



Comune di Tertenia

Provincia di Nuoro

Regione Sardegna



INTERVENTI DI DIFESA DA RISCHIO IDROGEOLOGICO
NEL COMUNE DI TERTENIA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

OGGETTO

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

TIMBRI E FIRME

SRIA
s.r.l.

STUDIO ROSSO
INGEGNERI ASSOCIATI

VIA ROSOLINO PILO N. 11 - 10143 - TORINO
VIA IS MAGLIAS N. 178 - 09122 - CAGLIARI
TEL. +39 011 43 77 242
studiorosso@legalmail.it
info@sria.it
www.sria.it

CONTROLLO QUALITA'

DESCRIZIONE	EMISSIONE	REV.02
DATA	SET/2023	DIC/2023
COD. LAVORO	502/SR	502/SR
TIPOL. LAVORO	P	P
SETTORE	G	G
N. ATTIVITA'	01	01
TIPOL. ELAB.	RG	RG
TIPOL. DOC.	E	E
ID ELABORATO	01	01
VERSIONE	0	2

REDATTO

ing. Gianluca COLOMBO

CONTROLLATO

ing. Mirko TONDI

APPROVATO

ing. Luca DEMURTAS

ELABORATO

P.1.1



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	3
2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	4
2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO - PLUVIOMETRICO	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....	8
3.1 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI	8
3.2 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE	9
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN STUDIO	9
4. QUADRO CONOSCITIVO ALLA BASE DELLA PROGETTAZIONE	10
4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI E FOTOGRAMMETRICI.....	10
4.2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO	14
4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE PROBLEMATICHE E CRITICITÀ.....	18
4.4 OBIETTIVI E FINALITÀ DELL'INTERVENTO SULLA BASE DEL D.I.P.	21
5. SINTESI E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	22
5.1 SINTESI DELL'ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI ESPOSTE NEL DOC.F.A.P.	22
5.1.1 <i>Alternative progettuali per gli interventi sul rio Funtana 'e s'i</i>	22
5.1.2 <i>Alternative progettuali per gli interventi sul rio Funtana Manna</i>	23
5.2 SINTESI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	25
5.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	27
5.3.1 <i>Funtana Manna - Opere di sostegno del versante e di trattenuta del materiale solido a monte del tratto tombato</i>	27
5.3.2 <i>Funtana 'E S'i – Sistemazione idraulica e opere di sostegno del versante</i>	31
5.4 CRONOPROGRAMMA STIMATO DELLE FASI ATTUATIVE	33
6. INTERFERENZE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO.....	34
6.1 SOTTOSERVIZI ESISTENTI	34
6.2 REGIME IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA	36
7. ASPETTI AUTORIZZATIVI E DI VINCOLO TERRITORIALE.....	37
7.1 SINTESI DEI VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI.....	37
7.2 AUTORIZZAZIONE ARCHEOLOGICA.....	37
7.3 VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE	38
8. PIANO DI MANUTENZIONE E MONITORAGGIO DELLE OPERE IN PROGETTO	39
8.1 MONITORAGGIO E CONTROLLI REGOLARI.....	39
8.2 MANUTENZIONE ORDINARIA.....	40
8.1 MANUTENZIONE STRAORDINARIA	40
8.2 ACCESSIBILITÀ DELLE AREE.....	40
9. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA DEGLI INTERVENTI	42
9.1 SINTESI DELLE FONTI DI FINANZIAMENTO DISPONIBILI.....	43



1. PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione illustrativa relativa al Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica predisposto dagli Scriventi in merito ai lavori per *"Interventi di difesa da rischio idrogeologico nel Comune di Tertenia (NU)"* ed è volto alla mitigazione del rischio idrogeologico di un'area a monte del centro abitato.

Il progetto è stato affidato dal Coordinatore dell'Ufficio di supporto del Commissario di Governo per il contrasto del dissesto idrogeologico al raggruppamento Studio Rosso Ingegneri Associati S.r.l. e Opere Geotecniche S.r.l., con Determinazione n. 23 prot. N. 1963 del 25/10/2021, con convenzione sottoscritta tra gli scriventi e il Commissario in modalità elettronica in data 03/05/2022.

L'area oggetto di studio è individuata sui versanti prospicienti l'abitato di Tertenia ricompresi tra i Canali Funtana 'E Si e Funtana Manna, soggetta a dissesti per la presenza lungo i versanti di materiali detritici amovibili in occasione di precipitazioni intense, e alla mancata regimazione idraulica dei bacini idrografici in esame.

Il presente elaborato si articola con un inquadramento dell'area in esame dal punto di vista geografico, meteorologico, idrologico-idraulico, geologico e geomorfologico, mettendo in evidenza il contesto territoriale per il quale si intende intervenire.

Successivamente vengono analizzati i vincoli territoriali ed ambientali per la corretta valutazione degli interventi progettuali discussi nel seguito della trattazione.

A tale base conoscitiva si riportano le sintesi degli studi di dettaglio geomorfologici e idraulici, predisposti con la definizione di un quadro conoscitivo dettagliato; in particolare sono stati eseguiti rilevi topografici di dettaglio lungo l'asta del Funtana 'e Si e Funtana Manna e predisposte analisi idrologiche, idrauliche e geotecniche delle quali si discute nei relativi elaborati specialistici ai quali si rimanda per approfondimenti in merito.

È stato effettuato un confronto con lo Studio di Compatibilità Idraulica e Idrogeologica previsto dalle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna (NdA – art. 4 comma 6), realizzato a cura dall'Amministrazione Comunale in sede di adeguamento del PUC e degli altri strumenti urbanistici, ove sono recepite le prescrizioni del Piano Urbanistico Provinciale e del Piano Paesaggistico Regionale in materia di difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico il quale presenta un'analisi idrologica ed idraulica su uno dei due bacini idrografici in analisi nel presente progetto, il rio Funtana Manna.

Gli interventi proposti risultano funzionali a:

- ✓ mitigare il rischio idrogeologico sul centro abitato di Tertenia per le piene dei rii in analisi ed in particolare gli interventi sono volti alla trattenuta del materiale solido trasportato dalla corrente o dilavato lungo i versanti, evitando in particolare che tale materiale possa determinare ostruzioni in sezioni strategiche per il corretto convogliamento delle acque meteoriche (porzione tombata esistente per entrambi i rii);
- ✓ migliorare la regimazione idraulica dei corsi d'acqua oggetto di indagine, mediante interventi di corazzamento del fondo alveo (per il rio Funtana 'E Si") e sistemazione delle sponde e dei versanti per prevenirne l'erosione (in ambo gli impluvi).



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Tertenia è il paese più meridionale dell'Ogliastra, regione storico-geografica situata nella Sardegna centro-orientale. Si trova ai piedi del monte Giuilèa, lungo la valle del Quirra, conta oltre 3800 abitanti e ha una quota media di 121 metri sul livello del mare. Il suo territorio si estende per circa 117 km², e confina a nord e ovest con i comuni di Gairo, Osini, Jerzu e Ulassai, a sud con le isole amministrative di Osini, Loceri, Lanusei mentre a est è limitato dal Tirreno con 12 km di costa.

La valle del Quirra comprende una piana alluvionale di depositi del quaternario, provenienti dalle diverse alture circostanti, con suoli adatti a svariate culture. Il corso d'acqua principale è il rio omonimo, con gli affluenti Corongiu, Su Santu, e Baccu Longu, e taglia il territorio in direzione nord-sud.

L'abitato di Tertenia si sviluppa ai piedi della fascia di pendio in sponda destra del rio Quirra intersecando alcuni bacini scolanti di moderata estensione ed i relativi compluvi i quali attraversano l'abitato in direzione Ovest-Est per poi sversarsi nel rio Quirra.

Le aree interessate dal progetto sono relative a due dei suddetti compluvi di alcuni canali interni al centro urbano, in relazione alla pericolosità idraulica potenziale che possiedono nei confronti degli edifici e degli abitanti, in particolare si prevedono interventi sul bacino del rio Funtana Manna e rio Funtana Essi (cfr. Figura 1).

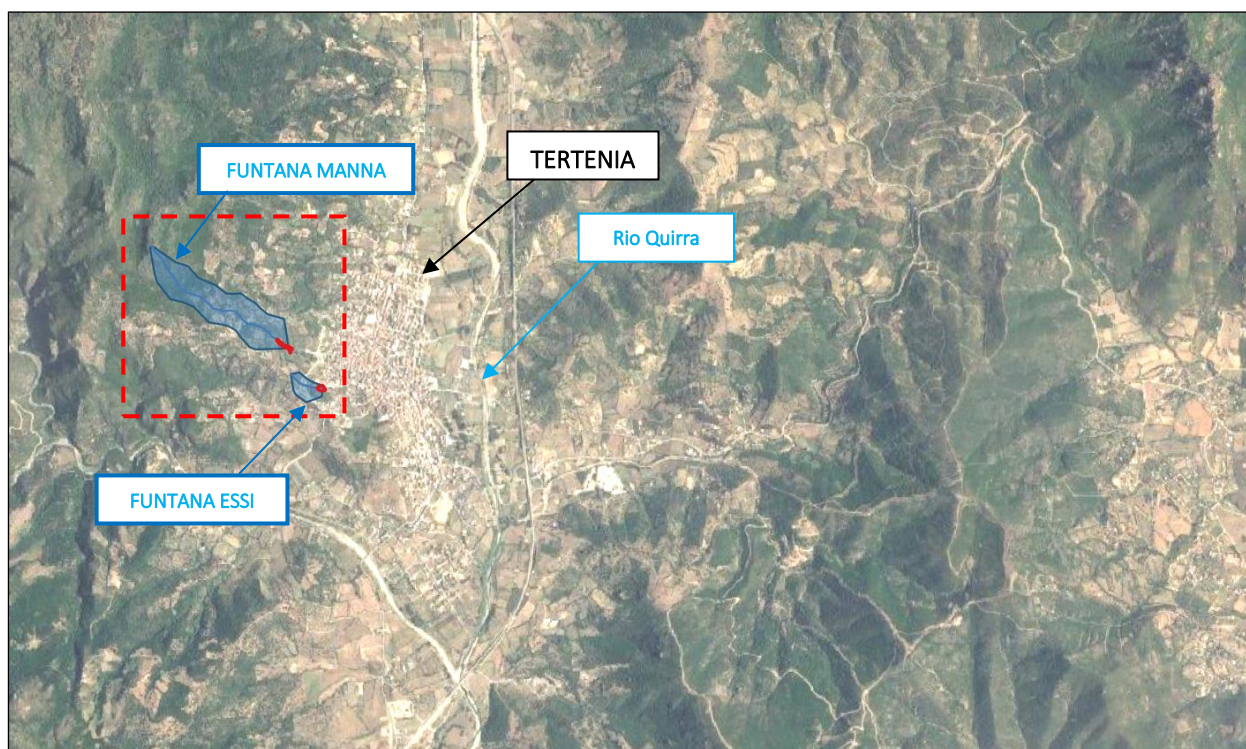


Figura 1 – Inquadramento geografico dell'area di intervento lungo il bacino Funtana Manna e Funtana Essi.



2.2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

I bacini oggetto di intervento sono affluenti del Rio Quirra, denominato anche **Flumini Durci** per il toponomino del tratto focivo, i quali appartengono al **Sub Bacino 06 Sud Orientale** - bacino idrografico dei rii minori tra il Cedrino e il Flumendosa.

In particolare, le aree di intervento evidenziate in arancio in Figura 3, fanno riferimento a due distinti bacini:

- Rio Funtana Manna;
- Rio Funtana Essi.

Cartograficamente la porzione dei bacini idrografici interessati dagli interventi in progetto è individuata:

- nelle Tavole 541 sez. I "Jerzu" e 541 sez. II "Tertenia" della Cartografia dell'Istituto Geografico militare in scala 1:25.000;
- nelle Sezioni n. 541 - 070 "Monte Arbu" della Cartografia Tecnica Regionale e DBGT in scala 1: 10.000;
- al foglio 541 "Jerzu" della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000.



Figura 2 – Inquadramento territoriale generale e vista aerea dei bacini idrografici oggetto di analisi.

Entrambi i canali presentano un tratto tombato, più o meno lungo, nel tronco interessato dal passaggio attraverso l'abitato.

Le aree di intervento sono relative alle aree a monte dei suddetti tratti (quindi aree a cielo aperto).

In particolare, il canale Funtana Manna risulta regimato artificialmente nel tratto a valle della Chiesa di Santa Sofia con sezione "ad U" interamente rivestita in malta e pietrame di dimensioni nette $L = 2,0$ m e $H = 1,6$ m.



Lungo lo sviluppo di tale tratto, è stato realizzato un canale diversivo atto a deviare la portata in arrivo al di fuori del bacino idrografico di competenza allontanando le acque dal centro abitato.

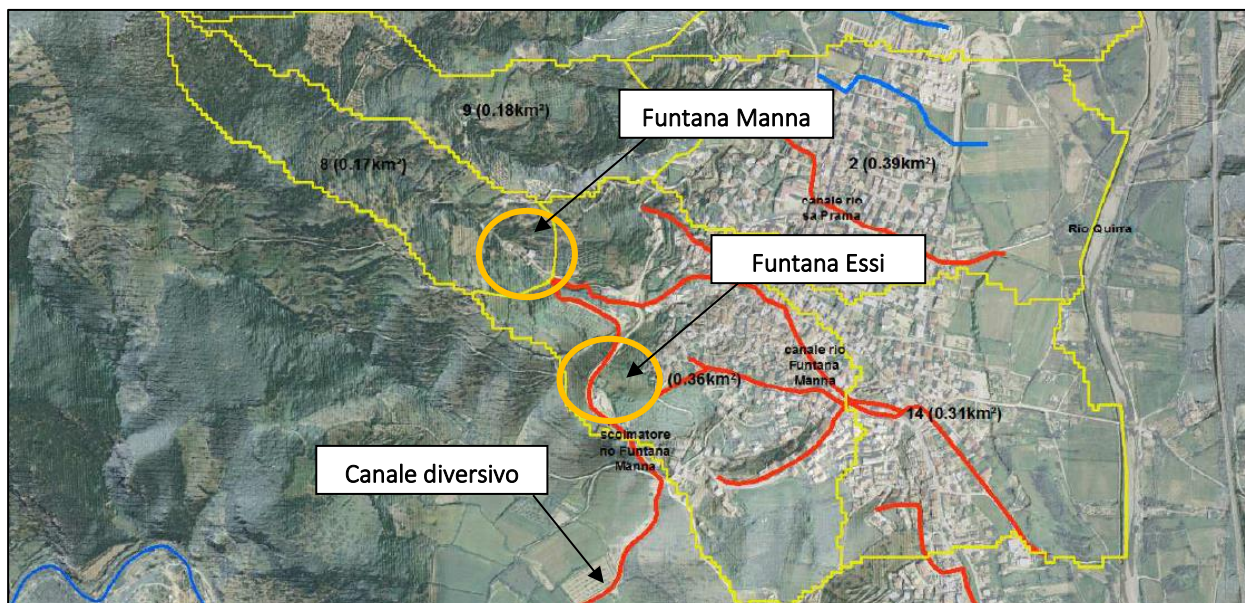


Figura 3 – Disposizione dei canali interno al centro abitato e bacini sottesi; in arancione le aree di intervento.

Il rio Funtana Essi defluisce invece in alveo naturale inciso naturalmente dall'azione dell'acqua senza adeguamenti della sezione effettuati ad opera antropica. Il bacino idrografico ricade all'interno di un'area caratterizzata da versanti acclivi con pericolo di erosione, dilavamento di materiale e frane, area classificata dal P.A.I. a rischio RG3.

Nel seguito della trattazione (cfr. 4.3) verranno analizzati con maggiore dettaglio le problematiche e le cause del dissesto afferente al rischio idrogeologico relativo ai due bacini idrografici oggetto di intervento.



