Comune di Usellus
Via E. D'Arborea, 58 – 09090
Usellus (OR)
Tel. 0783 93 80 01



Progettazione
Ing. Matteo Pintore
Via G. Marconi, 28–09013 Carbonia (SU)
C.F. PNTMTT80R08E281I–P.I. 03131860920
Tel./Fax +39 0781 671444–Cell. +39 3384825800
Mail ingmp.info@gmail.com–matteo.pintore@ingpec.eu

Dott. Geol. Giovanna Frau
Via A. Moro, 9–09029 Tuili (SU)
C.F. FRAGNN73C58H856J–P.I. 023120929
Tel./Fax +39 070 936 4332–Cell. +39 3341172311
Mail giovygeo@libero.it–giovannafrau@pec.epap.it

Oggetto del lavoro

Studio di variante al PAI, esteso all'intero territorio comunale, ai sensi dell'art. 37, comma 3 delle Norme Tecniche di Attuazione - parte idraulica -

Timbri e firme:

Committente:
Comune di Usellus

Codice Lavoro
2025_12

Visti Amministrativi
Responsabile del Procedimento:
Arch. Ilaria Suozzi

Ediz.	Data	Descrizione	Disegnato	Verificato	Approvato
1P	09/25	Relazione generale	M.P.	M.P.	M.P.

Ediz. Elaborato	Data	Scala	File	Plot Style
1	09/25	–		Usellus PAI

Elaborato

A

Relazione Generale

INDICE

1 Premessa 4
2 Metodologia di studio 5
3 Inquadramento geografico-territoriale e uso del suolo 6
4 Contesto paesaggistico 7
5 Analisi degli eventi e delle criticità alluvionali nel territorio 9
5.1 Analisi storica 9
5.2 Analisi storica delle modificazioni geomorfologiche e punti critici della rete idrografica 9
6 Studi ed interventi pregressi 12
6.1 P.A.I. (2004) 12
6.2 P.S.F.F. (2013) 15
6.3 Interventi già realizzati per l'assetto idrogeologico di Usellus 15
6.3.1 Sistemazione idraulico forestale del bacino del Rio Caredda 15
6.4 Interventi in progetto per l'assetto idrogeologico di Usellus 15
7 Analisi idrologica 16
7.1 Ambiente e clima 16
7.2 Precipitazioni 16
7.3 Inquadramento clivometrico 18
..... 20
7.4 Inquadramento geologico 20
7.5 Inquadramento geomorfologico 23
7.6 Inquadramento geopedologico 24
7.6.1 Riferimenti geopedologici 24
7.6.2 Riferimenti sull' uso del suolo 25
7.7 Idrografia e bacini principali 27
7.7.1 Struttura ed evoluzione dei reticoli di drenaggio 27
7.7.2 Rio Caredda (detto anche Rio Crannaxiu o Rio Musciuridda) (bacino 1) 30
7.7.3 Riu Utturu Su Pauli (bacino 2) 34
7.7.4 Riu Domus de Funtanas (detto anche Su Scannaiu)(bacino 3) 37
7.7.5 Il rio Spironcia (bacino 4) 39
7.7.6 Rio Sa Grutta (bacino 4.1) 46
7.7.7 Rio Bias Arrubias (bacino 4.2) 52
7.7.8 Rio Funtanedda (bacino 5) 55
7.7.9 Rio Is Congiaos (detto anche Canale Frissa) (bacino 6) 60
7.8 Criteri e metodi di calcolo delle portate al colmo 63
7.8.1 Metodi indiretti 64
7.8.2 Metodi diretti 70
7.8.3 L'analisi probabilistica della portata di massima piena 72

7.8.4 Analisi dei risultati 74

8 Analisi idraulica 76
8.1 Rilievi strumentali 76
8.2 Modello di calcolo ed approccio metodologico 76
8.3 Costruzione del modello numerico 78
8.3.1 Schematizzazione geometrica 78
8.3.2 Coefficienti di scabrezza 78
8.4 Implementazione dei corsi d'acqua nella modellazione di HEC-RAS 80
8.5 Analisi dei risultati 81

9 Indicazioni per la pianificazione urbanistica 82
10 Definizione del rischio idraulico 91

1 PREMESSA

La presente relazione è allegata allo studio di variante al PAI, esteso all'intero territorio del comune di Usellus ai sensi dell'art. 37 comma 3 delle Norme tecniche di Attuazione, relativamente alla parte idraulica.

Il Comune di Usellus, ai fini dell'adeguamento del redigendo Piano Urbanistico Comunale, aveva già precedentemente redatto uno Studio di Compatibilità idraulica, commissionato nel 2013 ed esteso all'intero territorio comunale, ai sensi Art. 8 NTA PAI che era stato approvato con delibera del Comitato Istituzionale n. 10 del 03/06/2021. Lo studio anzidetto, per la rappresentazione delle aste fluviali, era stato redatto sulla base di campagne di rilievi topografici volte alla discretizzazione delle sezioni trasversali ai corsi d'acqua studiati, con interdistanza dell'ordine delle decine di metri. A ciò si aggiunge che a tale studio non aveva fatto seguito la Variante al PAI ai sensi dell'art. 37.
In considerazione del fatto che:

- attualmente, il centro urbano risulta coperto da modello digitale del terreno con passo di 1 metro e con passo di 10 metri per le aree limitrofe;
- sono trascorsi oltre dieci anni dalla campagna di rilievi topografici utilizzati alla base dello studio;
- al fine di completare e dettagliare la puntuale identificazione delle situazioni di criticità occorre trasmettere la richiesta di variante al PAI ai sensi dell'art. 37 delle NTA;
- sarebbe auspicabile presentare richieste di variante al PAI utilizzando il dataset disponibile più aggiornato;

tutto quanto premesso, è stato redatto il presente studio che rappresenta un approfondimento ed un aggiornamento del quadro conoscitivo idraulico ed idrogeologico. Le tavole allegate contengono la pericolosità idraulica aggiornata sulla base dei nuovi dati (DTM ad 1 m) e utilizzata per la valutazione del conseguente rischio idraulico.
In considerazione dell'approvazione del precedente studio, ai sensi dell'art. 8, si è optato per lasciare invariati tutti i calcoli idrologici ed i relativi metodi e criteri per la valutazione delle portate al colmo, i cui valori sono stati utilizzati per il calcolo della pericolosità sul nuovo modello idraulico. Si riporta, pertanto, di seguito la relazione di calcolo con i valori precedentemente approvati.

Lo studio di compatibilità idraulica è previsto ai sensi dell'articolo 8, comma 2 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Sardegna, in virtù del quale "*in sede di adozione di nuovi strumenti urbanistici anche di livello attuativo e di varianti generali agli strumenti urbanistici vigenti, indipendentemente dall'esistenza di aree perimetrate dal PAI, i Comuni assumono e valutano le indicazioni di appostiti studi di compatibilità idraulica e geologica e geotecnica riferiti a tutto il territorio comunale o alle sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione*".
Gli studi di compatibilità idraulica "*analizzano le possibili alterazioni dei regimi idraulici e della stabilità dei versanti collegate alle nuove previsioni di uso del territorio*" (art, 8, comma 3 NdA, PAI).

D'altra parte va aggiunto che il territorio insediativo di Usellus è effettivamente compreso nelle perimetrazioni PAI come area a rischio idrogeologico, essendo caratterizzato da forte pericolosità da

alluvioni. Secondo l'articolo 4 comma 6 delle predette Norme di Attuazione del PAI, "*in sede di redazione dei PUC e degli altri strumenti urbanistici, le Amministrazioni interessate introducono nelle norme dello strumento urbanistico le limitazioni d'uso prescritte dal PAI per gli ambiti a pericolosità idraulica o da frana ed effettuano la verifica della programmazione urbanistica con le condizioni di dissesto idrogeologico presenti o potenziali evidenziati dal PAI*".

L'Amministrazione Comunale di Usellus ha, quindi, richiesto questo Studio per ricercare ed approfondire gli aspetti di compatibilità idrogeologica nei confronti del possibile sfruttamento insediativo del territorio comunale al fine dell'adozione del nuovo PUC.

Le fonti documentali cui sarà fatto riferimento sono rappresentate dal patrimonio costituito dagli studi sul territorio di Usellus e, nello specifico ambito del presente Studio, dalle analisi conoscitive sviluppate in occasione delle progettazioni per la realizzazione di opere idrauliche di messa in sicurezza del territorio o promosse dall'Amministrazione anche a seguito di eventi alluvionali di forte intensità.

2 METODOLOGIA DI STUDIO

In base all'articolo 8 delle NdA del PAI gli studi di compatibilità idraulica a servizio della pianificazione urbanistica possono riguardare tutto il territorio comunale o le sole aree interessate dagli atti proposti all'adozione.

Nel presente Studio sarà esplicitata l'analisi idrogeologica ed idraulica dell'intero reticolo idrografico, coinvolgendo, quindi, tutto il territorio comunale di Usellus.

Va detto che alcuni rii, come il rio Spironcia ed il rio che attraversa la frazione di Escovedu, sono già stati analizzati dal P.A.I. che ne ha perimetrato le aree a rischio idraulico e per tale ragione i suddetti compluvi saranno tenuti in primaria considerazione ai fini della perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica.

Lo studio si svilupperà secondo le indicazioni riportate nelle Norme di Attuazione e Linee Guida del P.A.I. e sarà finalizzato alla definizione e perimetrazione in dettaglio delle aree di pericolosità idrogeologica.

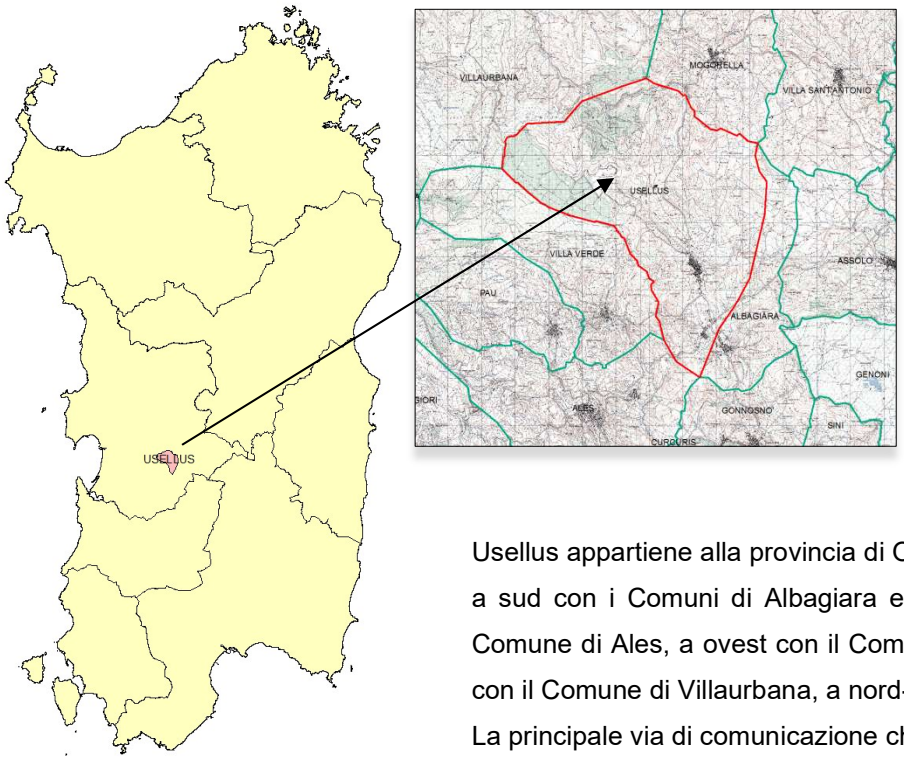
A tal fine sarà realizzata la stima delle portate di piena per i periodi di ritorno definiti dal P.A.I. (50, 100, 200 e 500 anni), sulla base delle analisi dei bacini idrografici di ciascun corso d'acqua preso in considerazione, attraverso le metodologie previste dalle Linee Guida del P.A.I.

Successivamente allo studio idrologico ed alla stima delle portate di piena di riferimento sarà condotta un'analisi idraulica per la simulazione della propagazione delle medesime piene per arrivare alla delimitazione delle aree allagabili secondo la classificazione P.A.I. di pericolosità.

Si vuole sottolineare come il presente Studio sia volto alla perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica **per l'intero territorio comunale di Usellus** con un dettaglio tale da permettere la gestione del territorio ai fini della programmazione e dell'attuazione dei piani comunali.

Si sottolinea, però, che per ogni intervento edificativo ed attuativo specifico, sarà necessario redigere un ulteriore Studio di compatibilità idraulica di maggior dettaglio, così come riferito nelle NTA del P.A.I.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-TERRITORIALE E USO DEL SUOLO



Il Comune di Usellus è situato nella parte centro-occidentale della Sardegna e dal punto di vista cartografico è compreso nei Fogli I.G.M. 529 sez. II-III e 539 sez. I e IV, in scala 1:25.000, corrispondenti ai Fogli della Carta Tecnica Regionale (CTR) 529 sez. 100 – 110 – 140 – 150 e 539 sez. 030-, in scala 1:10.000.

Usellus appartiene alla provincia di Oristano e il suo territorio confina a sud con i Comuni di Albagiara e Gonnosnò, a sud ovest con il Comune di Ales, a ovest con il Comune di Villa Verde, a nord-ovest con il Comune di Villaurbana, a nord-est con il Comune di Mogorella. La principale via di comunicazione che collega il Comune con il resto dell'isola è la Strada Provinciale n° 35 che a sua volta è collegata con la Strada Statale 388 e con la Strada Statale 442. Il territorio comunale di Usellus ha un'estensione di 35,10 Km^2 con un'altitudine media di 289 m s.l.m.. Per quanto riguarda l'uso del suolo, nella codifica della Corine Land Cover, circa il 36% dell'intero territorio comunale è classificato seminativo in aree non irrigue, un 12% caratterizzato da aree a ricolonizzazione superficiale, e circa il 12% da aree boschive. Le aree naturali coprono comunque il 98,5% del territorio come si evince dal grafico sotto riportato. Dal punto di vista insediativo è presente un centro abitato principale, quello di Usellus e la frazione di Escovedu per un totale di 868 abitanti (Istat 31/12/2010).

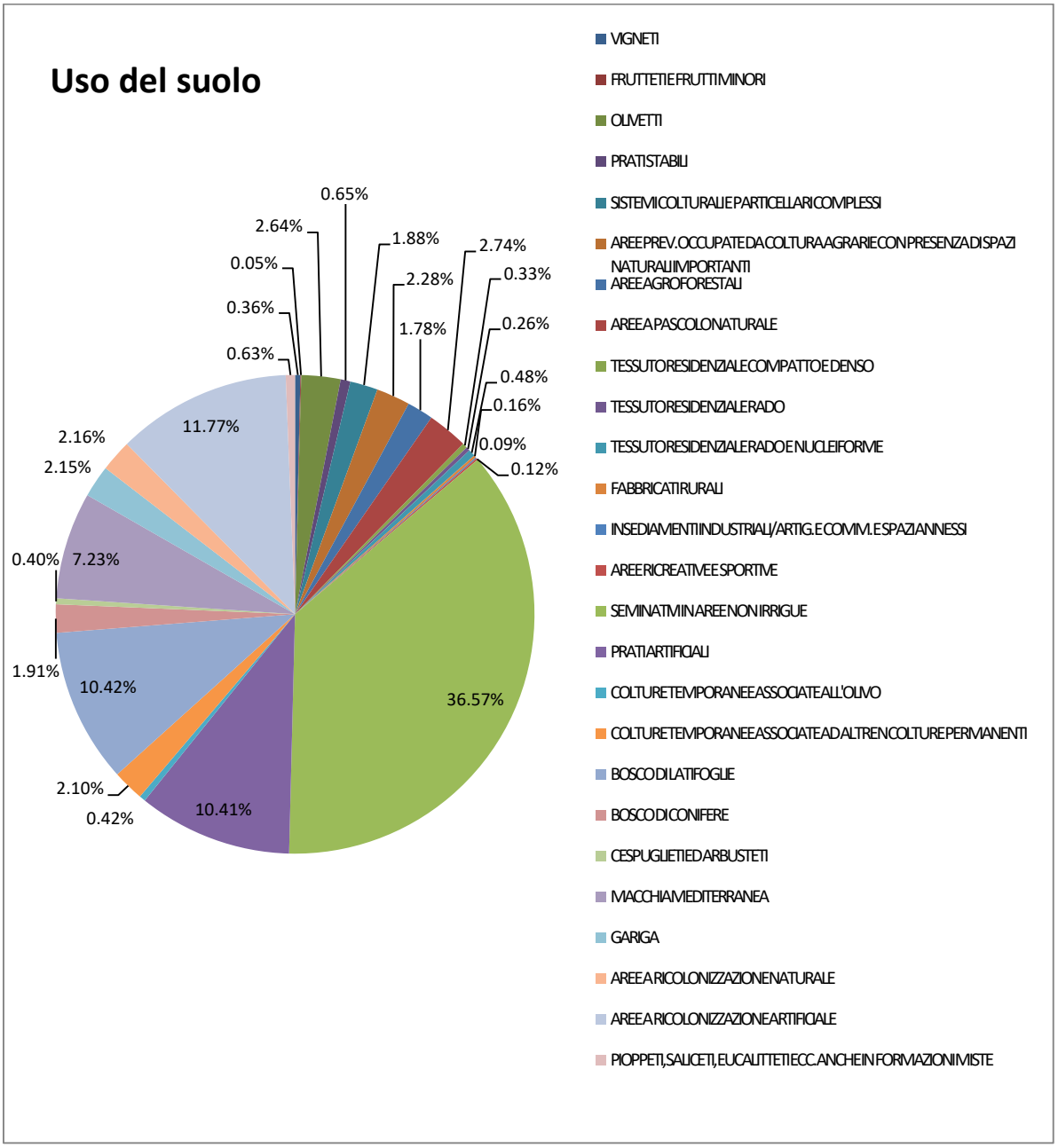


Grafico 1. Ripartizione percentuale dell'uso del suolo dell'intero territorio comunale secondo la codifica Corine Land Cover.

4 CONTESTO PAESAGGISTICO

Il territorio in oggetto appartiene alla Provincia di Oristano ed è disposto nell'area sud/sud-est della stessa, compreso fra il Monte Arci, il Grighine e la Giara.

Il contesto paesaggistico in oggetto si presenta morfologicamente omogeneo e si caratterizza principalmente per i suoi rilievi collinari dolci che cambiano colore nel corso delle stagioni, dal giallo paglierino dei mesi più caldi fino al verde più intenso della primavera. La destinazione d'uso del suolo è prevalentemente di tipo agricolo tradizionale con qualche insediamento produttivo isolato. Il sistema insediativo è costituito da centri di modeste dimensioni ma ricchi di particolari architettonici di alto rilievo storico, caratterizzati dall'utilizzo prevalente della pietra nel sistema edilizio; ne è un esempio

l'antico ponte romano sul Rio Sa Spironcia testimonianza dell'importanza storica dell'abitato di Usellus.

La caratterizzazione meteoclimatica è quella tipica delle zone interne della Sardegna, con inverni miti ed estati torride.

Per quanto riguarda l'atmosfera, l'aria nella zona risulta particolarmente salubre; le uniche sporadiche emissioni, infatti, risultano quelle provenienti dalle attività agricole presenti (fumi dei macchinari agricoli, gas dovuti alla presenza del bestiame ed alle produzioni agricole).

La flora è costituita per la maggior parte da macchia mediterranea alta e bassa. Per quanto riguarda la macchia alta, la cui vegetazione dello strato superiore è prevalentemente composta da specie a portamento arboreo con chiome che raggiungono i 4 metri d'altezza, sono rappresentative le specie arboree del genere Quercus (leccio, sughera e roverella), quelle del genere Phyllirea (ilatro e ilatro sottile) e altre di minore diffusione. Tale macchia si estende nelle migliori condizioni pedoclimatiche evolvendo verso il leccio o foresta mediterranea sempreverde.

La macchia bassa è prevalentemente composta da specie a portamento arbustivo, con chiome che raggiungono al massimo i 2-3 metri d'altezza: sono rappresentative specie arbustive come il lentisco, l'erica, il corbezzolo, il mirto, l'euforbia arborea, le ginestre e altre cespugliose quali i cisti, il rosmarino e i rovi. Lungo i corsi d'acqua, si segnala la presenza di canneti, ginestre e pioppi.

La fauna presente nella zona è costituita da mammiferi e uccelli di piccola taglia, quali volpi, conigli selvatici, piccoli mustelidi, pernici, quaglie, piccoli rapaci, passeriformi ecc.

Le aree agricole circostanti il centro abitato sono destinate a vigneti, orti, seminativi, pascoli.

Una parte del territorio comunale di Usellus, 287 ha, appartengono al Parco Naturale del Monte Arci, che prende il nome dall'omonimo massiccio di origine vulcanica che si eleva fino a quota 812 metri nel territorio del Comune di Morgongiori. Il patrimonio ambientale è legato alla morfologia del territorio nel quale sono presenti altipiani e bastioni di basalto, frutto di attività magmatica estrusiva. In questo contesto grande importanza riveste la copertura vegetale caratterizzata da boschi che ricoprono come un manto migliaia di ettari a partire dalle quote più elevate dove sono presenti senza soluzione di continuità i boschi di leccio, tra i quali "Acquafrida", "Beda Manca", "S'arroxiu", "Mitza e Margiani, per arrivare ai boschi di sughera e di roverella presenti alle quote più basse.

Inoltre, dal punto di vista storico-culturale il Monte Arci ricopre un ruolo di elevata importanza per la sua storia millenaria che ha reso il suo territorio protagonista dal periodo preistorico per uno dei più importanti giacimenti di Ossidiana esportata in tutto il Mediterraneo per la produzione di utensili e altri manufatti. Di notevole valenza paesaggistica è inoltre l'area della "Giara", costituita da altipiani basaltici formatisi in seguito a fenomeni vulcanici, di cui fanno parte i Comuni di Albagiara, Assolo, Gonnosnò, Senis e Sini, oltre a Nureci che risulta a cavallo fra il massiccio del Grighine e la Giara e Usellus con un versante sul Monte Arci. L'altopiano è caratterizzato da fitti boschi di sughere e roverella dove è presente una ricca varietà di flora e di fauna.

5 ANALISI DEGLI EVENTI E DELLE CRITICITÀ ALLUVIONALI NEL TERRITORIO

5.1 Analisi storica

La frequenza con cui si sono verificati in passato eventi calamitosi legati all'esondazione del sistema fluviale nel territorio comunale, è riscontrabile in base agli interventi di sistemazione che hanno interessato tratti di tali alvei fluviali.

Una prima identificazione delle aree a rischio idrogeologico è stata effettuata tramite un analisi storica di eventi significativi verificatisi all'interno del territorio di Usellus. Dalla consultazione dei dati storici di esondazioni desunte dal sistema informativo sulle catastrofi idrogeologiche del GNDCI – progetto AVI (Aree Vulnerate Italiane) risulta che un evento alluvionale si verificò in data 14/02/1970 a causa di precipitazioni eccessive; inoltre risulta censito, nel mese di marzo del 1996 un ulteriore evento che interessò un area prospiciente il centro abitato per l'esondazione del Rio Sa Spironcia in località Perdadina (in cui sono presenti infrastrutture e insediamenti) con l'assunzione in carico di un'elevata quantità di terra e detriti.

Da informazioni reperite presso l'ufficio tecnico del comune di Usellus risultano due eventi particolari, uno in località Perdadina, nei pressi di Usellus nel 1996, che conferma le indicazioni dell'AVI e l'altro in località Funtanedda presso Escovedu nel 1987, evento che ha interessato alcune abitazioni poste nelle vicinanze della linea d'impluvio dell'omonimo rio.

5.2 Analisi storica delle modificazioni geomorfologiche e punti critici della rete idrografica

L'analisi delle modificazioni geomorfologiche è stata eseguita attraverso l'analisi delle foto aeree disponibili sul portale istituzionale www.sardegnageoportale.it/webgis/fotoaeree/ nel quale sono riportate ortofoto riguardanti l'intero territorio regionale a partire dal 1943. Sono state utilizzate inoltre, per l'analisi delle aste, le carte IGMI in scala uno a venticinquemila e la cartografia tecnica regionale in scala uno a diecimila.

La situazione descritta dal rilievo geomorfologico relativo alla cartografia IGM si differenzia di poco dalla situazione attuale; in entrambi i casi gli alvei presentano un andamento monocursale sinuoso, a tratti monocursale rettilineo, perfettamente in asse tra loro. Non risulta quindi essere in corso una significativa evoluzione morfologica degli alvei principali e tra i principali processi modellanti si può indicare l'erosione delle sponde.

E' tuttavia possibile individuare diversi *punti critici* sui corsi d'acqua che lambiscono i principali centri abitati (Usellus ed Escovedu) peraltro perimetrali nel P.A.I.

In particolare per quanto riguarda il Rio Sa Spironcia, nel tratto a valle della Strada Provinciale 35 in località "Pedradina" risulta essere presente una modificazione dell'alveo naturale a seguito della tombinatura dell'alveo, come si evince dalla documentazione fotografica di cui alle figure seguenti.

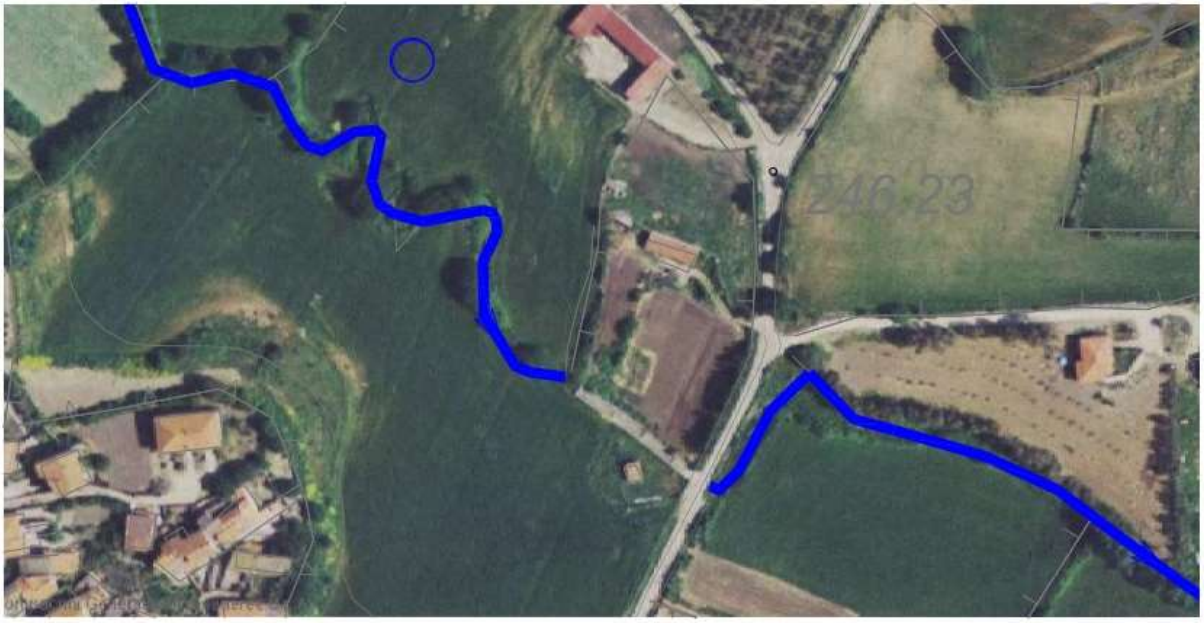


Figura 1. Rio Sa Spironcia - Ortofoto 2006 con sovrapposizione su CTR



Figura 2. Rio Sa Spironcia - Ortofoto 1977 con sovrapposizione su CTR

Altra modificazione importante e da segnalare riguarda il "Rio Funtanedda" che attraversa la frazione di Ecovedu; come si evince dalla documentazione fotografica, il tracciato del Rio risulta aver subito una sostanziale modificazione con traslazione dell'asta fluviale, tombinatura ed edificazione nelle aree di golena.



Figura 3. Rio Funtanedda - Ortofoto 2006 con sovrapposizione su CTR



Figura 4. Rio Funtanedda - Ortofoto 1977 con sovrapposizione su CTR

6 STUDI ED INTERVENTI PREGRESSI

Il comune di Usellus è interessato da studi approfonditi, a livello regionale, per la definizione e l'analisi del rischio idrogeologico nel suo territorio. La presenza di un fitto reticolo idrografico nelle vicinanze del centro abitato di Usellus e di altre aree a rischio fa sì che la pianificazione del territorio debba essere fortemente controllata e adeguata secondo precisi studi di settore.
Principalmente tramite la legge n. 183/1989 sono stati istituiti diversi strumenti d'analisi e pianificazione ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico in tutto il territorio regionale e nazionale.

