in un fondovalle a forte pendenza, caratterizzato nel settore più a monte da salti naturali in roccia calcarea.

Nel secondo tratto, a valle della diga di Is Barroccus, l'alveo attivo scorre per qualche chilometro sul substrato roccioso, costituito in massima parte da scisti, sul fondo di una stretta valle a "V" che si sviluppa secondo un tracciato a meandri in roccia con elevata pendenza media.

Lo stretto fondovalle si presenta disabitato e incolto; solo nel basso tronco la valle si amplia leggermente e riduce l'acclività, tanto da permettere la coltivazione di alcune zone del fondovalle e dei versanti.

Il terzo tratto raggiunge l'abitato di Villanovafranca, in una piana alluvionale che si allarga progressivamente, vincolata da rilievi miocenici e colate basaltiche. Sono presenti fenomeni di erosione spondale unitamente a una consistente presenza di depositi alluvionali grossolani legati alla tendenza al sovralluvionamento.

Il quarto tratto si estende dall'abitato di Villamar a quello di Serramanna, a valle del quale l'asta prende il nome di Flumini Mannu; l'alveo si differenzia notevolmente dai precedenti per i caratteri morfologici tipicamente fluviali.

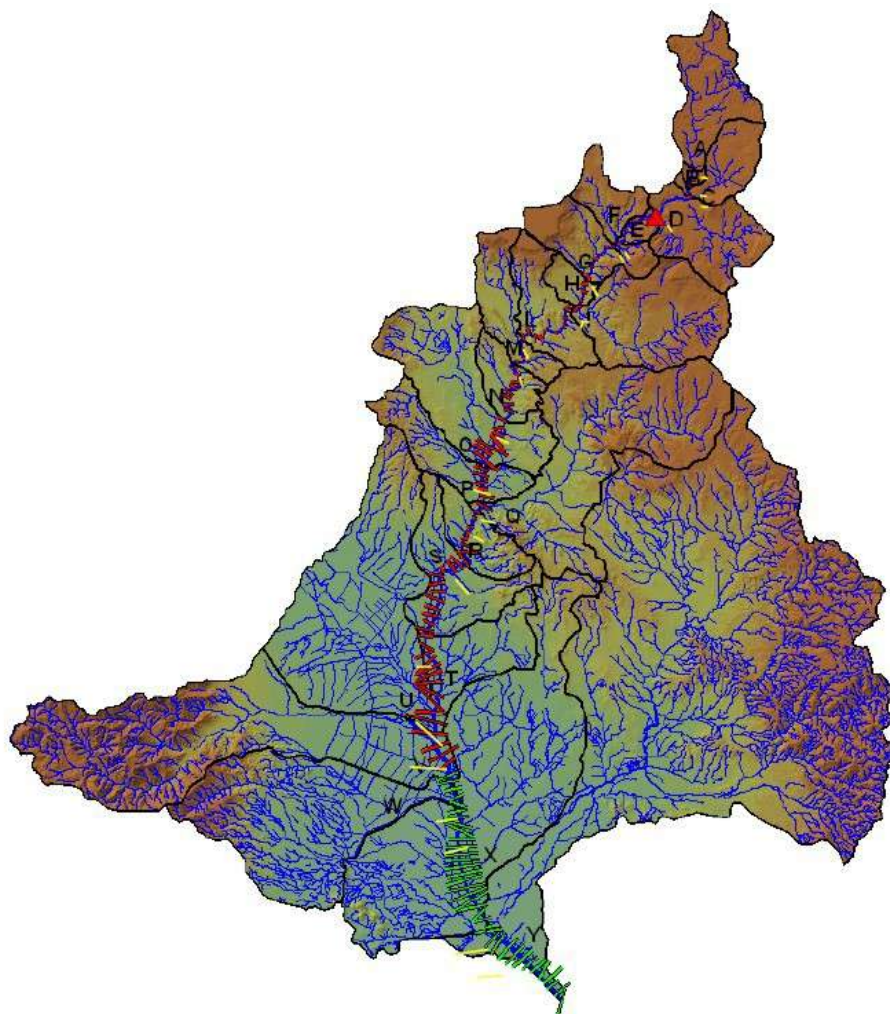


Fig.26 – Bacino Idrografico del Rio Flumini Mannu

Presso loc. Casa Fiume è posizionata una traversa di derivazione idrica. Le analisi condotte hanno permesso di evidenziare un fenomeno di generale abbassamento del profilo di fondo, da correlare presumibilmente all'alterazione dell'equilibrio del trasporto solido e, eventualmente anche alle opere di sistemazione idraulica; il fenomeno è testimoniato sia dalle trasformazioni morfologiche che dalle condizioni di scalzamento delle fondazioni delle pile dei ponti in alveo.