Figura 4 – A sinistra l'alveo del rio Funtana Manna con canale "ad U" rivestito in malta e pietrame e folta vegetazione arbustiva, a destra sezione naturale appena a monte del pozzetto di imbocco del rio Funata Essi.



2.3 INQUADRAMENTO CLIMATICO - PLUVIOMETRICO

Nel quadro climatico generale, è oltremodo considerato importante valutare la posizione della Sardegna in rapporto alle traiettorie dei cicloni e delle masse d'aria, i cui spostamenti stagionali determinano i tipi di tempo caratteristici del Mediterraneo occidentale. Nel caso di Tertenia, l'esposizione dei rilievi ben individuabili a ovest dell'abitato siano di una certa importanza come altitudine e come esposizione (quote massime di circa 700 m).

L'andamento annuo della temperatura dell'aria in Sardegna non presenta caratteri originali rispetto a quello di altri paesi mediterranei. L'Isola risente appieno dell'evoluzione termica delle acque del Mediterraneo che, raggiungendo la temperatura massima nelle prime settimane dell'autunno e la minima in primavera, temperano i freddi dell'inverno e mitigano i calori estivi. L'elevata temperatura della stagione invernale è la caratteristica più importante del clima: l'isoterma 10 °C in gennaio che taglia l'estremità di tutte le grandi penisole mediterranee, tocca pure la parte meridionale della Sardegna. In estate la temperatura è elevata e nei mesi di luglio e agosto tutta la Sardegna meridionale si trova compresa entro l'isoterma di 25 °C. Le temperature estive, nelle contrade costiere della Sardegna, eguagliano quelle si registrano nella Penisola.

Le precipitazioni in Sardegna sono costituite quasi esclusivamente dalle piogge cicloniche che le depressioni barometriche apportano al loro passaggio; si verificano pertanto quando l'isola è interessata da tali perturbazioni, con punte massime nei periodi in cui le traiettorie cicloniche presentano la maggior frequenza lungo il 40° parallelo. La Sardegna si trova sulla traiettoria dei cicloni una prima volta tra la fine dell'autunno e l'inizio dell'inverno (prima fase delle precipitazioni) ed una seconda volta tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera (seconda fase).

La piovosità presenta le seguenti caratteristiche generali: notevoli scarti dalla media nei singoli totali annui, elevato indice di intensità, irregolare distribuzione stagionale. Gli scostamenti dalla media sono tali che la quantità di pioggia di qualche anno può superare il doppio della media o esserne inferiore della metà. Se scostamenti di tale entità non sono frequenti, scarti del 25% e del 30% si verificano in tutte le località e devono essere considerati come normali per il regime pluviometrico della Sardegna.

Dalla distribuzione spaziale media delle piogge nell'intera superficie risulta chiaro il contrasto fra le zone orientali e quelle occidentali. Nel versante occidentale un'ampia zona con piovosità inferiore ad 1 m all'anno si allunga da Nord a Sud, nel settore orientale in corrispondenza del Gennargentu si registrano invece livelli di piovosità compresi tra un metro e un metro e mezzo l'anno, ed un'ampia fascia con piovosità pari a circa 1 m l'anno, che comprende anche il bacino del rio Quirra, posto a sud del massiccio del Gennargentu.

Poiché l'apporto delle precipitazioni non presenta apprezzabili aumenti tra i 500 e gli 800 m di altitudine, una notevole estensione presentano le zone comprese tra le isoiete di 750 e 1000 m. La stazione pluviometrica più vicina alla zona in esame è quella di Tertenia posta a quota 139 m s.l.m., la cui media annua delle precipitazioni è pari a 871 mm. Nel mese di settembre si verificano in media 49 mm di pioggia, che aumentano sensibilmente nei mesi di ottobre e novembre sino al mese di dicembre, mediamente il mese più piovoso con 144 mm. A gennaio si assiste solitamente a una brusca diminuzione delle precipitazioni (104 mm) con in genere una leggera ripresa



in marzo, per poi diminuire gradualmente durante la primavera, l'estate è caratterizzata da assenza quasi totale delle precipitazioni, con la raggiunta del valore minimo nel mese di luglio che risulta quindi il mese più secco.

L'analisi dei dati pluviometrici nei diversi anni evidenzia una estrema variabilità dell'andamento delle piogge sia mensili sia annuali. L'area quindi si colloca perfettamente in un regime climatico di tipo mediterraneo. In generale, l'intensità oraria delle precipitazioni raggiunge in Sardegna punte ragguardevoli, legata al fatto che le precipitazioni sono spesso provocate da perturbazioni del fronte mediterraneo che si abbattano sulla Sardegna accompagnate da venti assai forti e le precipitazioni, generalmente in relazione col fronte freddo, hanno perciò carattere temporalesco e durata relativamente breve.

Piogge violente a carattere di rovesci sono frequenti soprattutto nella prima fase della stagione piovosa (ottobre), quando possono verificarsi dei nubifragi, che in poche ore danno non di rado 100-150 mm di pioggia (167 mm in un'ora, a Tertenia il 22 ottobre 2008). In molti degli eventi estremi verificatisi in passato, le precipitazioni hanno ivi raggiunto in pochi giorni valori comparabili con le medie mensili o annuali (come nell'ottobre 1951), eccezionali anche per estensione oltre che per la violenza dei fenomeni.



3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 CARATTERI GEOLOGICI GENERALI

Il territorio in cui ricade il centro abitato di Tertenia è litologicamente rappresentato, in ordine cronologico dal più antico al più recente, dal substrato paleozoico, costituito da scisti e porfidi granitici, su cui poggia la copertura calcareo - dolomitica del mesozoico (Tacco di Tertenia) affiorante sulla sommità dei rilievi soprastanti l'abitato; lungo i versanti si rinvencono i detriti di falda e nel fondo valle i sedimenti alluvionali del quaternario antico e recente.

Il **basamento metamorfico Paleozoico**, largamente diffuso, è costituito da una successione terrigena potente, afferente a delle unità litostratigrafiche alloctone, trasposte e variate nei loro caratteri originari durante la fase orogenetica ercinica, che si presenta in affioramento molto fratturato e localmente intensamente alterato, in funzione della natura mineralogica e petrografica dei sedimenti. In particolare, esso viene distinto in:

- Unità tettonica di Meana Sardo, affiorante estesamente nel centro abitato e nei versanti oggetto di intervento, qui rappresentata da metavulcaniti a chimismo da acido a basico, metaepiclastiti, metarenarie feldspatiche e metaconglomerati a componente vulcanica (Formazione di Monte Santa Vittoria) e da un'alternanza irregolare di strati di metarenarie quarzoso micacee e sottili livelli di metapeliti con laminazioni piano parallele ed incrociate (Formazione delle Arenarie di San Vito).
- Unità tettonica della Barbagia, tale unità tettonica è presente in piccoli lembi del territorio in discordanza stratigrafica nel settore settentrionale del centro abitato, ed è rappresentata dalla da un'irregolare alternanza di livelli da decimetrici a metrici di metarenarie quarzose e micacee, quarziti, filladi quarzose e filladi afferente alla "Formazione delle filladi grigie del Gennargentu" e costituite da un'alternanza di termini metarenacei quarzosi e metasiltiti e, Unità tettonica di Meana Sardo). Il basamento metamorfico è individuato in questo studio come un unico complesso scistoso, intensamente fratturato e localmente intensamente alterato.

I **depositi quaternari continentali** sono presenti lungo le aste torrentizie, nelle aree di raccordo tra i rilievi e la pianura, e come depositi di versante, oltreché nella piana alluvionale. Lungo i versanti e nelle zone di testata dei corsi d'acqua indagati, si rinvencono i detriti di falda, formati in prevalenza per gravità ed erosione idrica superficiale delle rocce soprastanti e del basamento, costituiti da elementi litici di varia natura e struttura interna caotica, ricoprenti sia il basamento paleozoico sia i depositi quaternari antichi. È da evidenziare il deposito detritico presente alla base delle coperture mesozoiche a monte dell'abitato, esteso circa 2 km, con pendenza media del 40%, i cui spessori raggiungono i 12-13 m, che costituiscono le testate dei bacini idrografici in esame.

Lungo i versanti sono presenti, inoltre, i depositi colluviali e di versante, rappresentati da coperture detritiche costituite da elementi litici, in prevalenza spigolosi e eterometrici, in matrice limoso argillosa, debolmente cementata, provenienti dallo smantellamento e dall'alterazione del basamento paleozoico sottostante e mobilizzate da processi di versante



Lungo le aste e i compluvi montani sono presenti i depositi di trasporto fluvio torrentizio, poco elaborati, in matrice limoso - arenitica, sciolta, il cui trasporto è legato ad eventi pluviometrici intensi.

Nelle aree di fondovalle, principalmente lungo la piana alluvionale del Rio Quirra a valle del centro abitato, sono presenti i depositi alluvionali antichi ed attuali, incisi dal corso d'acqua a più riprese in epoca quaternaria, e distinguibili morfologicamente in terrazzi di diversa gerarchizzazione.

3.2 ASSETTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale il settore di indagine è stato condizionato in modo predominante dalle fasi orogenetiche erciniche (Ordoviciano inf., Permiano), sia nella sua fase compressiva, con la formazione e la trasposizione delle unità tettoniche metamorfiche scistose, sia nelle fasi tardo e post orogenetiche, con l'apertura di due sistemi di frattura fondamentali, NO-SE e N-S, in prevalenza dirette, con immersione verso E, NE e rigetto elevato. A tali fratture sono associate una serie di fratture con dispersioni orientate in maniera concorde alle faglie principali. Successivamente nel terziario l'orogenesi alpina ha portato ad una nuova fase tettonica con scorrimenti plastici e alla riapertura delle fratture erciniche, causando un intenso disturbo strutturale ed un elevato grado di fratturazione del basamento, caratteristico di tutto il settore.

Le vicende tettoniche e strutturali hanno influenzato profondamente le caratteristiche meccaniche delle rocce, sia in affioramento che in profondità, e sia la conformazione morfologica del rio Quirra e l'idrografia superficiale e sotterranea. L'intensa fratturazione determina una notevole instabilità, causata da una maggiore scistosità della roccia prevalente e da una maggiore alterabilità, con fenomeni molto avanzati in giaciture sfavorevoli.

La piana alluvionale del rio Quirra si sviluppa su un'ampia direttrice tettonica con andamento prevalente N-S, parallela alla costa orientale, sino a deviare la sua direzione verso E in corrispondenza di una seconda direttrice tettonica ortogonale, in maniera quasi perpendicolare nell'ultimo tratto in prossimità della foce, nei pressi di Capo San Lorenzo; ha origine presso la cantoniera Genna 'e Cresia, dal versante sud del rilievo Pizzù e Monti (543 m), in comune di Jerzu, ed ha una lunghezza totale di 38 km. Complessivamente la superficie del bacino è di 347 kmq.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA IN STUDIO

I bacini idrografici oggetto di studio si sviluppano lungo versanti con acclività del 25-30%, che indicano un ambiente morfologico tipico di montagna, per il loro carattere mediamente acclive con pendenze elevate. I corsi d'acqua si presentano in uno stadio evolutivo giovane, con strette valli a V incise e profonde, subrettilinee, di modesta lunghezza ed elevata acclività nella parte medio alta, la cui capacità di trasporto solido è dovuta ad una media erodibilità dei versanti ed alla elevata impermeabilità dei litotipi che li costituiscono.

La presenza lungo i versanti di importanti conoidi e forme di accumulo detritico rappresentano un'ulteriore fonte di alimentazione del trasporto detritico dei corsi d'acqua del bacino.

Per maggiori dettagli si rimanda all'Elab. P.2.2.



4. QUADRO CONOSCITIVO ALLA BASE DELLA PROGETTAZIONE

4.1 RILIEVI TOPOGRAFICI E FOTOGRAMMETRICI

Nel Settembre 2021, per la predisposizione del documento di fattibilità delle alternative progettuali, fase preliminare al progetto di fattibilità tecnica ed economica del presente appalto sono stati eseguiti dei rilievi specialistici topo-fotogrammetrici di dettaglio.

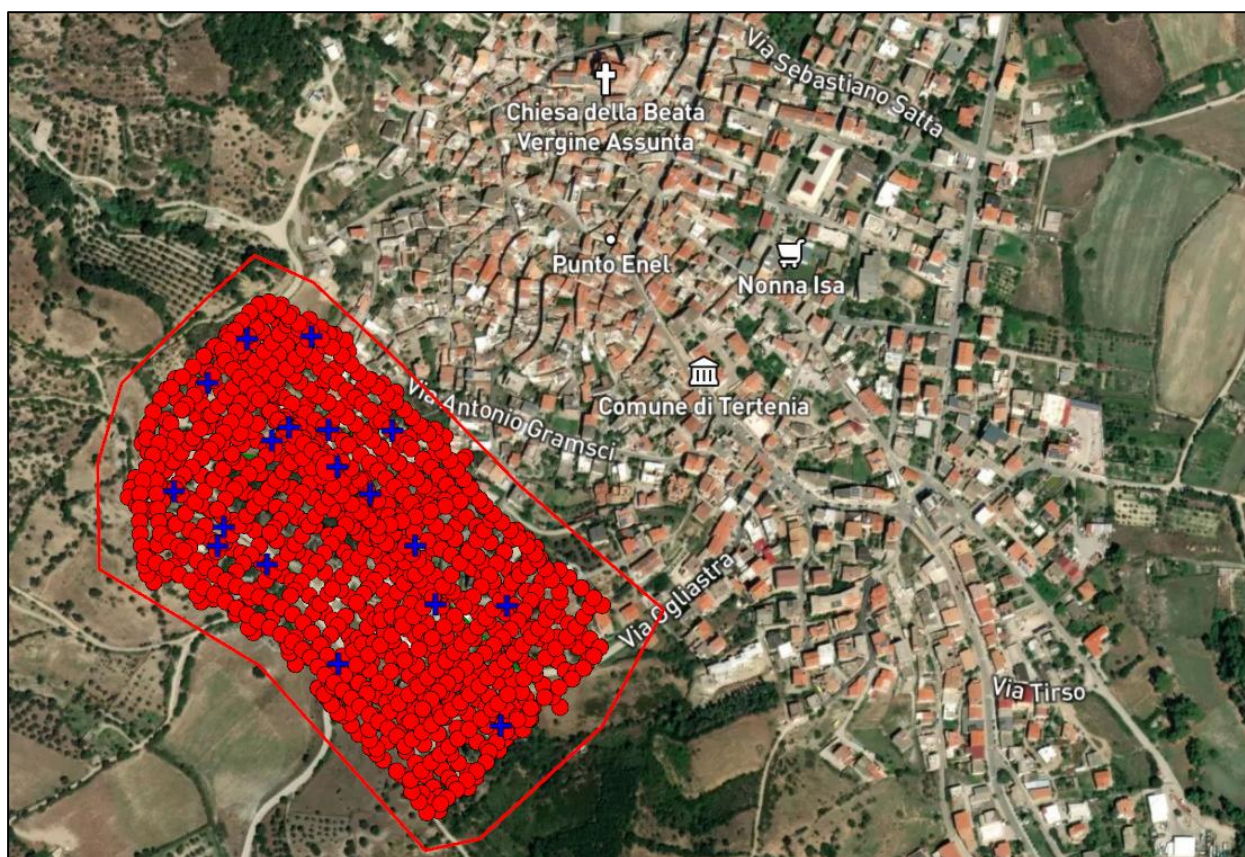


Figura 5 – Area di rilievo “Tertenia – volo 01” (Funtana Essi)

La prima area di rilievo, afferente al Funtana Essi, ha interessato un tratto dell’abitato di Tertenia, per un’estensione di circa 10 ha, con una larghezza di 250 metri ed una lunghezza di 430 metri circa.