6.1 P.A.I. (2004)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, e approvato con decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10/07/2006, rappresenta un importantissimo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo ai fini della pianificazione e programmazione delle azioni e delle norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico individuato sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio regionale. Le perimetrazioni individuate nell'ambito del P.A.I. delimitano le aree caratterizzate da elementi di pericolosità idrogeologica, dovute a instabilità di tipo geomorfologico o a problematiche di tipo idraulico, sulle quali si applicano le norme di salvaguardia contenute nelle Norme di Attuazione del Piano.
In seno all'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia svolta per la redazione del PAI, nel territorio comunale di Usellus sono state individuate diverse sezioni critiche per quel che concerne il rischio idraulico. Le sezioni sono illustrate da altrettante schede di riferimento (Scheda di intervento B1TC042 per n. 02 tronchi critici relativamente al sub-bacino Tirso), che descrivono lo stato di fatto ed i possibili interventi da mettere in atto per la riduzione del rischio. Assieme all'individuazione delle sezioni e dei relativi tronchi critici, è stata prodotta un'idonea cartografia nella quale sono riportate le estensioni delle aree inondabili, riferite rispettivamente a valori della portata di colmo caratterizzata da tempi di ritorno pari a 50 anni (Hi4 – area di pericolosità idraulica molto elevata), 100 anni (Hi3 – area di pericolosità idraulica elevata), 200 anni (Hi2 – area di pericolosità idraulica media) e 500 anni (Hi1 – area di pericolosità idraulica moderata). Tali aree di pericolosità riguardano:

- il Rio Sa Spironcia nell'area nord del centro urbano di Usellus (toponimi S'Ortus e Perdadina) a monte e a valle dell'attraversamento della Strada Provinciale n. 35 c.d."della Marmilla";
- il Rio Funtanedda che interessa il centro abitato di Escovedu (frazione di Usellus) in un tratto a monte e a valle della S.S. 442. Questo corso idrico, che peraltro ha fatto già registrare in passato eventi alluvionali, risulta perimetrato in modo errato/non chiaro nel P.A.I. in quanto in quest'ultimo non vengono evidenziate le aree a ridosso dell'asta fluviale bensì una strada comunale carrabile che corre lateralmente al compluvio a distanza di qualche decina di metri. Si procederà pertanto con una specifica analisi e relativa richiesta di variante al P.A.I.

Si riporta pertanto di seguito uno stralcio della cartografia P.A.I. contenente la perimetrazione delle aree a rischio di piena.

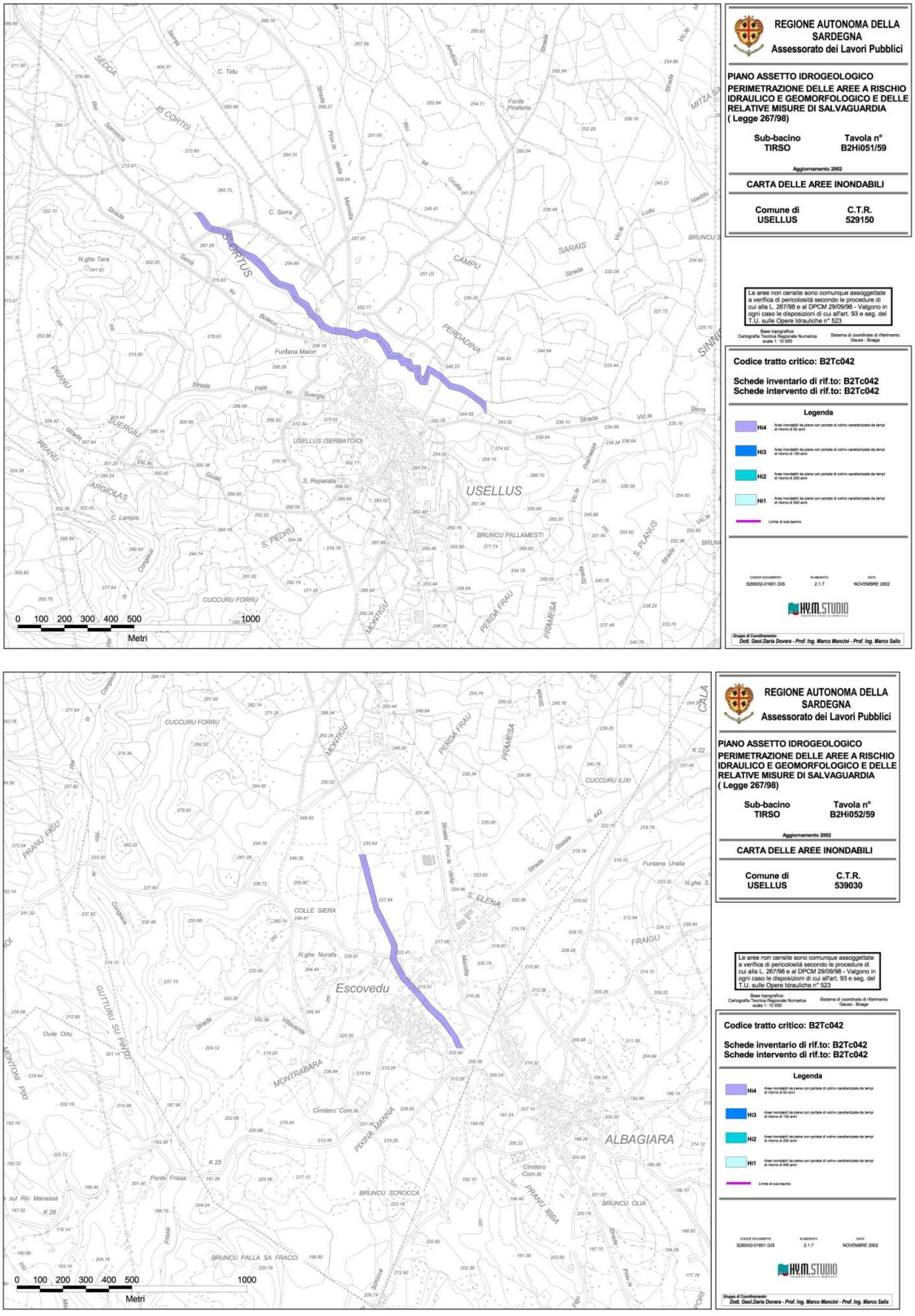


Figura 5. Perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica nel comune di Usellus. Stralcio da P.A.I.

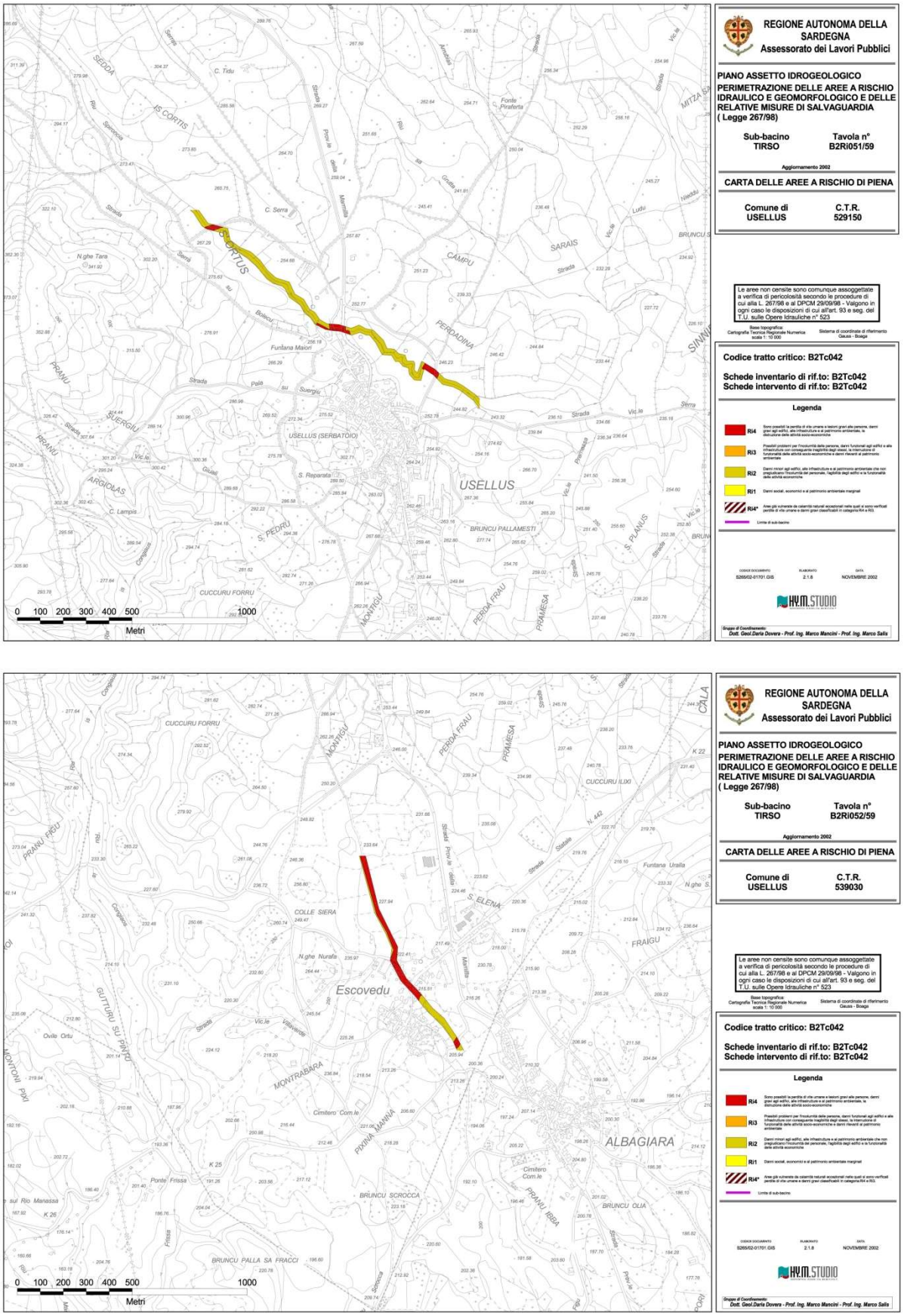


Figura 6. Perimetrazione delle aree a rischio idraulico nel comune di Usellus. Stralcio da P.A.I.

6.2 P.S.F.F. (2013)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.
Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed un'integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.
Nel mese di gennaio 2013, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, con Delibera n.1 del 20.06.2013, ha adottato in via definitiva il Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, divenuto pertanto vincolante ai fini della pianificazione territoriale.
L'intero territorio comunale di Usellus non è interessato dalle perimetrazioni del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.

6.3 Interventi già realizzati per l'assetto idrogeologico di Usellus

Da una analisi della documentazione presente negli archivi comunali non risultano essere stati realizzati recentemente interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico all'interno del territorio comunale, ad esclusione dell'intervento di sistemazione idraulico forestale del bacino del Rio Caredda, con autorizzazione risalente al marzo dell'anno 2003.

6.3.1 Sistemazione idraulico forestale del bacino del Rio Caredda

Si tratta di un intervento realizzato attraverso il POR Sardegna asse I – misura 1.3 nell'ambito della difesa del suolo. I lavori hanno riguardato l'area del Rio all'interno del parco Ente Foreste con interventi di scavo, riprofilatura, stabilizzazione rinforzo spondale con gabbioni in pietrame, realizzazione di soglie, realizzazione di ponti in materiale ligneo e di ponti carrabili.

6.4 Interventi in progetto per l'assetto idrogeologico di Usellus

Allo stato attuale non sono previste opere per l'assetto idrogeologico nell'intero territorio comunale.

7 ANALISI IDROLOGICA

7.1 Ambiente e clima

Il territorio comunale di Usellus presenta un paesaggio vario, caratterizzato da ampie aree rivestite da vegetazione boschiva evoluta che si alternano ad aree in cui predominano le formazioni a macchia mediterranea nei vari stadi evolutivi, a formazioni a gariga, prati e pascoli.
Il territorio comunale di Usellus si presenta boscato per circa il 12% dell'intero territorio ed è possibile individuare una molteplicità di tipologie vegetazionali che occupano zone differenti del territorio, in relazione alle caratteristiche microclimatiche e alle caratteristiche pedologiche del terreno.
In linea generale il clima del territorio di Usellus è riconducibile a quello mediterraneo caratterizzato da un inverno moderatamente freddo e un'estate calda.
Le precipitazioni si concentrano nel periodo autunnale ed invernale e presentano un andamento variabile nel corso degli anni sia per quanto riguarda i valori totali annuali che per quelli legati ai singoli eventi piovosi.

7.2 Precipitazioni

La piovosità dell'area di Usellus è caratterizzata da lunghi periodi di siccità con precipitazioni scarse o nulle durante i primi mesi primaverili ed estivi, e da periodi invernali caratterizzati da repentini cambiamenti climatici con eventi meteorici brevi ed intensi.
Di seguito si riportano le carte con le isoiete riferite alla media annuale e distinte per ogni mese dell'anno.

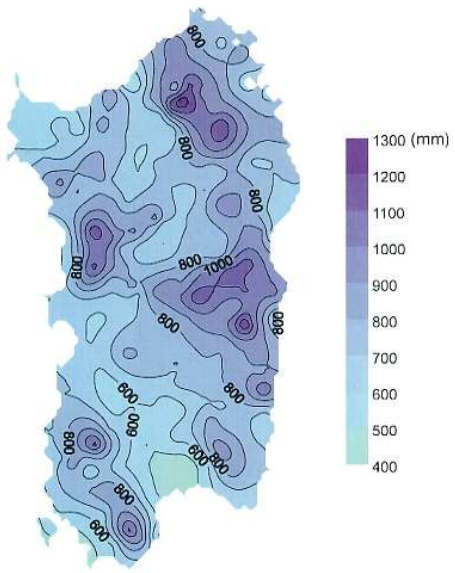


Figura 7 Media annuale delle piogge in Sardegna

La piovosità media annua della zona di Usellus si colloca tra la curva degli 800 e quella dei 700 mm di pioggia. I mesi più piovosi risultano quelli di ottobre e dicembre, quelli più secchi giugno e luglio.

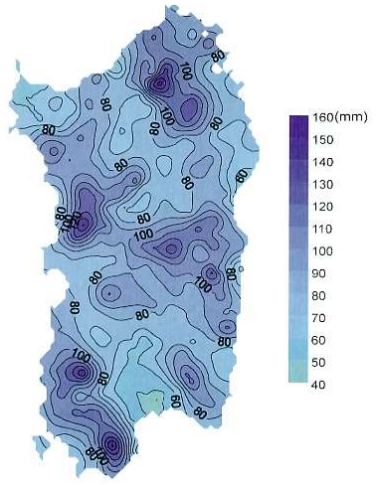


Figura 8 Andamento medio delle piogge nel mese di gennaio

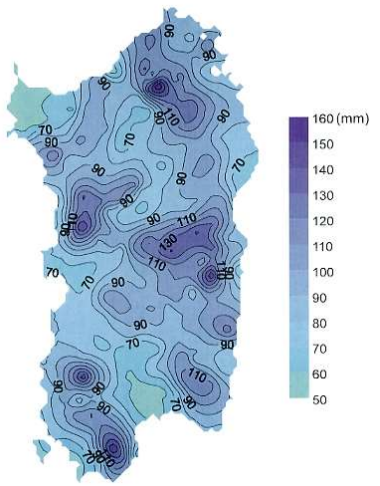


Figura 9 Andamento medio delle piogge nel mese di febbraio

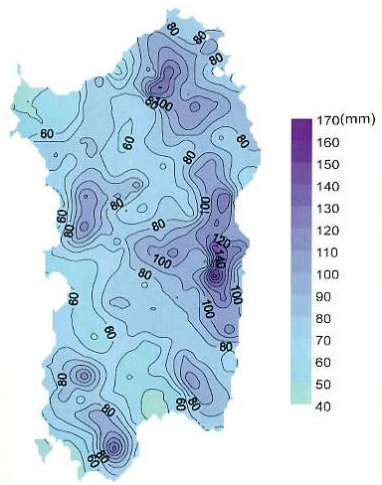


Figura 10 Andamento medio delle piogge nel mese di marzo

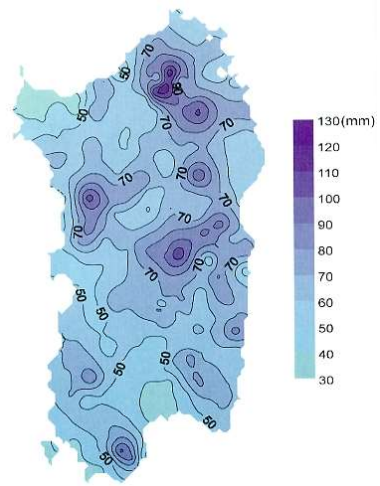


Figura 11 Andamento medio delle piogge nel mese di aprile

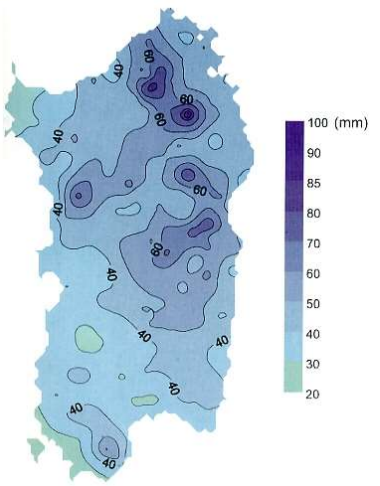


Figura 12 Andamento medio delle piogge nel mese di maggio

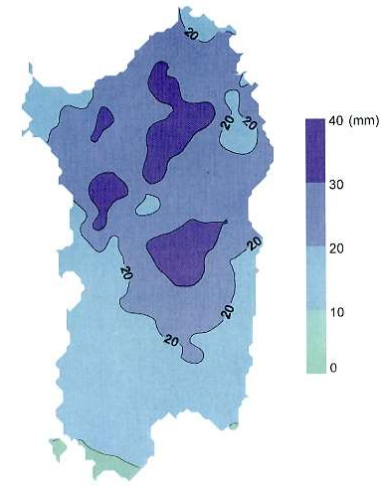


Figura 13 Andamento medio delle piogge nel mese di giugno

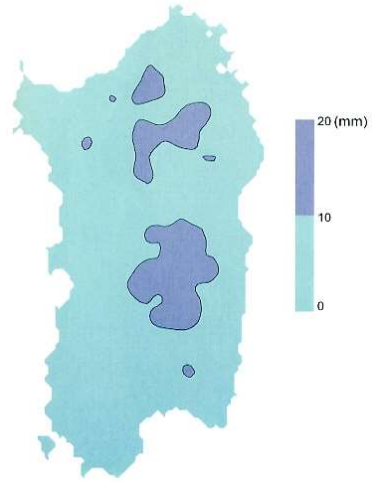


Figura 14 Andamento medio delle piogge nel mese di luglio

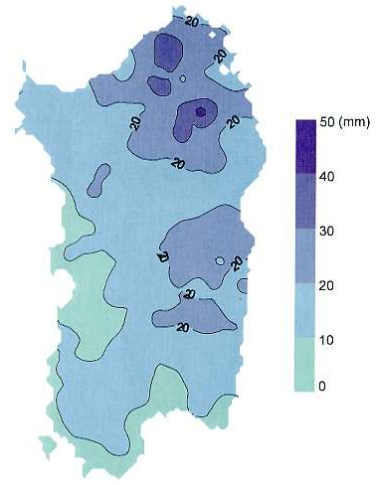


Figura 15 Andamento medio delle piogge nel mese di agosto

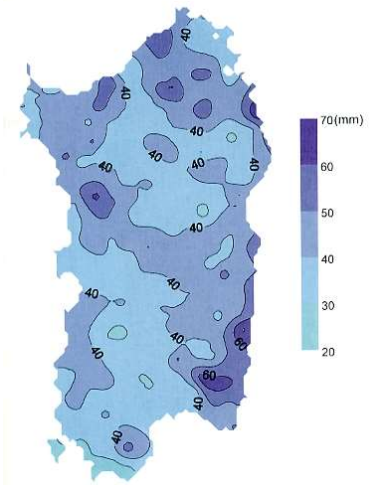


Figura 16 Andamento medio delle piogge nel mese di settembre

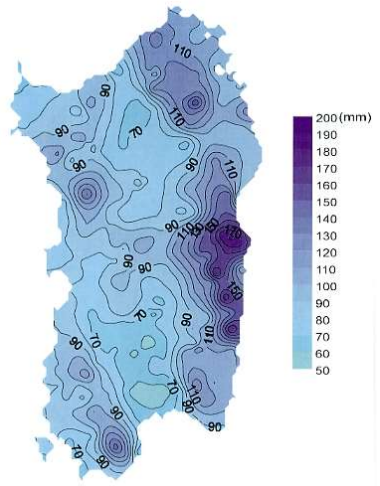


Figura 17 Andamento medio delle piogge nel mese di ottobre

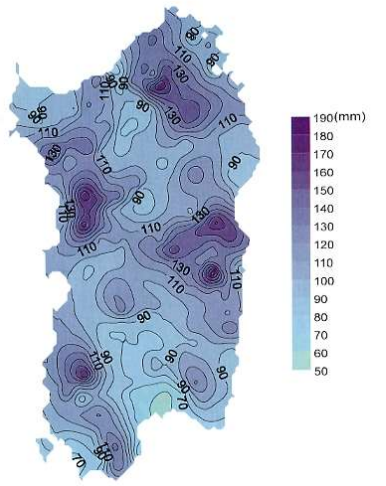


Figura 18 Andamento medio delle piogge nel mese di novembre

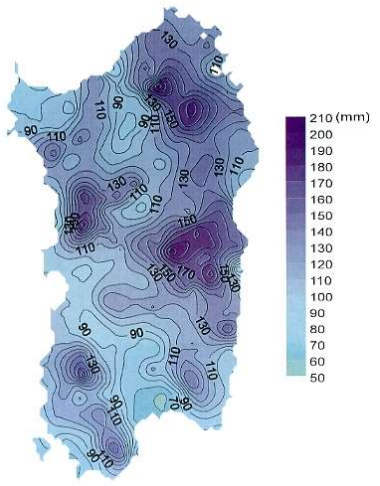


Figura 19 Andamento medio delle piogge nel mese di dicembre

La variabilità dell'andamento delle precipitazioni si registra nei valori totali annui, ma anche nei singoli eventi piovosi.

Ogni anno si registrano a livello regionale le cosiddette "piogge eccezionali", eventi che si verificano nei periodi tardo autunnale e primaverile caratterizzati da una intensità superiore alla media. Sono questi ultimi gli eventi che maggiormente incidono negativamente sulla conservazione del suolo e sulla possibilità di fenomeni di piena. L'elevata quantità d'acqua che raggiunge il suolo in eventi piovosi di breve durata favorisce i fenomeni erosivi da ruscellamento e trasporto solido di particelle.

7.3 Inquadramento clivometrico

I dati relativi alla clivometria, sono stati estrapolati dallo studio effettuato nell'ambito del Riordino delle conoscenze Assetto Ambientale (parte geologica). La clivometria è un elemento particolarmente importante nell'ambito della pianificazione territoriale, l'individuazione e la suddivisione del territorio in 8 classi così come indicato dalle linee guida del PPR, permette una prima valutazione qualitativa di alcuni importanti processi che limitano l'utilizzo del territorio, quali difficoltà di drenaggio, possibilità d'innesco fenomeni di degrado e/o di erosione sino alla predisposizione potenziale a veri e propri fenomeni di dissesto idrogeologico.

CLASSE	**PENDENZA %**	**LIMITAZIONE**	
A1	0-2.5	Elevata difficoltà di drenaggio	
A2	>2.5-5	Difficoltà di drenaggio	
A3	>5-10	Classe per la quali devono essere consigliate attenzioni per le pratiche agricole	
A4	>10-20	Rafforzamento delle misure di sistemazione idraulico-forestale	
A5	>20-40	Sconsigliato qualunque intervento di dissodamento	
A6	>40-60	Art. 31 PPR, Aree a forte acclività	
A7	>60-80		R.D.L.3267/1923

A8	>80		

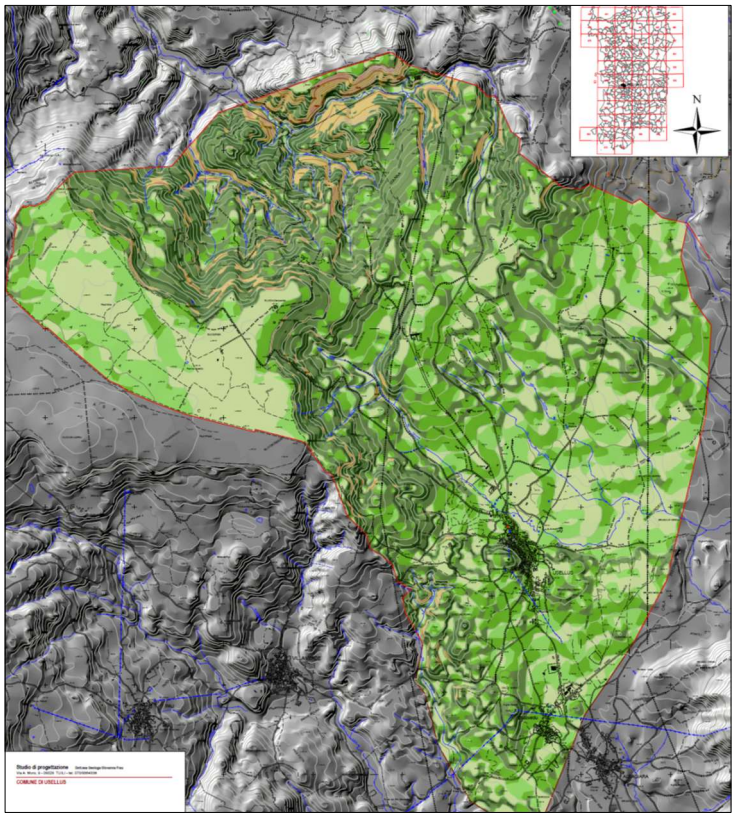
Dalla carta acclività è stato possibile effettuare una stima delle differenti aree a diversa pendenza.

Classi_	Superfici Area in mq
0-2.5	7,119,446
>2.5-5	5,951,841
>5-10	8,114,452
>10-20	7,060,681
>20-40	5,365,131
>40-60	1,408,247
>60-80	160,512
>80	8,197

La quasi totalità del territorio di Usellus presenta morfologia di "Bassa e media collina a bassa e media pendenza e drenaggio sub dendritico". L'analisi delle acclività evidenzia che gran parte del territorio di Usellus presenta un assetto ad inclinazioni medio basse, al di sotto dei 40°, con una bassa incidenza delle classi di pendenza superiori ai 45°.

Vi è un'ampia zona pianeggiante nella parte sud-est del territorio comunale, mentre nella zona nord-ovest, come già introdotto, è evidente la morfologia di altipiano, precursore dei rilievi del Monte Arci.

I rilievi variano da un'altezza di 455 m s.l.m. dell'altipiano di Pranu Santa Lucia ai 132 m s.l.m delle due punte più elevate di Monte Lisone e P.ta Nestru.



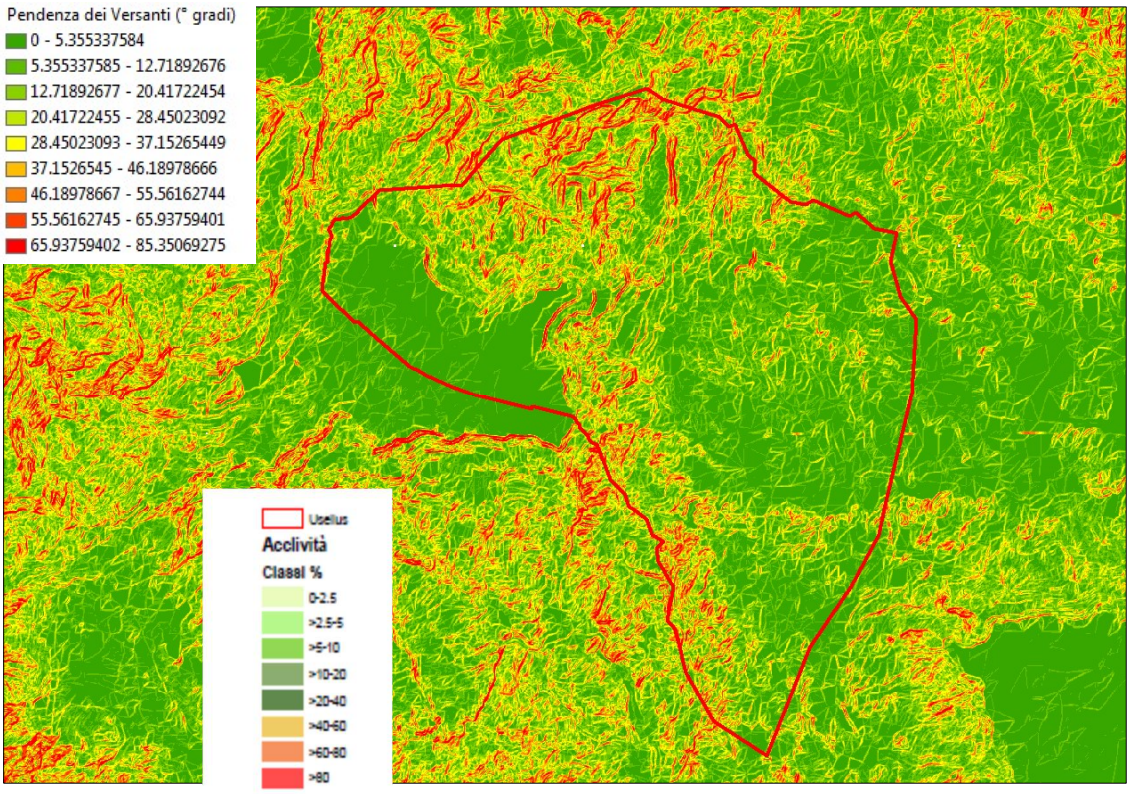


Figura 20. Pendenze dei [illegible] comunale di Usellus.

7.4 Inquadramento geologico

Il territorio di Usellus è costituito principalmente da litologie sedimentarie di ambiente marino riconducibili all'Oligocene sup. Miocene inferiore e medio. Nello specifico si tratta dall'alto verso il basso; di marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, echinidi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali *Marne di Gesturi* (Burdigaliano sup. Langhiano medio); Marne siltose, alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con, materiale vulcanico rimaneggiato *Formazione della Marmilla* (Aquitaniano Burdigaliano Inf.) e da arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose *Formazione di Nurall*ao (Oligocene sup. Burdigaliano?);

Il settore nord occidentale è occupato dall'apparato vulcanico del Monte Arci costituito dai basalti sub-alcalini del Pliocene.

Il quaternario in particolare l'Olocene è rappresentato da depositi palustri, che si rinvengono al disopra del Monte Arci nei pressi delle località *Pauli Arba*, *Pauli su Quaddu* e *Pauli*; da depositi alluvionali terrazzati (Olocenici) rinvenibili nei pressi del *Riu Is Congiaus a* occidente di Escovedu*, e da* depositi alluvionali *(Olocenici)* osservabili presso *Rio Sa Grutta e Riu Bias Arrubias nei pressi di Campu Sarais a* nord ovest dell'abitato di Usellus.

