

Istituzionale n. 3 del 17/05/2017, ai sensi dell'art. 42 delle NA del PAI, è stato approvato l'aggiornamento e integrazione del PGRA già approvato con DPCM del 27/10/2016. Questo ha comportato l'aggiornamento e l'integrazione dei set di dati al 31.12.2016.

Di seguito si riporta quindi il quadro della pericolosità idraulica per il settore in questione relativamente ai tratti interessati dal progetto evidenziando comunque che dalla pianificazione ufficiale non si rilevano pericolosità idrauliche di elevato grado ma solo ed esclusivamente di tipo P1 ovvero aree a bassa pericolosità con bassa probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempi di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni.

Per il settore in questione, nella pianificazione vigente, non sono segnalate pericolosità di tipo franoso; non sono ugualmente segnalate aree interessate da fenomeni gravitativi dal progetto IFFI (inventario dei Fenomeni Franosi Italiani).

La presenza della Fascia C rende comunque obbligatoria la predisposizione dello studio di compatibilità idraulica ai sensi dell'art. 30 bis delle NDA del P.A.I. c. 2 secondo il quale "nelle more degli studi di approfondimento di cui al comma 1 (*Studi di compatibilità di dettaglio che allo stato attuale per il comune di Milis sono in istruttoria presso l'Autorità Idraulica*), per le opere o per gli interventi che ricadono all'interno delle aree di esondazione, afferenti a uno o più corsi d'acqua, determinate con il solo criterio geomorfologico, i Comuni sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi".

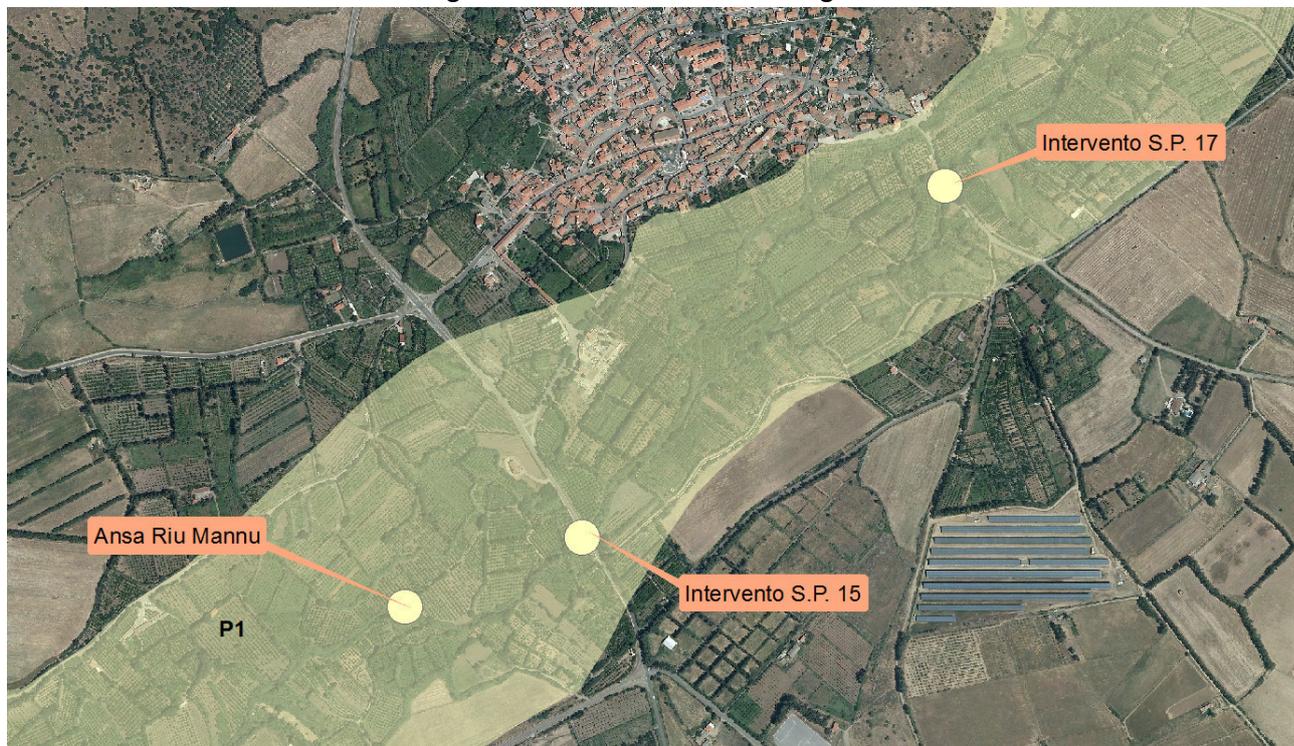


Figure 15: previsione della pericolosità idraulica nel settore in argomento secondo il P.G.R.A.

### 3.5 Pericolosità sismica: classificazione dei terreni

Per una completa descrizione dei terreni in relazione alle caratteristiche sismiche, vengono di seguito riportate alcune considerazioni in merito alla pericolosità sismica e alla classificazione dei terreni di intervento. Le “Norme Tecniche per le Costruzioni” – D.M. del 17/01/2018 – NTC 2018, così come le precedenti NTC 2008, definiscono le regole per progettare l’opera sia in zona sismica che in zona non sismica. Per la valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto nel suolo superficiale. Per tale motivo si esegue una classificazione dei terreni compresi fra il piano di campagna ed il “bedrock” attraverso la stima delle velocità medie delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ). Il sito può essere classificato con il valore delle  $V_{S30}$  così come riportato nella tabella 3.2.II delle NTC 2018 al paragrafo 3.2.2. Rispetto alla precedente previsione delle NTC 2008, non è prevista la classificazione sulla base dei valori delle SPT

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Figure 16: categorie dei terreni secondo le NTC 2018

Nel caso in oggetto, sebbene non sia stata eseguita alcuna prova, si ipotizza che, sulla base della conoscenza dei luoghi e sulla base delle risultanze di indagini dirette nella fattispecie di perforazioni eseguite in comparti non distanti, il profilo stratigrafico dell’area, considerata l’omogeneità litologica del settore sia da classificare come appartenente alla **categoria E**: *profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di  $V_{S30}$  simili a quelli dei tipi C e D e spessore compreso tra 5 e 20 metri, giacenti su un substrato di materiale più rigido con  $V_{S30} > 800$  m/s.*

### 3.6 Inquadramento Geologico

La geologia della zona considerata è abbastanza semplice dal punto di vista stratigrafico e strutturale.