Nonostante i fenomeni erosivi attivi sulle sponde, l'alveo non presenta evidenze di un'evoluzione planimetrica significativa in atto, in relazione anche all'efficienza delle opere di difesa, come documentato dal confronto con la cartografia IGM riferita agli anni '40 del secolo scorso.

Dal punto di vista geomorfologico il Rio Flumini Mannu presenta per tutto il tratto d'interesse (dall'abitato di Villasor alla foce) un tipo di alveo mono-cursale ad andamento rettilineo orientato N-S e si sviluppa interamente in pianura.

L'asta è arginata sia in destra che in sinistra per tutta la sua lunghezza, mantenendo una larghezza stabile e uniforme della sezione di deflusso, con un profilo di fondo a bassa pendenza.

La realizzazione delle arginature ha stabilizzato il tracciato planimetrico dell'alveo; al di fuori di esse il rilievo si individuano numerose evidenze delle piene storiche su entrambe le sponde, come pure le divagazioni storiche sono testimoniate dalle numerose tracce di modellamento fluviale ancora visibili. Particolare attenzione meritano le confluenze, in sinistra di numerosi affluenti secondari: il Canale Rio Malu, il Rio Flumineddu, il Rio de Giancu Meloni, il Rio di Sestu ed il Rio Mannu di San Sperate, i quali contribuiscono in maniera significativa all'apporto idrico e solido.

I depositi alluvionali recenti localizzati in prossimità delle aree di confluenza sono prevalentemente sabbiosi e ghiaiosi, ancora in evoluzione e interessati dai processi di trasporto fluviale. Nel settore prossimo alla foce e prospiciente la laguna di Santa Gilla, l'alveo mostra una sezione progressivamente più larga e meno incisa; tale conformazione è una diretta conseguenza dell'immissione in mare, che frena i processi di erosione di fondo favorendo per contro la deposizione del trasporto solido. Il confronto tra la situazione attuale dell'alveo e quella riportata sulla cartografia I.G.M. risalente agli anni '40 dello scorso secolo, non evidenzia variazioni significative del tracciato dell'alveo. Relativamente alla sezione di chiusura del Rio Cixerri, i dati morfometrici e idrologici fondamentali risultano i seguenti:

- Area del bacino: **566.30 (km²)**
- Quota della sezione terminale: **0.00 (m s.l.m.)**
- Quota della sezione iniziale: **1114.00 (m s.l.m.)**
- Quota media: **230.00 (m s.l.m.)**
- Lunghezza dell'asta: **47.20 (km)**
- Pendenza media dell'asta: **0.020 (%)**

CALCOLO MASSIME PORTATE NELLA SEZIONE DI CHIUSURA DEL RIO FLUMINI MANNU

SEZIONE DI CONTROLLO	Rio Flumini Mannu			
Tempo di Ritorno Tr	50	100	200	500
$Q_{VERIFICA}^{(m^3/s)}$ P.S.F.F.	3344,00	4073,00	4794,00	5745,00



Fig. 27: Estratto cartografia P.S.F.F. Regione Sardegna – Bacino idrografico Rio Flumini Mannu

8. Schema della circolazione idrica sotterranea

L'alternanza di livelli geolitologici differenti, oltre che la presenza di un sistema di discontinuità rappresenta una caratteristica fondamentale per la circolazione delle acque sotterranee. Risulta evidente che tra strati a diversa permeabilità sia presente una marcata percolazione.

Date le caratteristiche idrogeologiche del sito, al fine della determinazione delle specifiche geotecniche dei litotipi, si è indagato il sottosuolo al fine dell'intercettamento della falda acquifera superficiale e profonda.