Le Unità individuate seguono una descrizione preceduta da codici alfanumerici convenzionalmente utilizzati per indicare il Tipo e la Sigla.

Depositi Olocenici dell'area continentale: Trattasi di depositi palustri caratterizzati da limi e argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi in particolare si
rinvengono sul Monte Arci; mentre lungo i corsi d'acqua a valle si osservano depositi alluvionali terrazzati e depositi alluvionali in genere.

AA3_001	**e5**	Depositi palustri (Olocene)
AA2_001	**bn**	Depositi alluvionali terrazzati- (Olocene)
BA3_001	**b**	Depositi alluvionali (Olocene)

Complesso vulcanico Plio-Pleistocenico apparato vulcanico del Monte Arci.

I basalti chiudono la serie vulcanica tardo-pliocenica del Monte Arci, attraverso colate molto estese in superficie ma poco potenti in spessore (massimo 30 m); danno origine a forme di altopiani tabulari, spesso frammentati e delimitati da fronti assai ripidi.
In base ai caratteri chimici e petrografici, le lave basaltiche caratterizzanti la parte del Monte Arci appartenente al comune di Usellus vengono descritti da *A. Assorgia, L.Beccaluva et al., 1975 come* basalti ipocristallini a tendenza subalcalina, da afirici a porfirici, costituiti principalmente da plagioclasio, olivina, orto-clinopirosseno in una pasta di fondo costituita da microliti plagioclasici, clinopirosseno augitico, orto pirosseno, chimicamente variabili da quarzo-tholeitici a olivin-tholeitici.
Si tratta dei basalti indicati dalla sigla UCU dalle linee Guida e formano la colata sommitale di *Liureddus e Pranu Santa Lucia.*

Classificazione litologie

BA3_001	**UCU**	UNITÀ DI CUCCURU ASPRU. Lava basiche di colore grigio in colate, talora
con livelli scoriacei alla base o al tetto. Basalti sub alcalini generalmente ipocristallini da afirici a porfirici per pl ± opx ± cpx ± ol. Basalti da alcalini a transizionali da subafirici a porfirici per pl, ol e cpx PLIO-PLEISTOCENE		

Successione sedimentaria Oligo-miocenica del Campidano Sulcis Trattasi di marne arenacee e siltiti giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foramminiferi, frammenti ittiolitici e nannoplancton; marne siltose alternate a livelli arenacei e talvolta a materiali vulcanico rimaneggiato ed infine da arenarie da grossolane a microconglomeratiche.
Si sottolinea, che si è ritenuto necessario utilizzare delle rettinature per distinguere le unità stratigrafiche, GST, RML dall'unità NLL2, appartenenti tutte al Miocene, per le quali le linee guida indicano di utilizzare un unico colore pieno con codice col.G04_001.

Classificazione litologie

CC2_007	GST	MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di

		arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. LANGHIANO MEDIO
CC2_015	RML	FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose, alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO BURDIGALIANO INF
CC2_020	NLL2	(FORMAZIONE DI NURALLAO). Arenarie di Serra Longa Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. OLIGOCENE SUP. BURDIGALIANO?

Distretto vulcanico di Ottana

GB5_002 TTZ UNITA' DI TRAMATZA Lave andesitico basaltiche e basalto andesitico, pirosseno olivinico-in sottili colate scoriacee. BURDIGALIANO

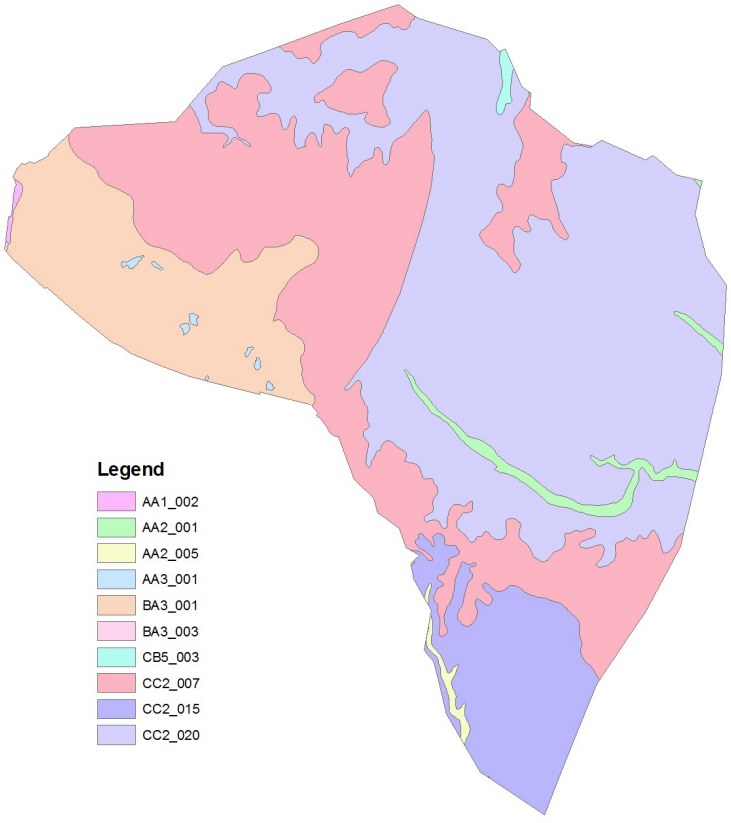


Figura 21. Carta Geologica Del Territorio Comunale Di Usellus

Codice	tipologia	[ha] per tipo	% per tipo
AA1_002	Depositi di versante. Detriti con clasti angolosi, talora parzialmente cementati. OLOCENE	3.50	0.10%

Codice	tipologia	[ha] per tipo	% per tipo
AA2_001	Depositi alluvionali. OLOCENE	47.53	1.35%
AA2_005	Depositi alluvionali terrazzati. OLOCENE	11.97	0.34%
AA3_001	Depositi palustri. Limi ed argille limose talvolta ciottolose, fanghi torbosi con frammenti di molluschi. OLOCENE	5.68	0.16%
BA3_001	UNITA' DI CUCCURU ASPRU. Basalti subalcalini generalmente ipocristallini da afirici a porfirici per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Ol; in colate. Basalti da alcalini a transizionali, generalmente olocristallini, da subafirici a porfirici per fenocristalli	451.58	12.83%
BA3_003	UNITA' DI MONTE MOLA. Lave intermedie indifferenziate grigie e grigio-verdastre; porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, Sa, Bt, talora con abbondanti inclusi femici; in potenti colate con alla base locali livelli vitrofirici e ossidianacei. PLIO-PL	0.29	0.01%
CC2_007	MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO	139.92	3.98%
CC2_020	Arenarie di Serra Longa (FORMAZIONE DI NURALLAO). Arenarie da grossolane a micro-conglomeratiche, con intercalazioni di arenarie siltose. OLIGOCENE SUP. - BURDIGALIANO	1599.63	45.46%
CB5_003	UNITA DI TRAMATZA. Andesiti basaltiche ipocristalline, porfiriche per fenocristalli di Pl, Opx, Cpx, in sottili colate scoriacee. BURDIGALIANO	7.74	0.22%
CC2_015	FORMAZIONE DELLA MARMILLA. Marne siltose alternate a livelli arenacei da mediamente grossolani a fini, talvolta con materiale vulcanico rimaneggiato. AQUITANIANO - BURDIGALIANO INF.	314.51	8.94%
CC2_007	MARNE DI GESTURI. Marne arenacee e siltitiche giallastre con intercalazioni di arenarie e calcareniti contenenti faune a pteropodi, molluschi, foraminiferi, nannoplancton, frammenti ittiolitici, frustoli vegetali. BURDIGALIANO SUP. - LANGHIANO MEDIO	936.50	26.61%
TOTALE		**3518.85**	**100%**

Tabella 1. Ripartizione areale delle classi geologiche del territorio comunale di Usellus

7.5 Inquadramento geomorfologico

Il territorio di Usellus è caratterizzato da litologie sedimentarie, vulcaniche e da depositi alluvionali; per la maggior parte si tratta di colline con pendii molto dolci, interrotte a ovest dall'altopiano del Monte Arci. Di seguito vengono descritte le morfologie sulla base delle componenti litologiche.

Morfologia delle colate laviche

Le colate laviche come già accennato caratterizzano "Pranu Santa Lucia" a nord ovest del paese, si contraddistingue per forme sub pianeggianti e con pendenze elevate sull'orlo delle colate, come nelle località (*Tramatzeddus e Pra Godi*); a tratti si denotano ampi affioramenti rocciosi che si alternano ai suoli caratteristici dell'area. Sull'altopiano non è raro imbattersi in piccole paludi (*Pauli Arba, Pauli su Quaddu*) che si sviluppano in corrispondenza di un substrato impermeabile.

Morfologia delle Unità sedimentarie.

La maggior parte del territorio di Usellus si caratterizza per la presenza di litologie sedimentarie dell'Oligo-miocene; nel settore settentrionale le morfologie si presentano ondulate sulle sommità o in corrispondenza dei litotipi più compatti, e sono incise da corsi d'acqua come il *Riu Utturu Su Pauli, Rio S.Elena* o *Rio Muscuridda,* le cui valli risultano strette per la presenza di litologie difficilmente erodibili, il loro letto è caratterizzato da materiale solido eterometrico e poligenico eroso e prelevato dai versanti del Monte Arci in parte di natura sedimentaria e in parte vulcanica.

Litologie del Substrato

Nel settore nord orientale rispetto all'abitato di Usellus, i litotipi sono maggiormente erodibili, le morfologie si presentano sub pianeggianti, l'area è incisa dai corsi d'acqua, quali *Riu Spirongia, Riu sa Grutta, Riu Domu de Funtana* caratterizzati al loro intorno da depositi alluvionali recenti ed attuali prevalentemente ciottolosi di natura poligenica ed eterometrica e generati dall'erosione di litotipi attraversati prevalentemente di natura sedimentaria miocenica.; infine, il settore sudoccidentale presenta morfologie ondulate e incise dal *Rio Congiaos* caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati.

Morfologie dei depositi alluvionali e terrazzati

I depositi alluvionali terrazzati indicano antichi letti fluviali, abbandonati in seguito ad una fase erosiva che ha provocato l'approfondimento dell'alveo, sono costituiti da coltri di detriti alluvionali; dal punto di vista cronologico i più antichi sono quelli che si trovano a quota più elevata, via via più in basso si succedono quelli più recenti. Nel caso specifico si tratta di terrazzi incastrati ovverossia i periodi di erosione sono stati meno importanti di quelli di sedimentazione, cioè soltanto una parte del materiale alluvionale precedentemente deposto è stata incisa dal corso d'acqua.

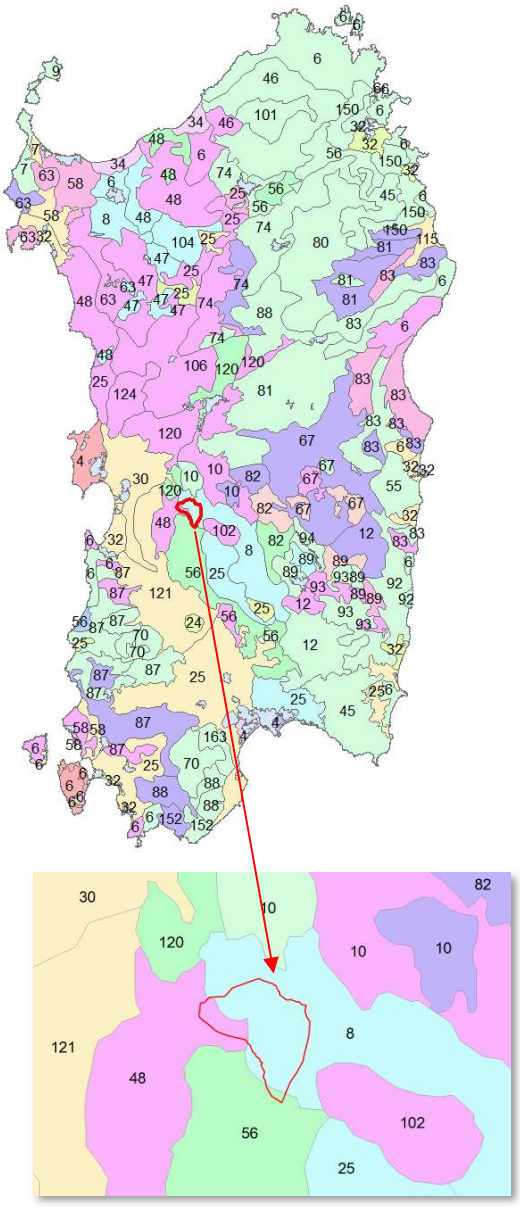
7.6 Inquadramento geopedologico

7.6.1 Riferimenti geopedologici

Per l'inquadramento geopedologico del territorio di Usellus si sono estrapolate le informazioni dallo studio del del 2003 del CNCP (Centro Nazionale di Cartografia Pedologica), che ha portato alla realizzazione della Carta dei "*Sistemi di terre e principali elementi territoriali della Sardegna*" (27-6-2003, CNCP, Edoardo Costantini, Simona Magini, Ferdinando Urbano), disponibile anche in formato GIS (shapefile).

Per ogni sistema di terre sono evidenziati la forma principale, definita dalle caratteristiche morfologiche, i tre principali usi del suolo e le due litologie dominanti. Il codice identificativo del sistema di terre è dato dalla sequenza di questi codici caratteristici.

Carta dei Sistemi di Terre



Area 8	
Forma principale	Bassa e media collina a bassa e media pendenza e drenaggio subdendritico
Litologia principale	Rocce coerenti. Formazioni prevalentemente marnose, marnoso-pelitiche e pelitiche
Litologia secondaria	Rocce coerenti. Formazioni costituite da alternanze arenitico-pelitiche, marnoso-arenitiche e pelitico-arenitiche
Uso suolo principale	Seminativi non irrigui
Uso suolo secondario	Aree agricole eterogenee
Agente morfologico principale	Erosione idrica

Area 48	
Forma principale	Rilievi di alta collina e bassa montagna a media pendenza con drenaggio subparallelo
Litologia principale	Rocce coerenti. Formazioni costituite prevalentemente da rocce effusive e vulcano clastiche.
Litologia secondaria	-
Uso suolo principale	Boschi di latifoglie
Uso suolo secondario	Boschi di conifere
Agente morfologico principale	Erosione idrica

Area 56	
Forma principale	Rilievi di bassa collina a bassa e media pendenza con drenaggio subdendritico
Litologia principale	Rocce coerenti. Formazioni costituite da alternanze arenitico-pelitiche, marnoso-arenitiche e pelitico-arenitiche
Litologia secondaria	Formazioni prevalentemente marnose, marnoso-pelitiche e pelitiche
Uso suolo principale	Aree agricole eterogenee
Uso suolo secondario	Seminativi non irrigui
Agente morfologico principale	Erosione idrica

Come si evince dalla carta dei suoli, sono maggiormente presenti formazioni prevalentemente marnose, marnoso-pelitiche e pelitiche unite a formazioni costituite da alternanze arenitico-pelitiche, marnoso-arenitiche e pelitico-arenitiche. Nell'area collinare a nord-ovest, avente morfologia d'altipiano sono invece riscontrabili formazioni costituite prevalentemente da rocce effusive e vulcano clastiche, ricoperte da boschi. Nel resto del territorio il soprassuolo è costituito da aree agricole eterogenee e aree a seminativo non irrigue.

7.6.2 Riferimenti sull' uso del suolo

Per l'individuazione delle varie categorie d'uso presenti nel territorio di Usellus si è fatto riferimento alla suddivisione utilizzata dalla *Carta Corine Land Cover*.

L'attività agricola viene praticata prevalentemente sulla piana alluvionale posta lungo il corso del rio Spironcia, caratterizzata prevalentemente da piccoli appezzamenti con colture annuali o permanenti, e

in minor misura superfici occupate da seminativi. Sono inoltre presenti ampie aree agroforestali (principalmente a nord dell'abitato) con colture annuali o pascolo sotto copertura arborea composta da specie forestali. La tabella e l'immagine seguenti riassumono le varie categorie di uso del suolo presenti, tra le quali la percentuale più alta è la categoria "*aree a ricolonizzazione artificiale*".

Codice Corine	tipologia	Ettari per tipologia	% per tipologia
221	Vigneti	12.72	0.36%
222	Frutteti E Frutti Minori	1.79	0.05%
223	Olivetti	93.06	2.64%
231	Prati Stabili	22.94	0.65%
242	Sistemi Colturali E Particellari Complessi	66.15	1.88%
243	Aree Prev. Occupate Da Coltura Agrarie Con Presenza Di Spazi Naturali Importanti	80.32	2.28%
244	Aree Agroforestali	62.58	1.78%
321	Aree A Pascolo Naturale	96.30	2.74%
1111	Tessuto Residenziale Compatto E Denso	11.53	0.33%
1112	Tessuto Residenziale Rado	9.28	0.26%
1121	Tessuto Residenziale Rado e Nucleiforme	16.72	0.48%
1122	Fabbricati Rurali	5.65	0.16%
1211	Insediamenti Industriali/Artig. e Comm. E Spazi Annessi	3.25	0.09%
1421	Aree Ricreative e Sportive	4.17	0.12%
2111	Seminativi in Aree Non Irrigue	1286.77	36.57%
2112	Prati Artificiali	366.32	10.41%
2411	Colture Temporanee Associate All'olivo	14.84	0.42%
2413	Colture Temporanee Associate ad Altre Colture Permanenti	74.01	2.10%
3111	Bosco di Latifoglie	366.72	10.42%
3121	Bosco di Conifere	67.17	1.91%
3221	Cespuglieti ed Arbusteti	14.18	0.40%
3231	Macchia Mediterranea	254.38	7.23%
3232	Gariga	75.68	2.15%
3241	Aree a Ricolonizzazione Naturale	75.89	2.16%
3242	Aree a Ricolonizzazione Artificiale	414.25	11.77%
31121	Pioppeti, Saliceti, Eucalitteti ecc. anche in formazioni miste	22.08	0.63%
	TOTALE	**3518.74**	**100.00%**

Tabella 2. Categorie d'uso del suolo nel territorio comunale di Usellus, secondo la Carta Corine Land Cover

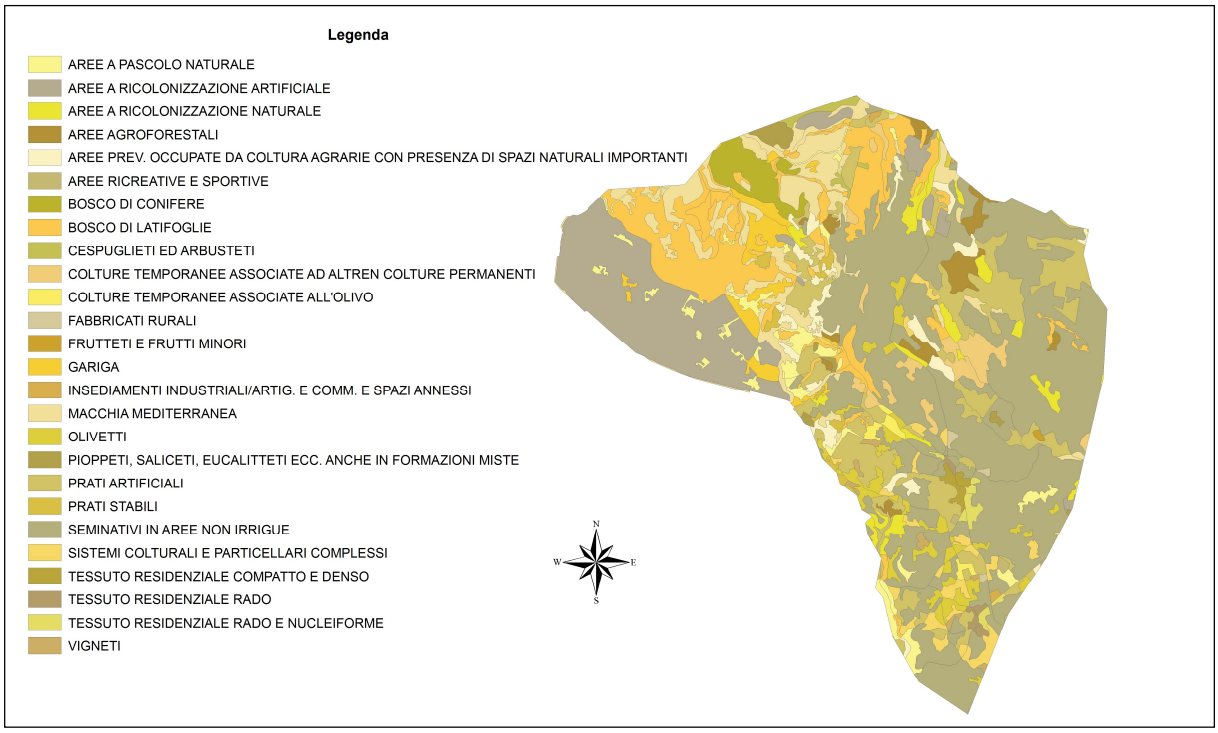


Figura 22. Mappatura dell'Uso del Suolo sul territorio comunale di Usellus

Si può affermare, quindi che la quasi totalità del territorio comunale di Usellus, circa il 98,5%, è ricoperto da associazioni vegetali di vario genere: boschi di conifere e latifoglie, macchia mediterranea e garighe (queste ultime tipiche delle zone più degradate e con forti limitazioni), ampie aree di aree seminativa non irrigue, con piccolissime percentuali di spazi utilizzati per frutteti, vigneti e colture specializzate.

7.7 Idrografia e bacini principali

7.7.1 Struttura ed evoluzione dei reticoli di drenaggio

L'analisi del bacino e della struttura del reticolo idrografico costituisce uno degli aspetti salienti della capillare rete idraulica che connette e trasforma l'afflusso meteorico in ingresso distribuito in un uscita concentrata e, nello stesso tempo, rappresenta la connessione tra il territorio e lo scorrimento delle acque superficiali. Particolare attenzione è stata dedicata all'analisi dell'articolazione del reticolo idrografico poichè nell'area in esame sono stati avvertiti nel corso degli ultimi decenni problemi sempre più gravi connessi alla regimazione delle acque a causa del crescente livello di antropizzazione del territorio, evidenziando pertanto l'importanza di una corretta valutazione delle interazioni tra idrologia ed ambiente.

Lo studio del modello digitale del terreno di passo 20 m ha consentito la ricostruzione del reticolo idrografico teorico, equiparabile a quello naturale, mentre indagini sul campo, unitamente all'analisi fotointerpretativa hanno permesso di ricostruire il reticolo reale fortemente ridotto, a causa di una non corretta utilizzazione del territorio.

L'idrografia del territorio comunale di Usellus è molto sviluppata, sia quella superficiale che quella ipogea. La quasi totalità del territorio comunale ricade all'interno del sub bacino regionale principale del Tirso, al confine sud dello stesso. Le zone a sud-ovest fanno parte invece del bacino denominato "23 - Minori tra il Flumini Mannu di Pabillonis ed il Tirso"

All'interno del territorio comunale si possono comunque identificare 6 sottobacini idrografici principali distinti, ottenuti prendendo sezioni di chiusura in corrispondenza dei confini comunali, alcuni afferenti a compluvi a deflusso permanente, quali il Rio Spironcia e il Rio Caredda, altri a deflusso stagionale e carattere torrentizio. I toponimi dei rii sono stati estrapolati dalla cartografia ufficiale Regionale dell'idrografia superficiale e da denominazioni locali.

Bacino n.	Nome compluvio / rio	Area bacino [kmq]
1	Rio Caredda (anche detto Riu Musciuridda o Rio Crannaxiu)	7.12
2	Riu Utturu Su Pauli	5.45
3	Riu Domus de Funtanas (anche detto Su Scannaiu)	1.47
4	Rio Spironcia / Rio Sa Grutta / Rio Bias Arrubias	12.28
5	Rio Funtanedda	1.25
6	Rio Is Congiaos (anche detto Canale Frissa)	2.62

Tabella 3. Bacini idrografici oggetto di studio.

Il territorio di Usellus è impostato prevalentemente sull'incisione valliva generata dall'unità idrografica più importante, il Rio Spironcia (bacino n. 4), che percorre la parte centrale del territorio comunale con orientamento nord-ovest verso sud-est e ha origine in località Pardu Longu. Il Rio Spironcia attraversa anche la porzione di territorio maggiormente urbanizzata, ovvero l'abitato di Usellus, su cui sarà focalizzata particolare attenzione. Subito a valle del depuratore del paese il rio curva lentamente verso nord per raccordarsi in località Sinnidroxiu con altri due rii, il rio Sa Grutta e il Rio Bias Arrubias. Curvando nuovamente in direzione nord-ovest sud-est, il rio Spironcia prosegue verso il territorio di Albagiara e poi di Assolo, cambiando nome, in seguito alla confluenza con il Rio de Paba, in Rio Coiamma.

Nel corso degli anni, come si evince dal raffronto e dalla sovrapposizione delle foto aeree relative a diversi decenni addietro, vi sono stati molteplici interventi antropici di rettifica, costrizione e modellazione delle aste fluviali naturali, soprattutto sul Rio Spironcia e sul Rio che attraversa la frazione di Escovedu (Riu Funtanedda), che rappresentano, in caso di eventi meteorici straordinari, la causa di problematiche in parte già evidenziate nel P.A.I.

I restanti compluvi studiati hanno origine tutti all'interno del territorio comunale e, dopo un breve percorso, proseguono nei territori dei comuni limotrofi.

I rii situati nella parte nord del territorio comunale (bacini 1 e 2), hanno origine in zone collinari del territorio di Usellus, confinanti col vicino parco del Monte Arci. Presentano un andamento monocursale meandriforme, e scorrono in alveo inciso e relativamente stretto.

L'analisi idrologica successiva sarà riferita ad una suddivisone del territorio in 6 sottobacini minori come sopra riportati. All'interno di ogni sottobacino saranno fissate ulteriori sezioni di chiusura per quantificare con maggior dettaglio le portate di piena afferenti e interessanti i manufatti.

L'individuazione dello spartiacque e del reticolo idrografico e la determinazione delle caratteristiche planimetriche e orografiche dei bacini in esame sono state effettuate in ambiente GIS mediante acquisizione diretta del modello digitale del terreno a maglia triangolare TIN (Triangolar Irregular Network) georeferenziato nel sistema di riferimento UTM-WGS84, estratto dal S.I.T.R. ufficiale della Regione Sardegna.

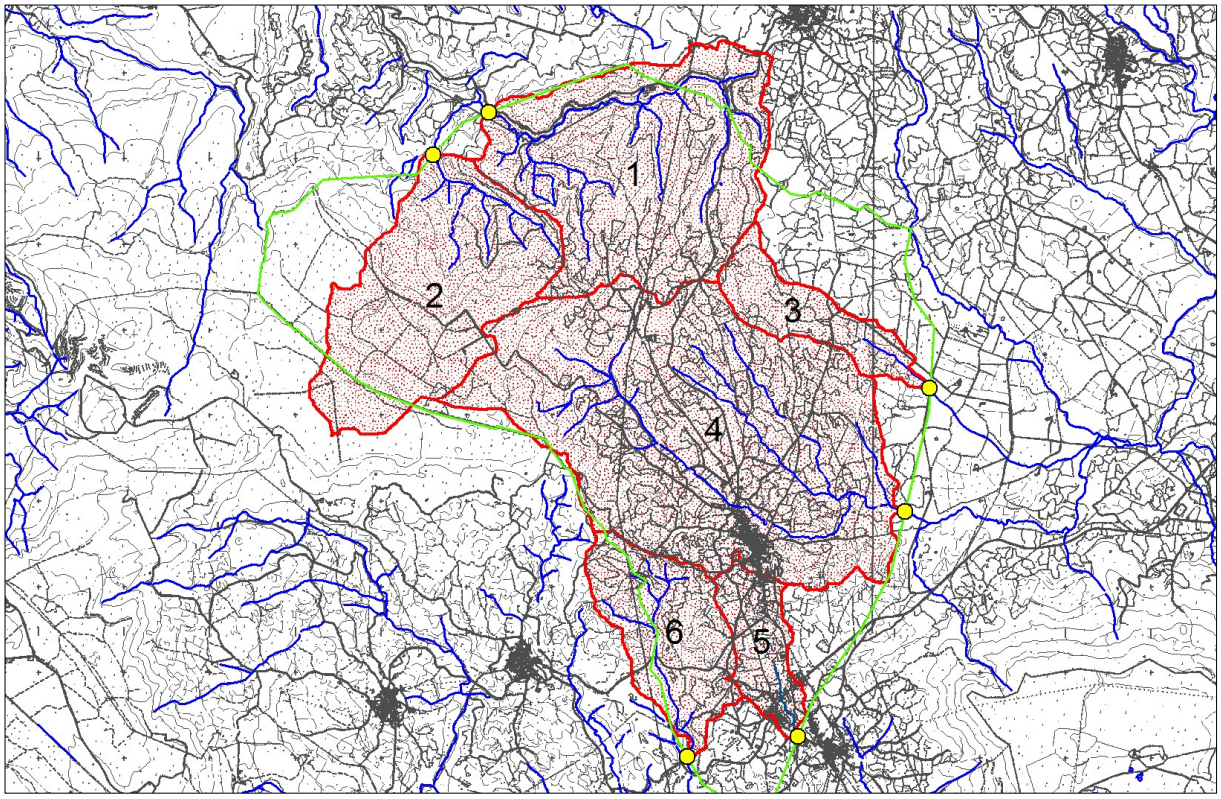


Figura 23. Inquadramento dei sottobacini principali oggetto di studio, su CTR

Tutte le aste secondarie considerate all'interno del presente Studio e rappresentate in Figura 19 non sono soggette, attualmente, ad alcuna perimetrazione P.A.I., ad eccezione del rio Spironcia nel tratto subito a monte e a valle dell'abitato di Usellus e del rio Funtanedda, che attraversa l'abitato della frazione Escovedu.