Per l’attuazione di detti rilievi specialistici, è stato necessario eseguire delle misurazioni topografiche, di tipo “discreto”, con l’impiego di due strumentazioni topografiche “Leica GNSS GS16-CS20”, con le quali è stato possibile individuare n. 70 punti di dettaglio oltre a n. 18 “Ground Control Points” necessari alla calibrazione ed alla relativa georeferenziazione dei successivi rilievi fotogrammetrici da “S.A.P.R.” (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto – “DRONE”).

I rilievi fotogrammetrici da “S.A.P.R.”, che integrano ed arricchiscono un rilievo di tipo “classico”, sono dei rilievi di tipo “estensivo”, che consentono di definire dei modelli tridimensionali tipo “point cloud 3d model”.



Figura 6 – Area di rilievo “Tertenia – volo 02” (Funtana Manna)

Mentre per la seconda area di rilievo, afferente al Funtana Manna, che ha interessato una area appena fuori dall’abitato di Tertenia, per un’estensione di circa 2,3 ha, con una larghezza di 60 metri ed una lunghezza di 360 metri circa. Nella fattispecie sono state effettuate n. 7 sessioni di volo suddivise in due blocchi, il primo per un parziale di 1138 prese fotografiche ed il secondo per un parziale di 453 (cfr.Figura 7).

Entrambi sono stati utilizzati per definire le relative rotte di volo, secondo un *“Double grid image acquisition plan”*, finalizzati alla ricostruzione di due modelli 3D di base. Pertanto, l’elaborazione così definita ha permesso di restituire due point-cloud LAS-RGB. Il primo è composto da 96'287'812 punti 3D con una precisione media che presenta un $RMS_{error} = 1\text{ cm}$ mentre il secondo è composto da 38'098'037 punti con un $RMS_{error} = 1,7\text{ cm}$.

Si riportano alcuni stralci d’esempio (cfr.Figura 9 ,Figura 10 e Figura 11 e Figura 11).

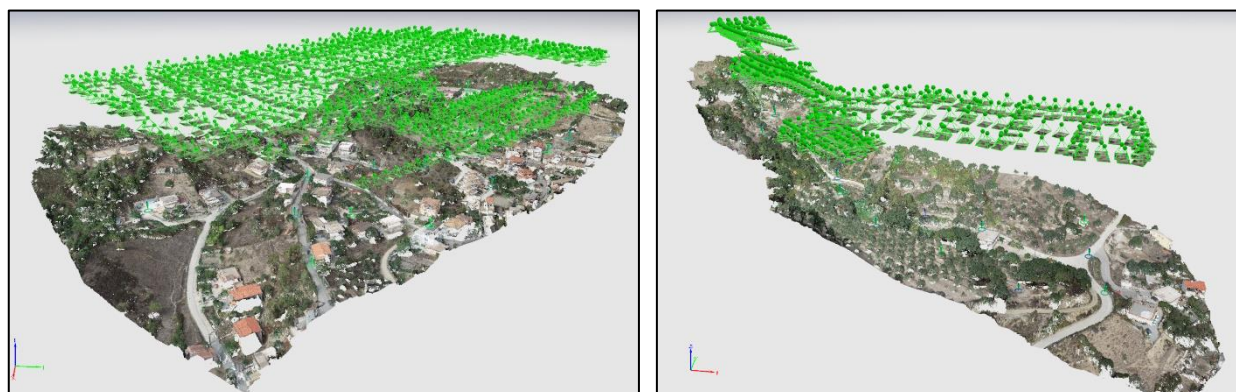


Figura 7 – “Double grid image acquisition plan” eseguito sull’area 01 (sx) e 02 (dx)



Figura 8 – Vista nuvola LAS-RGB particolare area 01



Figura 9 – Vista nuvola LAS-RGB particolare area 02



Figura 10 – Vista nuvola LAS-RGB area 01 (Funtana Essi)

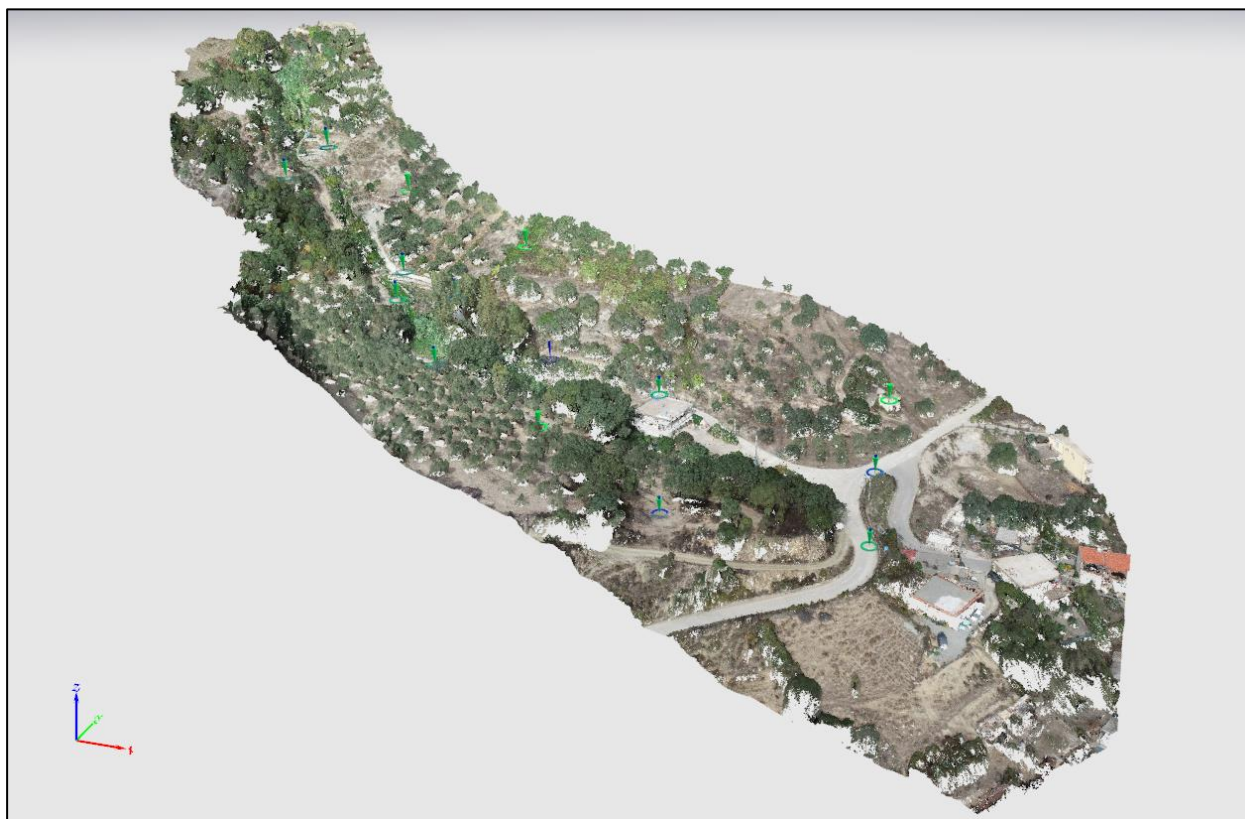


Figura 11 – Vista nuvola LAS-RGB area 02 (Funtana Manna)



4.2 DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

Si riporta nel seguito la sintesi dell'analisi idrologica effettuata dagli Scriventi e per la quale si rimanda all'Elaborato "P.2.6 – Relazione idrologica" per approfondimenti in merito.

Lo Studio di Compatibilità Idraulica e Idrogeologica previsto dalle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Sardegna (NdA – art. 4 comma 6), realizzato a cura dall'Amministrazione Comunale in sede di adeguamento del PUC e degli altri strumenti urbanistici, ove sono recepite le prescrizioni del Piano Urbanistico Provinciale e del Piano Paesaggistico Regionale in materia di difesa del suolo, assetto idrogeologico, riduzione della pericolosità e del rischio idrogeologico ha determinato un'analisi idrologica ed idraulica su uno dei due bacini idrografici in analisi nel presente progetto, in particolare il rio Funtana Manna.

Per quanto concerne tale corso d'acqua, l'analisi idrologica riportata nel suddetto studio ha prodotto una stima delle sole portate liquide al variare del tempo di ritorno per 3 differenti sezioni di chiusura, qua sintetizzata:

Tabella 1 – Portate liquide di piena del rio Funtana Manna – Studio di Compatibilità idraulica del PUC di Tertenia; si evidenzia in rosso l'area sottesa alla zona di intervento relativa al presente progetto

Sezione	Bacino	Area	50	100	200	500
A1.1	Rio Funtana Manna	0.84	7.9	9.6	11.4	13.9
A1.2	Rio Funtana Manna	0.53	5.0	6.1	7.2	8.8
A1.3	Rio Funtana Manna	0.17	1.6	1.9	2.3	2.8

Gli Scriventi hanno provveduto ad effettuare un'analisi idrologica finalizzata alla stima delle portate liquide e di piena per i bacini oggetto di intervento (rio Funtana Manna e rio Funtana Essi) potendo in tale maniera effettuare un confronto sui contributi liquidi e solidi calcolati nell'ambito dello studio succitato.

Le sezioni di chiusura sono state imposte a valle di ogni area di intervento, in particolare all'imbocco del canale diversivo relativamente al rio Funtana Manna e all'imbocco del griglione-pozzetto per il rio Funtana Essi.

L'estensione di ciascun bacino è stata tracciata sulla base della più aggiornata base cartografica possibile (DBGT 10K scala 1:10.000) e tramite l'ausilio del DTM a maglia 1m x 1m messo a disposizione dalla Regione Sardegna.

Le principali caratteristiche morfometriche sono invece riportate in Tabella 2:

Tabella 2 - Principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici oggetto di studio.

BACINO	Superficie	Perimetro	Lunghezza asta	Quota iniziale	Quota testa bacino	Quota sezione chiusura	Quota media bacino	Differenza di quota asta	Pendenza asta
	[kmq]	[km]	[km]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m]	[m/m]
FUNTANA MANNA	0.18	2.3	1.1	580.00	585.3	218.46	401.9	361.5	0.331
FUNTANA ESSI	0.02	0.6	0.2	199.00	199.0	132.00	165.5	67.0	0.291

Le aree di intervento relative ai due bacini e l'inquadramento dei corsi d'acqua in analisi è riportato in Figura 12:

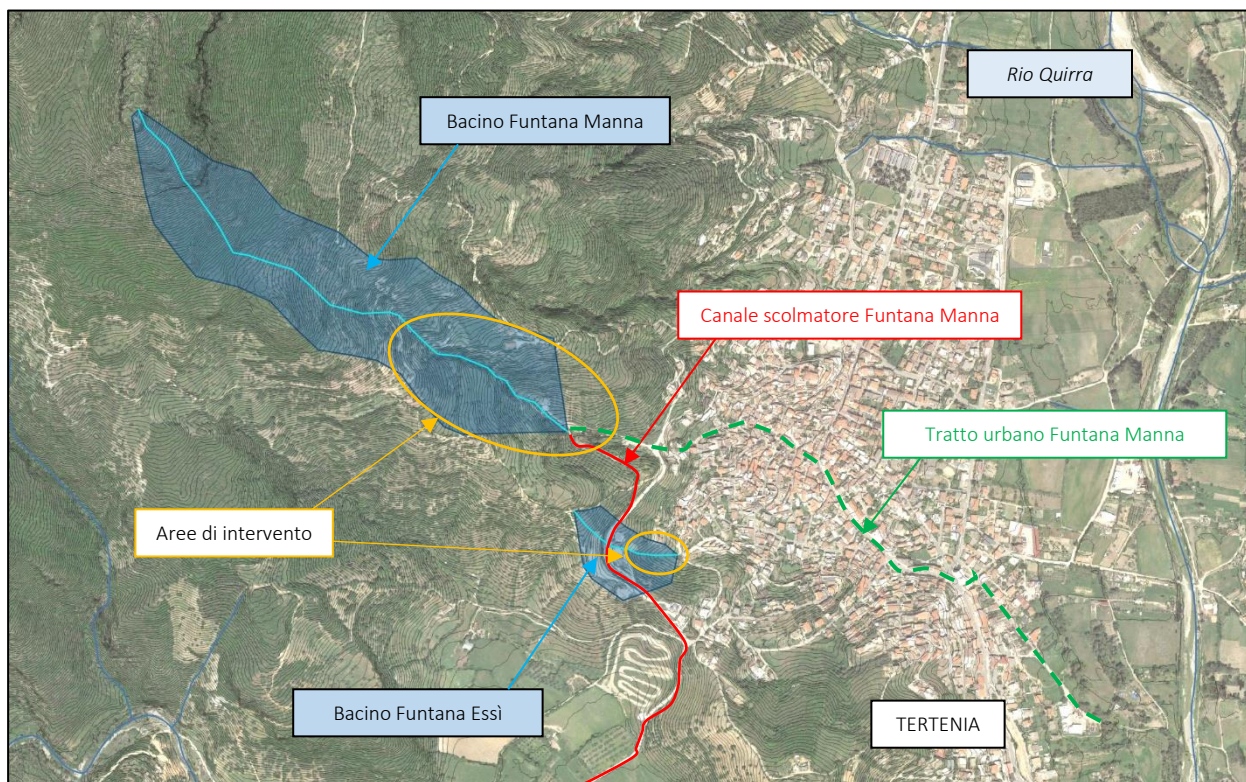


Figura 12 – Rappresentazione dei bacini idrografici in analisi e delle aree di intervento.

Si riportano nel seguito i valori di portata di riferimento, calcolati come contributo liquido, solido ordinario e portata di picco debris per eventi di piena caratterizzati dai TR 10, 20, 50, 100, 200 e 500, definiti sulla base dell'analisi idrologica sviluppata in Elaborato P.2.6 – *Relazione idrologica*, al quale si rimanda per approfondimenti.

Tabella 3 – Portata al colmo di piena liquida e contributi per unità di superficie

PORTATA AL COLMO RAZIONALE		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
TR [anni]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
10	1.1	0.21
20	1.4	0.23
50	1.7	0.25
100	1.9	0.27
200	2.1	0.29
500	2.5	0.32
PORTATA SPECIFICA PER UNITA' DI SUPERFICIE		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
TR [anni]	q [m ³ /s km ²]	q [m ³ /s km ²]
10	6.4	10.3
20	7.7	11.4
50	9.3	12.5
100	10.5	13.3
200	11.8	14.3
500	13.8	15.9



Nella tabella seguente sono riportati i valori delle portate di picco debris e di trasporto solido ordinario di TR 200 anni che possono interessare i rii oggetto di indagine.

Tabella 4 – Portata di picco debris e portata liquida + solida ordinaria al variare del TR (portate di progetto).

PORTATA DI PICCO DEBRIS		
<i>i</i>	0.33	0.29
<i>C_w</i>	0.40	0.33
<i>k</i>	2.6	2.0
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
TR [anni]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
10	3.0	0.42
20	3.6	0.46
50	4.4	0.50
100	5.0	0.54
200	5.6	0.58
500	6.5	0.64

PORTATA AL COLMO LIQUIDA + SOLIDA ORDINARIA		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
TR [anni]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
10	1.8	0.30
20	2.1	0.33
50	2.6	0.36
100	2.9	0.38
200	3.3	0.41
500	3.8	0.46

In progetto, per quanto concerne l'alveo del Funtana Manna, si prevede la realizzazione di opere di trattenuta del materiale solido, in particolare (cfr. §5 - *SINTESI E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO*):

- ✓ Rete debris a monte della Chiesetta di S. Lucia per un Volume netto di $\approx 800 \text{ m}^3$;
- ✓ Vasca di accumulo a monte dell'abitazione privata per un Volume trattenuto di $\approx 300 \text{ m}^3$;
- ✓ Vasca di accumulo a valle prima dell'imbocco del canale diversivo per un volume trattenuto di $\approx 100 \text{ m}^3$.