La successione dei terreni è infatti costituita da sedimenti quaternari sovrapposti ad elementi vulcanici dell’apparato del Montiferro. Tale substrato pliocenico è affiorante unicamente nell’abitato di Milis e nei settori a Nord del medesimo abitato. I depositi alluvionali contraddistinguono il settore vallivo del Rio Mannu sino alla zona di N.ghe Tronza (circa 1 Km a NE dell’abitato di Milis). Nello specifico, sulla base della ricerca geologica effettuata, nell’area di intervento si rinviene la seguente successione così riassumibile dal basso verso l’alto:

- Unità di Monte Rassu, caratterizzata dalla presenza di basalti alcalini, trachibasalti, hawaiiiti, a noduli peridotitici e gabbrici, con intercalazioni scoriacee, coni di scorie, tufi e filoni. Età Plio-Pleistocene. Sigla RSU. Tale unità affiora anche all'interno dell'abitato di Milis e trova la sua massima espansione nel settore a NW del medesimo.
- Subunità di Funtana di Pedru Oe (Basalti Della Campeda-Planargia). Basalti debolmente alcalini e trachibasalti, a grana minuta, porfirici per fenocristalli di Pl, Ol, Px; in estese colate. Età Pliocene Sup. Sigla BPL3. Tali litotipi si rinvencono diffusamente a Est dell'abitato sulla destra e sinistra idraulica del Riu Mannu.
- Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema Di Portovesme). Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie. Età Pleistocene – sigla PVM2a. Tali depositi alluvionali antichi caratterizzano l'intera area pianeggiante tra gli abitati di Milis e Bauladu e caratterizzano con ogni probabilità anche il substrato di appoggio delle alluvioni recenti ed attuali del Riu Mannu.
- Depositi alluvionali attuali. Ghiaie con subordinate sabbie. Olocene (**sigla b**). Occupano le zone di deflusso dei principali corsi d'acqua e sono caratterizzate dalla presenza di depositi alluvionali ciottolosi, ad elementi grossolani ben elaborati di vulcanite, ghiaie e sabbie con sottostanti livelli argillosi.

Con riferimento agli aspetti strutturali non si osservano strutture di rilievo nell'area di intervento. Nell'area in argomento, come sarà dimostrato nel proseguo, sono state eseguite indagini dirette mediante sondaggio a carotaggio continuo, che hanno comunque evidenziato la mancanza di un substrato roccioso e la presenza di una successione alluvionale particolarmente spessa e costituita da una alternanza di livelli psammitici e psammatici. In genere quasi ovunque si riscontra la presenza di un livello argilloso sottostante le alluvioni superficiali più grossolane. Di seguito si riporta uno stralcio della cartografia geolitologica di riferimento evidenziando che tutti gli interventi saranno attuati all'interno del comparto alluvionale e che pertanto le opere di fondazione delle strutture previste, interesseranno appunto i depositi alluvionali.

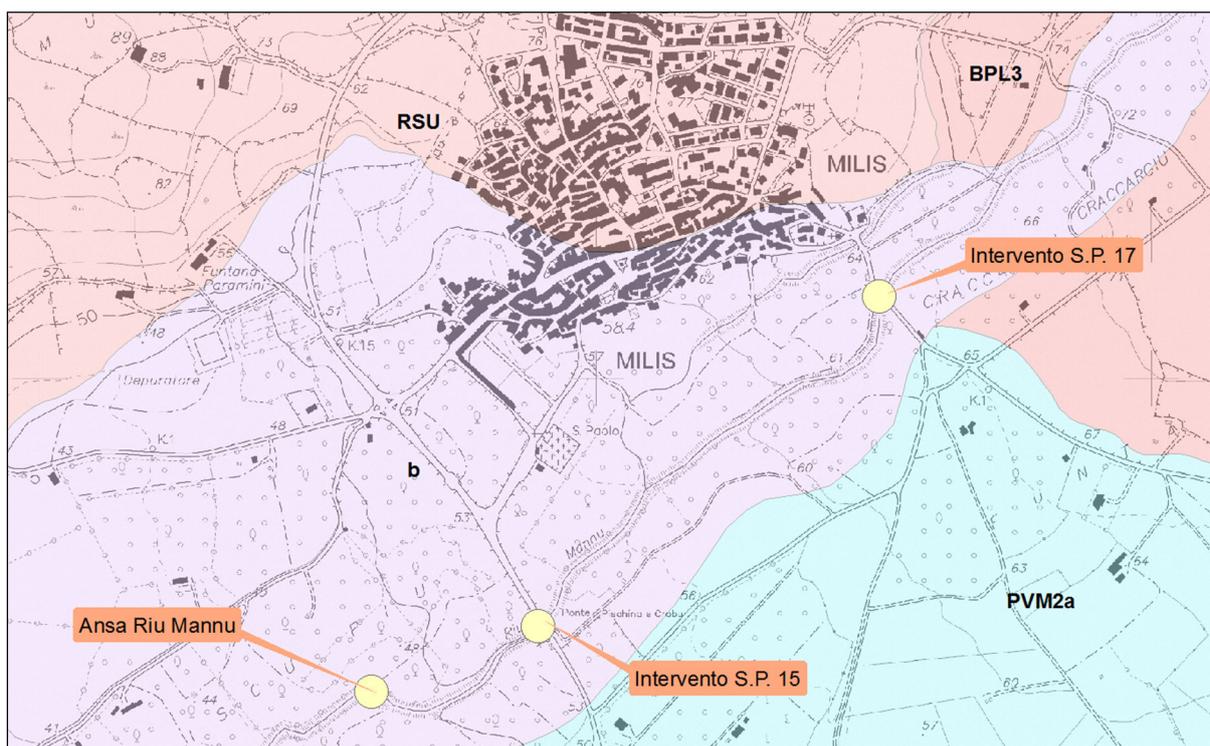


Figure 17: geolitologia dell'area in scala 1:10.000

### 3.7 Inquadramento Idrogeologico



L'area in questione ricade interamente nel Sub Bacino n° 2 del Tirso così come indicato nel Piano di Assetto Idrogeologico.

Dal punto di vista idrografico generale, nel settore in argomento si osserva che l'idrografia superficiale è caratterizzata da una rete di canali di drenaggio coincidenti con le principali linee di compluvio dirette affluenti, del più importante "Riu Mannu" che scorre a Sud dell'abitato di Milis. Tale corso d'acqua prosegue il percorso riversandosi successivamente nel Riu Mare di Foghe in un punto posto in prossimità dell'abitato di Zeddiani. Il Riu Mannu costituisce quindi il più importante e grosso affluente del Riu Mare di Foghe. Parte delle acque provenienti dalle zone a monte dell'abitato di Milis vengono intercettate da un affluente secondario denominato Riu Strampadorzu e che dopo un percorso parallelo al Riu Mannu, si riversa in quest'ultimo in prossimità del Cimitero Comunale. Considerato l'ambito di afflusso e delle bonifiche

effettuate, si rilevano anche ulteriori piccoli canali antropici che spesso sono o abbandonati o bloccati e costituiscono linee preferenziali di drenaggio sia superficiale che sub superficiale. Di seguito lo schema generale di circolazione del settore e si rimanda alla relazione idraulica per le specifiche. Si evidenzia che il bacino idrografico del Flumini Mannu è particolarmente esteso e determina un deflusso nel complesso breve e ripido dalle pendici del Montiferro. Gli affluenti principali del Riu Mannu, nella zona di Santu Lussurgiu e Bonarcado, sono rappresentati dal Riu Corongiu e Riu de Mesu, mentre nella zona prossima a Milis sono il Riu su Buscu, il Riu Funtana Cannas e il Riu Strampadorzu che lo alimentano dalla destra idrografica.