Le aste secondarie attualmente non perimetrale, interessanti in parte insediamenti urbani, saranno pertanto studiate ai sensi dell'Articolo 26 (*Aree pericolose non perimetrate nella cartografia di piano*), comma 1 lettera a, quali aste del reticolo minore gravante sui centri edificati. La suddivisione dei 6 sottobacini è stata, pertanto, stabilita in relazione alla presenza di elementi di edificazione urbana ed infrastrutture urbane ed extraurbane nel territorio comunale di Usellus.

7.7.2 Rio Caredda (detto anche Rio Crannaxiu o Rio Musciuridda) (bacino 1)

Il Rio Caredda si sviluppa nella parte settentrionale del territorio comunale di Usellus e scorre in una valle inserita in un contesto rurale con paesaggio collinare interessato dalla presenza di boschi, pascoli e solo in minima parte da seminativo.

Il bacino del rio Caredda è inserito in una valle incassata tra i rilievi del monte Testa e del monte Arruda e ha una superficie totale di 7,12 Km^2 sviluppata nel territorio del Comune di Usellus, Mogorella e Villaurbana. La lunghezza complessiva dell'asta fluviale, considerata fino alla sezione di chiusura al confine con il Comune di Villaurbana, è di circa 6,53 km e il suo percorso si sviluppa parallelamente alla Strada Provinciale n. 35 "della Marmilla", alla destra idraulica del fiume stesso. L'asta è caratterizzata da un andamento meandriforme con numerosi piccoli affluenti, pendenza media del 3,16% con un escursione altimetrica tra monte e valle di circa 293 m. Il bacino si sviluppa su formazioni marnose e arenacee con alveo attivo che scorre di fatto sul substrato roccioso.

Il corso d'acqua nasce in località "Funtana Rosas" e nel primo tratto di monte, per circa 1,4 km, si sviluppa parallelamente al confine del territorio comunale, fino alla cantoniera di Mogorella, oltre la quale il corso d'acqua attraversa per circa 1 km il territorio dell'omonimo comune. In questo tratto il rio raccoglie le acque provenienti dal versante sinistro dei rilievi del "Pranu Monti" che si immettono attraverso un sottopasso stradale a sezione rettangolare come da immagini seguenti. Nel tratto immediatamente successivo, prima che il corso d'acqua superi il confine comunale, è presente un sottopasso realizzato in calcestruzzo con sezione di circa 180x180 cm.



Figura 24. Valle del Rio Caredda – parte di monte



Figura 25. Rio Caredda – loc. Cantoniera Mogorella.



Figura 26. Rio Caredda – Affluente cantoniera Mogorella S.P. 35



Figura 27. Rio Caredda – attraversamento stradello cantoniera

Come detto il corso d'acqua e la strada Provinciale n. 35 hanno un andamento parallelo con distanza minima superiore ai quindici metri ma con un dislivello tra asse stradale e quota alveo superiore ai dieci metri, come riportato nelle immagini seguenti.



Figura 28. Rio Caredda – S.P. 35



Figura 29. Rio Caredda – S.P. 35

Nel tratto successivo il corso d'acqua scorre in una valle ancora più incassata, con andamento est-ovest per un tratto di circa 2 Km, in cui vengono raccolte le acque di piccoli affluenti provenienti dal versante destro (Conca Spina e Monte Testa) e da quello sinistro (Conca Murvoni – Monte Arruda).
In questo tratto il rio Caredda è stato interessato da interventi di sistemazione con realizzazione di rivestimento spondale in gabbioni, rivestimento fondo e realizzazione soglie. In quest'area, caratterizzata da vegetazione boschiva si registra la presenza della viabilità rurale di penetrazione che si sviluppa parallelamente al corso d'acqua e che lo attraversa a monte in località "Conca Spina" e a valle in loc. "Is Bruncus". L'attraversamento in loc. Conca Spina è realizzato attraverso una sezione tombata con finsider di sezione 2,00 x 1,30 m per una lunghezza di circa 5,0 metri. L'attraversamento in loc. Is Bruncus è realizzato attraverso un ponte con sponde in cemento armato e sezione ad arco con dimensioni medie di 3,70 in larghezza per 1,40 m circa in altezza. Nel tratto dell'attraversamento il corso d'acqua effettua una curva e pertanto le sponde, a monte e a valle sono interamente rivestite con gabbionata per una lunghezza di circa 35 metri, con tre terrazzamenti.



Figura 30. Rio Caredda – loc. Conca Spina



Figura 31. Rio Caredda – loc. Conca Spina



Figura 32. Rio Caredda – sistemazioni con gabbionate



Figura 33. Rio Caredda – sistemazioni con gabbionate



Figura 34. Rio Caredda – attraversamento loc. Is Bruncus



Figura 35. Rio Caredda – sistemazioni loc. Is Bruncus

Proseguendo, il corso d'acqua si sviluppa in una valle più ampia, con bancate di roccia affiorante e presenza di gariga e macchia, sempre parallelamente alla S.P. 35 ma ad un livello più basso di circa 28 m da quest'ultima. Si segnala un ulteriore attraversamento della strada di penetrazione rurale (a circa 150 m in linea d'aria dal precedente) realizzato attraverso un ponte (larghezza 4 m per altezza 1,20 media) in blocchi di pietra.

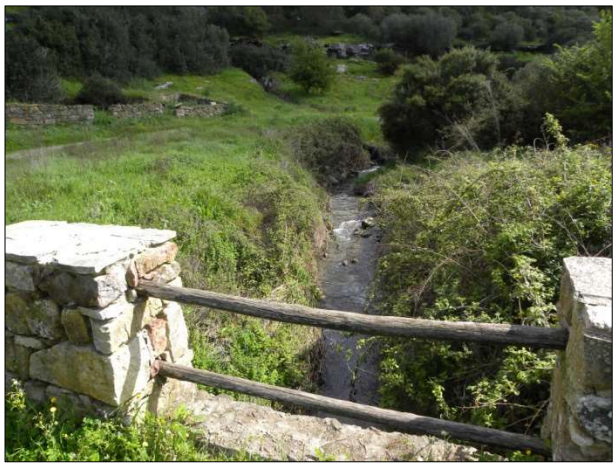


Figura 36. Rio Caredda – attrav. loc. Serra Is Bruncus

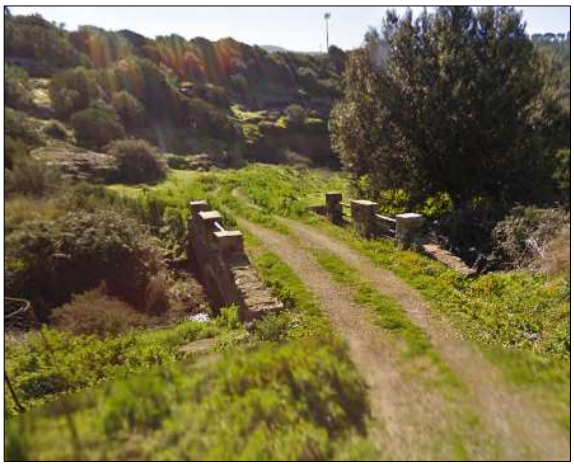


Figura 37. Rio Caredda – attrav. loc. Serra Is Bruncus

Nel tratto successivo il corso d'acqua raccoglie le acque di scolo della "Conca Murvoni" lato Strada Provinciale 35 (attraverso canale di scolo in cemento a sezione trapezia, e del versante sinistro della "Serra Is Bruncus", cambiando il suo nome in Riu Musciuridda, per poi proseguire fino alla sezione di chiusura circa 400 metri più a valle, al confine con il comune di Villaurbana. È da segnalare in questo tratto, a monte della sezione di chiusura, la presenza di un guado con presenza di piccole cascate.



Figura 38. Rio Caredda – guado loc.Serra Is Bruncus



Figura 39. Rio Caredda – guado loc.Serra Is Bruncus



Figura 40. Rio Caredda – attraversamento loc. Is Bruncus



Figura 41. Rio Caredda – sezione di chiusura

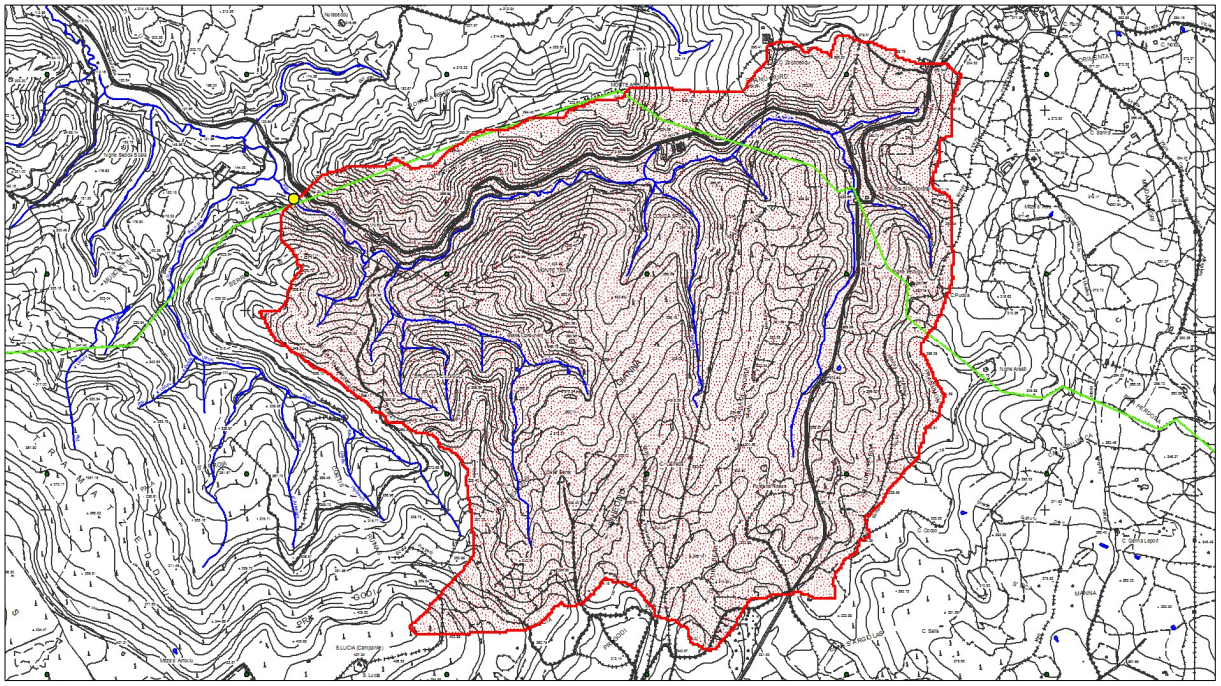


Figura 42. Bacino idrografico del Rio Caredda, con sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino:

Tabella 4 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del rio Caredda

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Caredda Bacino principale
Area del bacino	A_b	7.12	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	6528	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	136	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	429	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	258.55	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	23.70	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.16	[%]	

7.7.3 Riu Utturu Su Pauli (bacino 2)

Il Rio Utturu Su Pauli interessa la parte nord occidentale del territorio comunale di Usellus e si sviluppa in un contesto totalmente rurale con presenza di fitta vegetazione boschiva e pressochè totale assenza di infrastrutture. Il rio ha l'asta fluviale orientata prevalentemente in direzione Sud Est – Nord Ovest, con lunghezza totale di circa 5,15 Km e presenza di numerosi piccoli affluenti. Il bacino si estende per circa 5,45 Km^2 in una valle incassata tra i rilievi di "Is Tramazzeddus" a ovest, "Pragodi" a

sud e "Serra Is Bruncus" a est, e presenta una elevata acclività mediamente pari al 14%. Dal punto di vista geologico l'intero bacino è quasi totalmente costituito da litotipi basaltici sub alcalini appartenenti all'unità di Cuccuru Aspru, con presenza, nella parte di valle di marne arenacee e siltiti che appartenenti alla formazione delle Marne di Gesturi.

Il Rio nasce in località "Scala Pragodi" a circa 350 m slm, in un area caratterizzata dalla presenza di macchia cespugliata, adibita a pascolo.



Figura 43. Rio Utturu su Pauli - Vista verso monte.



Figura 44. Rio Utturu su Pauli - Vista verso monte.

In questo primo tratto il corso d'acqua scorre in un alveo poco profondo e debolmente scavato su roccia con presenza di locali trovanti lapidei. Da segnalare, nel primo tratto di asta, la presenza di due attraversamenti del rio principale e del suo primo affluente sinistro il Rio Grutta Ispillonis. Entrambi gli attraversamenti riguardano uno stradello sterrato (Strada vicinale Is Bruncus) e sono realizzati attraverso tubazione in calcestruzzo di diametro 80 cm, posato per tutta la lunghezza dell'attraversamento, circa 6 metri.

Il tratto successivo del corso d'acqua si sviluppa all'interno di una gola con sponde scavate e presenza di vegetazione fitta in un contesto boschivo, con alveo di magra avente larghezza inferiore ai due metri con profondità di circa 60 cm.



Figura 45. Rio Utturu su Pauli



Figura 46. Rio Utturu su Pauli

In questo contesto non si registra la presenza di abitazioni, aziende agricole o infrastrutture di particolare importanza, se non qualche stradello sterrato di tipo vicinale.



Figura 47. Rio Utturu su Pauli



Figura 48. Rio Utturu su Pauli

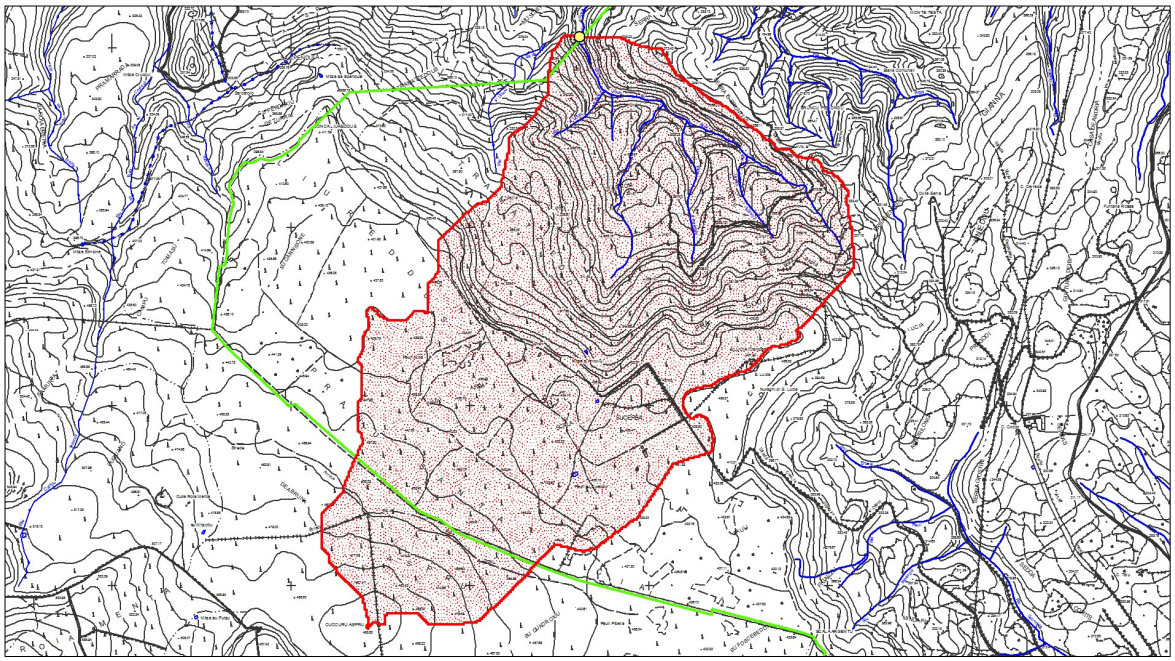


Figura 49. Bacino idrografico del Riu Utturu Su Pauli con sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino:

Tabella 5 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del rio Utturu su Pauli

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Riu Utturu Su Pauli Bacino principale
Area del bacino	A_b	5.45	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	5151	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	163	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	495	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	316.89	[m slm]	

Pendenza media bacino	i_b	14.46	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	6.37	[%]	

7.7.4 Riu Domus de Funtanas (detto anche Su Scannaiu)(bacino 3)

Il Rio Domus de Funtanas si sviluppa nella parte orientale del territorio comunale di Usellus, in un bacino idrografico di 1,47 Km^2 con lunghezza dell'asta fluviale di circa 3,5 Km. L'area si presenta come una valle stretta in un contesto rurale caratterizzato dalla presenza di pascoli, agricoltura estensiva e colture arboree. Nell'immagine successiva è riportato il bacino idrografico del Rio Domus de Funtanas.

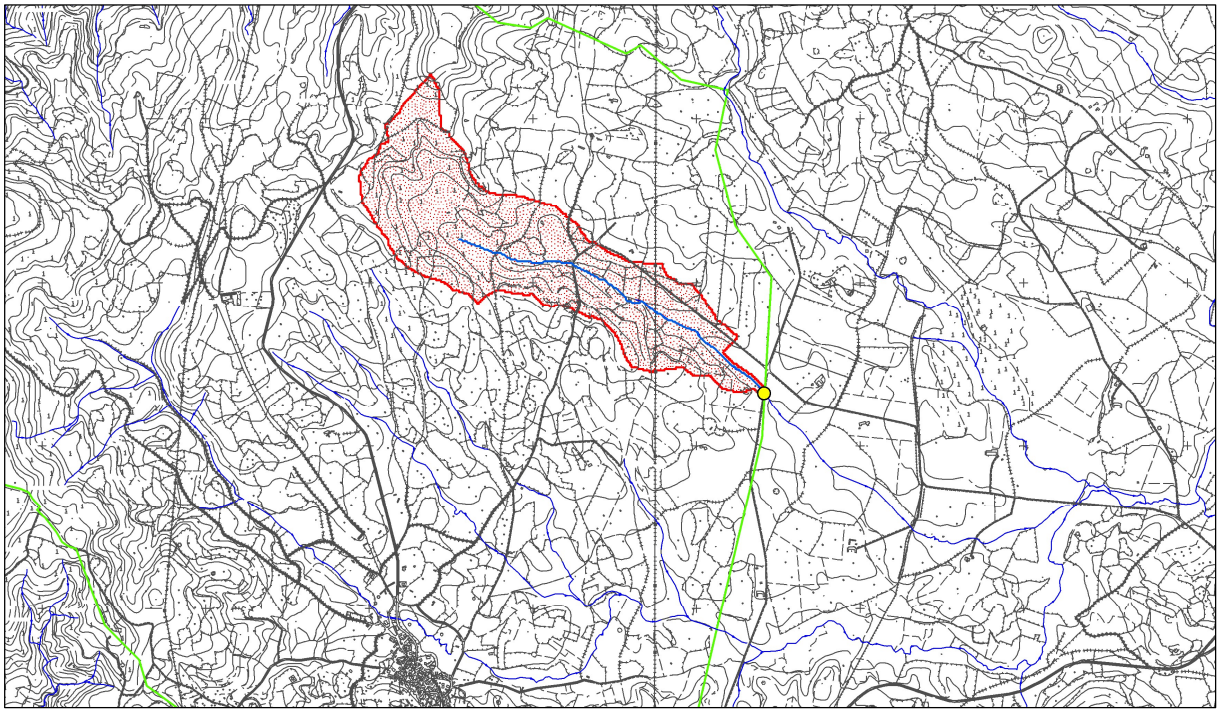


Figura 50. Bacino idrografico del Rio Domus De Funtanas con sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale di Usellus.

Nella parte di monte il rio attraversa la Strada vicinale di Piraferta, in un sottopasso a sezione rettangolare di dimensione 1,80 (h) x 2,00 m con lunghezza di circa 5 m. L'attraversamento è caratterizzato dalla presenza di una fitta vegetazione come dalle immagini allegate.



Figura 51. Attraversamento in località Piraferta. Vista da monte.



Figura 52. Attraversamento in località Piraferta. Vista da monte.

Il tratto a valle dell'attraversamento scorre parallelamente ad una strada vicinale, a distanza superiore a 100m e ad una quota di scorrimento inferiore di circa 20m rispetto al rilevato stradale, in località Mitza Su Scannaiu.



Figura 53. Valle del Rio Domus De Funtanas.



Figura 54. Valle del Rio Domus De Funtanas.

La sezione di chiusura del Rio Domus De Funtanas è stata individuata in corrispondenza dell'attraversamento della Strada Vicinale Montiguassas in località Bruncu e Caboni. L'attraversamento è realizzato attraverso canale in cemento armato con sezione rettangolare 2(h) x 4 m e lunghezza di 5m circa. Di seguito le immagini della sezione di chiusura.





Figura 55. Rio Domus De Funtanas – attraversamento monte.



Figura 56. Rio Domus De Funtanas – attraversamento monte.



Figura 57. Rio Domus De Funtanas – attraversamento valle.

Figura 58. Rio Domus De Funtanas – attraversamento valle.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino:

Tabella 6 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del rio Domus De Funtanas.

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Domus De Funtanas
Area del bacino	A_b	1.47	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	3515	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	245	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	359	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	262.14	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	10.00	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.41	[%]	

7.7.5 Il rio Spironcia (bacino 4)

Il rio Spironcia di Usellus, come già introdotto, scorre in una valle inserita in un relativamente vasto territorio che comprende un paesaggio prettamente rurale.

Il bacino del rio Spironcia ha l'asta principale prevalentemente orientata secondo la direttrice NW-SE, con un percorso, per la parte a monte, di circa 5 km dalla sua iniziale identificazione in località Pardu Longu al ponte sulla SP 35, proseguendo poi più a valle a est dell'abitato di Usellus verso SE, fino alla confluenza con il rio Sa Grutta e il rio Bias Arrubias. La lunghezza complessiva dell'asta fluviale, considerata fino al confine con il Comune di Albagiara, è di circa 7,60 km con un bacino sotteso di circa 12 kmq. L'asta è caratterizzata da una media pendenza, intorno al 2,8% con un escursione altimetrica tra monte e valle di circa 200 m. Le pendenze maggiori dell'asta si riscontrano ovviamente nel primo tratto di monte.

Per l'intero tratto all'interno del territorio di Usellus, l'alveo attivo scorre di fatto sul substrato roccioso, costituito in massima parte dalle arenarie di Serra Longa (formazione di Nurallao). La sostanziale stabilità tettonica dell'area ha fatto sì che l'alveo si sia scavato un fondovalle inciso e abbia creato dei depositi alluvionali già dal periodo dell'Olocene.

Il corso d'acqua denota nel tratto medio-alto dell'asta, a monte del centro urbano di Usellus, un carattere torrentizio: la valle si presenta stretta, profonda, incisa, con pendenza media abbastanza elevata e vegetazione spondale. In località S'Ortus è presente un primo manufatto di attraversamento stradale, realizzato con una tubazione il lamiera ondulata ad arco ribassato, tipo Finsider, avente luce di 3,90 m x 2,46 m.



Figura 59. Attraversamento in località S'Ortus. Vista da monte.



Figura 60. Attraversamento in località S'Ortus. Vista da valle.

Circa 700 m più a valle il Rio attraversa la periferia nord dell'abitato di Usellus, sotto passando una serie di tre ponti molto ravvicinati tra loro. Un primo attraversamento, lungo la via Vittorio Emanuele, ha sezione semicircolare con fondo sistemato in pietrame e intradosso in lamiera ondulata (larghezza 3,85 m x 1,93 m di altezza), il secondo con sezione ad arco semplice in pietra (vecchio ponte romano, larghezza 3,49 m x 2,70 di altezza) e infine il rio attraversa la S.P. 35 con sezione ad arco semplice avente larghezza 6,00 m x 4,00 m di altezza e intradosso in pietrame.
Tra il secondo ponte e il ponte romano il rio è costretto a compiere un doppio angolo retto. Questo tratto d'alveo ha fondo e sponde verticali in pietrame sistemato ad opus incertum e intasato in cemento. La sezione di passaggio, rettangolare con base ad ampia "v" ha dimensioni di circa 6,00 m x 1,40 m



Figura 61. Primo attraversamento dell'abitato di Usellus, via Vittorio Emanuele. Vista da monte.



Figura 62. Primo attraversamento dell'abitato di Usellus, via Vittorio Emanuele. Vista da valle, inizio tratto sistemato.



Figura 63. Ponte romano. Vista da monte.



Figura 64. Ponte romano. Vista da valle.



Figura 65. Tratto sistemato tra il primo ponte sulla via Vittorio Emanuele e il ponte romano.



Figura 66. Attraversamento della S.P. 35.



In corrispondenza del paese e del successivo tratto di valle, la sezione idraulica di deflusso del rio, si allarga e diminuisce la pendenza media del profilo di fondo. Aumenta il carattere meandriforme del rio, e la sezione di scorrimento in alcuni tratti si presenta poco incisa.

Come già introdotto nella Figura 1 e nella Figura 2 il rio in un piccolo tratto è stato deviato e coperto per una lunghezza di circa 50 m, subito a monte dell'attraversamento della via Amsicora, alla periferia est del paese. La sezione di passaggio è larga circa 4,00 m e un'altezza di 2,65 m. La soletta di copertura in calcestruzzo armato è dotata di griglie per consentire l'esondazione del rio e evitare funzionamenti in pressione che condizionerebbero negativamente i profili idraulici a monte.

Il tratto tombato accompagna il rio oltre la via Amsicora, virando a sinistra con un angolo di 90° all'uscita dell'attraversamento, e proseguendo per circa 50 m prima di curvare nuovamente a destra con un angolo retto. La pendenza in questo tratto è bassa e l'alveo si allarga.



Figura 67. Imbocco del tratto tombato del rio Spironcia subito a monte dell'attraversamento della via Amsicora.



Figura 68. Griglie di sfioro del tratto tombato.



Figura 69. Sbocco del tratto tombato.



Figura 70. Sbocco del tratto tombato. Allargamento dell'alveo

A valle della via Amsicora il rio Spironcia prosegue il suo corso meandriforme fino ad affiancarsi alla strada vicinale "Serra sa Funtana" e, a circa 800 m dal centro abitato, è attraversato in guado da un

sentiero di penetrazione agraria ortogonale al compluvio. Durante la stagione invernale l'acqua va ad interessare anche parte del suddetto stradello di penetrazione agraria, come evidenziato dalle foto seguenti.

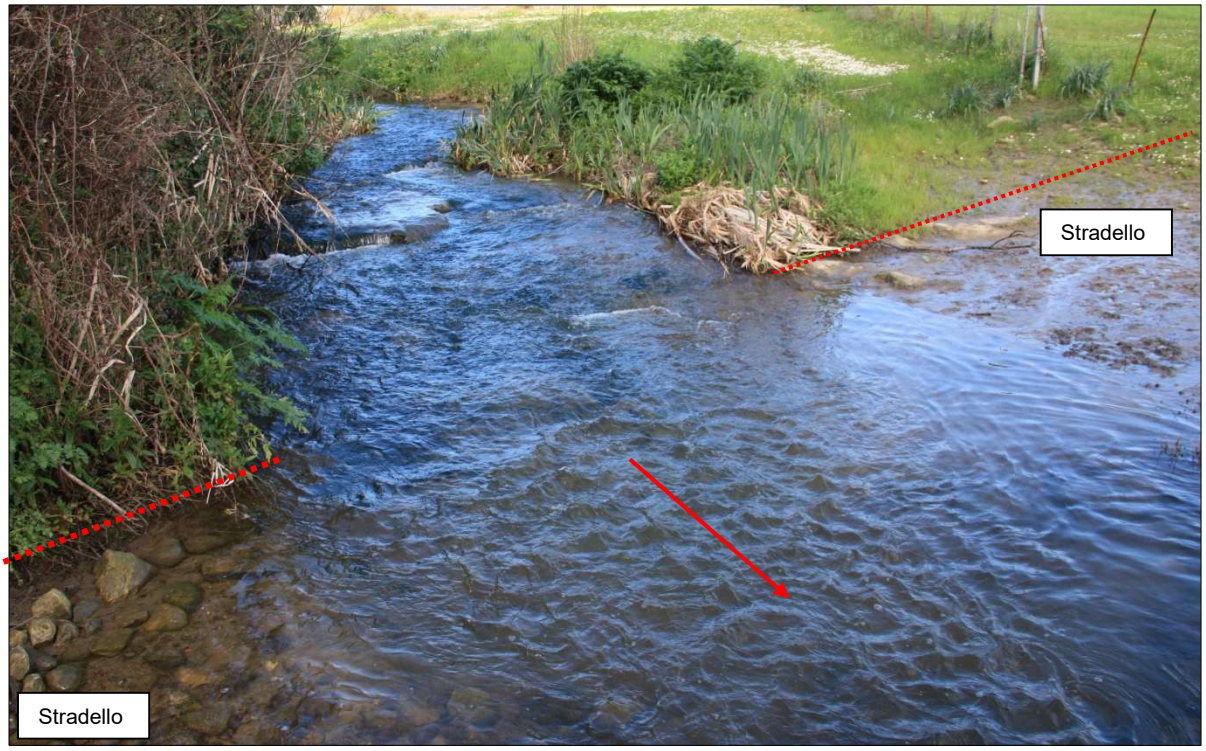


Figura 71. Guado in corrispondenza di una strada di penetrazione agraria.



Figura 72. Guado in corrispondenza di una strada di penetrazione agraria.

Superato il guado, il rio Spironcia compie un'ampia curva verso nord e, deviando successivamente nuovamente verso destra (est), il località Sinnidroxiu si raccorda con il rio Sa Grutta che, 200 m più a monte, ha raccolto le acque anche del rio Bias Arrubias.

Con le portate del rio Sa Grutta e del rio Bias Arrubias, il rio Spironcia infine prosegue verso il confine comunale con Albagiara. Di seguito le immagini del Rio Spironcia a monte della confluenza del Rio Coiamma, già in agro di Albagiara in loc. Pirasteda.