Pertanto, il volume complessivo di accumulo delle opere in progetto è $\approx 1'200 \text{ m}^3$, pari al volume di progetto di sedimento solido trasportato da un evento di debris flow (vedi Elab. P.2.6 – Relazione idrologica per approfondimenti): le opere in progetto sono pertanto dimensionate per trattenere il volume solido atteso per un evento di colata di detrito di Tr 200 anni.

Alla luce di ciò, le portate assunte come riferimento alla progettazione sono quelle relative corrispondenti alla fase liquida + solida ordinaria. Infine, analogo discorso si fa per il rio Funtana 'E Sù, poiché in progetto sono previsti diversi ordini di palizzate semplici per il consolidamento e la trattenuta del materiale sciolto disponibile sul versante, oltre alla realizzazione di una modesta vasca in linea per la trattenuta del materiale solido appena a monte del tratto intubato, pertanto tali interventi contribuiscono alla mitigazione del manifestarsi un evento di debris flow e le portate assunte per la progettazione si riferiscono anche in questo caso a quelle relative alla fase liquida + solida ordinaria.



Tabella 5 - Sintesi tabellare delle caratteristiche della portata al colmo di piena caratterizzata da un evento di TR 200 anni; portata liquida, trasporto di fondo e picco colata detritica.

PORTATA AL COLMO LIQUIDA TR 200 ANNI [m ³ /s]		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
-	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
RAZIONALE	2.13	0.29
PORTATA SPECIFICA PER UNITA' DI SUPERFICIE [m ³ /s/km ²]		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
-	q [m ³ /s km ²]	q [m ³ /s km ²]
RAZIONALE	11.82	14.29
PORTATA DI PICCO DEBRIS TR 200 ANNI [m ³ /s]		
<i>i</i>	0.33	0.29
<i>C_w</i>	0.40	0.33
<i>k</i>	2.6	2.0
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
TR [anni]	Q [m ³ /s]	Q [m ³ /s]
200	5.6	0.6
PORTATA SOLIDA ORDINARIO TR 200 ANNI [m ³ /s]		
Bacino	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
<i>med</i>	1.18	0.12
<i>max</i>	1.95	0.20
SINTESI PORTATE DI PICCO TR 200 ANNI [m ³ /s]		
	FUNTANA MANNA	FUNTANA ESSI
Q_{LIQ}	2.1	0.29
Q_{LIQ+SOL (med)}	3.3	0.41
Q_{LIQ+SOL (max)}	4.1	0.49
Q_{PICCO DEBRIS}	5.6	0.58

FUNTANA MANNA						
TR	Picco di portata liquida (m ³ /s)	Picco di portata solida (m ³ /s)	Picco di portata di debris (m ³ /s)	Volume liquido dell'idrogramma (m ³)	Volume solido potenziale della colata (m ³)	Volume potenziale complessivo di debris (m ³)
200	2.13	3.5	5.6	1280	1196	2477
FUNTANA ESSI						
TR	Picco di portata liquida (m ³ /s)	Picco di portata solida (m ³ /s)	Picco di portata di debris (m ³ /s)	Volume liquido dell'idrogramma (m ³)	Volume solido potenziale della colata (m ³)	Volume potenziale complessivo di debris (m ³)
200	0.29	0.3	0.6	66	47	113



4.3 INDIVIDUAZIONE DELLE PROBLEMATICHE E CRITICITÀ

Il centro abitato è interessato da più formazioni geologiche riconducibili principalmente al Paleozoico e al Quaternario (cfr. § 3.1) con depositi di materiale detritico presente lungo le aste torrentizie, nelle aree di raccordo tra i rilievi e la pianura, e come depositi di versante, oltretutto nella piana alluvionale. Lungo i versanti e nelle zone di testata dei corsi d'acqua indagati, si rinvenivano i detriti di falda, formati in prevalenza per gravità ed erosione idrica superficiale delle rocce soprastanti e del basamento, costituiti da elementi litici di varia natura e struttura interna caotica, ricoprenti sia il basamento paleozoico sia i depositi quaternari antichi. È da evidenziare il deposito detritico presente alla base delle coperture mesozoiche a monte dell'abitato, esteso circa 2 km, con pendenza media del 40%, i cui spessori raggiungono i 12-13 m, che costituiscono le testate dei bacini idrografici in esame. Lungo i versanti sono presenti, inoltre, i depositi colluviali e di versante, rappresentati da coperture detritiche costituite da elementi litici, in prevalenza spigolosi e eterometrici, in matrice limoso argillosa, debolmente cementata, provenienti dallo smantellamento e dall'alterazione del basamento paleozoico sottostante e mobilizzate da processi di versante.

Lungo le aste e i compluvi montani sono presenti i depositi di trasporto fluvio torrentizio, poco elaborati, in matrice limoso - arenitica, sciolta, il cui trasporto è legato ad eventi pluviometrici intensi.

Le problematiche di instabilità gravitativa non interessano direttamente il centro abitato di Tertenia, ma alcune parti del suo territorio ed in particolare la zona dei "Tacchi", costituiti da dolomie, dolomie arenacee e calcari dolomitici (Dogger – Malm), dove si verificano, lungo le cornici rocciose e nel versante posto al di sotto, crolli, rotolamenti e scorrimenti.

In località **Funtana Essi**, nel centro abitato di Tertenia, si rileva un'area che presenta pericolo di erosione e scoscendimenti per la quale si rende necessario provvedere alla stabilizzazione con tecniche di Ingegneria Naturalistica (georeti, palizzate e inerbimento, sistemazione idraulica - intervento è descritto in dettaglio al § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), inoltre, si segnalano tracce di erosione e di trasporto di materiale detritico da parte della corrente idrica specialmente in occasione di eventi pluviometrici brevi ed intensi.



Figura 13 – Versante caratterizzato da materiale instabile oggetto di intervento e alveo del rio Funtana Essi.



Il PAI classifica quest'area a Rischio RG3 nella quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, interruzione della funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.

A tal fine si rende necessario procedere con opportuna progettazione che si pone come obiettivo principale la mitigazione del rischio frana mediante la realizzazione di opere nell'ambito dell'ingegneria naturalistica di stabilizzazione del versante e la sistemazione idraulica del rio drenante tali aree in modo tale da contenere l'erosione dell'alveo inciso e garantirne la stabilità nel tempo.

Le cause del dissesto afferente alla pericolosità derivante da frana, nel contesto oggetto di intervento, sono legate sia ai fenomeni di instabilità dei versanti derivanti dalla conformazione geologica del sito sia dall'importante intervento antropico sullo stesso.

La seconda area di intervento è relativa alla porzione di valle del bacino del **rio Funtana Manna** appena a monte dell'abitato, lungo il quale l'alveo si presenta canalizzato con sezione rettangolare "ad U" rivestita in pietrame.

In tale area si evidenziano le problematiche di instabilità relative al materiale costituente le sponde di versante che per via dell'abbondante sedime presente e delle forti pendenze rientra in pericolosità per frana Hg3 – "elevata" per la quale occorre intervenire con idonee opere di stabilizzazione e trattenuta del materiale solido.



Figura 14 – Tratto canalizzato del rio Funtana Manna a monte del canale diversivo.

Inoltre, si evidenzia la possibilità che il materiale detritico distribuito sui versanti e lungo l'alveo inciso nell'intero bacino idrografico, possa essere preso in carico dalla corrente in piena, generando una colata di detrito più o meno densa con il rischio di ostruzione di alcune sezioni strategiche dell'asta idrografica, in particolare relativamente al nodo diversivo che allontana le acque dal tratto tombato che scorrono verso il centro abitato.

Come evidenziato anche dalle analisi condotte nell'ambito dello Studio di Compatibilità Idraulica e Idrogeologica realizzato a cura dall'Amministrazione Comunale, *"nonostante la presenza del suddetto canale diversivo (di dimensioni tali da poter convogliare anche l'intera portata in arrivo dal bacino di monte), non si ha alcuna tutela*



da una possibile colata detritica la quale potrebbe comunque interrre l'opera di derivazione che è rappresentata da una vasca della capienza di circa 80 m³ evidentemente concepita per portate prive di fase solida. La vasca, una volta colmata, non rappresenta più alcun ostacolo per l'attivazione del canale in direzione del centro urbano.

Infine, il condotto urbano del rio Funtana Manna, necessariamente connesso con la rete pluviale urbana, in caso di ostruzione del tronco finale, determinerebbe una pericolosità lungo l'intero percorso. Anche in tale evenienza, la presenza del canale diversivo appare del tutto influente."



Figura 15 – Imbocco del canale diversivo (B) del rio Funtana Manna la cui testata è presidiata dal muro (A).



4.4 OBIETTIVI E FINALITÀ DELL'INTERVENTO SULLA BASE DEL D.I.P.

A valle dell'individuazione delle problematiche e criticità individuate in loco dagli Scriventi, emerse dall'analisi della documentazione presente all'interno del P.U.C. e dal D.I.P. è possibile ora stabilire gli obiettivi, la finalità ed i vincoli relativamente all'intervento ed alle sue modalità di esecuzione.

Tutte le soluzioni individuate sono funzionali a:

- ✓ **mitigare il rischio frana** nelle suddette località a monte del centro abitato di Tertenia realizzando opere di stabilizzazione del versante in maniera tale da rompere le forti pendenze naturalmente connesse alla morfologia del terreno naturale. Inoltre tali opere saranno funzionali alla trattenuta del materiale detritico sciolto potenzialmente preso in carico dalla corrente di piena in occasione di eventi di precipitazione particolarmente intensi;
- ✓ **controllare il trasporto solido** dei corsi d'acqua, trattenendo il materiale sui versanti tramite la realizzazione delle opere di stabilizzazione suddette e corazzando con massi di adeguata pezzatura l'alveo inciso (specialmente per il Funtana Essi), favorendo inoltre la trattenuta del materiale solido preso in carico dalla corrente in luoghi idonei e predisposti alla raccolta di tale materiale, scongiurando la possibilità che vada ad ostruire alcune sezioni sensibili funzionali al corretto convogliamento delle acque;
- ✓ **ottimizzare la cantierabilità** delle opere in termini di durata dei lavori, sicurezza, interferenze, occupazione delle aree e approvvigionamento di materiale;
- ✓ **ottimizzare il raggiungimento delle opere** per la manutenzione straordinaria delle vasche, in particolare per la pulizia dal materiale solido a seguito di un evento di colata detritica.

L'intervento dovrà essere orientato, ai fini del rispetto degli obiettivi generali di mitigazione del rischio e del rispetto dei limiti finanziari e dei vincoli di altra natura, al migliore inserimento ambientale delle opere e alla minimizzazione degli impatti delle stesse sulle componenti ambientali del contesto d'intervento.

- ✓ adeguate tecniche di realizzazione delle strutture e dei manufatti sia in relazione alla scelta dei materiali e delle tecnologie, sia in rapporto all'utilizzo di specifiche metodologie di calcolo;
- ✓ efficaci misure di rinaturalizzazione, mediante le moderne tecniche di ingegneria naturalistica, da preferire salvo i casi in cui non siano tecnicamente idonee a garantire la mitigazione del rischio senza l'utilizzo di tecniche tradizionali;
- ✓ il riutilizzo delle materie scavate, per quanto possibile in relazione alle esigenze tecniche e in conformità alla normativa di settore e in particolare al DPR 120/2017;
- ✓ altri accorgimenti comunque mirati alla riduzione generale dell'impatto ambientale delle opere.

Tutti questi obiettivi sono stati condensati in alcune alternative progettuali raccolti nel DOC.F.A.P. (fase precedente di progettazione), attraverso il quale la Stazione Appaltante ha potuto effettuare scelta oculata dell'alternativa di intervento sviluppata in questa fase progettuale (alternativa "A" su ambo gli impluvi).



5. SINTESI E DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

5.1 SINTESI DELL'ANALISI DELLE ALTERNATIVE PROGETTUALI ESPOSTE NEL DOC.F.A.P.

5.1.1 Alternative progettuali per gli interventi sul rio Funtana 'e sù

Gli interventi individuati nell'ambito della stesura del DOC.F.A.P. relativamente all'asta del rio Funtana 'e sù erano:

A. Sistemazione idraulica e opere di sostegno nel tronco a monte di via G. Mazzini:

1. **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antiersiva mediante palificate semplici ("palizzate")** in legno e geojuta a tergo;
2. **Realizzazione di canale in legname e pietrame** a forma trapezia per il collettamento e la regolazione delle acque meteoriche;
3. **Realizzazione di nuova vasca di laminazione ed accumulo con briglia selettiva** a pettine a monte della sezione di imbocco del tratto tombato al fine di evitare ostruzioni lungo tale tratto.

B. Apertura del tratto tombato in ambito urbano a valle della via G. Mazzini (di adeguamento dei canali tombati indicati dalla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti" (art. 22 delle N.A. del P.A.I.) o in alternativa:

1. **Realizzazione di aperture localizzate** lungo il tracciato mediante demolizione della sede stradale e posa di grigliati in ghisa carrabili per consentire ulteriori punti di raccolta dell'acqua meteorica e permettere accesso per manutenzioni ordinarie;
2. **Potenziamento del sistema di collettamento** acque meteoriche tramite la posa in parallelo al tracciato del canale attuale di un'ulteriore opera idraulica (tubazione o canale) per lo smaltimento delle portate.

Dal momento che la criticità e le cause di rischio sono da ricercarsi nel trasporto di materiale solido e soprattutto nella stabilità del materiale detritico lungo i versanti del bacino idrografico in analisi e nella stabilità dei versanti stessi le ipotesi relative alla soluzione "B" non sarebbero comunque risolutive nei confronti di tali problematiche.

Risultando NON perseguibile dal punto di vista sia economico che funzionale alla mitigazione del rischio frana e idrogeologico la soluzione "B", la soluzione progettuale indicata dagli Scriventi verwo la Stazioone Appaltante risultava la soluzione "A", i quali interventi si ritengono funzionali alla mitigazione del rischio frana ed idrogeologico nel tratto in esame, spezzando la pendenza dei versanti in tale area e trattenendo il materiale detritico sciolto sulle sponde. Inoltre la realizzazione del canale in pietrame e legname proteggerà il fondo e le sponde dall'erosione ed eventuale materiale solido ligneo o lapideo trasportato dalla corrente verrà trattenuto dal pettine metallico appena a monte dell'imbocco del tratto tombato, garantendo il deflusso della sola parte liquida durante eventi meteorici.



5.1.2 Alternative progettuali per gli interventi sul rio Funtana Manna

Gli interventi individuati nell'ambito della stesura del DOC.F.A.P. relativamente al rio Funtana Manna erano:

A. Opere di sostegno e di trattenuta del materiale solido:

1. **Installazione di barriera flessibile di trattenuta di colata** detritica (rete debris-flow) ubicata a monte della presa acquedottistica per un V di accumulo di materiale di $\approx 800 \text{ m}^3$;
2. **Interventi di pulizia e manutenzione ordinaria** del canale esistente dall'ubicazione della presa acquedottistica sino all'imbocco del canale diversivo a valle;
3. **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antiersiva mediante palificate semplici** ("palizzate") in legno e geojuta a tergo su aree relative al versante destro e sinistro;
4. **Realizzazione di muro in c.a. su pali** a protezione dell'abitazione esistente e con funzione di creazione di vasca di accumulo;
5. **Demolizione della vasca in c.a. esistente e realizzazione di nuova vasca di espansione ed accumulo**

B. Opere di sostegno e di trattenuta del materiale solido:

1. **Realizzazione di vasca di accumulo** ubicata sul terrazzo appena a monte dell'intervento relativo al muro in c.a. per un V di accumulo di materiale di $\approx 150 \text{ m}^3$;
2. **Interventi di pulizia e manutenzione ordinaria** del canale esistente dall'ubicazione della presa acquedottistica sino all'imbocco del canale diversivo a valle;
3. **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antiersiva mediante palificate semplici** ("palizzate") in legno e geojuta a tergo su aree relative al versante destro e sinistro;
4. **Realizzazione di muro in c.a. su pali** a protezione dell'abitazione esistente e con funzione di creazione di vasca di accumulo;
5. **Demolizione della vasca in c.a. esistente e realizzazione di nuova vasca di espansione ed accumulo**

C. Apertura del tratto tombato in ambito urbano a valle della via G. Mazzini (di adeguamento dei canali tombati indicati dalla "Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti" (art. 22 delle N.A. del P.A.I.) o in alternativa:

1. **Realizzazione di aperture localizzate** lungo il tracciato mediante demolizione della sede stradale e posa di grigliati in ghisa carrabili per consentire ulteriori punti di raccolta dell'acqua meteorica e permettere accesso per manutenzioni ordinarie;
2. **Potenziamento del sistema di collettamento** acque meteoriche tramite la posa in parallelo al tracciato del canale attuale di un'ulteriore opera idraulica (tubazione o canale) per lo smaltimento delle portate.