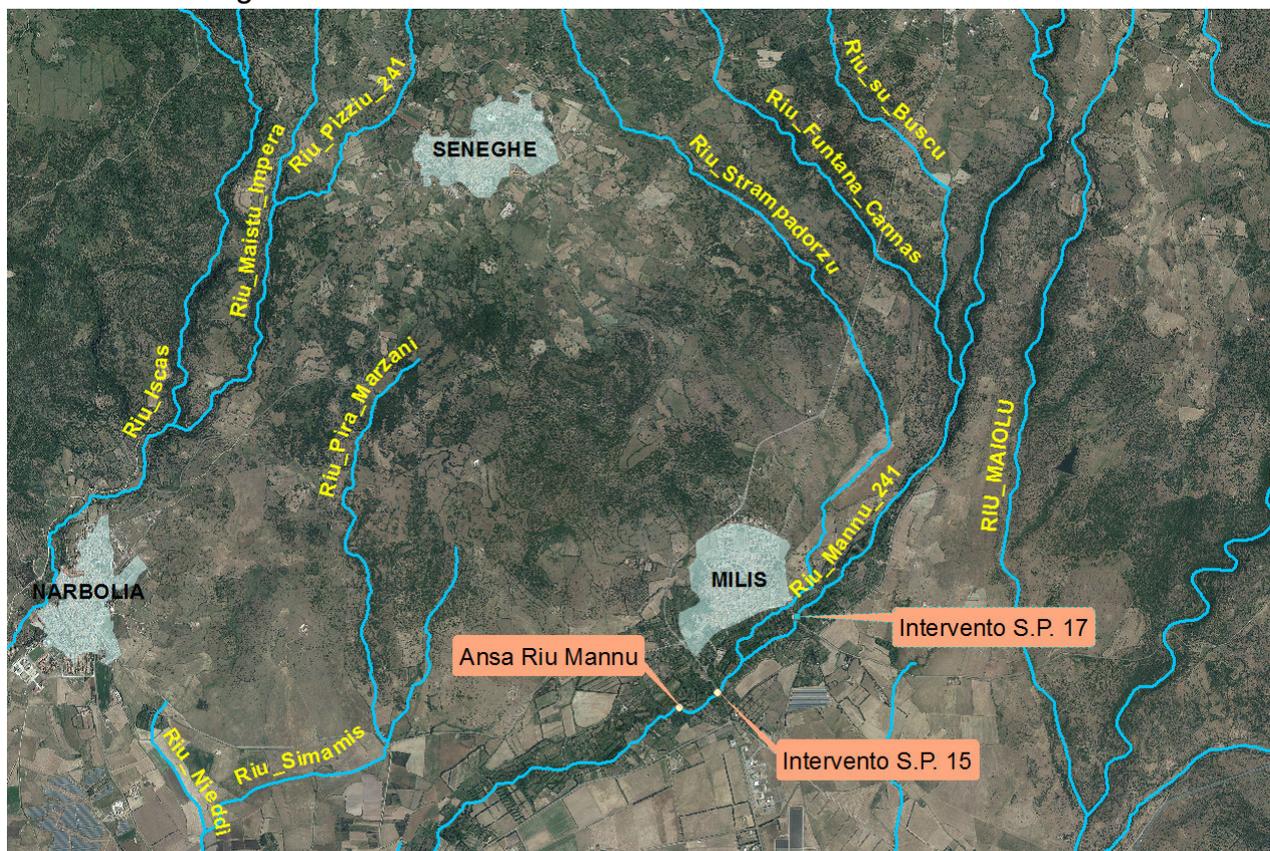


Figure 18: idrografia generale del settore

L'idrografia di dettaglio evidenzia una fitta rete di canali di drenaggio, talora artificiali, che hanno modificato in parte anche l'assetto originario. Parte della rete idrografica originaria, ha infatti subito notevoli variazioni a seguito della forte antropizzazione del territorio (ad esempio la viabilità provinciale di collegamento tra la S.P. 15 e 16), come il corso d'acqua denominato Fiume\_344323 e Fiume 343705.

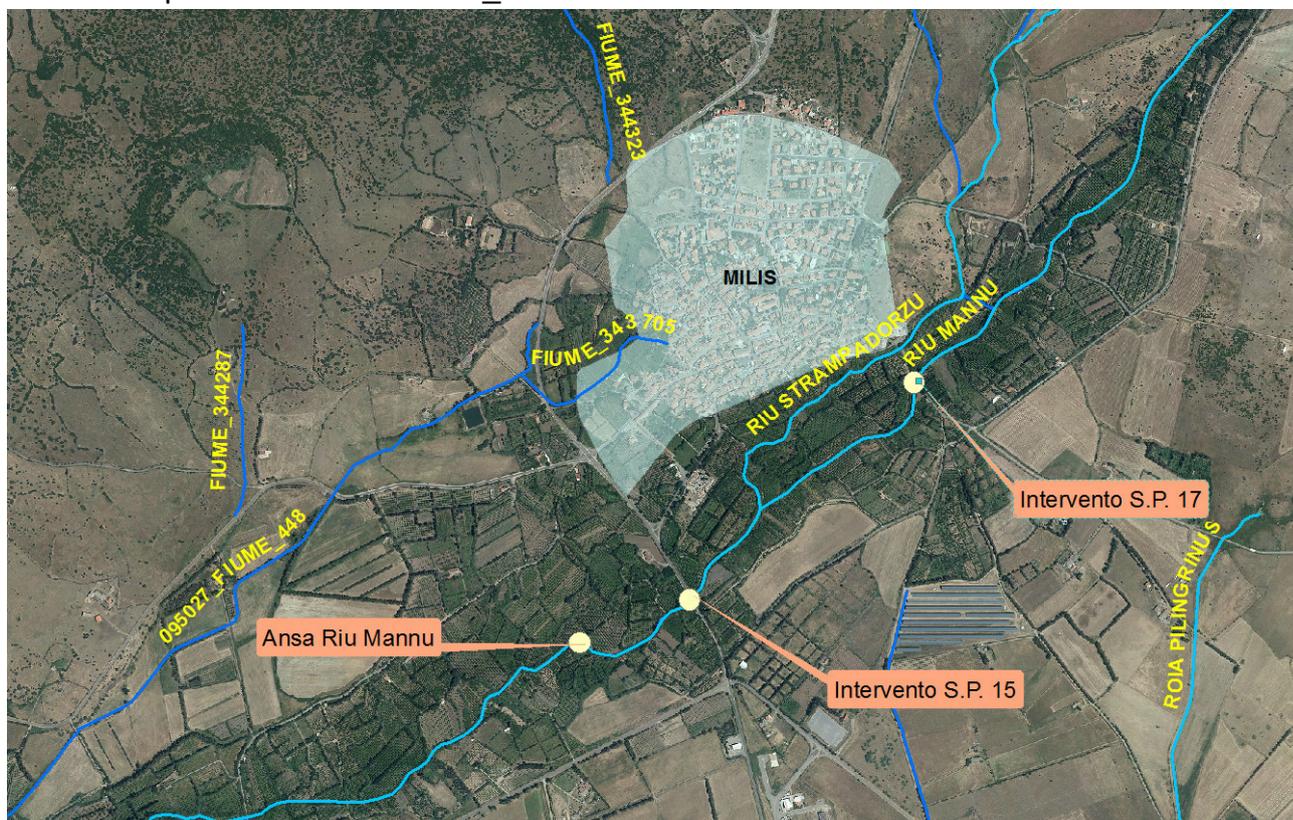


Figure 19. rete idrografica di dettaglio

Anche a ridosso della zona di intervento a valle dei ponti, si rilevano canalizzazioni (anche probabili vecchi meandri abbandonati) che manifestano deflusso in occasione delle precipitazioni e che con ogni probabilità sono drenati da opere di bonifica nel sottosuolo.