Come si evince dalla documentazione fotografica, essendo molto vicini ad un alveo fluviale, si ritiene che la quota piezometrica della falda acquifera superficiale corrisponda all'incirca alla quota del pelo libero dell'acqua del Rio Matta Spinosu (- 6.50 m.s.l.m.), pertanto la quota della falda acquifera si presume possa essere circa 2.50 m ÷ 3.00 m dal p.d.c.

A riguardo si ritiene che il livello piezometrico della falda acquifera sia variabile con una soggiacenza +/- 1.00 m, soprattutto durante il periodo invernale con variabilità del livello della falda dovuto all'ottima trasmissività idraulica dei materiali presenti, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi.

9. Modello geotecnico del sottosuolo

Con definizione del modello geotecnico del sottosuolo vengono definite le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali. Le indagini geotecniche servono per definire l'interazione delle opere in progetto con il contesto geologico ed in particolare:

- Definire il profilo geotecnico dei terreni interessati dalle opere.
- Determinare, con analisi in sito ed in laboratorio, i parametri geotecnici necessari a definire l'interazione opera-terreno.

Determinazione della capacità portante del sottosuolo e determinazione dei cedimenti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Angolo d'attrito ▪ Coesione ▪ Contenuto d'acqua ▪ Peso specifico ▪ Classificazione del terreno ▪ Resistenza del Terreno
--	--

Non essendo state ancora eseguite le indagini in sito ed in laboratorio, si avrà modo di illustrare le caratteristiche geotecniche dei materiali riferendosi a valori medi risultati delle elaborazioni numeriche acquisite sulla stessa tipologia di terreni prelevati da aree contermini.

Campione	Profondità (m)	Tipo litologico	c (Kg/cm ²)	φ (°)
C1	2,50	Deposito sabbioso frammisto a clasti ciottolosi poligenici ed eterometrici di dimensioni decimetriche in matrice argillosa.	0,0031	33,25

Campione	Profondità (m)	Tipo litologico	ψ (%)	γ (g/cm ³)
C1	2,50	Deposito sabbioso frammisto a clasti ciottolosi poligenici ed eterometrici di dimensioni decimetriche in matrice argillosa.	27,6	2,230

Sulla base dei dati geotecnici desunti dalle prove di laboratorio, i campioni di terreno che costituiranno lo strato di sedime delle opere presentano specifiche tipiche dei materiali sabbioso-ghiaiosi con matrice limo-argillosa, caratterizzati da valori di portanza da buoni a eccellenti.

Vengono di seguito riportate l'elenco delle voci di computo metrico per l'esecuzione delle indagini come da tariffa prezziario LL.PP: Sardegna 2019.