Per quanto concerne i suddetti interventi, risultando NON perseguibile dal punto di vista sia economico che funzionale alla mitigazione del rischio frana e idrogeologico la soluzione progettuale "C" per le medesime motivazioni espresse in precedenza, si discute ora il confronto tra le alternative progettuali "A" e "B".

Le considerazioni da fare riguardano i seguenti aspetti:

1. Accessibilità per la realizzazione delle opere (cantierizzazione) e manutenzione ordinaria delle stesse;
2. Volume di materiale solido trattenuto nelle aree di accumulo individuate e laminazione del picco debris;
3. Vicinanza degli interventi;
4. Efficacia della stabilizzazione del materiale sciolto sui versanti;
5. Bilancio sull'effetto di mitigazione indotto dalla realizzazione delle opere;
6. Costi.

Dal punto di vista dell'accessibilità dei luoghi individuati risulta preliminarmente accessibili sia le aree di valle che l'area di monte in quanto sono già esistenti strade bianche di collegamento alla zona di imbocco del canale diversore, e da lì per mezzo di alcuni ponticelli esistenti sul canale è possibile lo spostamento da una sponda all'altra e l'accesso alle aree individuate per la realizzazione delle aree di accumulo per la soluzione "B". Si renderebbe necessaria una verifica strutturale dei ponticelli esistenti valutando il carico di rottura rispetto al peso dei mezzi di cantiere che dovranno essere usati. Per quanto riguarda invece l'accesso per la manutenzione a seguito di evento di piena l'accesso dai suddetti ponticelli risulterebbe certamente meno funzionale.

La soluzione "A", spostando la rete debris più a monte, area con accesso dalla strada che porta alla chiesa di S. Sofia, risulterebbe una zona più comoda sia per la cantierizzazione dei lavori sia dal punto di vista del trasporto di materiale per svuotamento a seguito di evento di piena.

Sempre la realizzazione delle opere relative alla soluzione "A" permetterebbe la trattenuta di un volume di materiale solido sufficiente a coprire complessivamente il volume potenzialmente mobilitabile nel bacino, mentre la soluzione "B" ne tratterebbe solamente il 60 % circa.

Inoltre, tale materiale viene trattenuto in una zona priva di insediamenti antropici e a monte della presa acquedottistica, area sensibile nei confronti di eventi parossistici.

La soluzione "B" permetterebbe di avere unico cantiere in una singola zona mentre la soluzione "A" determina necessariamente uno spostamento, ma non necessariamente tale aspetto può risultare negativo.

Le opere di stabilizzazione del versante risultano le medesime e dunque con medesima efficacia di trattenuta del materiale e di stabilizzazione dei versanti.

I costi relativi ad entrambe le soluzioni sono inoltre i medesimi dunque il bilancio complessivo, soprattutto nell'ottica della mitigazione delle criticità fin qui discusse, porta a preferire la soluzione "A", la quale a parità di costi permette di difendere anche la presa acquedottistica, di lavorare in parte in una zona non antropizzata e nel complesso di trattenere tutto il materiale detritico potenzialmente mobilitabile.



5.2 SINTESI DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Il quadro degli interventi è stato definito con il supporto di specifici studi ed analisi di tipo morfodinamico ed idrologico-idraulico, che hanno consentito di individuare e verificare, già nell'ambito della progettazione preliminare, i **criteri di intervento**, tenendo conto sia delle criticità esistenti, sia degli interventi già realizzati lungo alcuni tratti delle aste torrentizie in analisi.

In particolare, le informazioni derivanti dagli studi e piani di assetto idraulico esistenti sono state integrate e aggiornate con dati ed elaborazioni aggiornati in base ai rilievi topografici effettuati dagli scriventi.

Le soluzioni progettuali sviluppate in questa fase progettuale fanno seguito all'indirizzo dettato dagli Scriventi verso la Stazione Appaltante in merito all'"Alternativa A" relativa ad entrambe le aste idrografiche in analisi, rispetto a quelle presentate nella precedente fase progettuale facente riferimento al DOC.F.A.P. (*Documento di Fattibilità delle Alternative Progettuali*) redatto dagli Scriventi nel settembre 2022.

Inoltre le ipotesi effettuate in tale fase di progettazione preliminare relativamente alle proprietà meccaniche dei materiali caratterizzanti i versanti in analisi e le relative stratigrafie sono state indagate in maniera approfondita ed accurata a seguito di indagini geognostiche e sedimentologiche in sito, analisi granulometriche e geotecniche di laboratorio e quanto previsto dal "*Piano Esecutivo delle Indagini*" e riportato in sintesi negli Elaborati specialistici P2.2 - *Relazione Geologica* e P2.3. – *Relazione Geotecnica* ai quali si rimanda per completezza.

Vengono di seguito riportati in sintesi gli interventi in progetto relativi alle nuove opere da realizzarsi per la mitigazione del rischio idrogeologico nell'ambito urbano del Comune di Tertenia (NU) relativi ai rii:

➤ **RIU FUNTANA MANNA**

In particolare gli interventi, da monte verso valle, previsti per la soluzione adottata sono:

- ✓ **Installazione di barriera flessibile di trattenuta di colata** detritica (rete debris-flow) di dimensioni preliminari $L = 20,0$ m e $H = 3,5$ m per la realizzazione di un'area di accumulo per un $V \approx 800$ m³ finalizzata alla trattenuta del materiale solido in arrivo da monte. Tale area, ubicata nell'area "*Intervento di Monte*", permetterà la difesa della presa acquedottistica situata più a valle lasciando defluire solo la quota parte di portata liquida e trattenendo il materiale solido in carico alla corrente di piena raccolto nel bacino di monte. L'intervento si conclude con il corazzamento del fondo alveo tramite la realizzazione di una soglia in massi cementati (12 m) lungo la sezione di installazione della rete e la realizzazione di una savanella in massi cementati (circa 10 m) a monte della rete stessa per il convogliamento delle portate.
- ✓ **Interventi di pulizia e manutenzione ordinaria** del canale esistente dall'ubicazione della presa acquedottistica sino all'imbocco del canale diversivo a valle;
- ✓ **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antiersiva mediante palificate semplici** ("palizzate") in legno e geojuta a tergo su due aree relative al versante destro, per una superficie complessiva di ≈ 400 m² e sinistro per una superficie di ≈ 200 m²;



- ✓ **Realizzazione di muro in c.a. su pali** ($L = 18,0 \text{ m} + 7,0 \text{ m}$ di risvolto con $H_{\text{FUSTO}} = 2,4 \text{ m}$ dallo spiccato di fondazione e $H_{\text{fuori terra}} = 2,0 \text{ m}$ in configurazione di progetto) a protezione dell'abitazione esistente e con la funzione di creare una vasca di accumulo per un volume complessivo di $\approx 300 \text{ m}^3$ finalizzato alla trattenuta del materiale solido in arrivo dal canale a seguito di un evento di debris flow o proveniente da fenomeni di soil slip lungo il versante sinistro. Per ottenere la chiusura lato valle della vasca di accumulo è necessario risvoltare il muro a tergo della sponda sinistra del canale per circa $7,0 \text{ m}$ (Figura 19). In tale intervento è prevista inoltre l'installazione di elementi metallici (*pettine*) posti verticalmente all'interno del canale per trattenere parte del materiale solido in arrivo da monte nel canale e permettere lo sfioro in sinistra all'interno della nuova area di accumulo. L'intervento si completa con la demolizione parziale della sponda sinistra per una lunghezza preliminare di $\approx 4 \text{ m}$, prevedendo la realizzazione di una gavèta per consentire lo sfioro delle portate di debris all'interno della in vasca, l'accumulo del deposito di materiale solido e la restituzione delle portate liquide in alveo;
- ✓ **Demolizione della vasca in c.a. esistente e realizzazione di nuova vasca di espansione ed accumulo** di parte delle portate solide in occasione di eventi di colate detritiche, al fine di evitare ostruzioni dell'imbocco del canale diversivo; anche per questo intervento si prevede l'installazione di elementi metallici (con giacitura planimetrica inclinata) posti verticalmente all'interno del canale per trattenere parte del materiale solido in arrivo da monte nel canale e permettere lo sfioro in sinistra, all'interno della nuova area di accumulo, delle portate della colata. Si completa l'intervento con la realizzazione di una gavèta per favorire l'immissione in vasca delle portate solide e la restituzione delle portate liquide in alveo.

➤ **RIU FUNTANA 'E SÌ**

- ✓ **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antiersiva mediante palificate semplici** ("palizzate") in legno di castagno e geojuta a tergo sulle aree di monte del versante in oggetto per una superficie complessiva di $\approx 700 \text{ m}^2$;
- ✓ **Realizzazione di canale in legname e pietrame** a forma trapezia per il collettamento e la regimazione delle acque meteoriche lungo l'incisione del corso d'acqua, funzionale inoltre a ridurre l'erosione di fondo e permettere la stabilizzazione del fondo alveo;
- ✓ **Realizzazione di nuova vasca di accumulo in massi cementati con briglia selettiva** a pettine appena a monte della sezione di imbocco del tratto tombato, al fine di scongiurare ostruzioni lungo tale tratto.

Tali interventi saranno pertanto funzionali alla mitigazione del rischio frana ed idrogeologico nel tratto relativo ai bacini idrografici in esame e nei confronti dell'abitato sito più a valle, poiché sono funzionali a:

1. Spezzare la pendenza dei versanti evitando la mobilitazione di parte del materiale detritico presente;
2. Trattenere il materiale solido trasportato dalla corrente in piena e in occasione di eventi parossistici di colata di detrito prevedendo la realizzazione di diverse opere (rete debris; vasca di accumulo con briglia



selettiva) col fine di scongiurare, in tale maniera, che materiale di questo genere possa andare a ostruire i tratti tombati dei canali in analisi posti più a valle.

5.3 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

5.3.1 Funtana Manna - Opere di sostegno del versante e di trattenuta del materiale solido a monte del tratto tombato

Per quanto concerne il bacino idrografico del rio Funtana Manna, gli interventi in progetto previsti nell'ambito della soluzione "A" adottata nel presente progetto sono rappresentati in Figura 16:

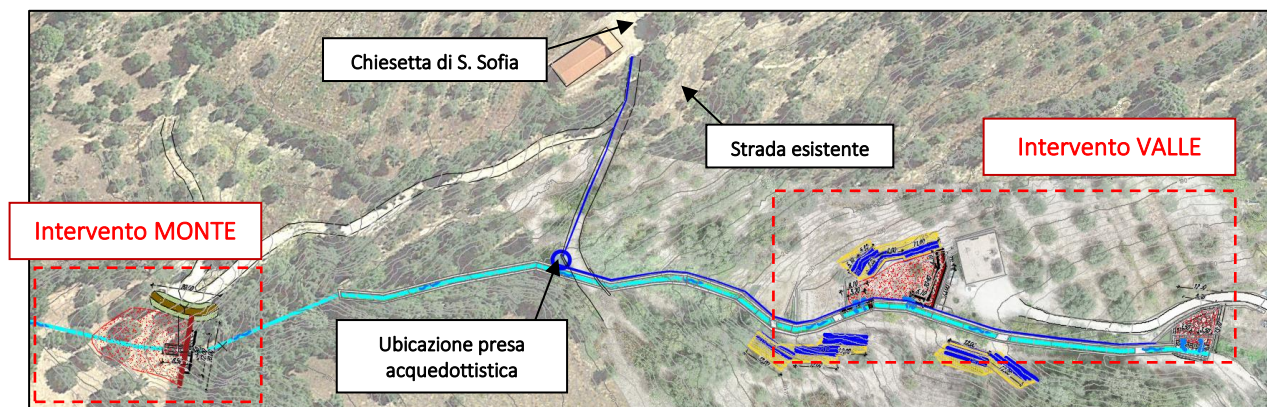


Figura 16 - Planimetria generale degli interventi lungo il rio Funtana Manna nel tratto a monte dell'abitato di Tertenia e del relativo tratto tombato e canale diversore.

In particolare gli interventi, da monte verso valle, previsti per la soluzione sono i seguenti:

- ✓ Installazione di barriera flessibile di trattenuta di colata detritica (rete debris-flow)



Figura 17 - Dettaglio della planimetria interventi sul rio Funtana Manna - INTERVENTO DI MONTE.



Al fine di trattenere il materiale solido preso in carico dalla corrente di piena e dilavato dai versanti nel bacino del rio Funtana Manna, si prevede l'installazione di una rete debris-flow flessibile di dimensioni preliminari $L = 20$ m e $H = 3,5$ m funzionale a trattenere il materiale detritico trasportato sino ad un volume stimato di ≈ 800 m³.

L'ubicazione individuata per tale opera risulta strategica, sia dal punto di vista della facilità di accesso per la realizzazione dei lavori stessi che per le manutenzioni ordinarie da effettuarsi in particolare a seguito di eventi di piena per ripristinare la funzionalità dell'opera in progetto, poiché esiste una strada esistente dalla Chiesa di S. Sofia che ne permette il collegamento, sia per la zona in cui si va a trattenere il suddetto materiale.

Infatti in tale posizione ci si trova ancora in alveo naturale, e l'unica infrastruttura presente risulta la strada sterrata stessa, posta a monte del tratto canalizzato e a monte di opere sensibili (presa acquedottistica ed imbocco del canale diversivo). **Trattenere il materiale a questa quota, permette di ridurre notevolmente l'apporto detritico e l'impetuosità della piena nei confronti del tratto di valle.**

Si riportano nel seguito alcune immagini esemplificative di alcune reti debris installate in ambito montano.



Figura 18 – Esempi di installazione di reti debris flow in ambito montano analoghe a quelle previste.

L'intervento si conclude con il corazzamento del fondo alveo e parzialmente delle sponde tramite la realizzazione di una soglia in massi cementati lungo la sezione di installazione della suddetta rete debris e la realizzazione di una savanella in massi per circa 10 m a monte della rete stessa per il convogliamento delle portate (Figura 17).

- ✓ **Interventi di pulizia e manutenzione ordinaria** del canale esistente dall'ubicazione della presa acquedottistica sino all'imbocco del canale diversivo a valle;
- ✓ **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antierosiva mediante palificate semplici**

Per quanto concerne la stabilizzazione dei versanti a ridosso dell'asta fluviale in analisi (sia in destra che in sinistra idraulica), la riduzione dell'azione erosiva superficiale delle scarpate e il miglioramento della tenuta del terreno si prevede la realizzazione di palizzate in legname mediante installazione di tronchi di legname di castagno scortecciato di diametro minimo 20 cm e fissati (con fil di ferro e/o chiodatura) a piantoni verticali in legname sempre di castagno di diametro minimo 10-12 cm infissi nel terreno, prevedendo infine il rinverdimento con talee di specie autoctone e la semina a spaglio. In Figura 21 è presente una rappresentazione dell'opera finita.



L'intervento copre un'area di circa 600 m² e deve essere eseguito attenendosi alle medesime modalità riportate nella descrizione negli interventi per il rio Funtana 'E sì e dovrà prevedere inoltre la stesa di geostuoia a tergo della struttura e superficialmente sul terreno prevedendo poi il rinverdimento tramite idrosemina (cfr. § 5.3.2).