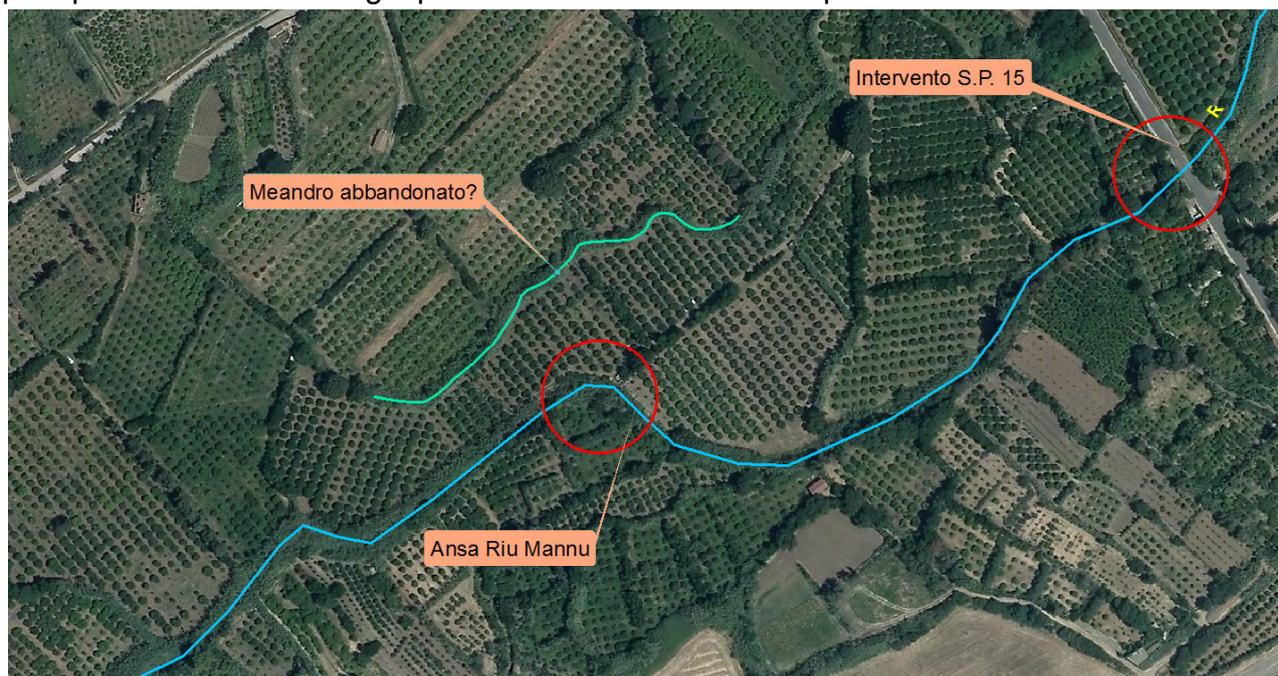


Figure 20: canalizzazione esistente a monte del Riu Mannu

Tutti i corsi d'acqua del settore presentano un andamento fortemente dipendente dall'entità delle precipitazioni e quindi carattere in genere torrentizio con piene durante le stagioni piovose e alveo pressochè asciutto durante le stagioni siccitose estive.

Per ciò che concerne le aree di intervento si osserva che nei tratti in cui saranno realizzate le opere non è stato possibile rilevare la presenza di opere di drenaggio fatta eccezione per l'intervento n. 15 dove si osserva comunque la canalizzazione in cls che permette in deflusso delle acque verso il Rio. Nel settore 3 di intervento (ansa in località Piscu Piu), per quanto rilevabile all'osservazione diretta, non si esclude che in fase di scavo possano rilevarsi antiche opere di drenaggio e bonifica in quanto si ritiene che tra il meandro abbandonato e il corso d'acqua, siano state realizzate comunque canalizzazioni e drenaggi di bonifica atti a migliorare le caratteristiche di permeabilità e drenaggio dei terreni. Tali opere sono comunque tali da non inficiare o compromettere la fattibilità delle opere previste che di per se stesse sono comunque permeabili e non causerebbero ostacoli ai deflussi idrogeologici provenienti da monte.

Per ciò che concerne l'idrologia sotterranea si osserva che il modello idrogeologico di riferimento è definito sulla base delle caratteristiche delle formazioni geologiche presenti in situ. Siamo in presenza di depositi che mostrano, dal punto di vista della permeabilità sia primaria che secondaria, caratteristiche differenti. In generale la parte scarsamente permeabile del bacino è costituita dal substrato vulcanico che si riscontra a profondità di qualche decina di metri così come attestano le perforazioni idriche di ricerca di falde profonde censite sul territorio (ad esempio il pozzo idropotabile presente a Nord-Ovest del paese che intercetta il substrato vulcanico ad una profondità di 20 metri al di sotto della copertura alluvionali e colluviale). Le facies vulcaniche hanno una permeabilità variabile che in genere è di tipo medio basso ma che varia in funzione delle tipologie: le vulcaniti basaltiche manifestano una permeabilità per fessurazione mentre le facies più clastiche hanno localmente anche una permeabilità per porosità che varia in funzione del grado di argillificazione dei componenti. In genere comunque la permeabilità è più elevata nei tipi meno saldati e scarsamente argillificati e diviene molto bassa laddove le litologie tendono ad argillificarsi.

Locali intercalazioni argillose nelle alluvioni terrazzate possono ugualmente costituire livelli impermeabili significativi ai fini della limitazione alla circolazione idrica sub-superficiale.

Le alluvioni grossolane e i colluvi si presentano in genere a permeabilità più elevata in quanto presentano localmente una forte concentrazione di scheletro ciottoloso e sabbioso grossolano in matrice scarsamente limosa. Tali depositi manifestano una permeabilità media per porosità. In funzione delle variazioni litologiche, considerato che inoltre per effetto delle infiltrazioni nelle zone collinari si ha una alimentazione delle zone alluvionali sottostanti, è quindi possibile l'intercettazione di una falda superficiale libera e conseguenti manifestazioni sorgentizie di contatto o di trabocco assimilabili a risorgive nelle fasce prospicienti l'apparato collinare (zona *Funtana Paramini*, *Funtana San Lussurgeddu*). La disponibilità idrica sub-superficiale connessa a tale falda nelle alluvioni è comunque testimoniata dalla presenza di numerosi pozzi freatici disposti nelle aree alluvionali. Qualsiasi scavo da eseguire nell'ambito delle opere in progetto sarà comunque eseguito con ogni probabilità, in presenza d'acqua e pertanto le relative verifiche di stabilità dovranno tenere in debito conto dell'interferenza della falda e delle oscillazioni della medesima.