Figura 73. Rio Spironcia – in agro di Albagiara - Monte



Figura 74. Rio Spironcia – in agro di Albagiara - Valle

Per lo studio idrologico e la stima delle portate del Rio Spironcia si sono considerate diverse sezioni di interesse.

La prima è stata presa in corrispondenza del confine comunale con Albagiara, sottendendo anche i sottobacini del rio Sa Grutta e il rio Bias Arrubias (vedi Figura 75) e delineando il massimo bacino del rio Spironcia all'interno del territorio di Usellus.

Una seconda sezione di chiusura è stata presa in corrispondenza della confluenza del rio con le acque dei rii Sa Grutta e Arrubias, una terza in corrispondenza dell'attraversamento della S.P. 35 e infine la sezione più a monte in corrispondenza dell'attraversamento in località S'Ortus (vedi Figura 76).

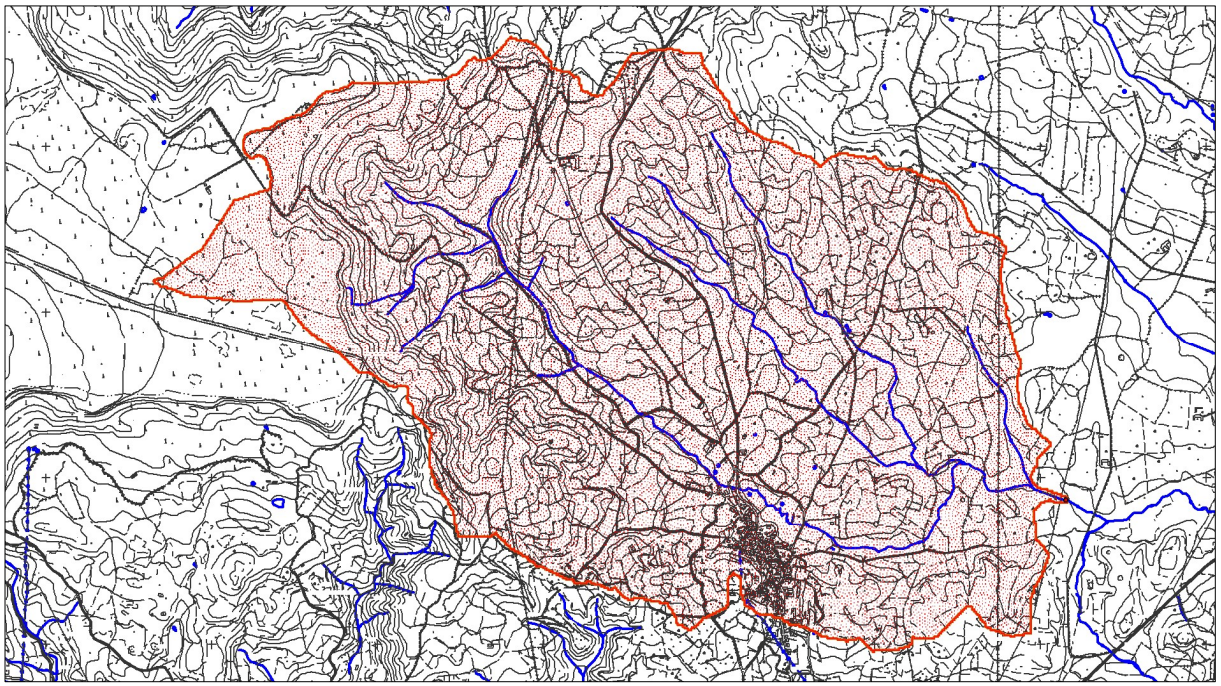


Figura 75. Bacino principale del rio Spironcia. Sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale con Albagiara.

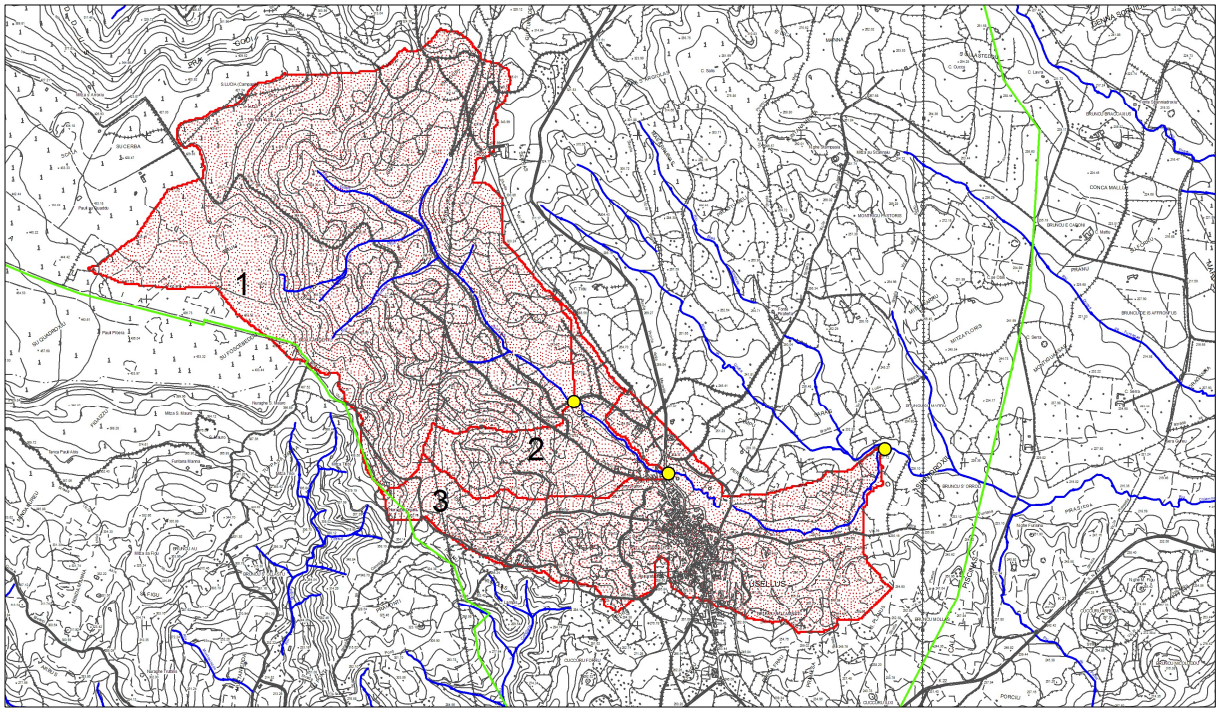


Figura 76. Sottobacini del rio Spironcia.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali dei bacini descritti:

Tabella 7 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del rio Spironcia

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Spironcia Bacino
Area del bacino	A_b	12.28	[km^2]	

Lunghezza asta principale	L	7580.71	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	221.00	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	441.00	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	299.75	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	10.17	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	2.87	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	**Rio Spironcia SottoBacino 1 (attraversamento S' Ortus)**
Area del bacino	A_b	4.30	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	4065.51	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	259.00	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	441.00	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	341.66	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	14.66	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	4.47	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	**Rio Spironcia SottoBacino 2 (attraversamento S.P. 35)**
Area del bacino	A_b	4.93	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	4830.10	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	249.00	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	441.00	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	344.66	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	14.15	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.95	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	**Rio Spironcia SottoBacino 3 (confluenza rii Sa Grutta - Bias Arrubias)**
Area del bacino	A_b	6.91	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	6751.58	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	228.00	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	441.00	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	323.50	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	12.73	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.13	[%]	

7.7.6 Rio Sa Grutta (bacino 4.1)

Il Rio Sa Grutta, affluente del Rio Sa Spironcia, è un corso d'acqua a carattere torrentizio che si sviluppa in loc. Serras e che scorre nel tratto di monte incassato in una piccola valle parallela alla S.P.

35 (S.P. della Marmilla) per circa 1,6 Km. L'intero sottobacino del Rio Sa Grutta è inserito in un contesto rurale con presenza di pascoli e aree a colture arboree che si estende nella parte Nord – Nord Est del centro abitato di Usellus.

L'asta principale risulta orientata secondo la direttrice NW-SE, con un percorso totale di circa 3,87 Km, un estensione totale di bacino di 3,86 Km^2 (di seguito sono riportati in tabella tutti i dati morfometrici). Ai fini dello studio, l'intero bacino del Rio Sa Grutta è stato suddiviso in 3 sottobacini, che sono stati analizzati singolarmente. Il sottobacino 1, che comprende la parte di monte, ha come sezione di chiusura l'attraversamento della strada vicinale in località Piraferta. Questa parte di bacino, caratterizzata da maggiore acclività, 7,99 % e altitudine media di 291 m slm, è interessata dalla presenza di pascoli e aree con specie arboree ad alto fusto (quercie), raggiungibili attraverso strade vicinali sterrate (strada vic.le "Serras"). In questo tratto di monte il rio scorre in un alveo poco definito, talvolta costituito da piccoli canali e pozze, con presenza di terreni arenacei-marnosi e presenza di bancate di roccia affioranti. La sezione di chiusura del sottobacino è stata individuata nell'attraversamento della Strada Vicinale Piraferta, in corrispondenza del ponticello stradale.



Figura 77. Valle del Rio Sa Grutta - Vista da S.P. 35



Figura 78. Rio Sa Grutta – Tratto di monte.



Figura 79. Rio Sa Grutta – Tratto di monte.



Figura 80. Rio Sa Grutta – Tratto di monte – attraversamento strada vic.le Piraferta - monte



Figura 81. Rio Sa Grutta – Tratto di monte – attraversamento strada vic.le Piraferta - valle



Figura 82. Rio Sa Grutta – Tratto di monte – attraversamento strada vic.le Piraferta - monte



Figura 83. Rio Sa Grutta – Tratto a monte dell'attraversamento strada vic.le Piraferta



Figura 84. Rio Sa Grutta – Tratto a valle dell' attraversamento strada vic.le Piraferta

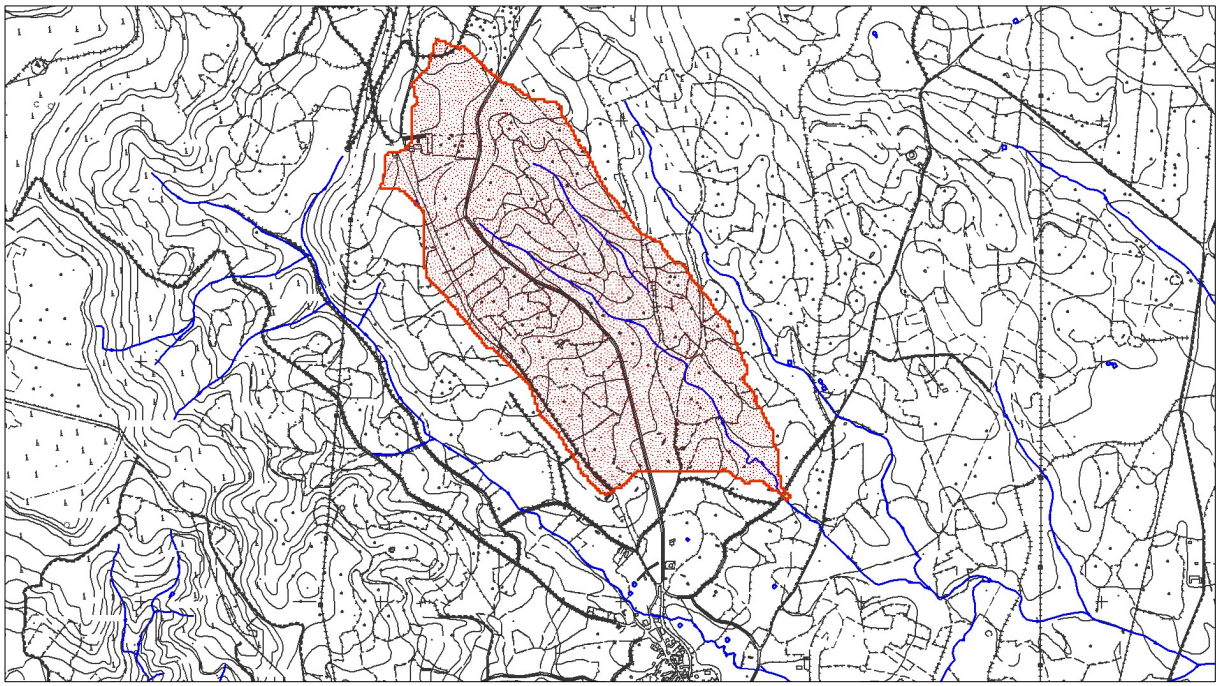


Figura 85. Sottobacino idrografico del Rio Sa Grutta, in corrispondenza dell'attraversamento con la strada vicinale Piraferta.

Il sottobacino 2 comprende tutto il tratto del Rio Sa Grutta fino alla confluenza con l'affluente denominato Rio Bias Arrubias in località Campu Sarais, a circa 800 m di distanza dalla sezione di chiusura del sottobacino 1. L'area, principalmente destinata ad agricoltura estensiva, risulta sub pianeggiante ed estesa ad ovest del centro abitato di Usellus. Da segnalare in questo tratto la presenza di un attraversamento di una strada vicinale di penetrazione agraria loc. "Perdadina – Campu Sarais" e di un guado.

L'attraversamento stradale è costituito da un canale rettangolo di lunghezza di circa 9 m, come riportato nelle immagini seguenti. Il guado è identificato in corrispondenza dell'intersezione con la strada vicinale di penetrazione agraria denominata "Ludu Nieddu", come riportato nelle immagini seguenti.



Figura 86. Attraversamento Strada vic.le "Perdadina – Campu Sarais". Vista da Monte.



Figura 87. Attraversamento Strada vic.le "Perdadina – Campu Sarais". Vista da Valle.



Figura 88. Rio Sa Grutta – Guado strada Ludu Nieddu



Figura 89. Rio Sa Grutta – Guado strada Ludu Nieddu

La sezione di chiusura del sottobacino 2 è stata individuata in corrispondenza della confluenza con il Rio Bias Arrubias, descritto singolarmente nel paragrafo successivo e riportato nelle immagini seguenti.



Figura 90. Rio Sa Grutta – confluenza Rio Bias Arrubias



Figura 91. Rio Sa Grutta – confluenza Rio Bias Arrubias

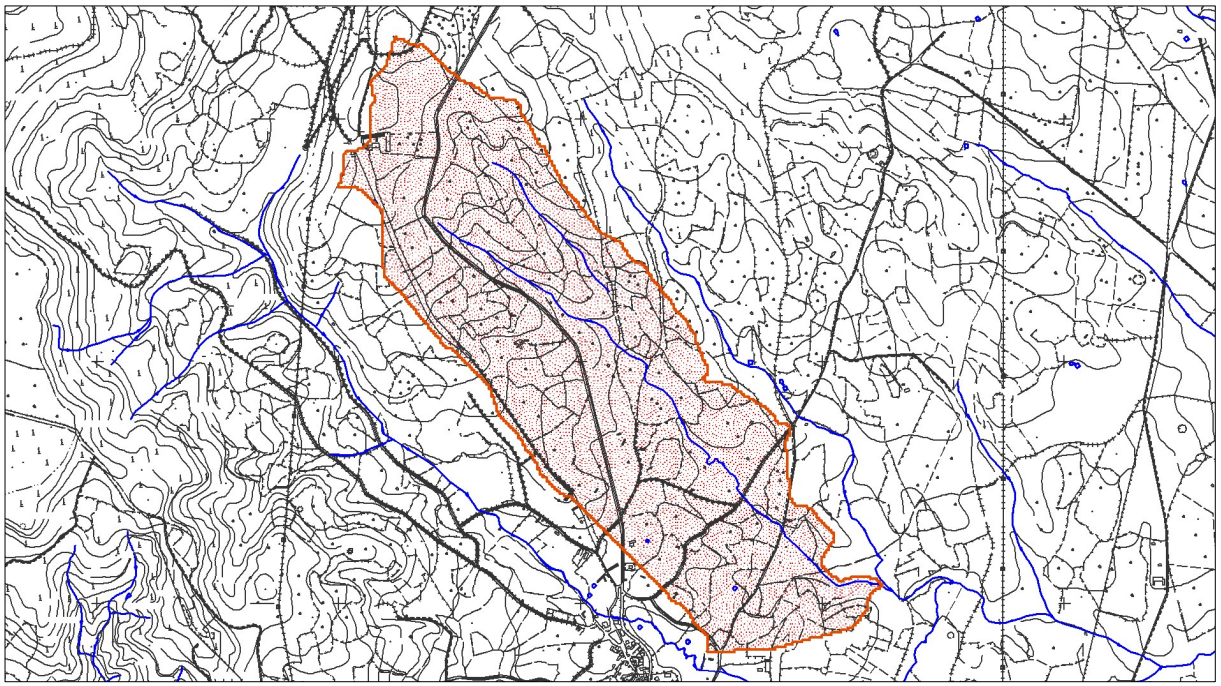


Figura 92. Sottobacino idrografico del Rio Sa Grutta, con sezione di chiusura alla confluenza con il Rio Bias Arrubias.

Il tratto successivo comprende l'intero bacino del sistema Sa Grutta – Bias Arrubias, nel quale è stato individuata la sezione di chiusura del sottobacino 3 in corrispondenza della confluenza con il Rio Sa Spironcia in loc. Sinnidroxiu.

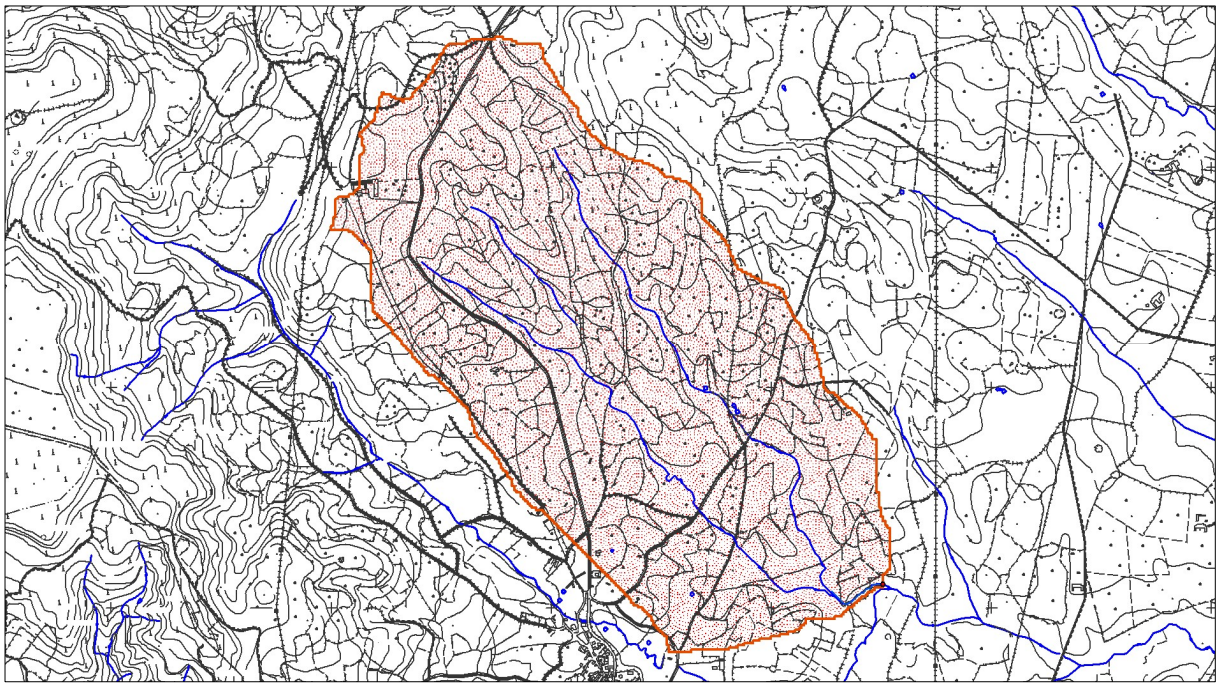


Figura 93. Bacino idrografico del Rio Sa Grutta, con sezione di chiusura alla confluenza con il Rio Spironcia. Il bacino raccoglie anche le acque del Rio Bias Arrubias.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino:

Tabella 8 Tabelle riassuntive dei parametri morfologici del bacino del rio Sa Grutta.

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Sa Grutta Bacino principale (congfluenza con il rio Spironcia)
Area del bacino	A_b	3.86	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	3869	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	228	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	344	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	259.99	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	6.94	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	2.88	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Sa Grutta SottoBacino 2 (confluenza con il rio Bias Arrubias)
Area del bacino	A_b	2.14	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	3412	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	235	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	344	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	277.81	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	6.78	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.11	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Sa Grutta SottoBacino 1 (Attraversamento strada vic. Piraferta)
Area del bacino	A_b	1.50	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	2678	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	240	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	344	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	291.15	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	7.99	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.81	[%]	

7.7.7 Rio Bias Arrubias (bacino 4.2)

Il Rio Bias Arrubias, già precedentemente menzionato, è un affluente del Rio Sa Grutta, facente parte del sistema Spironcia – Sa Grutta – Bias Arrubias (bacino 4).

Il corso d'acqua si sviluppa nella parte orientale del territorio comunale di Usellus e scorre parallelamente al rio Sa Grutta. L'asta fluviale è orientata lungo la direttrice Nord Ovest – Sud Est ed ha una lunghezza totale di circa 3,5 Km, il bacino occupa un'estensione di 1,51 Km^2 con una pendenza media dell'8% circa. Anche questo Rio, che si trova ad est del Rio Sa grutta, si estende in

un territorio prettamente agricolo, caratterizzato da pascoli, aree caratterizzate da agricoltura estensiva e sporadiche colture arboree ad alto fusto.



Figura 94. Rio Bias Arrubias – Tratto di monte



Figura 95. Rio Bias Arrubias – Tratto di monte

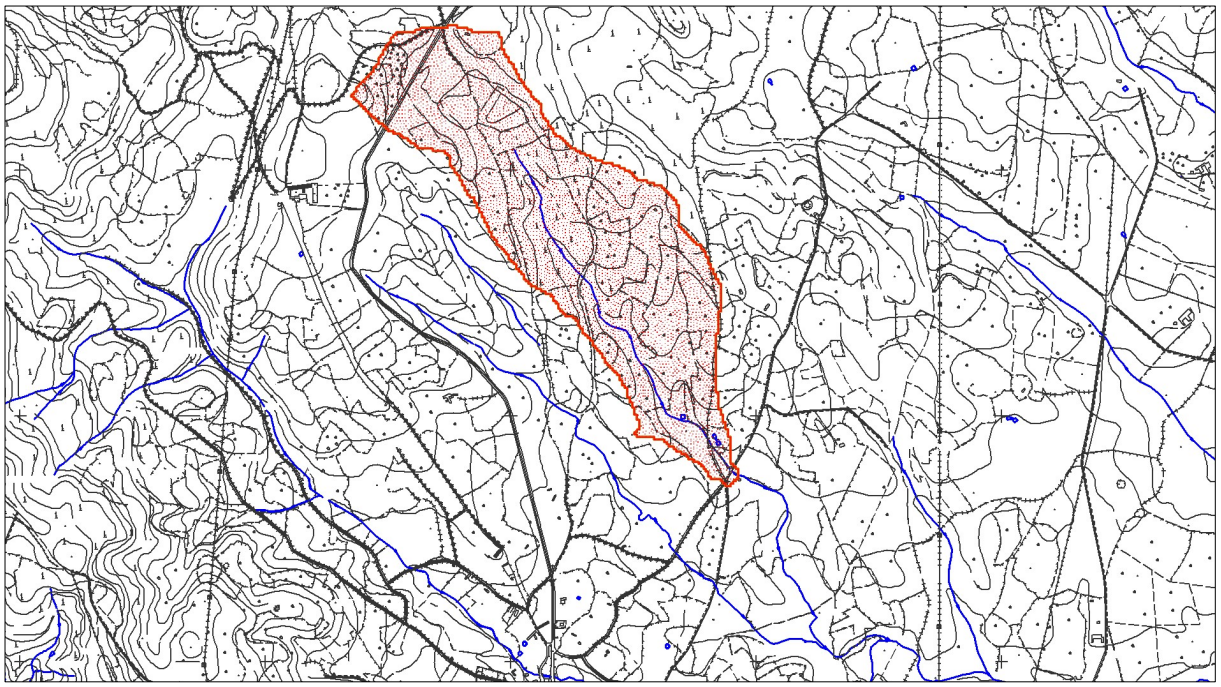


Figura 96. Sottobacino del Rio Bias Arrubias in corrispondenza dell'attraversamento della strada vicinale Piraferta.

Ai fini del presente studio di compatibilità idraulica è stato suddiviso l'intero bacino del Rio Bias Arrubias in due sottobacini. Il primo sottobacino, con estensione di 1,05 Km^2, comprende i primi 2,6 Km di asta fluviale, fino all'attraversamento della strada vicinale "Piraferta".

La sezione di chiusura è considerata in corrispondenza dell'attraversamento, realizzato attraverso un canale rettangolare in cemento armato con lunghezza di circa 9 m, come riportato nelle immagini seguenti. Il Sottobacino 2 del Rio Bias Arrubias comprende l'intero tratto di asta fluviale sino alla confluenza con il Rio Sa Grutta. In questo tratto, a valle dell'attraversamento della strada vicinale Piraferta, risulta importante menzionare la presenza di un guado lungo la strada vicinale Ludu Nieddu.



Figura 97. Rio Bias Arrubias – Attraversamento strada vicinale Piraferta - Monte



Figura 98. Rio Bias Arrubias – Attraversamento strada vicinale Piraferta - Valle



Figura 99. Rio Bias Arrubias – Guado strada vic.le Ludu Nieddu



Figura 100. Rio Bias Arrubias – Guado strada vic.le Ludu Nieddu

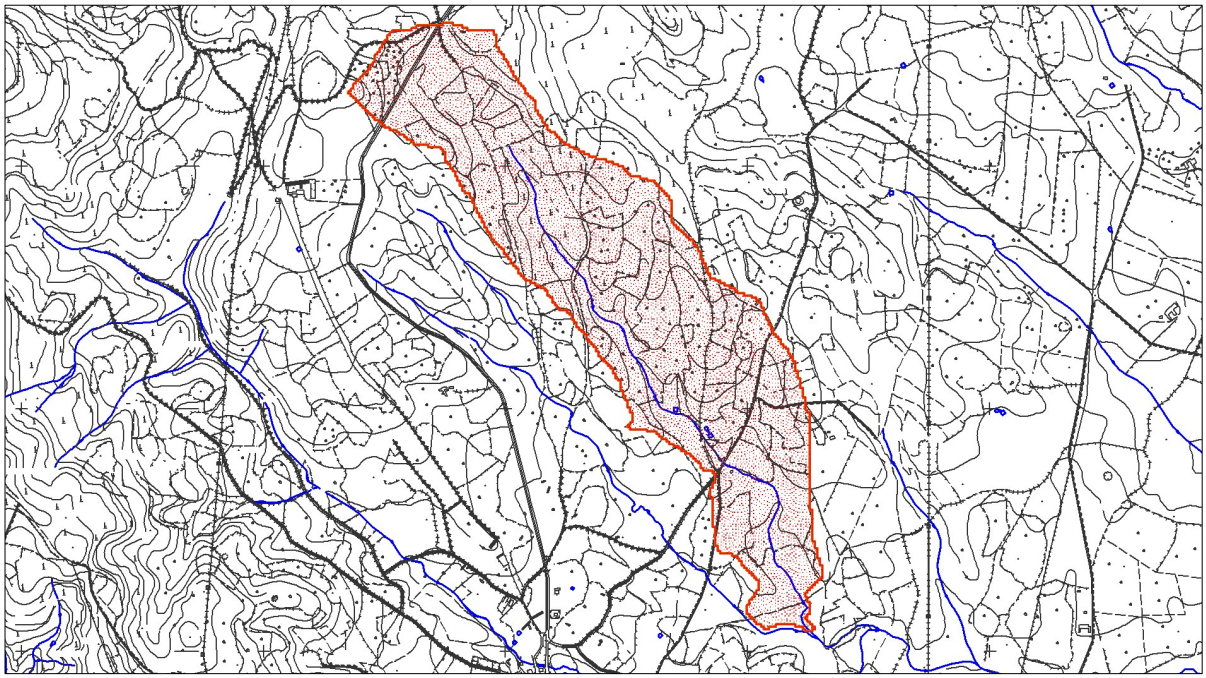


Figura 101. Bacino idrografico del Rio Bias Arrubias, con sezione di chiusura alla confluenza col Rio Sa Grutta.

Le immagini della sezione di chiusura del Rio Bias Arrubias sono riportate nel paragrafo precedente.

Le principali caratteristiche morfologiche del bacino sono riassunte nella seguente tabella:

Tabella 9 Tabelle riassuntive dei parametri morfologici del bacino del rio Bias Arrubias.

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Bias Arrubias Bacino principale (Confluenza Rio Sa Grutta)
Area del bacino	A_b	1.51	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	3545	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	232	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	341	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	278.93	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	7.45	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	2.98	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Bias Arrubias SottoBacino 1 (Attraversamento strada vic. Piraferta)
Area del bacino	A_b	1.05	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	2622	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	247	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	341	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	291.12	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	8.23	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.53	[%]	

7.7.8 Rio Funtanedda (bacino 5)

Il rio Funtanedda nasce nell'area sud dell'abitato di Usellus in località Montigu, nei pressi del cimitero comunale, sul lato Ovest della Strada Provinciale della Marmilla e attraversa, nella parte di monte, un'area rurale caratterizzata da acclività molto moderata con un alveo poco marcato e peraltro non rilevato interamente nella Cartografia Tecnica Regionale.