Nr. Ord	TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	MISURAZIONI:				Quantità	IMPORTI	
			Par.ug	Lung.	Larg.	H/peso		unitario	TOTALE
1	PF.0002.0001.0001	IMPIANTO DI CANTIERE PER INDAGINI GEONOSTICHE, compreso l'approntamento in deposito delle attrezzature, degli accessori, dei ricambi e dei consumi; compreso il carico su automezzo, lo scarico in cantiere, il montaggio, lo smontaggio a lavori ultimati, il carico su automezzo e lo scarico in deposito; compreso il trasporto dal deposito al cantiere di lavoro, compreso il ritorno a vuoto; o trasporto delle stesse da cantiere a deposito, compresa l'andata a vuoto; compreso il trasferimento del personale; a corpo MISURAZIONI: SOMMANO cadauno	1.00				1.00		
							1.00	1603.03	1603.03
2	PF.0002.0001.0002	INSTALLAZIONE DI ATTREZZATURA PER SONDAGGIO in ciascuna postazione di perforazione, su aree pianeggianti accessibili ai normali mezzi di trasporto, compreso l'onere del trasporto da una postazione alla successiva, il carico e lo scarico, il tracciamento e la MISURAZIONI: Punti di sondaggio previsti (17) SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	304.94	609.88
3	PF.0002.0001.0005	PERFORAZIONE ad andamento verticale o con inclinazione fino ad un massimo di 15° dalla verticale, eseguita a rotazione a carotaggio continuo, con carotieri di diametro fino a 85 mm, in terreno a granulometria media quali sabbie ghiaiose con qualche ciottolo e rocce di durezza media, esclusi quelli che richiedono l'impiego di corone diamantate; compreso l'onere dell'estrazione delle carote e la loro conservazione in apposite cassette catalogatrici queste escluse e compensate a parte; compresa la tubazione di rivestimento del foro; compresa la redazione di una planimetria generale con l'ubicazione delle perforazioni e della stratigrafia di ogni singolo sondaggio; per le seguenti profondità, misurate a partire dal piano campagna, comprese tra: m 0,00 e m 20,00 MISURAZIONI: Carotaggio continuo (3x10 m) SOMMANO metri	2.00			10.000	20.00		
							20.00	81.60	1632.00
4	PF.0002.0001.0030	FORNITURA DI CASSETTA CATALOGATRICE, avente dimensioni interne di m 1,07x0,98x0,15 a 5 scomparti; atta alla conservazione di carote e campioni; compreso l'onere della loro custodia e della loro consegna nel luogo indicato dalla committente MISURAZIONI: Fornitura di cassette catalogatrici SOMMANO cadauno	4.00				4.00		
							4.00	38.24	152.96
5	PF.0002.0001.0031	ESECUZIONE DI PROVE SPT (STANDARD PENETRATION TEST) all'interno dei fori di sondaggio; eseguite con campionatore tipo RAYMOND del diametro di 2" ; per le seguenti profondità misurate MISURAZIONI: Prove SPT in foro (n° 3 prove/foro) SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	69.81	139.62
6	PF.0002.0001.0033	PRELIEVO DI CAMPIONE INDISTURBATO, compatibilmente con la natura dei terreni, nel corso di sondaggi, con l'impiego di campionatore a parete sottile spinto a pressione; compreso l'onere della fornitura di fustella zincata, della paraffinatura per eseguire la sigillatura e del trasporto al laboratorio di analisi indicato dal committente; per le profondità seguenti dal piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00 MISURAZIONI: Campionamento (n° 2 campioni) SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	72.39	144.78
7	PF.0002.0001.	Analisi granulometrica completa su campioni indisturbati. Per MISURAZIONI: SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	43.35	86.70
8	PF.0002.0001.	Determinazione dei limiti di Atterberg e indice di plasticità MISURAZIONI: SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	37.54	75.08
9	PF.0002.0001.0079	Calcolo degli indici e classificazione di una terra secondo la normativa UNI 10006 o U.S.C.S. Per ogni valutazione MISURAZIONI: SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	8.07	16.14
10	PF.0002.0001.0087	Prova di taglio diretto con scatola di Casagrande per 3 provini (con misura di resistenza e di micro residuo) MISURAZIONI: Prova di taglio diretto SOMMANO cadauno	2.00				2.00		
							2.00	249.36	498.72
11	NP_Geo_001	INDICE DI PORTANZA CBR (CNR UNI 1009/64, UNI EN 13286-47) determinazione dell'indice di portanza C.B.R., in laboratorio, compresa la ricostruzione dei provini alla densità e umidità prestabilita, saturazione dei provini e la determinazione % di MISURAZIONI: Prove CBR Portanza sottofondi SOMMANO	1.00				1.00		
							1.00	250.00	250.00
12	NP_Geo_003	Prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh generate con idonei sistemi e registrate con 12 - 24 geofoni verticali aventi diverso periodo di oscillazione (10 Hz, 4.5 Hz) disposti secondo geometria lineare ed "offset" non inferiore a 3 volte I/G-spacing e collegati ad un sismografo multicanale a memoria incrementale. Compreso l'analisi dei dati nel dominio F-K (frequency/wave number) per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo Rayleigh redatti in grafici Vfase - Hz, l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino a raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici, la relazione riepilogativa contenente: le procedure di esecuzione della prova, grafici di acquisizione (serie temporali), Vfase - Hz, costruzione di profili V _s dal sottosuolo MISURAZIONI: SOMMANO a corpo	1.00				1.00		
							1.00	791.09	791.09
		TOTALE euro							6000.00