## 4 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 4.1 Piano preventivo di indagine

Le indagini geognostiche e geofisiche sono state ottimizzate in funzione delle esigenze anche di natura geologica e sono state eseguite in conformità alla normativa (NTC, vigente all'atto di esecuzione delle indagini) che definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle loro prestazioni richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e di stabilità anche in caso di incendio e curabilità. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto e definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e più in generale trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Rispetto al piano preliminare delle indagini riportate nel progetto di fattibilità tecnica ed economica, a seguito della richiesta e concertazione con la stazione appaltante, sono state apportate modifiche successive che hanno ridimensionato il suddetto piano rimandando quindi alla fase successiva di attuazione delle opere l'eventuale integrazione delle medesime qualora si rendessero necessarie.

Pertanto il corretto quadro delle indagini preventivate è di seguito così riassunto:

a) Sondaggi meccanici: per la caratterizzazione litostratigrafica e tecnica dei terreni saranno utilizzati sondaggi meccanici a carotaggio continuo, seguendo la metodologia a rotazione con aste e carotiere semplice a circolazione diretta. Durante l'esecuzione della perforazione saranno eseguite prove penetrometriche dinamiche in situ tipo S.P.T., mediante campionatore "Raymond" (anche con punta chiusa, per terreni ghiaioso-ciottolosi), per la determinazione del grado di addensamento/consistenza, con descrizione del materiale recuperato, nonché, laddove possibile, il prelievo di campioni indisturbati. I campioni di terreno prelevati, sigillati con paraffina, devono riportare committente, riferimento, località, numero campione, numero sondaggio, profondità testa, profondità scarpa e data.

b) Prove di laboratorio: per la caratterizzazione fisica e meccanica dei terreni coesivi saranno condotte analisi geotecniche di laboratorio sui materiali indisturbati campionati durante le perforazioni. I test condotti permetteranno il riconoscimento sia delle caratteristiche fisiche, quali granulometria, contenuto d'acqua, peso di volume e limiti di Atterberg, sia dei parametri meccanici, come angolo di attrito interno drenato, coesione drenata e non drenata, compressibilità.

Di seguito il preventivo particolareggiato di indagine.

#### Intervento S.P. 17.

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità minima di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)
- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)
- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici
- Prove di laboratorio

#### Intervento S.P. 15.

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità media di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)

- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)
- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici
- Prove di laboratorio

**Intervento ansa fluviale.**

- n. 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con profondità di 8 metri
- n. 1 prova SPT (alla profondità di circa 1,50 metri dalla quota del letto dell'alveo)
- N. 1 prelievo di materiale di scavo (campione composito per analisi chimico – fisiche)
- N. 1 prelievo di campione indisturbato per analisi geotecniche
- N. 1 prelievo di campione semi-disturbato, per analisi e proprietà indici)
- Prove di laboratorio

Per ciò che concerne il prelievo delle terre, ai fini dell'analisi chimica, dovranno essere rispettate le prescrizioni e previsioni delle normative vigenti.

Di seguito il computo di riferimento

Articolo	Descrizione	Quantità	Prezzo unitario	Totale
Impianto cantiere	Impianto di cantiere per indagini geognostiche, 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 cadauno	1	830.57	830.57
Installazione attrezzatura per sondaggio	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 picchettazione a corpo, cadauno	3	242.91	728,73
perforazione	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 101 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	24	67.97	1.631,28

	singolo sondaggio; per le seguenti profondità, misurate a partire dal piano campagna, comprese tra: m 0,00 e m 20,00 – a metro lineare			
cassette	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	6	32.83	196.98
Camp. ind	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	3	60.53	181,59
Camp.riman.	Prelievo di campione rimaneggiato nel corso dell'esecuzione dei sondaggi, confezionato in doppi sacchetti di polietilene o in barattoli di plastica, o di spezzone di carota lapidea, inserito in un involucro rigido di protezione (tubo in PVC) e opportunamente sigillato con paraffina, compreso l'imballaggio e il trasporto al laboratorio geotecnico incaricato per lo svolgimento delle prove, per ogni campione rimaneggiato	3	10.49	31.47
SPT	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 da piano di campagna: da m 0,00 a m 20,00.	3	58.16	174.48
laboratorio	Apertura di campione cilindrico in fustella, calcolo degli indici e classificazione terre, determinazione parametri geotecnici delle terre, limiti di Atterberg, analisi granulometrica e prove di taglio a corpo su n. 6 campioni (le prove di taglio saranno eseguite laddove il campione lo permette o sulla frazione fine quando abbondante)	6	140,00	840,00
Analisi suoli	Analisi chimiche fisiche DPR 120/2017 sulle Terre e rocce da scavo, comprensivo dell'onere del campionamento. Per ogni campione	3	260,00	780,00
<b>Totale</b>				<b>5.395,10</b>

L'obiettivo principale del piano di indagine è stato:

- investigare la potenza, spessori, qualità dei materiali superficiali di impostazione delle opere
- investigare le caratteristiche stratigrafiche e geologico – geotecniche dei terreni di sedime;
- effettuare la caratterizzazione ambientale dei luoghi al fine del riutilizzo delle terre e rocce da scavo.

## 4.2 Indagini eseguite

La distribuzione delle indagini eseguite è di seguito riportata:



**Figure 21: distribuzione planimetrica dei sondaggi eseguiti**

Le indagini sono state svolte dalla ditta del Dott. Antonello Angius con sede in Via Italia 143 – 09134 Cagliari. Tutte le operazioni di indagini e campionamento sono state concordate con la direzione lavori che ha seguito direttamente il cantiere.

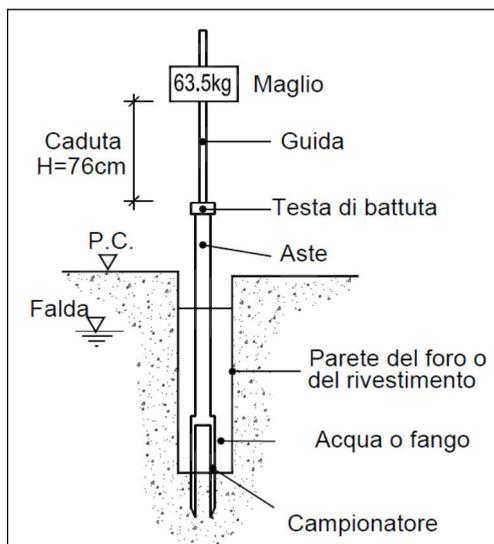
Riguardo le caratteristiche di indagine si evidenzia che l'attività di perforazione è stata eseguita mediante carotaggio continuo, ad andamento verticale e con diametro 101 mm e tubazione di rivestimento 127 mm. Le pareti del foro sono state sostenute mediante una tubazione di rivestimento provvisoria (camicia di acciaio), che è stata approfondita man mano che avanzava la perforazione. Le perforazioni sono state eseguite a secco. Le carote, riposte con cura in apposite cassette catalogatrici in pvc e sigillate, sono state conservate e rimarranno a disposizione per eventuali futuri rilievi. I dati dei sondaggi sono stati riportati negli appositi log stratigrafici nei quali sono stati indicati di diversi parametri di interesse.