L'asta principale è prevalentemente orientata secondo la direttrice NW-SE, con un percorso, per la parte a monte, di circa 1,2 km fino all'attraversamento della S.S. 442 nel centro abitato di Escovedu. La lunghezza complessiva dell'asta fluviale, considerata fino al confine con il Comune di Albagiara, è di circa 2,8 km con un bacino sotteso di **1,25** kmq. L'asta è caratterizzata da bassa pendenza, pari al **3,63**% con un escursione altimetrica tra monte e valle di **103** m e una pendenza media del bacino del 6,70%. Nella parte di monte, l'alveo attivo è solo leggermente scavato su terreni marnosi (formazione delle arenarie della Marmilla) e presenta un carattere torrentizio con una folta vegetazione spondale fino zona Nord di Escovedu. In quest'area al disotto dell'omonima piazza Funtanedda, il rio risulta convogliato in una tubazione sotterranea in lamiera ondulata tipo Finsider per l'attraversamento della piazza stessa e della Statale 442 per una lunghezza di circa 60 m come riportato nella documentazione fotografica seguente (foto 1,2,3,4).



Figura 102. Rio Funtanedda. Caditoia attraversamento piazza.



Figura 103. Rio Funtanedda. Tratto a monte dell'attraversamento.



Figura 104. Rio Funtanedda. Tratto a monte dell'attraversamento.



Figura 105. Attraversamento Piazza Funtanedda.

Successivamente il Rio Funtanedda prosegue il suo percorso all'interno della medesima tubazione in lamiera ondulata, per un tratto di circa 300 m con presenza di abitazioni sia nel lato sinistro sia nel lato destro, queste ultime aventi cortili e locali (garage, scantinati, etc.) ad una quota inferiore al fondo di scorrimento.



Figura 106. Abitazioni alla destra e sinistra del Rio Funtanedda a valle dell'attraversamento della S.S. 442. Vista da valle.



Figura 107. Abitazioni alla destra e sinistra del Rio Funtanedda a valle dell'attraversamento della S.S. 442. Vista da monte.



Figura 108. Rio Funtanedda – tratto intubato



Figura 109. Rio Funtanedda – sbocco tratto intubato

Allo sbocco del tratto intubato il Rio Funtanedda attraversa un'area rurale caratterizzata da coltivazioni ortive a est del centro abitato di Escovedu. Questo tratto è caratterizzato da limitata acclività con alveo scavato con sezione ristretta rettangolare e fondo in terreni marnosi (formazione delle arenarie della Marmilla) con folta vegetazione spondale. In loc. Funtanabella è presente un primo attraversamento stradale, costituito da tubazione in lamiera ondulata tipo finsider con diametro di circa un metro.



Figura 110. Rio Funtanedda – attraversamento loc. Funtanabella vista da monte



Figura 111. Rio Funtanedda – attraversamento loc. Funtanabella tratto di valle



Figura 112. Rio Funtanedda – loc. Funtanabella vista verso monte

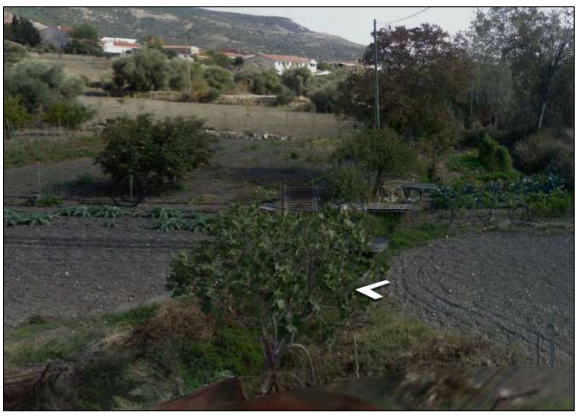


Figura 113. Rio Funtanedda – loc. Funtanabella tratto di valle

Il percorso del Rio Funtanedda prosegue per circa duecento metri fino a raggiungere il confine con il territorio comunale di Albagiara nella Via De Gasperi. È da segnalare la presenza di un attraversamento realizzato con doppia tubazione in cemento (diametro 0,50 m) a valle del quale il corso d'acqua esce dal territorio comunale di Usellus (foto 13 e 14).



Figura 114. Rio Funtanedda – Attraversamento Via De Gasperi



Figura 115. Rio Funtanedda – Sezione di chiusura

Per lo studio idrologico e la stima delle portate del Rio Funtanedda si sono considerate due diverse sezioni di interesse. La prima, che sottende solo la porzione di monte del bacino, è stata presa in corrispondenza dell'attraversamento della Piazza Funtanedda (figura 15) e la seconda al confine comunale con Albagiara, sottendendo l'intero bacino all'interno del territorio di Usellus (figura 16).

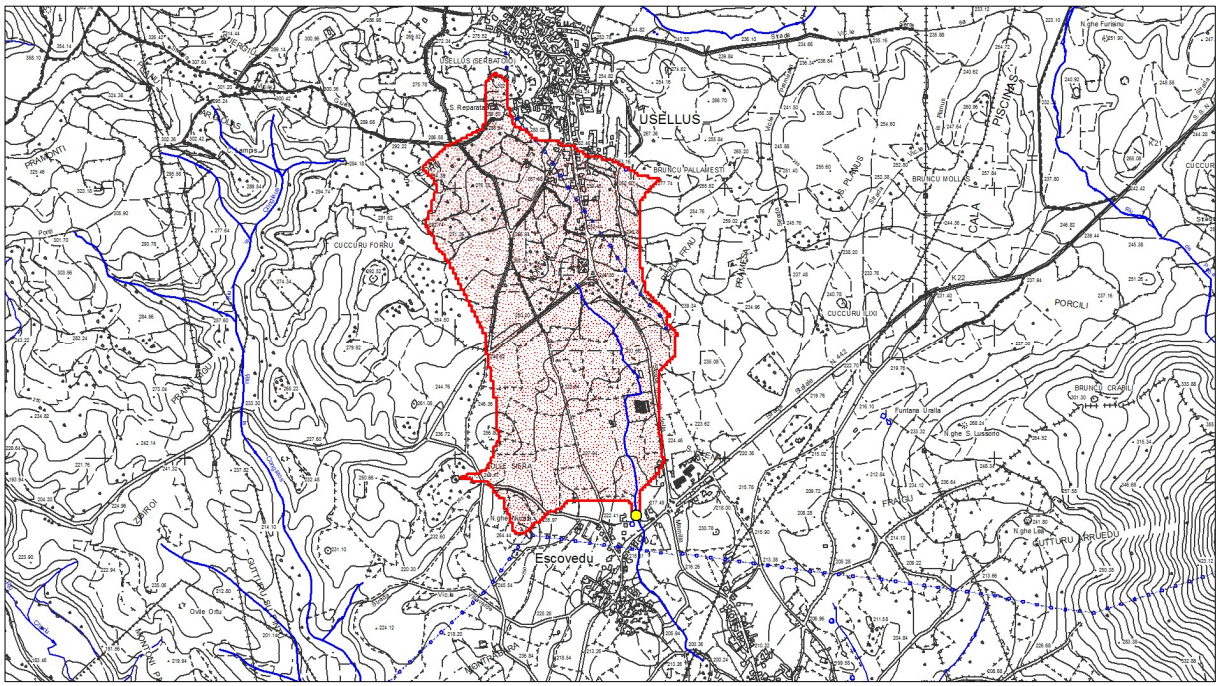


Figura 116. Sottobacino del Rio Funtanedda con sezione di chiusura in corrispondenza dell'ingresso al tratto coperto (piazza Funtanedda)

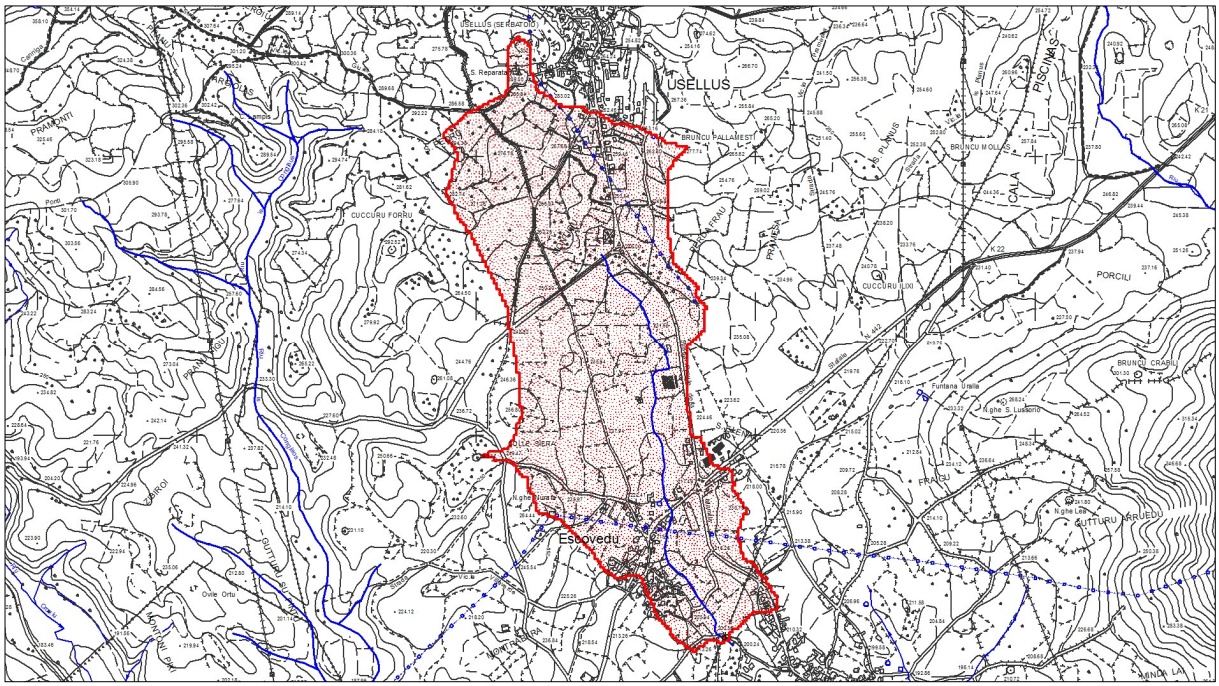


Figura 117. Bacino idrografico del Rio Funtanedda con sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino descritto:

Tabella 10 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del rio Funtanedda

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Funtanedda Bacino principale
Area del bacino	A_b	1.25	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	2790	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	199	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	302	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	232.73	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	6.70	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.63	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Funtanedda SottoBacino 1 (piazza Funtanedda)
Area del bacino	A_b	0.95	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	2158	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	217	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	302	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	245.87	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	6.63	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	3.89	[%]	

7.7.9 Rio Is Congiaos (detto anche Canale Frissa) (bacino 6)

Il Rio Is Congiaos conosciuto anche come Canale Frissa di Usellus (nella parte di monte) nasce in località Argiolas, nell'area centro occidentale del territorio comunale, in prossimità del confine con il territorio del Comune di Villa Verde.

L'asta principale ha un andamento prevalentemente orientato lungo la direttrice Nord-Sud sviluppandosi in un territorio rurale caratterizzato da colture estensive e macchia bassa, ben distante dai centri abitati principali. La lunghezza totale dell'asta principale è pari a circa 3,6 Km con un estensione totale di bacino di circa 2,6 Km^2 e una pendenza media del 16,45% circa.

L'alveo risulta debolmente inciso in una valle costituita da litotipi marnosi (Marne di Gesturi) che formano colline con forme dolci tipiche del territorio in oggetto. La parte di monte del rio raccoglie le acque di scolo di alcuni versanti collinari in loc. Pranu Argiolas e scorre verso in una valle caratterizzata dalla presenza di colture estensive. In questo tratto il rio si presenta ancora come un piccolo canale superficiale con presenza di pozze e piccoli meandri.



Figura 118. Rio Is Congiaos – Loc. Pranu Figu - monte



Figura 119. Rio Is Congiaos – Loc. Pranu Figu - valle



Figura 120. Rio Is Congiaos – Loc. Pranu Figu



Figura 121. Rio Is Congiaos – Loc. Pranu Figu

Da segnalare, quale aspetto utile ai fini dello studio in oggetto, le intersezioni principali tra il corso idrico e le infrastrutture presenti nel territorio: la S.P. 48 e la S.S. 442, quest'ultima già nel territorio comunale di Ales.

L'attraversamento della S.P. 48 avviene in località Pranu Figu, attraverso sottopasso con tubolare tipo finsider ovale 380 x 500 cm.



Figura 122. Rio Is Congiaos – Attraversamento S.P.48



Figura 123. Rio Is Congiaos – Attraversamento S.P.48

Più a valle il corso d'acqua prosegue il suo tracciato e attraversa un'area sempre interessata da coltivazioni estensive in località "Gutturu su Pintu". L'alveo, decisamente più marcato, rispetto alla parte di monte, assume una larghezza di circa 3 m con ampie golene a modesta acclività.



Figura 124. Rio Is Congiaos – loc. Gutturu su Pintu



Figura 125. Rio Is Congiaos – loc. Gutturu su Pintu



Figura 126. Rio Is Congiaos – sezione di chiusura



Figura 127. Rio Is Congiaos – sezione di chiusura

La sezione di chiusura è stata individuata al limite del confine comunale, in loc. Gutturu su Pintu, a monte dell'attraversamento della S.S. 442.

Per lo studio idrologico e la stima delle portate del Canale Frissa/Rio Is Congiaos sono state considerate le due diverse sezioni corrispondenti all'attraversamento della S.P.48 e al limite del territorio comunale. La prima, che sottende solo la porzione di monte del bacino, in area "Pranu Figu" nei pressi del confine con il comune di Villa Verde (Figura 128) e la seconda a monte del confine del territorio comunale di Ales in prossimità dell'omonimo Ponte Frissa, sottendendo l'intero bacino all'interno del territorio di Usellus (Figura 129).

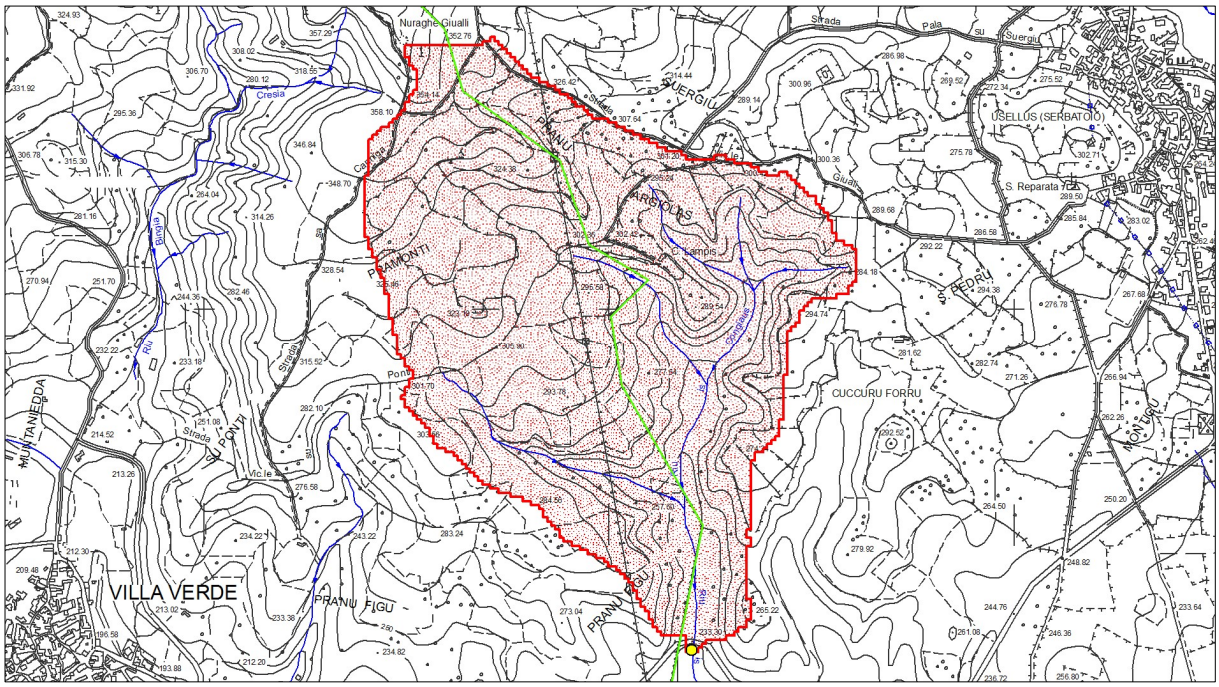


Figura 130. Sottobacino del Rio Is Congiaos, con sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento della S.P. 48

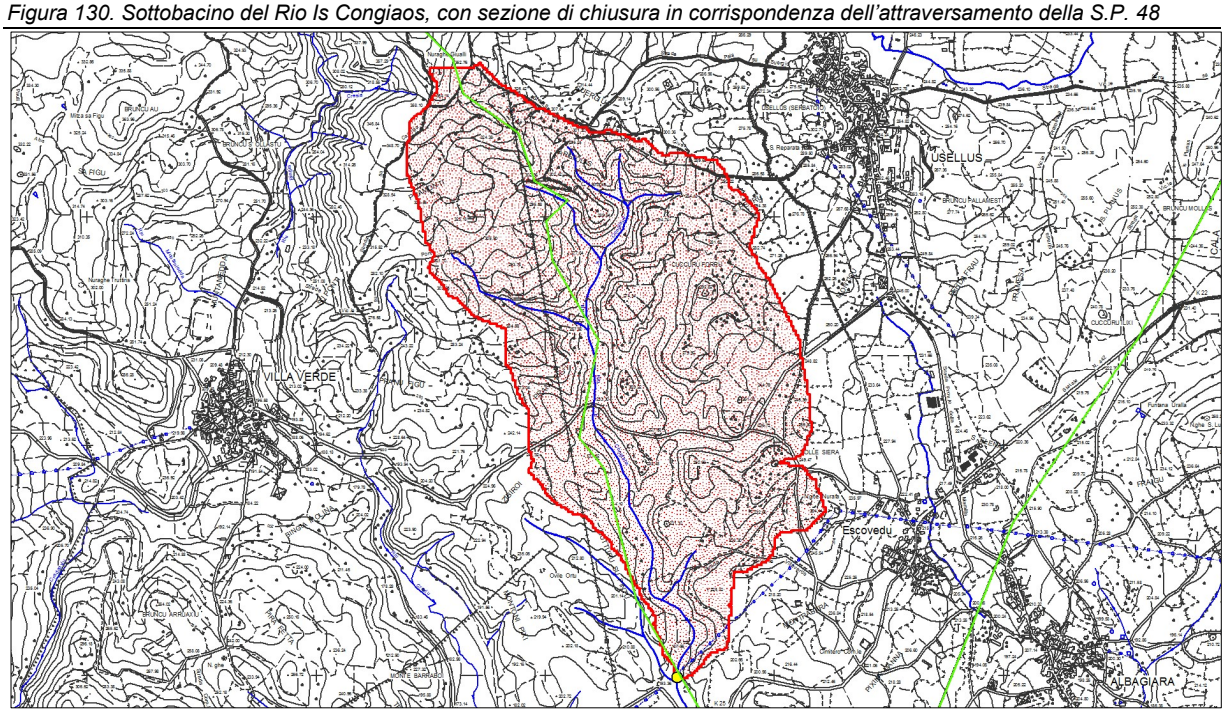


Figura 131. Bacino idrografico del Rio Is Congiaos, sezione di chiusura in corrispondenza del confine comunale.

Di seguito sono riassunti i parametri morfologici e caratteristici principali del bacino:

Tabella 11 Tabella riassuntiva dei parametri morfologici del bacino del Rio Is Congiaos

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Is Congiaos Bacino principale
Area del bacino	A_b	2.62	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	3601	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	186	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	383	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	260.19	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	16.45	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	5.51	[%]	

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura	Rio Is Congiaos SottoBacino 1 (attraversamento S.P. 48)
Area del bacino	A_b	1.07	[km^2]	
Lunghezza asta principale	L	2178	[m]	
Altezza minima bacino	H_{min}	228	[m slm]	
Altezza massima bacino	H_{max}	383	[m slm]	
Altezza media bacino	H_{med}	291.91	[m slm]	
Pendenza media bacino	i_b	18.15	[%]	
Pendenza media asta principale	i_f	7.19	[%]	

7.8 Criteri e metodi di calcolo delle portate al colmo

La stima della portata al colmo ad assegnati periodi di ritorno sarà effettuata eseguendo un confronto critico fra le diverse metodologie disponibili nella letteratura tecnica per la Sardegna. Le Linee Guida del PAI definiscono una precisa linea metodologica di calcolo della portata di piena di cui si è tenuto conto per lo sviluppo delle analisi che seguono.

Va premesso che l'ultimo aggiornamento della Valutazione delle piene (VAPI) in Sardegna, sia per quanto riguarda le curve di possibilità pluviometrica che per la stima delle portate di piena, è stato realizzato da Cao et al. (1991), utilizzando i dati del periodo 1922-1980, con successivo aggiornamento delle curve di possibilità pluviometrica da parte di Deidda et al. (2000) utilizzando sempre la stessa base di dati ormai vetusta. Perciò non si è ancora tenuto conto delle ormai evidenti mutazioni climatiche in ambito idrologico, facendo si che tutte le valutazioni fatte e da farsi per la stima delle portate non potranno essere ritenute al 100% al passo che le evoluzioni climatiche. Finché non si provvederà ad un aggiornamento delle curve di possibilità pluviometrica non si potrà ritenere la stima del tutto precisa.

7.8.1 Metodi indiretti

La stima indiretta nasce dall'esigenza di supplire all'insufficienza dei dati di portata sul corso d'acqua in esame. Tale metodologia stima la portata al colmo a partire dalla precipitazione, nell'ipotesi semplificativa che la frequenza di accadimento sia pari a quella della portata al colmo.

Le portate di piena sono state calcolate per tempi di ritorno pari a 50, 100, 200 e 500 anni.

La portata sarà stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

a) la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida,
b) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta,
c) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre,
d) la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

Il metodo fornisce, pertanto la portata di massima piena attraverso la seguente relazione, comunemente detta *formula razionale*:

$$Q = \frac{\Phi A_b h_{tc}}{3.6 t_c} \qquad \left[\frac{m^3}{\sec}\right]$$

nella quale:

- Q è la portata di piena espressa in m^3/sec,
- ϕ è il coefficiente di afflusso,
- A_b è l'area del bacino idrografico in [Km^2],
- t_c è il tempo di corrivazione del bacino in ore,
- h_{tc} è la pioggia critica della durata t_c espressa in mm.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità. Le perdite del bacino nella trasformazione afflussi-deflussi verranno, pertanto, stimate sotto forma di percentuale dell'afflusso meteorico, utilizzando un coefficiente di afflusso Φ avente un valore dell'intervallo 0÷1. Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di kmq, mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati. Il metodo cinematico fornisce valori più attendibili quanto più attendibili sono le stime del tempo di corrivazione, del coefficiente di afflusso e della pioggia critica.

Il tempo di corrivazione t_c può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino. In fase progettuale

verrà adottato il valore di t_c più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

La stima del t_c è stata effettuata con le seguenti formule:

$t_c = 0.1272 \cdot \sqrt{\frac{A_b}{i}}$ [ore] seconda formula del Ventura

$t_c = \frac{1.5 \cdot L + 4\sqrt{A_b}}{0.8\sqrt{H_m - H_{\min}}}$ [ore] formula del Giandotti

$t_c = \frac{1.5 \cdot L + \frac{1}{M \cdot d}\sqrt{A_b}}{0.8\sqrt{H_m - H_{\min}}}$ [ore] formula del Giandotti modificata (Aronica - Paltrinieri)

$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i_k}}$ [ore] formula di Pezzoli

$t_c = \frac{0.108 \cdot \sqrt[3]{A_b \cdot L}}{\sqrt{i_k}}$ [ore] formula di Pasini

$t_c = \frac{L}{3600 \cdot V}$ [ore] formula di Viparelli

$t_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot (\frac{H_m}{i_k})^{0.289}$ [ore] formula VAPI

dove:

A_b è l'area del bacino espressa in [km^2]

i è la pendenza media del bacino

L è la lunghezza dell'asta principale

H_m è l'altitudine media del bacino

H_{min} è l'altitudine minima del bacino

V è la velocità media della corrente assunta pari ad 1,5 m/s

i_k è la pendenza media dell'asta principale

M, d sono costanti numeriche (valori tabellati) in funzione del tipo e della permeabilità dei terreni, assunti rispettivamente pari a 0,25 (erbe rade) e 0,81 (terreno mediamente permeabile)

Il tempo di corrivazione per ciascun sottobacino è stato valutato tenendo conto soprattutto delle caratteristiche di ciascun di essi. Nella scelta sono state fatte alcune considerazioni.

La formula del Giandotti è adatta a bacini di dimensioni comprese tra 170 e 700 km^2, perciò non è stata considerata a priori. La formula del Giandotti modificata da Aronica e Paltrinieri è stata studiata per bacini di estensione inferiore ai 10 km^2. La formula di Pezzoli, invece, è valida principalmente per piccoli bacini montani. Le formule del Viparelli, sono state desunte sia per i bacini montani (considerando la velocità di 1,5 m/s) che per bacini pedemontani (velocità di 1 m/s).

In base a queste considerazioni, è stata scelta la formulazione del Ventura per tutti i sottobacini in esame, sia per avere una certa continuità e coerenza del tempo di corrivazione tra i differenti sottobacini, e sia perché la formula del Ventura garantisce valori restrittivi del parametro, quindi a vantaggio della sicurezza.

Si riportano di seguito i valori del tempo di corrivazione, ottenuti secondo le diverse formulazioni proposte in letteratura, riferiti a ciascun sottobacino studiato.

Tabella 12 Tempi di corrivazione relativi a ciascuno dei sottobacini in studio secondo le diverse formulazioni analizzate

		Tc [h]								
Bacini		**Viparelli v=1.0 m/s**	**Viparelli v=1.5 m/s**	**Ventura**	**Giandotti**	**Giandotti mod.**	**Pezzoli**	**Pasini**	**VAPI**	**Tc adottato**
1	***Rio Caredda***	1.813	1.209	1.908	2.311	2.593	0.202	2.183	4.507	**1.908**
2	***Rio Utturu Su Pauli***	1.431	0.954	1.177	1.720	1.940	1.112	1.301	3.672	**1.177**
3	***Rio Domus De Funtanas***	0.976	0.651	0.836	2.431	2.704	1.047	1.012	3.078	**0.836**
4	***Rio Spironcia*** *(bacino principale)*	2.106	1.404	2.629	3.576	4.648	2.460	2.888	5.486	**2.629**
4a	***Rio Spironcia*** *(Attr. S'Ortus)*	1.129	0.753	1.248	1.979	2.599	1.058	1.326	3.936	**1.248**
4b	***Rio Spironcia*** *(S.P. 35)*	1.342	0.894	1.420	2.061	2.677	1.337	1.563	4.219	**1.420**
4c	***Rio Spironcia*** *(confluenza Rio Sa Grutta)*	1.875	1.250	1.885	2.641	3.371	2.093	2.191	4.783	**1.885**
4.1	***Rio Sa Grutta*** *(bacino principale)*	1.075	0.716	1.472	3.019	3.963	1.253	1.566	4.026	**1.472**
4.1a	***Rio Sa Grutta*** *(confluenza Bias Arrubias)*	0.948	0.632	1.055	2.096	2.703	1.064	1.188	3.504	**1.055**
4.1b	***Rio Sa Grutta*** *(Attr. Piraferta)*	0.744	0.496	0.799	1.558	2.023	0.755	0.880	3.086	**0.799**
4.2	***Rio Bias Arrubias*** *(bacino principale)*	0.985	0.657	0.905	1.867	2.354	1.130	1.094	3.276	**0.905**
4.2a	***Rio Bias Arrubias*** *(Attr. Piraferta)*	0.728	0.486	0.694	1.512	1.931	0.768	0.806	2.905	**0.694**
5	***Rio Funtanedda*** *(bacino principale)*	0.775	0.517	0.746	1.864	2.387	0.806	0.860	2.811	**0.746**
5a	***Rio Funtanedda*** *(P.zza Funtanedda)*	0.600	0.400	0.627	1.658	1.871	0.060	0.695	2.625	**0.627**
6	***Rio Is Congiaos*** *(bacino principale)*	1.000	0.667	0.878	1.724	1.945	0.084	0.973	3.054	**0.878**
6a	***Rio Is Congiaos*** *(Attr. S.P.48)*	0.605	0.403	0.490	1.158	1.309	0.045	0.534	2.376	**0.490**

7.8.1.1 *Distribuzione Log-normale*

Per la determinazione della pioggia critica lorda si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = h_1 \cdot T_p^{(A+B\cdot u)}$$

essendo h_1 l'altezza di pioggia di durata unitaria data dalla relazione:

$$\log\ h_1 = C + D \cdot u$$

ove T_p, coincidente con il tempo di corrivazione del bacino, è espresso in ore, *u* è il frattile della distribuzione normale corrispondente alla probabilità di non superamento ed i quattro parametri che vi compaiono dipendono dal gruppo pluviometrico cui si riferiscono. I bacini idrografici in esame ricadono all'interno del secondo gruppo omogeneo (stazione di Villaverde).

Le formule relative al secondo gruppo omogeneo sono pertanto:

II gruppo $h_{tc} = h_1 * t_c^{(0.359699-0.0179413 * u)}$ [mm]

$\log h_1 = 1.296258 + 0.167487 * u$

7.8.1.2 *Distribuzione TCEV*

Per la determinazione della pioggia critica lorda si utilizzano le curve di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a \cdot T^{n}$$

dove i parametri della curva, a(T) ed n(T), vengono definiti per tre Sotto Zone Omogenee della Sardegna (SZO), per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori di 10 anni.

La pioggia indice μ(t) di durata t (ovvero la media dei massimi annui delle piogge di durata t) può essere espressa in forma monomia:

$$\mu = a_1 \cdot T^{n1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μg:

$a_1 = \mu g / (0.886 \cdot 24^{n1})$, $n_1 = -0.493 + 0.476 \log_{10} \mu g$

L'altezza di pioggia hT(t) di durata t con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice μ(t) per un coefficiente di crescita $KT(t) = a_2 t^{n2}$:

$$h = \mu(t) \cdot KT(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{(n1+n2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con differenti relazioni per diversi T e t e per le tre sottozone della Sardegna.