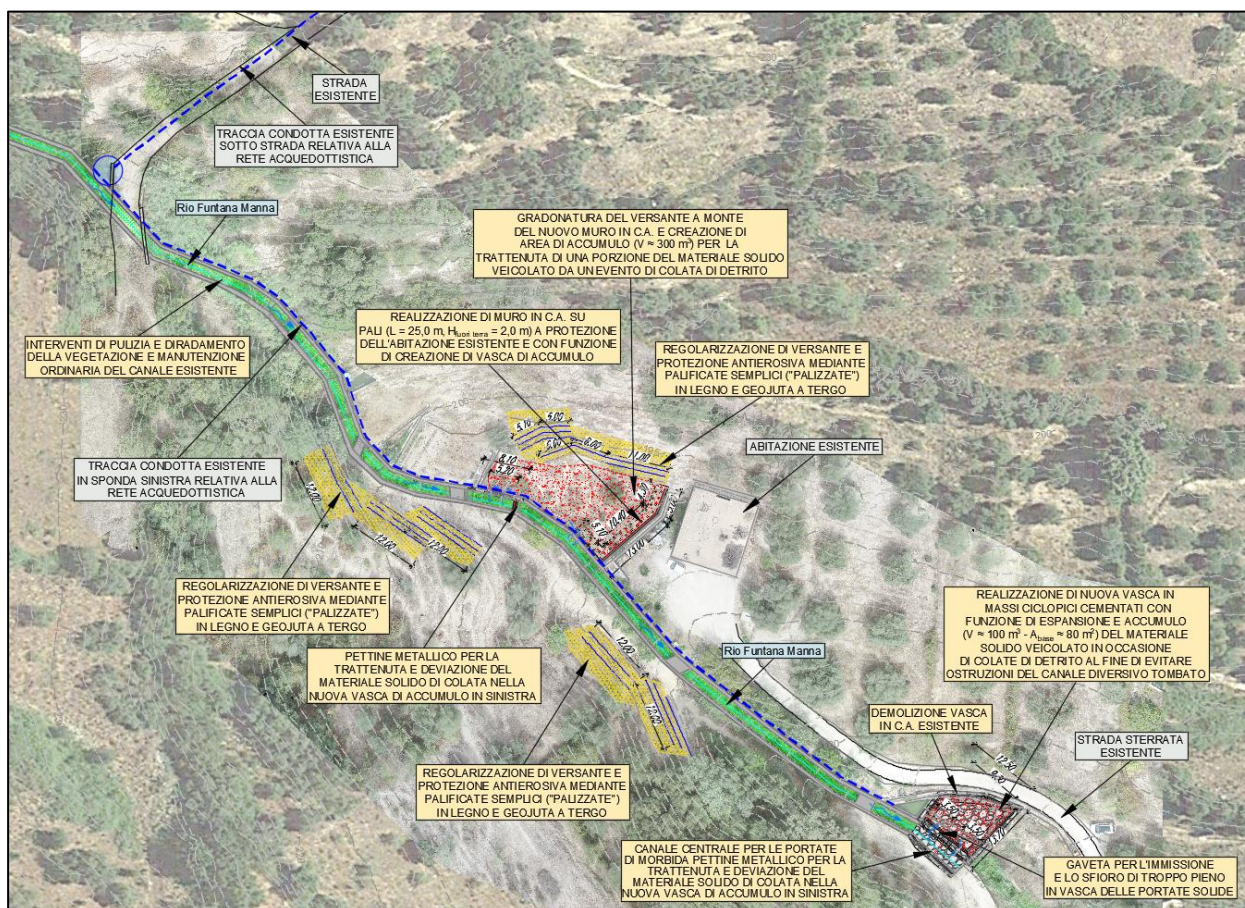


Figura 19 – Dettaglio della planimetria degli interventi sul rio Funtana Manna – interventi di valle.

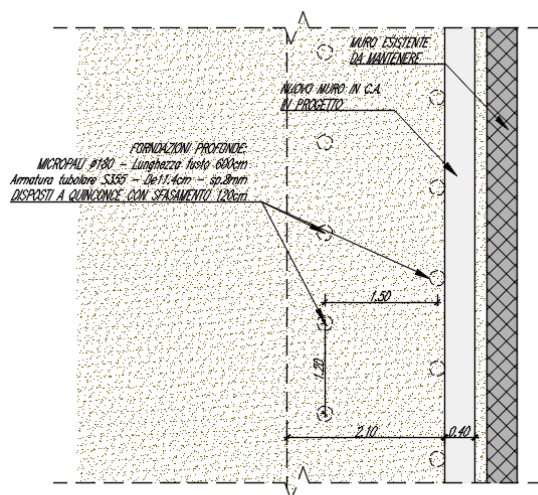
✓ **Realizzazione di muro in c.a. su pali e creazione di nuova area di accumulo**

Lo sviluppo del **muro in c.a.** previsto è di $L = 18,0 \text{ m} + 7,0 \text{ m}$ di risvolto, con $H_{\text{FUSTO}} = 2,4 \text{ m}$ dallo spiccatto di fondazione e $H_{\text{fuori terra}} = 2,0 \text{ m}$ in configurazione di progetto, a protezione dell'abitazione esistente e con funzione di creazione di vasca di accumulo per un volume complessivo di $\approx 300 \text{ m}^3$ finalizzato alla trattenuta del materiale solido in arrivo dal canale o dal versante sinistro. Tale manufatto, realizzato a monte di un muro di contenimento di terrazzamento esistente, sarà **realizzato su micropali** così da minimizzare i sovraccarichi trasmessi alla struttura esistente (sottostante) e trasmettere quindi gli sforzi negli strati più stabili e profondi di terreno.

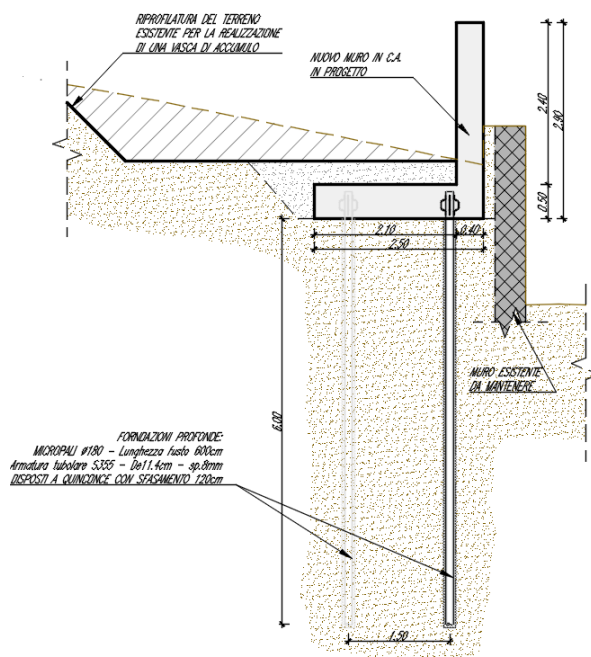
A corollario di tale intervento è prevista inoltre l'installazione di elementi metallici (con giacitura planimetrica inclinata) posti verticalmente all'interno del canale per trattenere parte del materiale solido in arrivo da monte



nel canale e permettere lo sfioro in sinistra all'interno della nuova area di accumulo. Si completa con la realizzazione di gavèta per immissione in vasca delle portate solide e restituzione delle portate liquide in alveo;



PARTICOLARE COSTRUTTIVO - STRALCIO PLANIMETRICO
MURO SU FONDAZIONI PROFONDE IN MICROPALI



PARTICOLARE COSTRUTTIVO - SEZIONE TIPO
MURO SU FONDAZIONI PROFONDE IN MICROPALI

✓ **Demolizione della vasca in c.a. esistente e realizzazione di nuova vasca di espansione ed accumulo**

All'altezza della sezione di imbocco del canale diversivo, si prevede la demolizione e l'ampliamento dell'attuale vasca, progettata probabilmente per le sole portate liquide, sino all'ottenimento di un ulteriore volume di accumulo (oltre ai 2 evidenziati nei paragrafi precedenti) potenziale di circa 100 m³. Tale nuova vasca sarà realizzata in pietrame cementato e sarà munita di gavèta per l'immissione delle portate solide e la restituzione delle liquide al canale diversore. Si prevede l'installazione di elementi metallici (con giacitura planimetrica inclinata) posti verticalmente all'interno del canale per trattenere parte del materiale solido in arrivo da monte nel canale e permettere lo sfioro in sinistra all'interno della nuova area di accumulo. Si completa l'intervento con la realizzazione di gavèta per immissione in vasca delle portate solide e restituzione delle portate liquide in alveo.

Il volume complessivo delle tre aree di accumulo previste in progetto è di $\approx 1'200 \text{ m}^3$ a fronte di una stima di materiale potenzialmente trasportabile di circa $1'200 \text{ m}^3$ e dunque funzionale alla raccolta totale del volume di materiale detritico potenzialmente trasportabile su scala di bacino.

5.3.2 Funtana 'E Sà – Sistemazione idraulica e opere di sostegno del versante

Gli interventi previsti sul rio Funtana 'E Sà sono rappresentati in Figura 20:

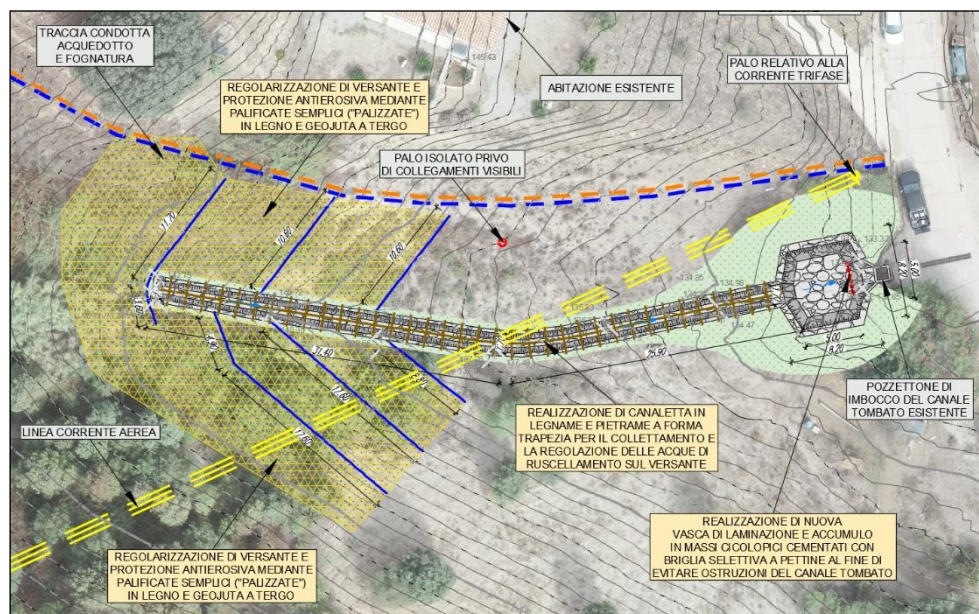


Figura 20 – Planimetria generale degli interventi lungo il rio Funtana 'E Sà a monte del relativo tratto tombato.

In particolare gli interventi previsti in progetto sono i seguenti:

- ✓ **Regolarizzazione di versante tramite gradonatura e protezione antierosiva mediante palificate semplici ("palizzate") in legno e geojuta a tergo;**

Al fine di stabilizzare i versanti a ridosso dell'asta fluviale in analisi, ridurre l'azione erosiva superficiale delle scarpate e migliorare la tenuta del terreno si prevede la realizzazione di palizzate in legname mediante installazione di tronchi di legname scortecciato e fissati con fil di ferro a barre in acciaio ad aderenza migliorata infisse nel terreno, prevedendo infine il rinverdimento con talee di specie autoctone e la semina a spaglio. In Figura 21 è presente una rappresentazione dell'opera finita.



Figura 21 – Immagine esemplificativa di palizzate in legname realizzate ed in fase di rinverdimento.



L'intervento copre un area di circa 700 m² e deve essere eseguito attenendosi alle seguenti modalità:

- Preparazione del terreno e modellamento del pendio;
 - Installazione di biostuoia in juta;
 - Infissione nel terreno di montanti (picchetti) in castagno di diametro minimo 10-12cm, ad una distanza di 1-2m, con infissione di almeno 1m (o almeno 1,5 volte l'altezza fuori terra), in modo che restino sporgenti quanto previsto in progetto (tipicamente 60 cm).
 - Posa in opera dei tronchi di larice o di castagno aventi lo scopo di trattenere il materiale di risulta posto a tergo dell'opera stessa, e loro fissaggio con filo di ferro o chiodi.
 - Regularizzazione e riempimento del terreno a tergo;
 - Messa a dimora delle talee e/o di piantine radicate, prevedendo l'utilizzo di specie autoctone.
 - Semina a spaglio.
- ✓ **Realizzazione di canale in legname e pietrame** a forma trapezia per il collettamento e la regolazione delle acque meteoriche;
- ✓ **Realizzazione di nuova vasca di laminazione ed accumulo con briglia selettiva** a pettine a monte della sezione di imbocco del tratto tombato al fine di evitare ostruzioni lungo tale tratto.

Le acque raccolte dal bacino di monte saranno convogliate tramite la nuova canaletta in pietrame e legname, per poi essere scaricate nella nuova vasca in pietrame cementato da realizzarsi appena a monte dell'imbocco del tratto tombato defluente a valle in direzione del centro abitato di Tertenia.

Tale vasca sarà provvista di briglia a pettine selettiva per la trattenuta del materiale solido trasportato dalla corrente evitando la possibilità che possa andare ad ostruire l'imbocco o sezioni interne al suddetto tratto tombato.

Il cunettone in legname e pietrame sarà realizzato, per uno sviluppo planimetrico di circa 60 m, mediante:

- infissione nel terreno di pali scortecciati di legno in posizione pseudo-verticale, leggermente inclinati verso monte ed infissione di pali dalle medesime caratteristiche con angolazione corrispondente alla parete dello scavo per la realizzazione dell'intelaiatura dell'opera;
- Fissaggio trasversale di elementi di lunghezza variabile, in funzione delle dimensioni della sezione previste da progetto esecutivo, ai pali di ancoraggio, mediante chiodi o graffe, posti alla quota di fondo alveo con immorsamento nelle sponde;
- Fissaggio longitudinale di elementi di lunghezza variabile da 2 a 4 m ai pali di ancoraggio, mediante chiodi o graffe, posti alla quota di fondo scavo ed alla sommità della sponda;
- Posa nei quadri di legname così realizzati sul fondo e sulle sponde di lastroni o blocchi di pietrame intasati con materiale terroso;
- Irrigidimento della struttura con inserimento (ogni 7m ca.) nella parte sommitale una traversa il legno.



Tali interventi saranno pertanto funzionali alla mitigazione del rischio frana ed idrogeologico nel tratto in esame, spezzando la pendenza dei versanti in tale area e trattenendo il materiale detritico sciolto sulle sponde. Inoltre la realizzazione del canale in pietrame e legname proteggerà il fondo e le sponde dall'erosione ed eventuale materiale solido ligneo o lapideo trasportato dalla corrente verrà trattenuto dal pettine metallico appena a monte dell'imbocco del tratto tombato, garantendo il deflusso della sola parte liquida durante eventi meteorici.



Figura 22 - Immagine esemplificativa di canale in legname e pietrame in realizzazione e ad opere ultimata.

5.4 CRONOPROGRAMMA STIMATO DELLE FASI ATTUATIVE

Come da oggetto, nel presente paragrafo si riporta una tabella schematica contenente i tempi stimati per l'espletamento delle varie fasi tecnico-amministrative ed esecutive, dalla fase preliminare di progettazione fino al collaudo/regolare esecuzione delle opere stesse. Si precisa che **allo stato attuale, con il presente P.F.T.E., risultano espletate le prime 3 fasi**, risultando quindi previsionali, aperte e quindi "variabili" tutte le altre fasi previste a seguire.