Durante l'esecuzione delle perforazioni si è proceduto all'esecuzione di prove SPT in foro.

Le prove sono state eseguite seguendo le norme ASTM, mediante l'infissione a percussione del tubo campionatore determinando in contemporanea il numero di colpi (NSPT) necessari per infiggerla.

La battitura viene effettuata lasciando cadere un maglio del peso di 63.5 kg da un'altezza di 760 mm su una testa di battuta fissata alla sommità della batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il tubo campionatore. Il numero di colpi necessario ad ottenere una penetrazione del tubo successivamente alla sua penetrazione statica per effetto del peso ed una previa infissione dinamica di 150 mm (infissione preliminare) per il superamento della zona di maggior disturbo, viene assunto come resistenza penetrometrica ( $N_{SPT}$ ).

Nel seguito vengono riassunte le caratteristiche salienti dell'attrezzatura e le modalità di prova.



Il numero di colpi corrispondente all'avanzamento dei primi 15 cm. non viene utilizzato in quanto il terreno è potenzialmente disturbato dalle operazioni di carotaggio. Nei calcoli viene considerata la somma dei valori relativi ai due avanzamenti successivi ( $N_{spt}$ ). Se il numero di colpi per ogni avanzamento è superiore a 50, la prova viene conclusa (prova a rifiuto).

La prova S.P.T. consente l'immediata stima qualitativa della consistenza del terreno ed inoltre, attraverso delle correlazioni empiriche, fornisce una indicazione sul grado di addensamento dei terreni e sulla loro indeformabilità con determinazione dei parametri (per litotipi incoerenti) densità relativa (DR), l'angolo di

resistenza al taglio ( $\varphi'$ ) e la resistenza alla liquefazione ( $\tau' / \sigma'_{vo}$ ) dei terreni granulari; il modulo di taglio a piccole deformazioni ( $G_0$ ); la resistenza al taglio non drenata  $c_u$  di terreni a grana fine e rocce tenere. Nel proseguo saranno riportati i dati e si rimanda al report delle indagini prodotte dalla ditta appaltatrice delle medesime, per maggiori dettagli.

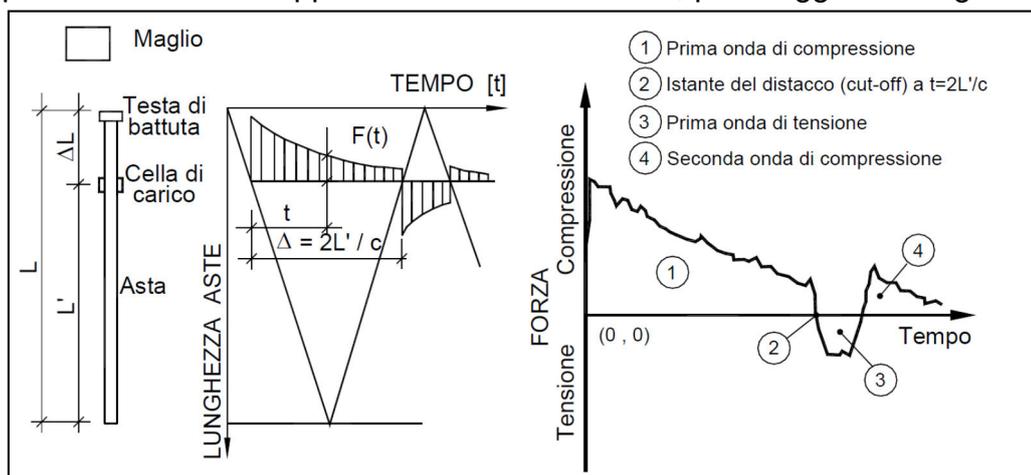


Figure 22: schema per la misura dell'energia trasmessa e tipica forma dell'onda misurata

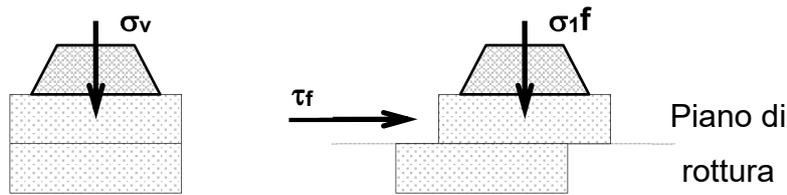
Oltre alle prove indicate, così come previsto nel piano indagine, sono state concordate con la D.L. le modalità di campionamento alla luce dell'andamento della perforazione.

Sono stati pertanto prelevati 3 campioni rimaneggiati e 2 campioni indisturbati sottoposti in laboratorio a prove di Classificazione CNR-UNI 10006 e di taglio. Le prove geotecniche sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico Geosystem (autorizzato da Ministero LL.PP.).

La prova di taglio consiste nel sottoporre il campione di terreno, opportunamente preparato, a due forze poste su piani ortogonali tra loro, una verticale e una di taglio o orizzontale. In particolare il campione è sottoposto ad una forza verticale costante  $\sigma_v$  (un carico) e uno sforzo di taglio orizzontale  $\tau$  che aumenta progressivamente fino alla rottura. Tutto è confinato in un cilindro in grado di dividersi in due sezioni traslanti su un piano orizzontale.

Alla rottura il valore che avrà raggiunto lo sforzo  $\tau$  sarà  $\tau_f$ , mentre  $\sigma_f = \sigma_v$  esercitata dal carico  $\perp$  al piano di rottura resterà in modo costante durante tutta la prova. In assenza di coesione la retta involucro passa per l'origine degli assi e per il punto di coordinate  $\sigma_f; \tau_f$ . Con tre prove, eseguite con carichi diversi, potrà essere definito il grafico dei tre punti

dell'involuppo che allineati all'origine degli assi danno la Retta Involuppo attendibile e di conseguenza l'angolo di attrito  $\phi$  del materiale.



Classificazione generale	Terre ghiaia - sabbiosa							Terre limo - argillose					Torbe e terre organiche palustri
	Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 $\leq$ 35%							Frazione passante al setaccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%					
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8
Sottogruppo	A1 a	A1 b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7						
Analisi granulometrica - Frazione passante al setaccio													
2 UNI 2332 %	$\leq$ 80												
0,4 UNI 2332 %	$\leq$ 30	$\leq$ 80	$\geq$ 80										
0,075 UNI 2332 %	$\leq$ 15	$\leq$ 25	$\leq$ 10	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	$\leq$ 35	
Caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	0			$\leq$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$>$ 40	$\leq$ 40	$\leq$ 40	$\leq$ 40	
Indice di plasticità	$\leq$ 6		N.P.	$\leq$ 10	$\leq$ 10max	$>$ 10	$>$ 10	$\leq$ 10	$\leq$ 10	$>$ 10	$>$ 10 (IP>LL30)	$>$ 10 (IP>LL30)	
Indice di gruppo	0		0	0		$\leq$ 4		$\leq$ 8	$\leq$ 12	$\leq$ 18	$\leq$ 20		
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo	ghiaia e breccia, sabbione, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane		Sabbia fine	ghiaia e sabbia limosa e argillosa				Limi poco compressibili	Limi fort. compressibili	Argille poco compressibili	Argille fort. compressibili med. plastiche	Argille fort. compressibili fort. plastiche	Torbe di recente o remota formazione e, detriti organici di origine palustre
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo	da eccellenti a buone							Da mediocre a scadente					Da scartare come sottofondo
Azione del gelo sulla qualità portanti del terreno di sottofondo	Nessuna o lieve			Media				media	elevata	Media	elevata	Media	
Ritiro o rigonfiamento	Nullo			Nullo o lieve				Lieve o media		elevato	elevato	molto elevato	
Permeabilità	Elevata			Media o scarsa					Scarsa o nulla				
Identificazione dei territori in sito	Facilmente individuabili a vista		Aspri al tatto incoerenti allo stato asciutto	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo - Aspri al tatto - Una tenacità media e elevata allo strato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova di scuotimento - Polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto - Non facilmente modellabili allo stato umido		Non reagiscono alla prova di scuotimento - Tenaci allo stato asciutto - Facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrosi di colore bruno a nero - facilmente individuabili a vista