I bacini studiati ricadono all'interno della Sottozona 1 e pertanto saranno utilizzati i seguenti coefficienti:

$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \log_{10} T$

$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log_{10} T - 3.3330\ 10^{-2} (\log_{10} T)^2$ (per τ <= 1 ora)

$n_2 = -1.0563\ 10^{-2} - 7.9034\ 10^{-3} \log_{10} T$ (per τ >= 1 ora)

7.8.1.3 *Determinazione della pioggia ragguagliata*

La determinazione della pioggia ragguagliata può, in genere, essere effettuata utilizzando la formula proposta dal Department of Environment Water Council (DEWC) nel 1981, applicabile a bacini con area 1 [km^2] <A< 100 [km^2]:

$$r(\tau, A_b) = 1 - a\,\tau^{b}$$

dove *a* e *b* sono due parametri dipendenti dall'area A_b del bacino.

$$a = 0{,}0394 \cdot A_b^{0{,}354}$$

$b = 0{,}40 - 0{,}0208 \cdot \ln(4{,}6 - \ln A_b)$ per Ab < 20 km^2

Per i bacini in esame, avendo tutti una superficie compresa tra 1 kmq e 100 kmq, sarà effettuato il ragguaglio dell'area.

L'altezza di pioggia lorda $h_{l,r}(\tau)$ di durata τ, ragguagliata all'area del bacino è quindi data da:

$$h_{l,r}(\tau) = r(\tau, A_b) h_l(\tau) = r(\tau, A_b) a \tau^n$$

e la corrispondente intensità media di pioggia lorda $i_{l,r}(\tau)$ di durata τ è:

$$i_{l,r}(\tau) = h_{l,r}(\tau) / \tau = r(\tau, A_b) a \tau^{n-1}$$

7.8.1.4 *Stima delle perdite del bacino*

E' necessario ricavare il valore della pioggia netta mediante la stima del coefficiente di afflusso Φ che tiene conto delle perdite del bacino dovute a fenomeni di infiltrazione. Per i fenomeni di carattere eccezionale quali sono le piene, esso dipende non solo dalle caratteristiche geologiche del bacino, ma soprattutto dalle condizioni di umidità del suolo e dal valore della precipitazione. E' da notare che questi due fattori diventano entrambi maggiormente critici all'aumentare del tempo di ritorno. Infatti, considerata l'eccezionalità degli eventi, si può verosimilmente ritenere che l'evento stesso accada in condizioni critiche sia riguardo al grado di saturazione del terreno, sia riguardo alle condizioni degli invasi superficiali.

Verrà preso in considerazione il criterio, adottato nel PAI, derivato dal metodo SCS (Soil Conservation Service) per il calcolo delle piene noto anche come metodo del Curve Number o metodo CN. Esso è espresso secondo la seguente relazione:

$$\Phi = \frac{(H - 0.2 \cdot S')^2}{H \cdot (H + 0.8 \cdot S')}$$, con $$S' = 254 \cdot (\frac{100}{CN} - 1)$$

I valori del parametro CN sono stati assegnati a seconda del tipo di copertura del territorio per tutto il territorio regionale e sono riportati nella seguente tabella, tratta dalla "*Relazione Metodologica*" del P.S.F.F.:

Tabella 13 Valori del parametro CN relativi a ciascuna tipologia di uso del suolo.

DESCRIZIONE	**CN**
1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	95
1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO	95
1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	95
1122 - FABBRICATI RURALI	95
1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	95
1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	95
1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	95
1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	95
1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	99
1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	95
123 - AREE PORTUALI	95
124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	95
131 - AREE ESTRATTIVE	75
1321 – DISCARICHE	75
1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	75
133 – CANTIERI	95
141 - AREE VERDI URBANE	70
1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE	95
1422 - AREE ARCHEOLOGICHE	75

DESCRIZIONE	CN
143 – CIMITERI	95
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60
2112 - PRATI ARTIFICIALI	75
2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60
2122 – RISAIE	99
2123 – VIVAI	70
2124 - COLTURE IN SERRA	75
221 – VIGNETI	60
222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60
223 – OLIVETI	60
231 - PRATI STABILI	75
2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	60
2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	99
2413 - COLTURE TERMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	60
242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60
243- AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALIIMPORTANTI	70
244 - AREE AGROFORESTALI	70
3111 - BOSCHI DI LATIFOGLIE	50
31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI	50
31122 – SUGHERETE	65
31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO	50
31124 – ALTRO	50
3121 - BOSCHI DI CONIFERE	70
3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	70
313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	60
321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
3222 - FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
3232 – GARIGA	65
3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70
3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	70
3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	99
332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE	75
333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E< 40%	75
411 - PALUDI INTERNE	99
421 - PALUDI SALMASTRE	99
422 – SALINE	75
423 - ZONE INTERTIDALI	99
5111 - FIUMI TORRENTI E FOSSI	99
5112 - CANALI E IDROVIE	99
5121 - BACINI NATURALI	99
5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
5211 - LAGUNE LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
522 - ESTUARI E DELTA	99
5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99

Si è studiato l'uso del suolo per ogni sottobacino esaminato, ottenendo i rispettivi valori di CN.

Un ulteriore incremento del CN (che così definito nella procedura rappresenta condizioni medie di umidità del suolo antecedenti all'inizio dell'evento, AMCII) avviene per ogni sottobacino nel valutare elevate le condizioni di umidità antecedenti l'evento (condizione AMCIII).

Per esempio per l'intero bacino del rio Spironcia (bacino 4) si è ottenuto un valore del CN(III), relativo alle condizioni di massima umidità iniziale nel suolo, pari a 80,29. Questo ha portato a valori del coefficiente di afflusso che vanno da 0,32 per il tempo di ritorno di 50 anni, a 0,44 per tempo di ritorno di 500 anni.

Tuttavia sarà assunto, a vantaggio della sicurezza e in considerazione dei recenti e oramai frequenti eventi alluvionali in Sardegna, un coefficiente di afflusso pari ad 1, cioè il valore massimo, per tutti i sottobacini in studio.

7.8.1.5 *4.9.1.5 Valori di portata stimati (metodo indiretto)*

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei risultati ottenuti col metodo cinematico e le distribuzioni Log-normale e TCEV per ciascun sottobacino.

Tabella 14 Valori di portata ricavati col metodo indiretto secondo le diverse distribuzioni probabilistiche e per diversi tempi di ritorno

Bacini		Qc [mc/s]							
		Log-normale				TCEV			
		T=50	T=100	T=200	T=500	T=50	T=100	T=200	T=500
1	Rio Caredda	52.31	57.93	63.60	71.21	52.29	59.53	66.76	76.27
2	Rio Utturu Su Pauli	55.23	61.30	67.45	75.72	56.45	64.34	72.23	82.65
3	Rio Domus De Funtanas	19.22	21.37	23.55	26.49	19.55	22.16	24.77	28.23
4	Rio Spironcia (bacino principale)	72.28	79.92	87.61	97.93	72.01	81.93	91.80	104.77
4a	Rio Spironcia (Attr. S'Ortus)	42.19	46.81	51.49	57.79	43.18	49.21	55.24	63.19
4b	Rio Spironcia (S.P. 35)	44.26	49.08	53.95	60.51	45.04	51.32	57.59	65.85
4c	Rio Spironcia (confluenza Rio Sa Grutta)	51.24	56.74	62.30	69.76	51.71	58.88	66.02	75.43
4.1	Rio Sa Grutta (bacino principale)	34.06	37.77	41.51	46.55	34.69	39.52	44.34	50.70
4.1a	Rio Sa Grutta (confluenza Bias Arrubias)	23.77	26.40	29.05	32.64	24.51	27.94	31.37	35.91
4.1b	Rio Sa Grutta (Attr. Piraferta)	20.15	22.41	24.69	27.78	20.40	23.10	25.79	29.35
4.2	Rio Bias Arrubias (bacino principale)	18.65	20.73	22.84	25.67	19.14	21.75	24.37	27.82
4.2a	Rio Bias Arrubias (Attr. Piraferta)	15.57	17.32	19.10	21.51	15.56	17.54	19.51	22.13
5	Rio Funtanedda (bacino principale)	17.61	19.59	21.60	24.31	17.93	20.26	22.58	25.66
5a	Rio Funtanedda (P.zza Funtanedda)	15.74	17.52	19.33	21.77	15.75	17.69	19.63	22.21
6	Rio Is Congiaos (bacino principale)	32.73	36.38	40.08	45.07	33.82	38.40	42.98	49.04
6a	Rio Is Congiaos (Attr. S.P.48)	19.90	22.19	24.50	27.64	19.36	21.58	23.78	26.74

7.8.2 Metodi diretti

Per un'ulteriore valutazione dei dati di portata ci si è avvalsi dell'analisi regionale delle piene in Sardegna. La VAlutazione delle PIene (VAPI) in Sardegna riporta due metodi di stima regionali, basati sulla distribuzioni probabilistiche Log-normale e Two Components Extreme Values (TCEV) applicati a dati massimi annuali di portata al colmo.

7.8.2.1 *Lazzari 1967, distribuzione lognormale:*

La metodologia introdotta da Lazzari nel 1967 esprime la portata al colmo come:

$Q_c = 10^y$ [$m^3\ s^{-1}$] (bacini occidentali)

$y = 0{,}3583\ z_p + 0{,}956\ LOG(A_b\ H_m) - 2{,}995$

dove:

z_p è il frattile della distribuzione normale standardizzata di Gauss relativo alla probabilità di non superamento fissata, A_b è la superficie del bacino in Km^2, H_m rappresenta l'altitudine media del bacino in m slm.

La formula del Lazzari è valida se il fattore morfometrico $A_b\ H_m$ è maggiore di 50000 [m][km^2], poiché per tutti bacini studiati nel presente studio di compatibilità idraulica tale fattore inferiore al suddetto limite i risultati ottenuti con questo metodo non saranno considerati attendibili.

7.8.2.2 *Lazzari aggiornamento distribuzione lognormale (Cao et al. 1988):*

Con l'aggiornamento della distribuzione log-normale si assume:

$Q_c = \exp(y)$ [$m^3\ s^{-1}$] (bacini occidentali)

$y = 0{,}8152\ z_p + 0{,}9104\ Ln(A_b) - 0{,}6547$

dove z_p ha lo stesso significato descritto in precedenza.

7.8.2.3 *Distribuzione TCEV (Cao et al. 1988):*

L'espressione originale della distribuzione TCEV riporta la probabilità di non superamento come:

$$P(x)=\exp(-\lambda_1 e^{-x/\theta 1}-\lambda_2 e^{-x/\theta 2})$$

dove i due termini della distribuzione rappresentano le due distribuzioni di probabilità nelle quali si può ritenere scomponibile la distribuzione di probabilità dei massimi annuali di piena.

La prima distribuzione, con parametri λ_1 e θ_1,,è quella che caratterizza i valori più frequenti della portata di piena massima annuale, mentre la seconda distribuzione, con parametri λ_2 e θ_2,caratterizza la componente eccezionale della portata di piena massima annuale.

In generale, tuttavia, ai fini applicativi è preferita la formula:

$Q_c = K_T \mu(Qc) = K_T\ \beta\ \exp(\alpha)$ [$m^3\ s^{-1}$] (bacini occidentali)

dove:

$\mu(Qc)$ è la piena indice (media dei massimi valori annui di piena) in m^3/s, esprimibile a sua volta tramite i parametri α e β.

I parametri caratteristici per i bacini occidentali della Sardegna valgono:

$K_T = -0{,}833 + 1{,}345\ Ln(T)$

$\alpha = -1{,}1954 + 0{,}9235\ Ln(A_b)$

$\beta = 2{,}381$

Per quanto concerne il campo di applicazione della metodologia che sfrutta la distribuzione TCEV, si rileva che essa deriva dall'analisi di serie storiche relative alle stazioni che sottendono bacini di

estensione superiore a circa 60 km^2. Perciò essa potrà essere affidabile esclusivamente per bacini rispondenti a tale caratteristica.

Si riportano di seguito i risultati delle portate al colmo ottenute per ciascun sottobacino analizzato e per ciascuna delle tre metodologie proposte per il calcolo diretto della portata:

Tabella 15 Valori di portata ricavati col metodo diretto secondo le diverse distribuzioni probabilistiche e per diversi tempi di ritorno

Bacini		Qc [mc/s]											
		Log-normale Lazzari				Log-normale aggiornata				TCEV			
		T=50	T=100	T=200	T=500	T=50	T=100	T=200	T=500	T=50	T=100	T=200	T=500
1	Rio Caredda	7.26	9.14	11.24	14.39	16.50	20.73	25.41	32.45	19.54	23.66	27.77	33.21
2	Rio Utturu Su Pauli	6.83	8.61	10.58	13.55	12.94	16.26	19.93	25.46	15.28	18.49	21.71	25.96
3	Rio Domus De Funtanas	1.63	2.06	2.53	3.24	3.94	4.95	6.06	7.74	4.57	5.53	6.49	7.76
4	Rio Spironcia (bacino principale)	14.07	17.73	21.79	27.91	27.10	34.05	41.74	53.31	32.33	39.14	45.94	54.94
4a	Rio Spironcia (Attr. S'Ortus)	5.85	7.37	9.06	11.61	10.43	13.10	16.07	20.52	12.27	14.86	17.44	20.86
4b	Rio Spironcia (S.P. 35)	6.72	8.46	10.40	13.32	11.80	14.82	18.18	23.21	13.91	16.84	19.77	23.64
4c	Rio Spironcia (confluenza Rio Sa Grutta)	8.74	11.01	13.54	17.34	16.06	20.18	24.74	31.60	19.02	23.02	27.03	32.32
4.1	Rio Sa Grutta (bacino principale)	4.06	5.12	6.29	8.06	9.45	11.87	14.56	18.59	11.11	13.44	15.78	18.87
4.1a	Rio Sa Grutta (confluenza Bias Arrubias)	2.46	3.10	3.82	4.89	5.52	6.94	8.51	10.87	6.44	7.80	9.15	10.95
4.1b	Rio Sa Grutta (Attr. Piraferta)	1.83	2.31	2.84	3.64	4.00	5.02	6.16	7.86	4.64	5.62	6.59	7.89
4.2	Rio Bias Arrubias (bacino principale)	1.77	2.23	2.74	3.51	4.02	5.05	6.19	7.90	4.66	5.65	6.63	7.93
4.2a	Rio Bias Arrubias (Attr. Piraferta)	1.30	1.64	2.02	2.59	2.89	3.63	4.45	5.68	3.34	4.04	4.74	5.67
5	Rio Funtanedda (bacino principale)	1.24	1.57	1.93	2.47	3.39	4.25	5.22	6.66	3.92	4.75	5.57	6.66
5a	Rio Funtanedda (P.zza Funtanedda)	1.00	1.27	1.55	1.99	2.63	3.30	4.05	5.17	3.03	3.67	4.31	5.15
6	Rio Is Congiaos (bacino principale)	2.81	3.54	4.35	5.57	6.65	8.35	10.24	13.08	7.77	9.41	11.04	13.21
6a	Rio Is Congiaos (Attr. S.P.48)	1.33	1.68	2.06	2.64	2.94	3.69	4.52	5.78	3.39	4.11	4.82	5.76

7.8.3 L'analisi probabilistica della portata di massima piena

Per un ulteriore confronto, sono state calcolate anche le portate al colmo fornite dalla curva inviluppo Sirchia-Fassò ricavata per i bacini sardi:

$$q = \psi\ 45.8\ A^{-0.106} \text{ valida per } A < 21\ [\text{km}^2]$$

$$q = \psi\ 207\ A^{-0.6} \text{ valida per } A > 21\ [\text{km}^2]$$

dove la superficie del bacino A è espressa in km^2 ed il contributo unitario q in m^3/(s km^2). La portata al colmo ovviamente si ottiene moltiplicando il contributo unitario q per la superficie del bacino A.

Il metodo del Sirchia, rielaborato ed aggiornato dal Fassò e altri dell'Università di Cagliari, nonché dai tecnici della sezione di Cagliari del Servizio Idrografico, propone, sulla base delle piene verificatesi in un lungo arco di tempo in diversi bacini della Sardegna, di valutare le portate di massima piena prevedibile in funzione della superficie del bacino, attraverso il calcolo del contributo unitario di piena.

E' necessaria la stima del coefficiente di riduzione ψ inferiore all'unità, che tiene conto delle caratteristiche morfologiche e climatiche del bacino considerato, tabellato per le varie zone idrologiche della Sardegna.

Dall'esame della carta del Sirchia i bacini del territorio di Usellus ricadono tutti nella zona con ψ compreso tra 0.4 e 0.6. Si è assunto il valore di 0.6.

La portata massima del bacino si ricava a partire dal calcolo del contributo unitario *q* tramite le due formule sopra riportate (a seconda dell'area del bacino), e tramite la relazione:

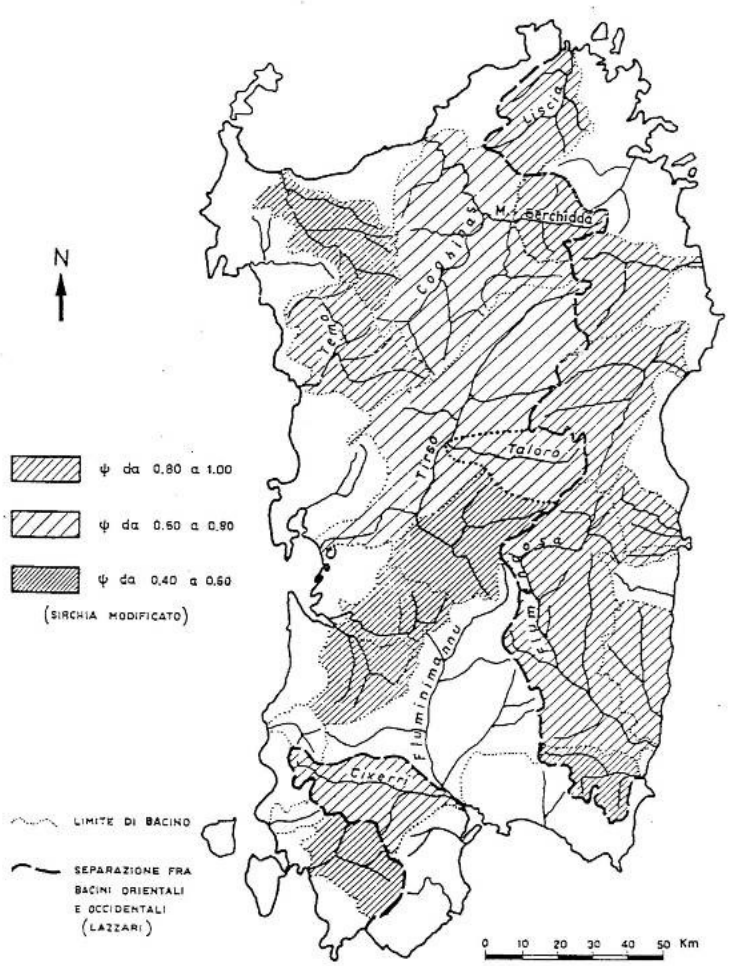
$$Q_{\max} = q \times A_b \qquad \left[\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{sec}}\right]$$

Pertanto il valore di massima piena ottenuto per i due bacini in esame è:

Tabella 16 Valori di portata calcolati con l'analisi probabilistica di massima piena, curva inviluppo Sirchia-Fassò

Bacino		Contributo unitario [$m^3/(s\ km^2)$]	Portata massima [m^3/s]
1	***Rio Caredda***	22.32	158.85
2	***Rio Utturu Su Pauli***	22.96	125.15
3	***Rio Domus De Funtanas***	26.37	38.90
4	***Rio Spironcia*** *(bacino principale)*	28.09	344.81
4a	***Rio Spironcia*** *(Attr. S'Ortus)*	23.54	101.27
4b	***Rio Spironcia*** *(S.P. 35)*	23.21	114.31
4c	***Rio Spironcia*** *(confluenza Rio Sa Grutta)*	22.39	154.73
4.1	***Rio Sa Grutta*** *(bacino principale)*	23.81	91.91
4.1a	***Rio Sa Grutta*** *(confluenza Bias Arrubias)*	25.35	54.25
4.1b	***Rio Sa Grutta*** *(Attr. Piraferta)*	26.32	39.49
4.2	***Rio Bias Arrubias*** *(bacino principale)*	26.31	39.69
4.2a	***Rio Bias Arrubias*** *(Attr. Piraferta)*	27.34	28.71
5	***Rio Funtanedda*** *(bacino principale)*	31.31	39.14
5a	***Rio Funtanedda*** *(P.zza Funtanedda)*	27.64	26.14
6	***Rio Is Congiaos*** *(bacino principale)*	24.81	65.06
6a	***Rio Is Congiaos*** *(Attr. S.P.48)*	27.29	29.16

Figura 132: Classificazione dei bacini in base al regime delle piene.



7.8.4 Analisi dei risultati

Il metodo diretto di Lazzari, come già anticipato, non è applicabile in quanto il fattore morfometrico dei bacini in studio è sempre inferiore al valore limite richiesto.

Il metodo diretto TCEV ha validità accettabile solamente per quei bacini aventi superficie maggiore di 60 km^2, quindi, nel caso in esame, non può essere ritenuto attendibile.

La portata ottenuta con la curva inviluppo Sirchia-Fassò, ponendosi come massima piena assoluta, risulta sovrastimare le portate ottenute con gli altri metodi e in ogni caso non si può considerare come portata di progetto perché non è associabile a un tempo di ritorno.

Ai fini del presente Studio di compatibilità idraulica verranno pertanto considerati i valori ottenuti con la distribuzione TCEV stima indiretta, che risultano essere i più attendibili, nonché quelli che esprimono condizioni maggiormente critiche, a vantaggio della sicurezza.

Tabella 17 Portate ottenute con metodo indiretto e distribuzione TCEV adottate ai fini della verifica idraulica dei compluvi

Sottobacino		Q(Tr 50)	Q(Tr 100)	Q(Tr 200)	Q(Tr 500)
		[m^3/s]	[m^3/s]	[m^3/s]	[m^3/s]
1	***Rio Caredda***	52.29	59.53	66.76	76.27
2	***Rio Utturu Su Pauli***	56.45	64.34	72.23	82.65
3	***Rio Domus De Funtanas***	19.55	22.16	24.77	28.23
4	***Rio Spironcia*** *(bacino principale)*	72.01	81.93	91.80	104.77
4a	***Rio Spironcia*** *(Attr. S'Ortus)*	43.18	49.21	55.24	63.19
4b	***Rio Spironcia*** *(S.P. 35)*	45.04	51.32	57.59	65.85
4c	***Rio Spironcia*** *(confluenza Rio Sa Grutta)*	51.71	58.88	66.02	75.43
4.1	***Rio Sa Grutta*** *(bacino principale)*	34.69	39.52	44.34	50.70
4.1a	***Rio Sa Grutta*** *(confluenza Bias Arrubias)*	24.51	27.94	31.37	35.91
4.1b	***Rio Sa Grutta*** *(Attr. Piraferta)*	20.40	23.10	25.79	29.35
4.2	***Rio Bias Arrubias*** *(bacino principale)*	19.14	21.75	24.37	27.82
4.2a	***Rio Bias Arrubias*** *(Attr. Piraferta)*	15.56	17.54	19.51	22.13
5	***Rio Funtanedda*** *(bacino principale)*	17.93	20.26	22.58	25.66
5a	***Rio Funtanedda*** *(P.zza Funtanedda)*	15.75	17.69	19.63	22.21
6	***Rio Is Congiaos*** *(bacino principale)*	33.82	38.40	42.98	49.04
6a	***Rio Is Congiaos*** *(Attr. S.P.48)*	19.36	21.58	23.78	26.74

8 ANALISI IDRAULICA

L'ampio studio idrologico che ha caratterizzato l'intero territorio idrografico di Usellus è stato seguito da uno studio idraulico sulle aste fluviali principali di ciascun sottobacino.
L'analisi idraulica si è sviluppata a partire dall'identificazione dei tronchi critici per ciascun sottobacino e con l'analisi della propagazione dei livelli di piena per i differenti tempi di ritorno stabiliti dalle NTA del P.A.I., e cioè 50, 100, 200 e 500 anni.
L'analisi idraulica porterà, per ciascuna asta fluviale considerata, alla delimitazione delle aree inondabili, secondo i suddetti quattro tempi di ritorno, per definire così le fasce di pericolosità idraulica previste dal P.A.I.

8.1 Rilievi strumentali

La geometria dei corsi d'acqua, in termini di sezioni trasversali e caratteristiche delle strutture, è stata implementata sulla base di rilievi topografici realizzati per la presente specifica attività di studio.
Il rilievo topografico è stato eseguito con ricevitore GPS TOPCON GR5 L1+L2 in modalità RTK, in appoggio alle basi fisse GNSS della rete Netgeo Sardegna della Geotop . Sono stati rilevati anche i punti fiduciali presenti nella zona ai fini della determinazione delle coordinate catastali. Lungo il percorso dei rii è stato eseguito il rilievo plano-altimetrico e particolareggiato di tutti i manufatti (Attraversamenti, ponti, guadi ecc.). Lungo la linea di sezione oltre ai punti significativi di variazione di quota, sono stati rilevati muretti a secco, recinzioni, strade, siepi ecc.

8.2 Modello di calcolo ed approccio metodologico

L'analisi idraulica viene condotta in moto permanente utilizzando il modello numerico HEC-RAS che consente il calcolo dell'andamento dei profili di corrente sia in moto permanente gradualmente variato che in moto vario in alvei naturali o canali artificiali includendo anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.
La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard Step method* che si basa sulla semplice equazione monodimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1 [m] ed H_2 [m] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tratto d'alveo considerato, h_f [m] sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre h_e [m] è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente. In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza L[m].

La pendenza j_f può essere calcolata con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice *J* in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto. Il calcolo del termine *J* nella singola sezione si ottiene mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove *Q* [m^3/s] è la portata di calcolo e *K* (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove *A* [m^2] l'area della sezione liquida, *R*[m] il raggio idraulico e *n* [$m^{-1/3}s$] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.
Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni *1* e *2* dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza, in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right* and *left overbanks*).
Per ciascuna di tali zone, oltre che per l'intera sezione di deflusso, il programma calcola il valore delle grandezze idrauliche (portata, velocità, numero di Froude, tensioni tangenziali ecc.) che caratterizzano il moto, esso consente pertanto di individuare la quota parte di portata che defluisce all'interno dell'alveo inciso e quella che compete invece alle aree golenali.

Il programma è in grado di simulare il deflusso attraverso i ponti mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente la simulazione del deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, del deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).
Per il calcolo del profilo di corrente in corrispondenza delle strutture, tra le diverse opzioni offerte dal codice di calcolo, sono state selezionate le equazioni di bilancio dell'energia ed il metodo dei momenti, tra le quali il programma seleziona in automatico la formulazione caratterizzata dalla maggiore dissipazione energetica, per il deflusso al di sotto dell'impalcato (*low flow*), viene invece assunta la schematizzazione con deflusso in pressione e stramazzo al di sopra dell'impalcato (*pressure and weir*) per le situazioni con livello della corrente tale da interessare l'intradosso del ponte (*high flow*).

Le condizioni limite per il deflusso in pressione sono definite dal programma in base al livello di corrente a monte.

Gli input di portata sono definiti sulla base delle risultanze della precedente analisi idrologica. In particolare, ogni tratto viene suddiviso in tronchi per i quali sono assunti valori al colmo costanti, limitati da sezioni a cui è associata una variazione di portata. Cautelativamente, per ogni tronco, viene assunto il valore di portata costante definito nella sezione di valle dello stesso.

Complessivamente vengono condotte 4 simulazioni relative ai tempi di ritorno 50, 100, 200 e 500 anni.

I valori di scabrezza sono stati stimati utilizzando una metodologia semplificativa in modo da differenziare le caratteristiche delle singole porzioni di ogni sezione trasversale, principalmente l'alveo di magra e le sponde e/o golene laterali sulla base della geometria delle sezioni medesime e le informazioni derivate dai rilievi e documentazione fotografica.

8.3 Costruzione del modello numerico

8.3.1 Schematizzazione geometrica

La geometria dei corsi d'acqua, in termini di sezioni trasversali e caratteristiche delle strutture, viene definita sulla base del rilievo topografico messo a disposizione dall'Amministrazione, e realizzato specificatamente per lo sviluppo del presente Studio.

I valori dei coefficienti di contrazione ed espansione richiesti dal modello numerico sono stati assunti rispettivamente pari a 0,1 e 0,3 come suggerito dal manuale tecnico in presenza di variazioni graduali.

8.3.2 Coefficienti di scabrezza

La determinazione dei parametri di scabrezza da associare alle sezioni di calcolo presenta non poche criticità, data la significativa influenza di tali valori sui livelli di corrente e la contestuale assenza di una regola di calcolo univoca.

In generale, la scabrezza caratteristica di un tratto di corso d'acqua è data dalla somma di molteplici fattori tra loro indipendenti, quali:

- la morfologia e lo sviluppo planimetrico dell'alveo,
- il materiale costituente il fondo ed i piani golenali,
- l'irregolarità delle sezioni trasversali,
- la presenza di ostruzioni,
- la presenza di vegetazione.

A questi elementi si aggiunge poi, con peso spesso superiore rispetto agli altri fattori, ed in particolare durante gli eventi intensi quali quelli oggetto della presente analisi, l'effetto del materiale trasportato dalla corrente.