FASI		TEMPI											
1	Progettazione ed esecuzione indagini geognostiche	60											
2	Redazione ed approvazione DOC.F.A.P.		30										
3	Redazione del P.F.T.E.			30									
4	Interlocuzioni con gli enti ed approvazione del P.F.T.E.				60								
5	Redazione del Progetto Definitivo (P.D.)					60							
6	Interlocuzioni con gli enti ed approvazione del P.D.						90						
7	Redazione del Progetto Esecutivo (P.E.)							30					
8	Interlocuzioni con gli enti ed approvazione del P.E.								30				
9	Procedure di gara ed affidamento dei lavori									60			
10	Esecuzione dei lavori, D.L., C.S.E., Contabilità										180		
11	Collaudi tecnici e amministrativi											60	
		FASI GIA' ESPLICITE											

6. INTERFERENZE DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

6.1 SOTTOSERVIZI ESISTENTI

In merito all'art. 19 comma 1, lettera f del D.P.R. 207/2010 si riportano nel seguente paragrafo il censimento dei sottoservizi locali presenti all'interno delle aree d'intervento in analisi nel presente progetto.

In particolare, per quanto concerne il **Rio Funtana Manna** si segnala la presenza della tubazione dell'acquedotto la quale risulta posata sotto la strada sterrata poco a monte della Chiesetta di S. Sofia sino al raggiungimento della sorgente rappresentata dal cerchio blu in Figura 23.

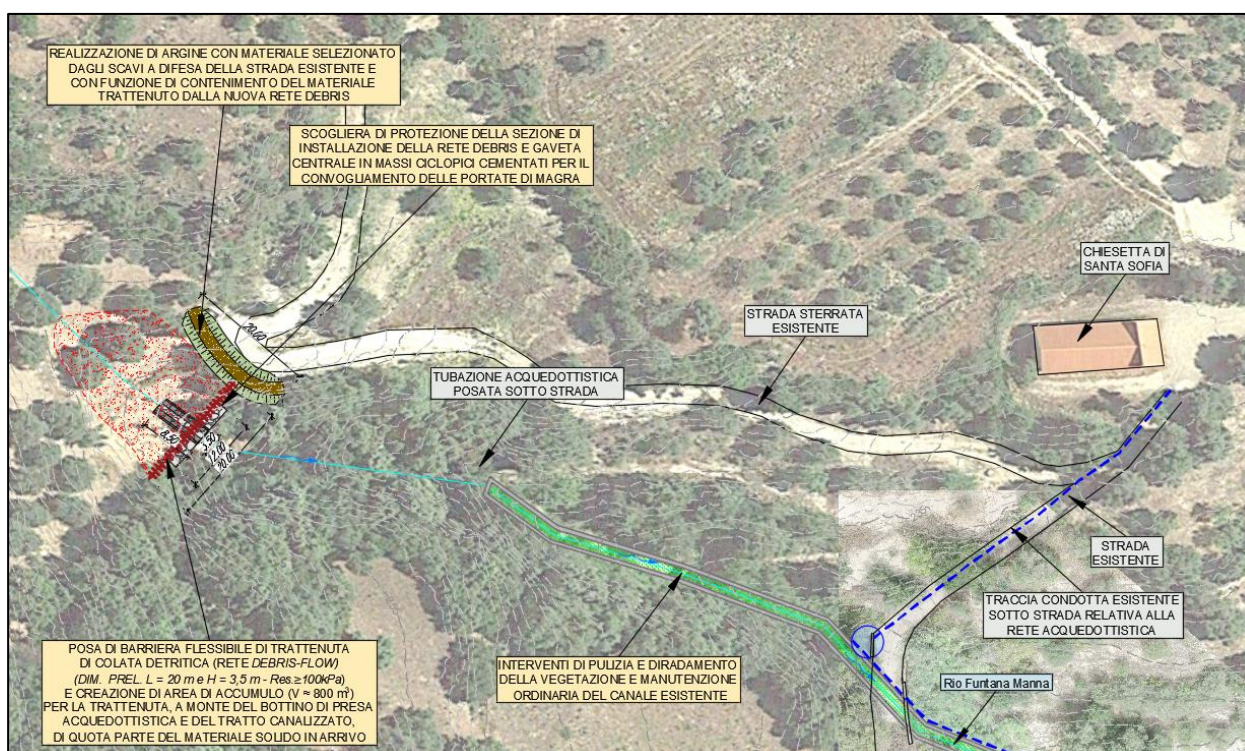


Figura 23 - Traccia della tubazione acquedottistica presente lungo il tratto del Rio Funtana Manna in analisi;

Dal momento che non si prevedono interventi in relazione alla suddetta strada ed alle vasche di accumulo presenti si ritiene che la suddetta opera non venga interferita durante le lavorazioni.

In merito all'area di intervento relativa al **Funtana 'E Sù** si segnala la presenza di diverse linee di servizi (Figura 25):

- Condotta acqua poco profonda ($\approx 0,4$ m dal P.C.);
- Condotta fogna poco profonda ($\approx 0,4$ m dal P.C.);
- Linea aerea della corrente elettrica.

In particolare si evidenzia che i suddetti manufatti esistenti risultano oltre il margine perimetrale relativo alle aree di intervento e pertanto anche in questo caso non verranno in alcun modo interferite.

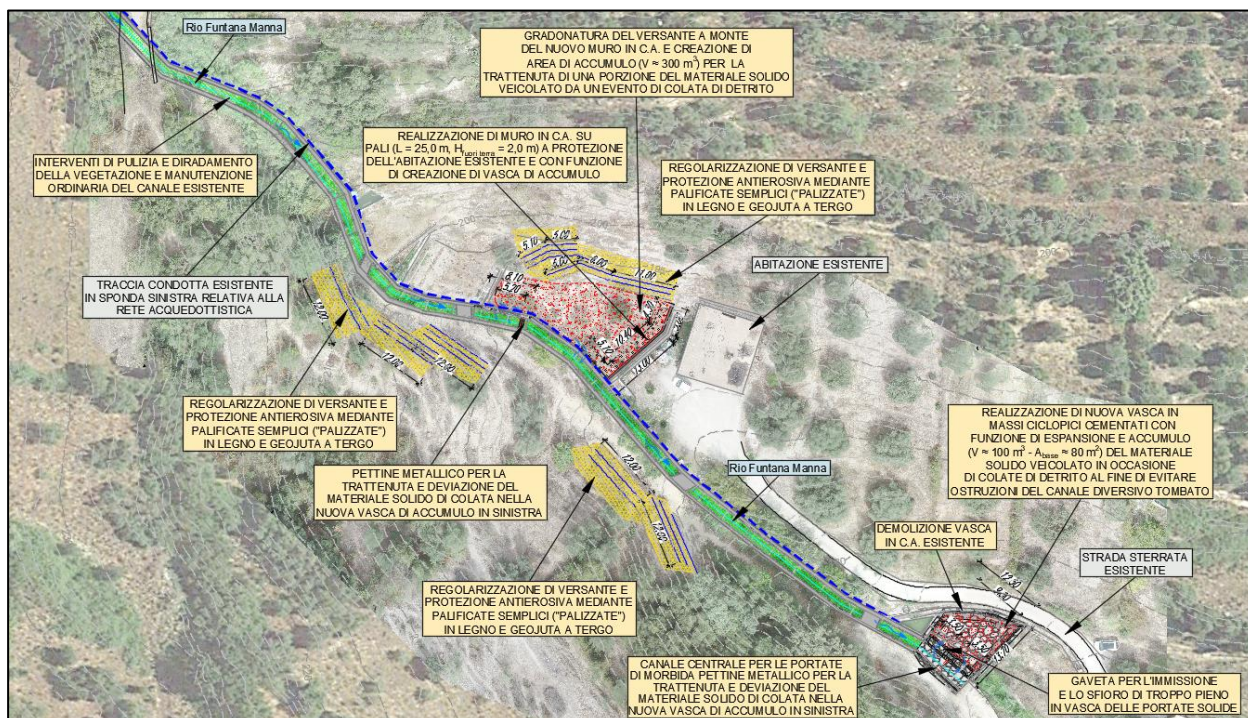


Figura 24 - Traccia della tubazione acquedottistica presente lungo il tratto del Rio Funtana Manna in analisi;

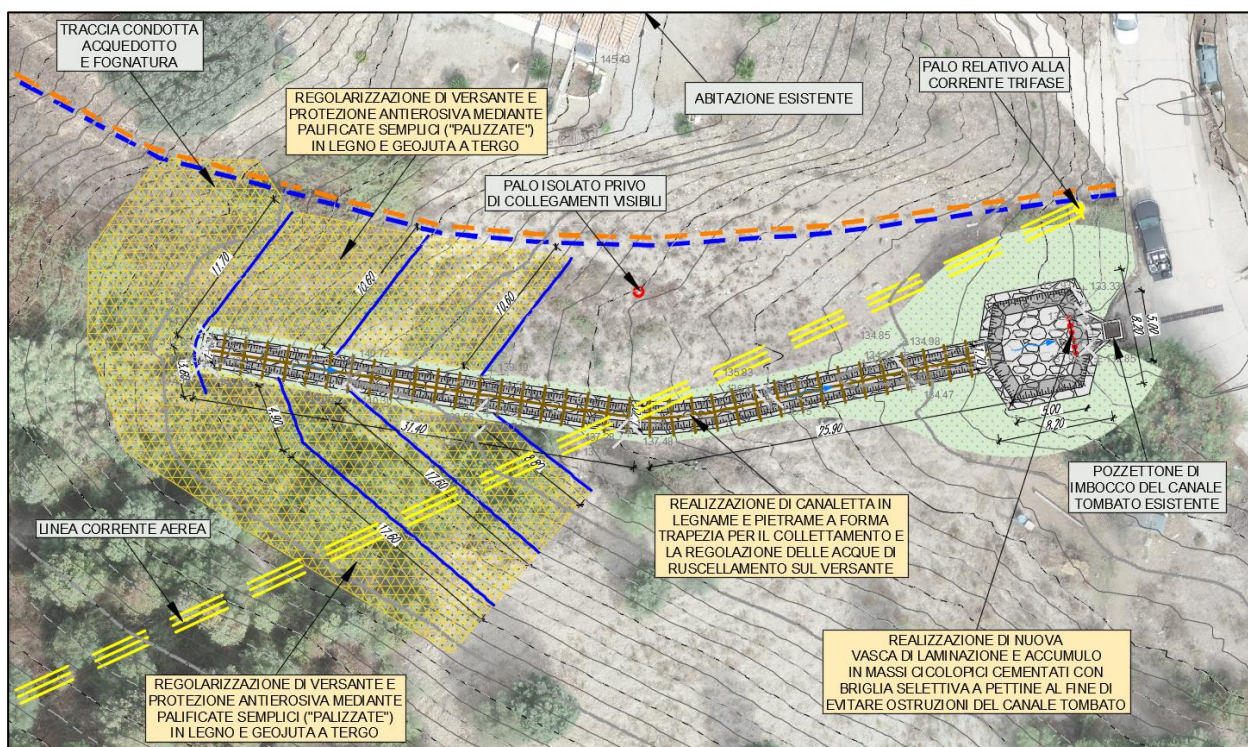


Figura 25 - Traccia dei sottoservizi presenti lungo il tratto del Rio Funtana Manna in analisi;

6.2 REGIME IDRAULICO DEI CORSI D'ACQUA

Ulteriore elemento di interferenza da tenere in considerazione in merito alla fase esecutiva delle lavorazioni risulta il corretto funzionamento idraulico dei corsi d'acqua nei quali bacini idrografici ricadono gli interventi previsti in progetto.

In particolare, per quanto riguarda gli interventi lungo il **Rio Funtana Manna** si sottolinea come gli stessi siano solo parzialmente ricadenti all'interno dell'alveo, permettendo pertanto il normale deflusso delle acque in casi di eventi meteorici intensi anche durante le lavorazioni, in modo particolare per quelli ricadenti nella porzione valliva del corso d'acqua, relativamente alla realizzazione delle vasche di accumulo del materiale in sponda sinistra.

Per quanto invece riguarda l'intervento di installazione della barriera flessibile a monte del bottino di presa acquedottistico, qualora necessario, si provvederà alla realizzazione di un'opera provvisoria funzionale allo smaltimento eventuale delle portate di piena in arrivo, nell'eventualità del manifestarsi di un evento pluviometrico in concomitanza con le lavorazioni.

Con la medesima soluzione provvisoria si può agire lungo l'asta del Funtana 'E Sù in particolare per la realizzazione della vasca a valle in approccio all'imbocco del canale tombato.

Infatti, nonostante i corsi d'acqua in analisi risultino "asciutti" per la maggior parte dell'anno, ciò non esclude la suddetta possibilità di un evento di piena durante la fase dei lavori.

Nel particolare si provvederà alla posa di una tubazione di diametro adeguato funzionale allo smaltimento delle suddette portate per consentire la lavorazione "in asciutta", come indicativamente rappresentato in Figura 26.



Figura 26 – Immagine esemplificativa di tubazione provvisoria per lavorare "in asciutta" in alveo.



7. ASPETTI AUTORIZZATIVI E DI VINCOLO TERRITORIALE

Per un inquadramento sotto l'aspetto della pianificazione territoriale, in riferimento a quanto prescritto dalla Legge Regionale L.R. 45/89 *"Norme per l'uso e la tutela del territorio regionale"*, sono stati considerati dal punto di vista prescrittivo e di indirizzo:

- il *Piano Paesaggistico Regionale* (P.P.R.);
- il *Piano Urbanistico Provinciale* (P.U.P.) della Provincia di Nuoro;
- il *Piano Urbanistico Comunale* (P.U.C.);
- il *Piano di zonizzazione acustica*.

A completamento del quadro delle conoscenze in merito alla tutela del territorio, sono stati esaminati anche:

- il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* (P.A.I.).

7.1 SINTESI DEI VINCOLI AMBIENTALI E TERRITORIALI

L'analisi effettuata evidenzia il seguente scenario di sintesi in merito ai vincoli territoriali/ambientali e alle prescrizioni che costituiscono vincolo di riferimento per la progettazione delle opere:

- Area in parte interessata da pericolosità idraulica Hi4 – *molto elevata* in base al PUC;
- Area interessata da pericolosità per frana Hg3 – *elevata* in base al PUC;
- Area ricadente in parte nella zona E – *Usi agricoli* e in parte nella zona H – *Salvaguardia ambientale*;
- Area in parte interessata da rischio geomorfologico Rg1 – *moderato* e in parte Rg2 – *medio* in base al PAI;
- Area ricadente nella classe III nel piano di classificazione acustica vigente nel Comune di Tertenia
- Area in parte ricadente nell'area a rischio archeologico – ARA07 - relativa alla presenza dell'insediamento di Santa Sofia, perimetrato nel PUC.

Alla luce dell'elenco appena riportato si afferma che l'intervento risulta conforme con gli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti.

7.2 AUTORIZZAZIONE ARCHEOLOGICA

La predisposizione della relazione archeologica è stata omessa poiché gli interventi ricadono nella fattispecie prevista all'art. 25, c.1 ultimo periodo del D.lgs. 50/2016 ed in riferimento alla Circolare n.1/2016 della Direzione Generale Archeologia, paragrafo 2.5.

In particolare dall'analisi della Carta dei beni storico culturali (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) non mostra elementi di rilievo, si segnala tuttavia la presenza di un'area a rischio archeologico (ARA) relativa alla presenza dell'insediamento di Santa Sofia in corrispondenza della posa della rete debris flow sul rio Funtana



Manna (bene n. 8 della Tabella 6 del verbale di copianificazione del 30/07/2015), mentre l'insediamento architettonico di Santa Sofia (cod. 6977) non sarà interferito dagli interventi e dalle attività di cantiere.