Figure 23: UNI 10006

### 4.3 Risultati delle indagini

Di seguito le risultanze delle perforazioni a carotaggio continuo.

Sono riportati i log stratigrafici che evidenziano la presenza quasi omogenea di depositi alluvionali grossolani che nel caso del sondaggio S1 si spingono sino a fine foro con percentuali più o meno sabbiose e che nel caso del Sondaggio S2 ed S3 presenta uno spessore di circa 5 metri per poi essere sostituito in profondità da argille detritiche consistente. Tali argille sono visibili e distinguibili anche nelle fotografie allegate riportate poco più sotto, che evidenziano come nei sondaggi S3 ed S4 si abbia un substrato argilloso.

**SISTEMAZIONE RIO MULINO DE JOSSO – MILIS**

Committente <b>Consorzio di Bonifica Oristano</b>		Profondità raggiunta <b>-8.00</b>	Quota Ass. P.C.	Certificato n° <b>1</b>	Pagina <b>1</b>	
Operatore <b>P. Salis</b>		Indagine <b>Geognostica</b>	Cantiere <b>Rio Molino de Josso - Milis</b>		Inizio/Fine Esecuzione <b>21-22/06/2018</b>	
Responsabile <b>Dott. Geol. A. Angius</b>		Sondaggio <b>S 1</b>	Tipo Carotaggio <b>RCC</b>		Coordinate X Y	
			Tipo Sonda <b>MASSENZA M12</b>			

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.C.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test Kg/cmq	Vane Test Kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Terreno di riporto: clasti, blocchi e sabbia, asciutto, da grigio a beige, moderatamente addensato.	0.80							
2		Blocchi eterometrici sino a pluridecimentrici prevalentemente di basalto e ghiaia ciottolosa.								
3		Ghiaia e sabbia con poca matrice sabbioso-limosa e blocchi eterometrici e poligenici sino a pluridecimentrici, moderatamente addensato.	2.50							
4										
5					18-36-50=3 cm					
6					5.00 PC					
7										
			8.00							

<p>Campioni: S-Firelli Sottili, O-Osterberg, M-Master, R-Rimanezzati, Ri-Rimanezzati da SPT                  Perforazione: CS-Cantiere Semplice, CD-Cantiere Doppio, EC-Elica Continua                  Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa                  Carotaggio: RCC</p>	<p>SS16A/MASSENZA M12</p> <p>Responsabile</p>
--	---

**Figure 24: sondaggio S1 presso S.P. 17**

SISTEMAZIONE RIO MULINO DE JOSSO – MILIS

Committente <b>Consorzio di Bonifica Oristano</b>		Profondità raggiunta <b>-8.00</b>	Quota Ass. P.C. 	Certificato n° <b>2</b>	Pagina <b>1</b>					
Operatore <b>P. Salis</b>		Indagine <b>Geognostica</b>	Cantiere <b>Rio Molino de Josso - Milis</b>		Inizio/Fine Esecuzione <b>22/06/2018</b>					
Responsabile <b>Dott. Geol. A. Angius</b>		Sondaggio <b>S 2</b>	Tipo Carotaggio <b>RCC</b>	Tipo Sonda <b>MASSENZA MI2</b>	Coordinate X Y					
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T.	Pocket Test Kg/cmq	Vane Test Kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
		Terreno di riporto: ghiaia, sabbia e blocchi, asciutto, da grigio a beige, moderatamente addensato.	0.50					0.00		
1		Blocchi, ghiaia e sabbia con poca matrice sabbioso-limosa, da marrone a bruno, da moderatamente addensato ad addensato.								
2										
3										
4			4.30							
5		Argilla detritica da sabbiosa a microciottolosa, da consistente a dura, marrone-rossastra.								
6					18-35-48					
7					5.40 PC					
			8.00							
<small>                 Campioni: S-Fianco Sotto, O-Osterberg, M-Master, R-Rimaneggiato, Ri-Rimaneggiato da SPT                  Perforazioni: C-Cantiera Semplata, CD-Cantiera Doppia, EC-Elva Continua                  Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa                  Carotaggio: RCC             </small>										
<small>                 Sonda MASSENZA MI2                  Responsabile             </small>										

Figure 25: sondaggio S2 presso la S.P. 15

Committente <b>Consorzio di Bonifica Oristano</b>		Profondità raggiunta <b>-8.00</b>	Quota Ass. P.C.	Certificato n° <b>3</b>	Pagina <b>1</b>					
Operatore <b>P. Salis</b>		Indagine <b>Geognostica</b>	Cantiere <b>Rio Molino de Josso - Milis</b>		Inizio/Fine Esecuzione <b>25/06/2018</b>					
Responsabile <b>Dott. Geol. A. Angius</b>		Sondaggio <b>S 3</b>	Tipo Carotaggio <b>RCC</b>		Tipo Sonda <b>MASSENZA M12</b>		Coordinate X Y			
Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.C.D.	S.P.T.	Pocket Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Falda
1		Suolo sabbioso-limoso, marrone, asciutto.	1.10							
2		Ghiaia e sabbia con blocchi sino a pluridecimentrici, prevalentemente di basalto, marrone, moderatamente addensato.								
3										
4										
5		Argilla limosa e sabbiosa con qualche ciottolo, molto consistente, rossiccia.	4.80							
6						16-34-44				
7						6.05 PC				
			8.00							
<p>Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Master, R-Rimaneggiato, Ro-Rimaneggiato da SPT                  Perforazione: CD-Candiere Semplice, CD-Candiere Doppio, EC-Elica Continua                  Prose SPT 206-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa                  Carotaggio RCC</p> <p style="text-align: right;">MASSENZA M12 Responsabile</p>										

Figure 26: sondaggio S3 - ansa Rio Mannu

Di seguito il foto - posizionamento dei sondaggi e delle risultanze della perforazione.



Figure 27: sondaggio S1



Figure 28: Sondaggio S2



Figure 29: sondaggio S3

## Risultati delle prove SPT

Come già detto sono state eseguite n. 3 prove penetrometriche in foro. Compatibilmente con le caratteristiche granulometriche dei terreni intercettati, le prove sono state eseguite nel totale rispetto delle normative tecniche.