Si è ritenuto di procedere proponendo una divisione di ciascuna sezione trasversale in tratti caratterizzati da scabrezza omogenea secondo la seguente schematizzazione:

Tabella 18 Suddivisione della sezione trasversale per l'identificazione del parametro di scabrezza

Identificativo del tratto	Ubicazione
1	*Parte incisa dell'alveo, in cui defluiscono le basse portate*
2	*Tratto vegetato in sponda/golena sinistra*
3	*Tratto vegetato in sponda/golena destra*

La suddivisione trasversale di ogni sezione è stata definita sulla base delle informazioni messe a disposizione dall'Amministrazione, di progetti antecedenti al presente Studio, nonché dell'analisi delle foto aeree.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua di montagna analizzati, si è considerato un alveo centrale come privo o con minor vegetazione rispetto alle sponde e alle aree laterali, in cui si è considerata una presenza più fitta e costante di vegetazione a medio e alto fusto.

Nei tratti maggiormente pianeggianti si è effettuata una separazione più marcata tra alveo inciso e sponde/aree golenali, sia sulla base della presenza di vegetazione che sulla base dell'analisi morfologica delle sezioni.

La stima dei coefficienti di scabrezza adottati nella modellazione idraulica dei tronchi fluviali esaminati è stata eseguita sulla base dei valori presenti in letteratura, riportati in Tabella 30.

Tabella 19 Valori del coefficiente di resistenza di Manning adottati (da Chow V.T., 1959)

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
ALVEI DI PIANURA			
non vegetati, rettilinei, corrente regolare	0.025	0.030	0.033
come sopra ma con pietre e alghe	0.030	0.035	0.040
non vegetati, tortuosi con mollenti e rapide	0.033	0.040	0.045
come sopra ma con pietre e alghe	0.035	0.045	0.050
come sopra, in magra	0.040	0.048	0.055
non vegetati, tortuosi, pietre, mollenti e rapide	0.045	0.050	0.060
molto irregolari e alghe molto fitte	0.075	0.100	0.150
ALVEI DI MONTAGNA (SPONDE CON ALBERI E CESPUGLI)			
sul fondo: ghiaia, ciotoli e massi radi	0.030	0.040	0.050
sul fondo: ciotoli e grandi massi	0.040	0.050	0.070
GOLENE E PIANE INONDABILI			
prato senza cespugli, erba bassa	0.025	0.030	0.035
prato senza cespugli, erba alta	0.030	0.035	0.050
campi incolti	0.020	0.030	0.040
coltivazioni a filari	0.025	0.035	0.045
colture di cereali in pieno sviluppo	0.030	0.040	0.050
aree con cespugli sparsi e erba alta	0.035	0.050	0.070
aree con cespugli bassi e alberi, in inverno	0.035	0.050	0.060
aree con cespugli bassi e alberi, in estate	0.040	0.060	0.080
cespugli fitti, in inverno	0.045	0.070	0.110
cespugli fitti, in estate	0.070	0.100	0.160

8.4 Implementazione dei corsi d'acqua nella modellazione di HEC-RAS

8.4.1.1 *Schematizzazione geometrica del modello*

La definizione dei diversi corsi d'acqua analizzati nel presente Studio è avvenuta sulla base dei rilievi strumentali forniti dalla Amministrazione Comunale di Usellus, commissionati per il completamento del presente lavoro. È stato quindi possibile definire l'andamento delle aste principali di ciascun rio e, soprattutto, ricavare le sezioni trasversali sulle quali si è poi basato lo studio idraulico.

Per migliorare la modellazione idraulica dei corsi d'acqua e, quindi, la loro simulazione, ove necessario per maggior definizione della simulazione, sono state aggiunte ulteriori sezioni, ottenute dall'interpolazione delle precedenti.

8.4.1.2 *Condizioni al contorno*

Le condizioni al contorno imposte per l'implementazione del modello idraulico su Hec Ras hanno tenuto conto, sia a monte che a valle, della condizione di moto uniforme. Tale condizione è stata

concretamente implementata nel modello inserendo la pendenza di fondo alveo precedentemente calcolata nell'analisi idrologica.

8.5 Analisi dei risultati

In base agli studi e alle simulazioni idrauliche effettuate per le singole aste fluviali è stato possibile effettuare la delimitazione delle aree allagabili, definite come aree di pericolosità idraulica, per ciascuna di esse e per ciascun tempo di ritorno esaminato.
Soprattutto nel caso dei torrenti della parte nord del territorio comunale, incassati tra versanti scoscesi, i risultati delle simulazioni hanno evidenziato, come era prevedibile, come il deflusso lungo ciascuno degli alvei studiati si mantenga pressoché sempre all'interno dell'alveo principale. Raramente le acque di piena, anche per i tempi di ritorno più critici, trovano la possibilità di estendersi in aree golenali laterali. Sono state confermate le aree di pericolosità già identificate dal PAI, perimetrate a maggior dettaglio e con maggiore precisione derivata dal rilievo strumentale delle sezioni implementate. Sono emerse nuove zone critiche, perlopiù circoscritte a manufatti di attraversamento stradale, risultati per la quasi totalità insufficienti a smaltire piene oltre le ordinarie. L'ampia percentuale di aree agricole o comunque non urbanizzate del territorio di Usellus, e quindi classificate come elementi a basso rischio, unite a poche sporadiche aziende agricole o case sparse talvolta disabitate, consente di affermare che non vi sono zone di particolare rischio oltre quelle già segnalate dal PAI.
In particolare i risultati delle simulazioni idrauliche in moto permanente hanno evidenziato:

- Per il Rio Spironcia l'insufficienza idraulica dei manufatti (ponti) in loc. S'Ortus, in corrispondenza del c.d. "Ponte Romano" e del tratto tombato in loc. Perdadina;
- Per il Rio Sa Grutta l'insufficienza idraulica e l'esondazione in corrispondenza degli attraversamenti stradali e dei guadi in località Campu Sarais;
- Per il Rio Bias Arrubias l'insufficienza idraulica e l'esondazione in corrispondenza degli attraversamenti stradali e dei guadi in località Pirastu Meli, Piraferta e Campu Sarais;
- Per il Rio Is Congiaos l'insufficienza idraulica nell'attraversamento della Strada Provinciale n° 48 tra Usellus e Villaverde;
- Per il Rio Funtaneddas diverse criticità nell'alveo di monte, prima dell'abitato di Escovedu, in prossimità di alcuni fabbricati a est della Strada Provinciale della Marmilla, e successivamente lungo l'attraversamento dell'abitato di Escovedu, dall'attraversamento nel sottopasso nella Piazza Funtanedda, fino al confine comunale. Si segnala peraltro la non corrispondenza nella mappatura dell'alveo tra l'attuale studio e il PAI, nel quale il corso d'acqua è identificato, nella parte a monte del centro abitato, con una strada vicinale e con la via "Is Corongius" della frazione di Escovedu;
- Per il Rio Domus de Funtanas l'insufficienza dell'attraversamento in località "funtana menta" e di quello in loc. "Bruncu e Caboni" per la massima piena considerata;

- Per il Rio Caredda dei tratti con esondazione e insufficienza idraulica sia lungo la Strada Provinciale n.35, nei pressi della Cantoniera di Mogorella, sia nel tratto più a valle fino al confine del territorio comunale

Per quanto riguarda tutti i calcoli ed i risultati ottenuti nelle simulazioni idrauliche si rimanda alla lettura dei relativi allegati.

Allegati:

- Tabelle dei calcoli idraulici e verifiche principali HEC RAS
- Sezioni trasversali del modello HEC RAS
- Profili longitudinali del modello HEC RAS
- Schema idraulico e sezioni planimetriche

Tavole:

- Identificazione dei sottobacini in scala 1:25.000
- Aree di pericolosità idraulica in scala 1:10.000 – Pericolosità vigente – Art. 30 ter – Studio e variante
- Aree di pericolosità idraulica gravanti sul centro urbano in scala 1:2.000 – Pericolosità vigente – Art. 30 ter – Studio e variante
- Aree di rischio idraulico in scala 1:10.000
- Aree di rischio idraulico gravanti sul centro urbano in scala 1:2.000

9 INDICAZIONI PER LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Relativamente alle diverse classificazioni di pericolosità idraulica delle aree del territorio comunale di Usellus e agli interventi ivi prevedibili, si rimanda alle specifiche norme di attuazione del PAI, aggiornate con il Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.148 del 26 ottobre 2012, e in particolare:

- All'art. 27 delle NdA per le aree classificate come Hi4
- All'art. 28 delle NdA per le aree classificate come Hi3
- All'art 29 delle NdA per le aree classificate come Hi2
- All'art 30 delle NdA per le aree classificate come Hi1
- All'art 30 bis delle NdA per le aree di esondazione individuate con la sola analisi geomorfologica
- All'art 30 ter delle NdA per le aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia

Art. 27 NdA del PAI. Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali - individuati dal PAI, dal

programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;
b. gli interventi per mantenere e recuperare le condizioni di equilibrio dinamico degli alvei dei corsi d'acqua;
c. le attività di manutenzione idraulica compatibile, compresi i tagli di piante esclusivamente per garantire il regolare deflusso delle acque e gli interventi eseguiti ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 14.4.1993 e della legislazione di settore della Regione Sardegna;
d. le opere di sistemazione e riqualificazione ambientale e fluviale dirette alla riduzione dei pericoli e dei danni potenziali da esondazione, rivolti a favorire la ricostituzione degli equilibri naturali, della vegetazione autoctona, delle cenosi di vegetazione riparia;
e. le opere urgenti degli organi di protezione civile o delle autorità idrauliche regionali competenti per la tutela di persone e beni in situazioni di rischio idraulico eccezionali.
f. nelle more della emanazione delle disposizioni di cui agli articoli 9, 10, 11 e 12 sono altresì ammessi gli interventi agro-silvo-pastorali comportanti modeste modificazioni all'assetto idrogeologico del territorio, conformi all'attuale destinazione e indispensabili per una corretta conduzione dei fondi, previa valutazione positiva da parte dell'autorità idraulica competente per territorio sulla relazione di compatibilità idraulica e/o geologica- geotecnica.

2. In materia di patrimonio edilizio pubblico e privato nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:
   a. la demolizione di edifici senza possibilità di ricostruzione nello stesso sito e sempre a condizione che i lavori non creino ostacoli al regolare deflusso delle acque;
   b. la riparazione di edifici esistenti danneggiati da calamità naturali, compatibilmente con le norme nazionali e regionali vigenti, a condizione che non si tratti di ricostruzione anche parziale;
   c. le opere di manutenzione ordinaria degli edifici;
   d. le opere di manutenzione straordinaria, restauro e risanamento conservativo degli edifici;
   e. gli interventi per ridurre la vulnerabilità degli edifici esistenti e migliorare la tutela della pubblica incolumità all'interno delle residenze civili e delle costruzioni adibite a servizi, con possibile aumento di superficie utile non superiore a quella allagabile e con contestuale dismissione dei piani interrati e dei piani terra, purché lo studio di compatibilità idraulica accerti l'idoneità strutturale degli elementi portanti;
   f. gli interventi di adeguamento igienico-sanitario degli immobili adibiti a residenza anche stagionale o a servizi, con particolare riferimento a quelli resi obbligatori da norme di legge statale o regionale ovvero a quelli indispensabili per garantirne la funzione collegata alla destinazione d'uso, con realizzazione dei relativi volumi tecnici indispensabili;
   g. le opere di adeguamento richieste dalla normativa in materia di protezione dai terremoti, sicurezza ed igiene sul lavoro, superamento delle barriere architettoniche, prevenzione degli

incendi, tutela di beni archeologici, storici, artistici e culturali, con realizzazione dei relativi volumi tecnici indispensabili;

h. i mutamenti di destinazione d'uso compatibili con gli elementi formali e strutturali degli edifici a condizione che non sia incrementato neppure uno dei fattori che concorrono a determinare il rischio specifico nella formulazione di cui al punto 2.1 del D.P.C.M. 29.9.1998;

i. la realizzazione e l'integrazione di impianti privati di depurazione, di apparecchiature tecnologiche, di impianti per l'impiego di fonti energetiche rinnovabili e per il contenimento dei consumi energetici, unitamente alla realizzazione dei connessi volumi tecnici, a condizione che si tratti di interventi a servizio di singoli edifici, conformi agli strumenti urbanistici e valutati indispensabili per la funzionalità degli edifici o vantaggiosi dall'autorità competente per la concessione o l'autorizzazione;

l. le opere di sistemazione e manutenzione di superfici inedificate o scoperte di edifici esistenti, compresi rampe di accesso, recinzioni, muri a secco, contenimenti in pietrame, terrazzamenti, siepi, impianti a verde;

m. la realizzazione di ricoveri mobili per animali da allevamento, di manufatti mobili adibiti a ricovero transitorio degli addetti alle attività pastorali, di manufatti per il foraggiamento della selvaggina.

3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

a. gli interventi di manutenzione ordinaria;

b. gli interventi di manutenzione straordinaria;

c. gli interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche;

d. gli interventi di adeguamento per la sicurezza di esercizio richiesti da norme nazionali e regionali;

e. gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali;

f. la ricostruzione di infrastrutture a rete distrutte o danneggiate da calamità naturali, fatti salvi i divieti di ricostruzione stabiliti dall'articolo 3-ter del decreto legge n. 279/2000 convertito con modificazioni dalla legge n. 365/2000;

g. le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili;

h. allacciamenti a reti principali e nuovi sottoservizi a rete interrati lungo tracciati stradali esistenti, ed opere connesse compresi i nuovi attraversamenti;

i. i nuovi interventi di edilizia cimiteriale purché realizzati nelle porzioni libere interne degli impianti cimiteriali esistenti;

l. nuove infrastrutture, strutture di servizio ed insediamenti mobili, preferibilmente provvisori, destinati ad attrezzature per il tempo libero, la fruizione occasionale dell'ambiente naturale, le attività sportive e gli spettacoli all'aperto.

4. Nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata resta comunque sempre vietato realizzare:

a. strutture e manufatti mobili e immobili, ad eccezione di quelli a carattere provvisorio o precario indispensabili per la conduzione dei cantieri o specificamente ammessi dalle presenti norme;
b. protezioni di colture agricole con rilevati capaci di ostacolare il deflusso delle acque;
c. cambiamenti colturali o nuove colture arboree capaci di ostacolare il deflusso delle acque o di pregiudicare la stabilità degli argini; d. nuovi impianti o ampliamenti di impianti di trattamento, smaltimento e di recupero dei rifiuti;
e. nuovi impianti o ampliamenti di impianti di trattamento delle acque reflue;
f. nuovi stabilimenti o ampliamenti di stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose";
g. nuovi impianti tecnologici fuori terra ad eccezione dei ripetitori e dei tralicci per il trasporto dell'energia elettrica e di quelli espressamente consentiti dalle presenti norme.

5. Per gli impianti e gli stabilimenti di cui al comma precedente, lettere d., e., f., g., esistenti alla data di approvazione del PAI, sono ammessi:
a. l'adeguamento tecnico alle normative in vigore;
b. la manutenzione ordinaria o straordinaria;
c. l'ampliamento dei soli volumi tecnici non altrimenti localizzabili e senza alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili necessari per migliorare le condizioni igienicosanitarie, di esercizio, di efficiente funzionamento e di sicurezza, salve le verifiche di sicurezza di cui all'articolo 22;
d. gli adeguamenti tecnici per eliminare o mitigare i rischi idraulici, anche in relazione alle verifiche di cui all'articolo 22.

5.bis. Sono inoltre consentiti le ricerche e i prelievi idrici purchè in tutte le aree pericolose le relative opere siano realizzate, attrezzate e mantenute in modo da non produrre erosione dei suoli, fenomeni di subsidenza o alterazioni permanenti della circolazione idrica naturale e comunque tali da non pregiudicare o aggravare la situazione esistente. Per tali attività, dovranno essere acquisiti tutti i nullaosta o autorizzazioni previste dalla normativa di settore.

6. Lo studio di compatibilità idraulica di cui all'art.24 delle NdA del PAI:
a. è richiesto per tutti gli interventi consentiti dal comma 1, fatta eccezione per quelli di cui alle lettere c. ed e.;
b. è richiesto per gli interventi di cui al comma 2, lettere a., e., i., l.;

c. è richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lettere e., f., g., h., i., l.; d. è richiesto per gli interventi di cui al comma 5 bis;

7. Per gli interventi di cui al comma 1 lettera c., al comma 2 lettere d. ed h., al comma 3 lettera b., l'Autorità Idraulica potrà richiedere, a suo insindacabile giudizio, lo studio di compatibilità idraulica o parte di esso, in relazione alla peculiarità dell'intervento.

Art. 28 NdA del PAI. Disciplina delle aree di pericolosità idraulica elevata (Hi3)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica elevata sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata, alle medesime condizioni stabilite nell'articolo 27.
2. Nelle aree di pericolosità idraulica elevata valgono i divieti generali di cui all'articolo 27, comma 4.
3. In materia di patrimonio edilizio sono inoltre consentiti esclusivamente:
   a. demolizioni e ricostruzioni nello stesso sito nonché modifiche delle destinazioni d'uso, compatibili con gli elementi formali e strutturali preesistenti degli edifici, per migliorare l'efficienza di interventi di restauro e risanamento conservativo degli edifici;
   b. ampliamenti in occasione di adeguamenti con le finalità di cui all'articolo 27, comma 2, lettere e., f., a condizione che le rispettive motivazioni siano espressamente certificate, valutate ed assentite nella concessione o nell'autorizzazione, escludendo comunque i piani interrati e sempre a condizione che gli ampliamenti siano collocati a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni;
   c. interventi di ristrutturazione edilizia, a condizione che le nuove superfici per uso abitativo o per uso economicamente rilevante siano realizzate escludendo comunque i piani interrati e sempre a condizione che gli ampliamenti siano realizzati a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni;
   d. nuovi impianti tecnologici destinati a migliorare l'uso e la funzionalità degli immobili; e. la realizzazione di manufatti non qualificabili come volumi edilizi.

4. In deroga a quanto stabilito in via generale nel comma 3, nei soli centri edificati definiti ai sensi della normativa regionale o ai sensi dell'articolo 18 della legge n. 865/1971 le opere sul patrimonio edilizio pubblico e privato esistente sono disciplinate dagli strumenti urbanistici e dai regolamenti edilizi vigenti alla data di approvazione del PAI. Le nuove costruzioni e gli incrementi di volume o di superficie utile sono tuttavia consentiti nelle sole zone urbane edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ma escluse le aree libere di frangia, e sempre a condizione di essere realizzati per sopraelevazione a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.
5. In ulteriore deroga a quanto stabilito in via generale nel comma 3, nelle zone territoriali di cui al D.M. 2.4.1968, n. 1444 destinate ad usi agricoli possono essere realizzati, per una sola volta e con riferimento all'intera superficie del fondo esistente alla data di approvazione del PAI, nuovi edifici non altrimenti localizzabili nell'ambito dell'azienda agricola purché destinati al servizio delle attività

agricole o a residenza dei conduttori del fondo, nei limiti delle densità fondiarie previste dagli strumenti urbanistici, sempre a condizione di collocare le vie di accesso e le superfici abitabili o utili a quota superiore a m. 1,00 al piano di campagna e comunque a quote compatibili con la piena con tempo di ritorno pari a 100 anni.

6. In tutte le zone territoriali omogenee, compatibilmente con i vincoli di tutela ambientale o paesistica, è consentito il recupero funzionale a fini residenziali, esclusivamente per le necessità dei conduttori dei fondi agricoli, di edifici ed annessi rustici esistenti alla data di approvazione del PAI e divenuti non idonei alla conduzione degli stessi fondi.
7. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico è consentita la realizzazione di tutte le tipologie di sottoservizi a rete.
8. Lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 è richiesto per gli interventi di cui al comma 3, lettere a., b., c., d., e per gli interventi di cui ai commi 4, 5, 6 e 7.

Art. 29 NdA del PAI. Disciplina delle aree di pericolosità idraulica media (Hi2)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica media sono consentiti tutti gli interventi, le opere e le attività ammessi nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata ed elevata, alle medesime condizioni stabilite negli articoli 27 e 28.
2. Sono inoltre consentiti esclusivamente:

a. le nuove costruzioni nei centri edificati;
b. i cambiamenti di destinazione d'uso nei centri edificati, nelle zone residenziali e nelle zone di verde privato, anche relativi ai fabbricati rurali esuberanti per la conduzione dell'azienda agricola, purché compatibili con le caratteristiche formali e strutturali preesistenti degli edifici;
c. i cambiamenti di destinazione d'uso al di fuori delle zone di cui alla precedente lettera b., con eventuali aumenti di superficie o volume e di carico urbanistico non superiori al 30%, a condizione di essere finalizzati a servizi pubblici e di pubblica utilità o ad attività terziarie ed attività diverse compatibili con le condizioni di pericolosità idraulica media;
d. gli ampliamenti, le sopraelevazioni e le integrazioni di volumi e superfici utili a destinazione d'uso immutata in tutte le zone territoriali omogenee;
e. la realizzazione di volumi per attività agrituristica nelle sedi delle aziende agricole;
f. le nuove costruzioni, le nuove attrezzature e i nuovi impianti previsti dagli strumenti urbanistici vigenti nelle zone territoriali omogenee di tipo D, E, F;
g. gli interventi di edilizia cimiteriale con aumento di capacità non superiore al 30%;
h. la realizzazione di parcheggi pertinenziali a raso ai sensi dell'articolo 9 della legge 24.3.1989, n. 122, "Disposizioni in materia di parcheggi, programma triennale per le aree urbane maggiormente popolate, nonché modificazioni di alcune norme del testo unico sulla disciplina della circolazione stradale";
i. l'ampliamento degli immobili destinati ad esercizi alberghieri o di somministrazione di pasti e bevande;
l. gli ampliamenti e le nuove realizzazioni di insediamenti produttivi, commerciali e di servizi;

m. la realizzazione, l'ampliamento e la ristrutturazione di opere ed infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico.

3. Lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 è richiesto per gli interventi di cui al comma 2, lettere a., c., d., e., f., g., h., i., l., m.
4. Le modifiche e gli ampliamenti relativi agli stabilimenti soggetti agli obblighi di cui agli articoli 6, 7 e 8 del decreto legislativo 17.8.1999, n. 334, "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose", eventualmente ubicati nelle aree di pericolosità idraulica media, sono decise secondo il criterio di precauzione applicando le modalità di valutazione di cui al punto 6.3 dell'Allegato al decreto del Ministro dei lavori pubblici 9.5.2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante".

Art. 30 NdA del PAI. Disciplina delle aree di pericolosità idraulica moderata (Hi1)

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, nelle aree di pericolosità idraulica moderata compete agli strumenti urbanistici, ai regolamenti edilizi ed ai piani di settore vigenti disciplinare l'uso del territorio e delle risorse naturali, ed in particolare le opere sul patrimonio edilizio esistente, i mutamenti di destinazione, le nuove costruzioni, la realizzazione di nuovi impianti, opere ed infrastrutture a rete e puntuali pubbliche o di interesse pubblico, i nuovi insediamenti produttivi commerciali e di servizi, le ristrutturazioni urbanistiche e tutti gli altri interventi di trasformazione urbanistica ed edilizia, salvo in ogni caso l'impiego di tipologie e tecniche costruttive capaci di ridurre la pericolosità ed i rischi.

Art. 30 bis NdA del PAI. Disciplina delle aree di esondazione individuate con la sola analisi geomorfologica

1. Per tutti i corsi d'acqua o per i tratti degli stessi nei quali, nell'ambito di studi dell'assetto idrogeologico, a scala regionale o locale, sono state determinate aree di esondazione con la sola analisi di tipo geomorfologico, i Comuni sono tenuti ad effettuare un apposito studio idrologico-idraulico di approfondimento, coerentemente con quanto indicato nelle presenti norme, al fine di determinare le aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1).
2. Nelle more degli studi di approfondimento di cui al comma 1, 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.

3. Per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006.
4. Per le aree di esondazione dei corsi d'acqua o dei tratti degli stessi individuate mediante analisi di tipo geomorfologico e oggetto degli studi di cui ai commi 1 e 2, che si estendono oltre le fasce di pericolosità moderata determinate con i richiamati studi, si applica la disciplina di cui all'articolo 30, comma 1.
5. Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, all'interno delle aree di esondazione individuate con la sola analisi di tipo geomorfologico, sono consentiti gli interventi previsti dagli articoli 27 e 27 bis delle presenti Norme.

Art. 30 ter NdA del PAI. Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia

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

ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)	profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

2. Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, il proponente è tenuto ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio, obbligatorio per i tratti di ordine maggiore di due, dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare. Nei casi in cui la proposta non sia di iniziativa comunale, lo studio deve essere trasmesso per conoscenza anche al Comune in cui ricade l'intervento.

3. Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 e 27 bis delle NA.
4. Gli studi di cui al comma 2, laddove le aree da essi individuate siano più estese delle fasce di cui al comma 1, sono approvati con le procedure ordinarie di cui all'art. 51, comma 2, lett. a.5. delle presenti Norme e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo n. 152/2006. Gli studi di cui al comma 2, laddove le aree da essi individuate siano inferiori delle fasce di cui al comma 1, sono approvati con le procedure specifiche di cui all'art. 51, comma 2, lett. c) delle presenti Norme e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme del PAI.
5. Per le parti del territorio comunale diverse da quelle che possiedono significativa pericolosità idraulica ai sensi degli articoli 22 e 26 delle NA (quali a titolo esemplificativo le aree edificate, gli agglomerati industriali, commerciali e turistici e le aree con presenza di infrastrutture), gli studi previsti dall'articolo 8, commi 2, 2bis e 2 ter, possono prescindere dalle analisi idrauliche, confermando le sole aree di pericolosità di prima salvaguardia istituite ai sensi del precedente comma 1 e dalla redazione delle carte del rischio.
6. L'Autorità di bacino provvede a pubblicare sul sito istituzionale la rappresentazione cartografica dell'ordine gerarchico di cui al comma 1, rispetto alla quale i Comuni possono presentare al Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino, motivate proposte, previa deliberazione del Consiglio Comunale, di correzione e/o integrazione del reticolo idrografico e/o di riclassificazione del suddetto ordine gerarchico, in presenza nel reticolo idrografico di documentati errori cartografici, di elementi idrici non significativi, ivi inclusi quelli oggetto di approvazione ai sensi dell'art. 23, comma 7 bis, di situazioni di carsismo, di canali adduttori e/o di bonifica disconnessi dal sistema idrografico nonché di canali afferenti a sistemi stagnali e lagunari e delle saline.

10 DEFINIZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

La proposta di variante al PAI, sulla base della pericolosità idraulica proposta prevede la definizione delle nuove aree a rischio nel territorio comunale di Usellus.

Il rischio idraulico nasce dall'intersezione delle aree pericolose con gli elementi a rischio presenti. Nella carta riportata nell'allegato "Tavola 7 – Carta del danno potenziale", sono rappresentati tutti gli elementi nei quali è ipotizzabile una qualche forma di danno per: l'incolumità delle persone; gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica; le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo (distributori di benzina, serbatoi di gas), in particolare quelli definiti a rischio rilevante ai sensi di legge; le infrastrutture a rete (reti distribuzione idrica, energetica, telefonica; reti di fognatura; reti di trasporto urbano); le vie di comunicazione di rilevanza strategica anche a livello locale; il patrimonio ambientale e i beni culturali, storici, architettonici d'interesse rilevante; le aree sede di servizi pubblici (strutture di soccorso - ospedali, vigili del fuoco) e privati; gli impianti sportivi e ricreativi; le strutture ricettive; le infrastrutture primarie. Sulla base di quanto riportato sopra, nell'area urbana si distinguono principalmente degli elementi a rischio E4 ed E3.

Tabella 20 – Classificazione degli elementi a rischio

Classi	Peso	Elementi
E4	1.00	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità; nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica rifiuti speciali o tossici nocivi; zona alberghiera, zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici, artistici.
E3	0.75	Nuclei urbani non densamente popolati; Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali, e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone di cava.
E2	0.50	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate, edifici sparsi. Zona agricola generica (con possibilità di edificazione), zone di protezione ambientale rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie.
E1	0.25	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificabile e/o edificabile.

Il rischio idraulico è stato ottenuto secondo la sua notazione usuale anche in tale sede di proposta di variante e risulta per questo motivo il prodotto dei tre fattori che seguono:

R=H E V

dove:

R = rischio idraulico;

R = pericolosità idraulica;

E = elementi a rischio;

V= vulnerabilità, intesa cime capacità di resistere alle sollecitazioni indotte dall'evento e quindi grado di perdita atteso per gli elementi a rischio E, in caso di manifestazione del fenomeno. Nella presente variante a tutti gli elementi a rischio viene attribuito un valore unitario.

La metodologia impiegata per la definizione del rischio idraulico può essere riassunta con la matrice che segue in cui, per la definizione del rischio idraulico si associa il grado di rischio (Ei) e il grado di pericolosità (Hi).

Tabella 21 - Matrice di valutazione del rischio idraulico

MATRICE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO RISCHIO PIENA: $R_i=H_iE_iV_i$				
	H1	H2	H3	H4
E1	R1	R1	R1	R1
E2	R1	R2	R2	R3
E3	R1	R3	R3	R4
E4	R2	R3	R3	R4

Di seguito si riporta la tabella descrittiva delle quattro classi di rischio idraulico secondo quanto previsto dalle linee guida del PAI

Tabella 22 – Descrizione delle classi di rischio idraulico

Classi	Intensità	Elementi
Ri4	Molto Elevato	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socioeconomiche
Ri3	Elevato	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socioeconomiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
Ri2	Medio	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
Ri1	0.25	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali

I risultati dello studio di variante vengono rappresentati nei seguenti elaborati grafici allegati allo studio:

- Tavola 8A - Carta del rischio idraulico studio di variante – Extraurbano – Scala 1:10'000
- Tavola 8B - Carta del rischio idraulico studio di variante – Urbano – Scala 1:2'000

Mentre la carta degli elementi a rischio o del danno potenziale è rappresentata nell'allegato:

- Tavola 7 – Carta del danno potenziale- Scala 1:20'000