Per quanto riguarda invece l'area a rischio archeologico si evidenzia che gli interventi ricadenti in tale area sono relativi alla posa della rete debris flow sul rio Funtana Manna, la realizzazione di una soglia di fondo alveo in massi cementati e la sistemazione dell'argine a protezione della strada adiacente. Tali interventi NON comporteranno nuove edificazioni e/o scavi a profondità maggiori dei manufatti e infrastrutture già esistenti nell'area.

7.3 VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

L'entrata in vigore del D.Lgs. 104/2017 - Attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva 2011/92/UE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114, ha apportato diverse modifiche alla parte II del D.Lgs. 152/2006, relativa alle procedure di valutazione d'impatto ambientale.

Dall'analisi del D.Lgs. 152/2006 coordinato (modificato dal D.Lgs. 104/2017) si evidenzia che la tipologia di interventi proposti non sembra ricompresa negli elenchi riportati negli allegati:

- Allegato II – Progetti di competenza statale;
- Allegato II-bis – Progetti sottoposti alla verifica di assoggettabilità di competenza statale;
- Allegato III – Progetti di competenza delle regioni e delle provincie autonome di Trento e Bolzano;
- Allegato IV – Progetti sottoposti a verifica di assoggettabilità di competenza delle regioni e delle provincie autonome di Trento e Bolzano.

Infatti solamente nell'Allegato IV sono riportate le seguenti opere idrauliche affini: punto 7.o - Progetti di infrastrutture: opere di regolazione del corso dei fiumi e dei torrenti, canalizzazione e interventi di bonifica ed altri simili destinati ad incidere sul regime delle acque, compresi quelli di estrazione di materiali litoidi dal demanio fluviale e lacuale.

In considerazione della tipologia di interventi previsti, cautelativamente si ritiene opportuno sottoporre le opere in progetto alla procedura di Verifica di Valutazione d'Impatto Ambientale di competenza regionale (DGR 11/75 del 24.03.2021): Allegato B1 - Punto 7 - Progetti di infrastrutture, Lettera n) opere di canalizzazione e di regolazione dei corsi d'acqua.



8. PIANO DI MANUTENZIONE E MONITORAGGIO DELLE OPERE IN PROGETTO

In accordo con quanto indicato dal D.lgs 36/23, il Programma di Manutenzione *"si realizza, a cadenze prefissate temporalmente o altrimenti prefissate, al fine di una corretta gestione del bene e delle sue parti nel corso degli anni"*. Esso si articola secondo tre sottoprogrammi:

- il sottoprogramma delle prestazioni, che prende in considerazione, per classe di requisito, le prestazioni fornite dal bene e dalle sue parti nel corso del suo ciclo di vita;
- il sottoprogramma dei controlli, che definisce il programma delle verifiche comprendenti, ove necessario, anche quelle geodetiche, topografiche e fotogrammetriche, al fine di rilevare il livello prestazionale nei successivi momenti della vita del bene, individuando la dinamica della caduta delle prestazioni, con estremi il valore di collaudo e quello minimo di norma;
- il sottoprogramma degli interventi di manutenzione, che riporta in ordine temporale gli interventi di manutenzione, fornendo le informazioni per una corretta conservazione del bene.

Rimandando agli step successivi della progettazione la stesura del *piano di manutenzione* del complesso delle opere in progetto si indicano in questa sede i principali interventi da prevedere per la corretta manutenzione e dunque il corretto funzionamento delle opere e delle aree progettate per l'accumulo del materiale detritico quali le vasche di accumulo e la barriera flessibile.

In particolare la barriera contro le colate detritiche necessitano di poca o nessuna manutenzione nel caso in cui il carico caratteristico di un evento di colata non sia superiore al carico nominale della barriera. Sono comunque necessari interventi minori dopo tali impatti in funzione della frequenza degli stessi. Interventi di riparazione possono essere necessari in seguito ad eventi caratterizzati da carichi che eccedano quelle specificate dal costruttore per la barriera. In seguito si descrivono gli interventi standard, anche se poco frequenti.

Interventi manutentori per strutture soggette a colate al di sotto della soglia di carico che occorrono di frequente solitamente si riducono ai controlli di routine descritti nel seguito. Eventi importanti con colate di grandi volumi entro il limite della struttura possono implicare interventi di riparazione minori. Grandi eventi con carichi che superino il limite della barriera possono implicare interventi anche estesi. Di regola i componenti di una barriera debris flow richiedono manutenzione esclusivamente quando sono presenti estesi fenomeni corrosivi.

Si raccomanda comunque di eseguire controlli regolari, per assicurarsi dello stato e quindi della funzionalità della barriera. Tali controlli possono anche rendere noti possibili danni dovuti a corrosione o ad eventi di colata.

In particolare, si devono prevedere interventi periodici di monitoraggio, manutenzione ordinaria e straordinaria:

8.1 MONITORAGGIO E CONTROLLI REGOLARI

La giusta distanza tra i controlli dipende soprattutto dalla frequenza delle colate e dalla crescita della vegetazione.

In situazioni normali sono sufficienti due controlli all'anno. Se si è in una situazione in cui siano possibili eventi frequenti, si devono prevedere più ispezioni durante l'anno. I controlli devono essere eseguiti prima dell'inizio dell'inverno e all'inizio della primavera e sono funzionali alla valutazione dello stato di interrimento poiché



l'accumularsi di detriti nella rete può portare a un carico statico che impegna l'intera struttura. Per questa ragione i detriti accumulati devono essere allontanati dal sistema.

Infine è necessario monitorare lo stato di avanzamento della vegetazione e provvedere a interventi di pulizia qualora risultasse necessario dall'attività di monitoraggio.

8.2 MANUTENZIONE ORDINARIA

Le strutture necessitano di poca manutenzione ordinaria in condizioni normali, in particolare è necessario non far crescere la vegetazione sopra una certa misura in maniera tale che il volume disponibile all'accumulo del materiale sia sempre disponibile. Pertanto è necessario prevedere interventi di diradamento della vegetazione a cadenza bimensile nel periodo vegetativo e se necessario nel periodo invernale.

8.1 MANUTENZIONE STRAORDINARIA

In seguito ad eventi che impegnino la barriera è necessario un controllo quanto più rapido possibile. In primo luogo sarà necessario provvedere alla rimozione di tutto il materiale solido raccolto dalla barriera e/o dalle vasche (vedi § successivo per accessibilità delle aree), successivamente è necessario provvedere ad una accurata disamina degli elementi caratterizzanti le opere strutturali e valutare l'eventuale necessità di sostituire alcune parti ammalorate e danneggiate a seguito dell'evento.

A titolo esemplificativo uno dei parametri fondamentali è l'altezza residua della barriera dopo un evento, che può essere assunta come indicatore del livello di danno che ci si può aspettare. Un avvallamento notevole della fune di supporto superiore, così come una grande variazione nell'angolo dei montanti, è un'indicazione della deformazione di uno o più anelli frenanti, che potrebbero dover essere sostituiti. In funzione del fattore di sicurezza adottato, in fase di ripristino potrebbe rendersi necessario il ritensionamento del sistema, se l'altezza utile risulta ridotta di più del 30%.

Si troveranno nel Piano di Manutenzione dell'opera tutti gli elementi e le metodologie con le quali effettuare il monitoraggio e la manutenzione delle opere in oggetto.

8.2 ACCESSIBILITÀ DELLE AREE

Al fine di svuotare le aree di accumulo dal materiale trattenuto è necessario poter raggiungere le stesse con mezzi pesanti, in particolare sarà necessario prevedere almeno un autocarro ribaltabile da trasporto materiale di grande volumetria, un autocarro di dimensioni modeste, un miniescavatore ed una pala.

L'accesso deve essere previsto per le due vasche in vicinanza dell'imbocco del canale diversore e per la barriera flessibile a monte della presa acquedottistica oltre la Chiesa di S. Sofia.

Per quanto riguarda quest'ultima località l'accesso è consentito dalla strada esistente che porta alla suddetta Chiesa che prosegue sterrata sino a raggiungere l'area di intervento in oggetto.

Per quest'area possono ritenersi necessari un escavatore di adeguata potenza ed un autocarro di capienza sufficiente in funzione del materiale trattenuto dalla rete.



Per quanto invece concerne le due vasche a valle possibile raggiungere il piazzale antistante l'abitazione esistente in sinistra idraulica al Funtana Manna con i suddetti mezzi tramite la Via Benedizione in direzione del Rio.

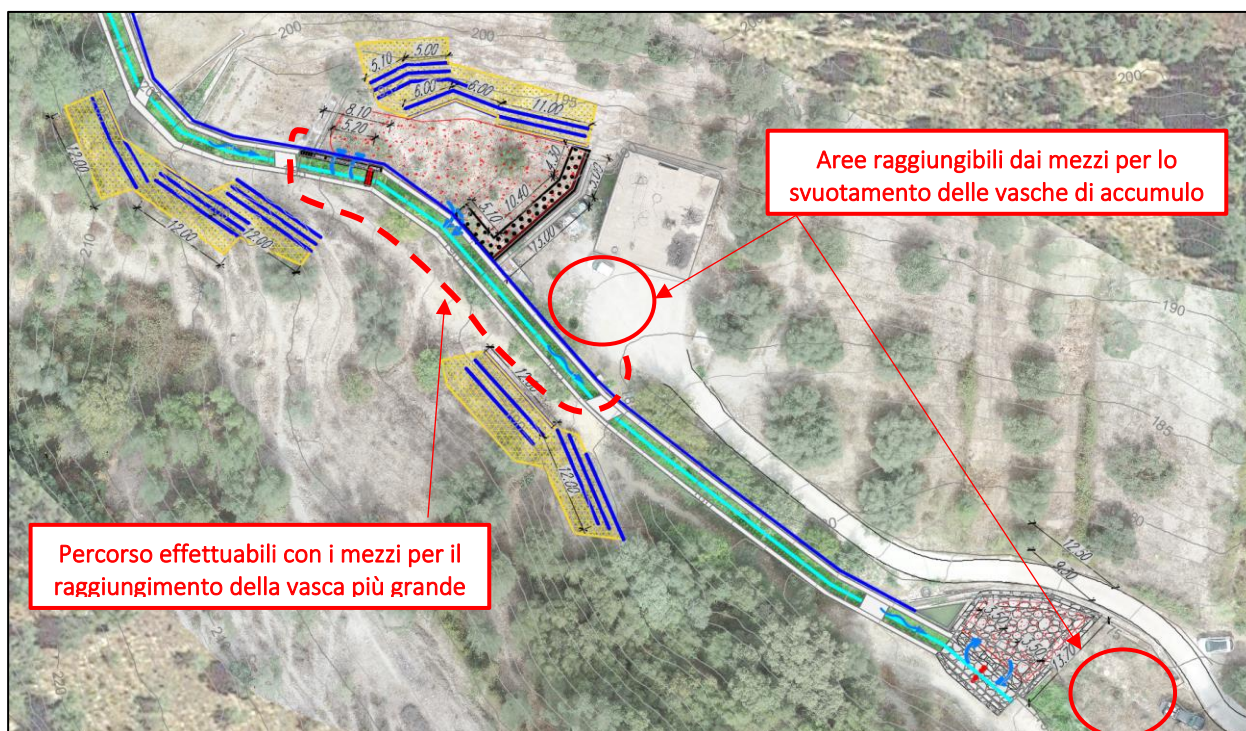


Figura 27 - Estratto dalla planimetria di progetto - vasche di accumulo a valle sul Funtana Manna.

In Figura 27 si individuano le aree ed i percorsi effettuabili con i mezzi per le attività di manutenzione straordinaria delle opere. Previa verifica strutturale delle passerelle esistenti, è possibile utilizzare queste ultime per l'attraversamento del canale per raggiungere la vasca di dimensioni maggiori.

Qualora non fosse possibile per motivi strutturali o geometrici (troppo stretti) sarà necessario prevedere opere provvisorie quali puntelli inferiormente all'intradosso delle stesse funzionali al sostegno del carico o la realizzazione di un guardo sul canale tramite posa di adeguata tubazione e colamento di materiale per il tempo necessario alle lavorazioni.



9. VALUTAZIONE DELLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE E SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA DEGLI INTERVENTI

Gli interventi in progetto relativi a tale soluzione, come analizzato in dettaglio al § 7, rientrano positivamente nel quadro vincolistico ambientale e territoriale del comune di Tertenia.

L'analisi effettuata evidenzia il seguente scenario di sintesi in merito ai vincoli territoriali/ambientali/idrogeologici e alle prescrizioni che costituiscono vincolo di riferimento per la progettazione delle opere:

- Area in parte interessata da pericolosità idraulica Hi4 – *elevata* in base al PUC;
- Area interessata da pericolosità per frana Hg3 – *elevata* in base al PUC;
- Area ricadente in parte nella zona E – *Usi agricoli* e in parte nella zona H – *Salvaguardia ambientale*;
- Area in parte interessata da rischio geomorfologico Rg1 – *moderato* e in parte Rg2 – *medio* in base al PAI;
- area ricadente nella classe III nel piano di classificazione acustica vigente nel Comune di Tertenia.

Alla luce dell'elenco appena riportato si afferma che l'intervento risulta conforme con gli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti ed anzi tali interventi sono proprio mirati alla mitigazione della pericolosità idraulica, del rischio frana, geomorfologico ed idrogeologico dunque in pieno accordo con la vincolistica vigente interessante le aree di intervento.

Infine, in base al *Calcolo sommario di spesa* ed al *Quadro Economico* disposti rispettivamente all'interno dell'Elaborato P.1.4 e P.1.5, si riporta a seguire una tabella riassuntiva (Tabella 6) del costo degli interventi, rimandando ai relativi elaborati di cui sopra per la lettura puntuale del calcolo di spesa e relativo finanziamento a copertura di quadro economico delle opere in progetto.

Tabella 6 - Importo lavori previsto per gli interventi di difesa da rischio idrogeologico nel comune di Tertenia

IMPORTO TOTALE DEI LAVORI		
A	Importo lavori soggetto a ribasso (rio Funtana 'E Si)	102 069.78 €
	Oneri sicurezza non soggetti a ribasso (rio Funtana 'E Si)	5 103.49 €
TOTALE INTERVENTO A		107 173.27 €
B	Importo lavori soggetto a ribasso (rio Funtana Manna)	317 930.22 €
	Oneri sicurezza non soggetti a ribasso (rio Funtana Manna)	15 896.51 €
TOTALE INTERVENTO B		333 826.73 €
TOTALE COMPLESSIVO INTERVENTI		441 000.00 €

IMPORTO TOTALE PROGETTO	
C - IMPORTO COMPLESSIVO INTERVENTI (lavori, somministrazioni, sicurezza)	441 000.00
SD - IMPORTO SOMME A DISPOSIZIONE (da Q.E.)	259 000.00
TOTALE PROGETTO	700 000.00 €



L'importo totale del **finanziamento necessario** per la realizzazione delle opere in progetto risulta quindi pari a **700'000,00 €.**

9.1 SINTESI DELLE FONTI DI FINANZIAMENTO DISPONIBILI

Per quanto attiene la copertura finanziaria degli interventi in oggetto, si precisa che l'intervento è finanziato, per i soli servizi di progettazione e per le indagini preliminari propedeutiche alla progettazione medesima, a valere sul "Fondo per la progettazione degli interventi contro il dissesto idrogeologico" (DPCM 14 luglio 2016), di cui all'articolo 55 della legge 28 dicembre 2015, n.221.

La fonte del finanziamento è il Fondo di Sviluppo e Coesione 2014-2020 col quale, con delibera CIPE del 20 febbraio 2015, n.32, sono stati assegnati 100 milioni di euro al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare da destinare alla progettazione degli interventi contro il dissesto idrogeologico

Ne deriva che attualmente la copertura finanziaria è garantita per le sole attività di progettazione e indagini e che quindi **l'importo dei lavori, ad oggi non ancora finanziato, è da intendersi esclusivamente quale fabbisogno indicativo per la realizzazione delle opere in progetto.**