I risultati delle prove sono indicati nelle colonne stratigrafiche e riassunti nella seguente tabella.

Sondaggio	Prof. dal p.c. (m)	N <sub>SPT x 15 cm</sub>	N <sub>SPT</sub>	Litotipo
S1	-5.00	16-36-50=3 cm	Rif.	Ghiaia e sabbia limosa
S2	-5.40	18-35-48	83	Argilla limoso-sabbiosa con ciottoli
S3	-6.05	16-34-44	78	Argilla debolmente sabbiosa con microciottoli

Da quanto emerge, rimandando ogni considerazione in merito al modello geotecnico, si osserva che i valori delle resistenze ottenute dalle prove SPT eseguite in corrispondenza del livello ghiaioso – sabbioso e di quello argilloso, sono risultati sostanzialmente omogenei e rispettivamente tipici di un terreno incoerente fortemente addensato e caratterizzato da angoli di attrito superiori, nella stragrande maggioranza dei casi, ai 40° e di un terreno estremamente compatto con  $C_u > 2.0$ .

## Risultati delle prove geotecniche

Nel corso dei sondaggi sono stati prelevati 3 campioni rimaneggiati e 2 campioni indisturbati, sottoposti in laboratorio a prove di Classificazione CNR-UNI 10006 e di taglio. Le prove geotecniche sono state eseguite presso il laboratorio geotecnico Geosystem (autorizzato da Ministero LL.PP.). I risultati sono riassunti nella tabella seguente e nei certificati allegati.

Sond.	Prof. camp. e tipo	LL, LP, IP, CLASS.	Descrizione	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )	W%	C' (kPa)	$\varphi$
1	5.80 – 7.80 Rimaneggiato	23, 20, 3, A2-4	Ghiaia e blocchi con argilla sabbia e limo				
2	3.50 – 4.30 Rimaneggiato	35, 22, 13, A2-6	Ghiaia e blocchi con argilla limo e sabbia				
3	5.00 – 5.60 Rimaneggiato	39, 23, 16, A6	Argilla limosa debolmente sabbiosa e ghiaiosa				
2	6.05 – 6.40 Indisturbato		Argilla limosa consistente	2,065	21	47,8	22.9°
3	5.60 – 5.85 Indisturbato		Argilla limosa consistente con qualche ciottolo	1,945	25	31,4	30.2°



**GEOSYSTEM**

Del Dott. Geol. G.B. Demontis

ZONA INDUSTRIALE LOC. "PILL'E MATTA"  
09044 QUARTUCCIU (CA)

TEL/FAX 070852509-070852424 - www.geosystem.ca.it  
email: geosystemca@yahoo.it - pec: geosystem@pec.it

LABORATORIO AUTORIZZATO ALL'ESECUZIONE DI:  
PROVE SU MATERIALI DA COSTRUZIONE SETTORE A  
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001  
CIRCOLARE N.7817/517 C DEL 08/02/2010  
AUT. MINISTERO N.54513 DEL 18/12/2005  
PROVE SUI TERRENI SETTORE A  
DI CUI ALL'ART. 59 DEL D.P.R. N.380/2001  
CIRCOLARE N.7818/STC DEL 08/09/2010  
AUT. MINISTERO N.52487 DEL 11/10/2004  
CONTROLLI NON DISTRUTTIVI SU CALCESTRUZZO  
CERTIFICAZIONE UNI EN ISO 9712  
REGOLAMENTO IT-IND-REG-02, NDT, CIV  
LABORATORIO CERTIFICATO ISO 9001  
CERT. N.IT 11/0996 ISO 9001/AN IN ISO 9001:2008

V.D.A. N° 4425-1 DEL 29/06/2018

COMMITTENTE Ditta Dott. Antonello Angius

CANTIERE Rio Mulino de Josso - Milis (C.B.O.)

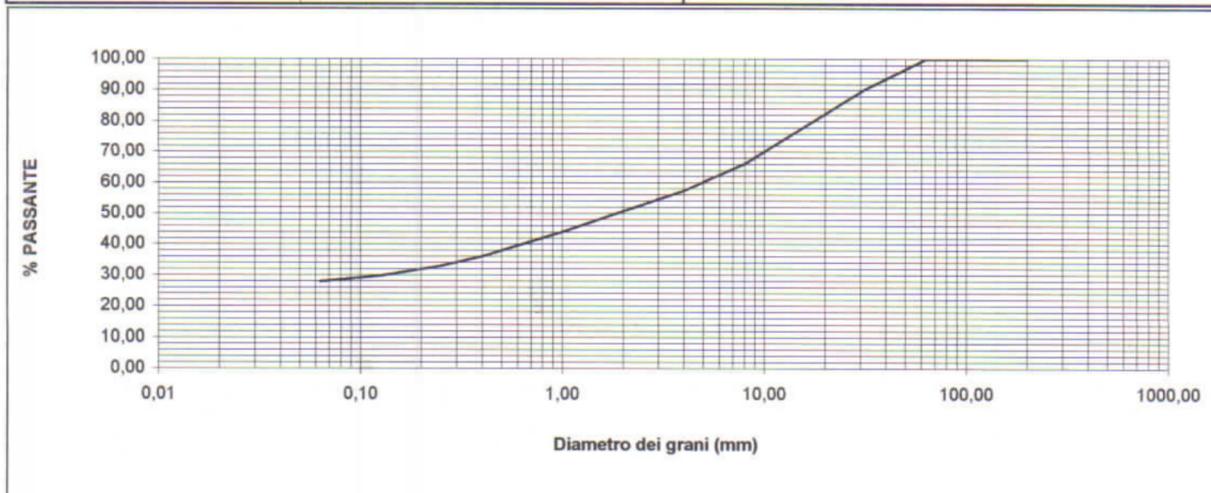
CAMPIONE S1 (5,80-7,80)m PROTOCOLLO \

UBICAZIONE \

DATA PRELIEVO 25/06/2018 DATA PROVA 04/07/2018

CERTIFICATO N. 035696 DEL 12 LUG 2018

ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA UNI EN 933-1		LIMITI DI ATTERBERG UNI CEN ISO/TS 17892-12	
SETACCI (mm)	PASSANTE %	LIMITE LIQUIDO (%)	
200,0	100,00	LIMITE PLASTICO (%)	23
150,0	100,00	INDICE PLASTICO	20
125,0	100,00	INDICE DI GRUPPO	3
100,0	100,00	CLASS.UNI EN 11531-1	0
63,0	100,00		A2-4
31,5	90,30		
16,0	78,42		
8,0	66,11		
4,0	57,40		
2,0	50,77		
1,0	43,89		
0,4	36,08		
0,25	32,92		
0,125	29,68		
0,063	27,85		



NOTE: Campione consegnato a cura del Committente.

LO SPERIMENTATORE  
*[Signature]*

IL DIRETTORE  
Dott. Geol. Guido Demontis

C.C.I.A.A. CAGLIARI 52034 – CODICE FISCALE DMN GNN 64D15 B354K - PARTITA IVA 01588890929