



Heidelberg Materials

**PROGETTO DI PROSECUZIONE, IN AMPLIAMENTO, DELLA CAVA DI INERTI
“LA GUARDIA”**

comune di Uta (Città Metropolitana di Cagliari)

STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
Studio idrologico-idraulico di non significatività ai fini P.A.I.

LUGLIO 2026

C R I T E R I A

PROGETTO DI PROSECUZIONE, IN AMPLIAMENTO, DELLA CAVA DI INERTI
"SA GUARDIA" -COMUNE DI UTA

PROPONENTE:



REDATTORE:



CITTÀ:RICERCHE:TERRITORIO:INNOVAZIONE:AMBIENTE
VIA TUVERI, 22, 09129, CAGLIARI (ITALY)
TEL. +39 070303583 - FAX +39 070301180
E-MAIL: CRITERIA@CRITERIAWEB.IT WWW.CRITERIA.EU

Coordinamento generale

geol. Andrea Soriga

Tecnici incaricati

ing. Marco Pillosu

geol. Michela Ebau

1	Premessa	1
2	Definizione e descrizione dell'opera e analisi delle motivazioni	2
2.1	Descrizione sintetica dell'area di intervento e del progetto	2
2.2	Assetto geologico	6
2.2.1	Inquadramento di area vasta	6
2.2.2	Area di intervento	7
2.3	Assetto geomorfologico	8
3	Inquadramento idrografico	9
4	Inquadramento PAI.....	15
5	Analisi Idrologica	19
5.1	Descrizione della metodologia impiegata	19
5.1.1	Parametri morfometrici del bacino	20
5.1.2	Determinazione del tempo di corrivazione	21
5.1.3	Determinazione dell'altezza di pioggia critica.....	22
5.1.4	Coefficiente di riduzione areale	26
5.1.5	Coefficiente di deflusso	26
5.2	Risultati dell'analisi idrologica	30
6	Compatibilità idraulica.....	33
6.1	Significatività dell'elemento idrografico	33
6.2	Variazioni indotte al regime del deflusso	34
7	Conclusioni	36

1 PREMESSA

Il presente studio di compatibilità idraulica di cui alle Norme di Attuazione del PAI (testo coordinato aggiornato con le modifiche approvate dal comitato istituzionale dell'autorità di bacino con deliberazione n. 8 del 25 maggio 2026) viene redatto nell'ambito del **"Progetto di prosecuzione in ampliamento della cava di Inerti Sa Guardia in Comune di Uta. Proponente: Heidelberg Materials Itali Calcestruzzi S.p.A. – Procedimento per il rilascio del Provvedimento Ambientale Unico Regionale (P.A.U.R.). L.R. n. 4/2021 e Delib.G.R. n. 11/75 del 2021 N. Reg. 3/26"**.

Tale studio è stato richiesto nella comunicazione del Servizio Difesa del suolo, Assetto Idrogeologico e Gestione del Rischio Alluvioni (Prot. Uscita n. 2888 del 17/03/2026) in quanto, pur non sussistendo interferenze con aree allagabili, si riscontra l'interferenza dell'area di cava in ampliamento con un elemento idrico incluso nel reticolo idrografico di riferimento ai fini PAI (approvato nel 2015) e con le relative fasce di prima salvaguardia e di tutela di cui agli artt. 30ter e 8 delle NA del PAI.

Lo studio di compatibilità idraulica è stato predisposto secondo i criteri indicati nell'Allegato E - Criteri per la predisposizione degli studi di compatibilità idraulica - alle Norme tecniche di attuazione.

Inoltre, il documento presenta anche i contenuti tali per poter dimostrare le condizioni di non significatività dell'elemento idrografico di interesse secondo le Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell'art.30 ter, comma 6, delle Norme di attuazione del PAI.

2 DEFINIZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA E ANALISI DELLE MOTIVAZIONI

2.1 Descrizione sintetica dell'area di intervento e del progetto

Cava Sa Guardia, numero RAS 356_C, in Comune di Uta (CA), è un sito di estrazione di arenaria, con destinazione commerciale di inertii per conglomerati.

L'area di indagine è localizzata nella Sardegna meridionale, ad Ovest dell'area industriale di Cagliari e, più precisamente, sul bordo meridionale della valle del Cixerri, in territorio comunale di Uta (CA). Il territorio è compreso nella carta topografica d'Italia nel foglio 556 II ASSEMINI della carta Topografica d'Italia alla scala 1:25.000 dell'I.G.M.I.

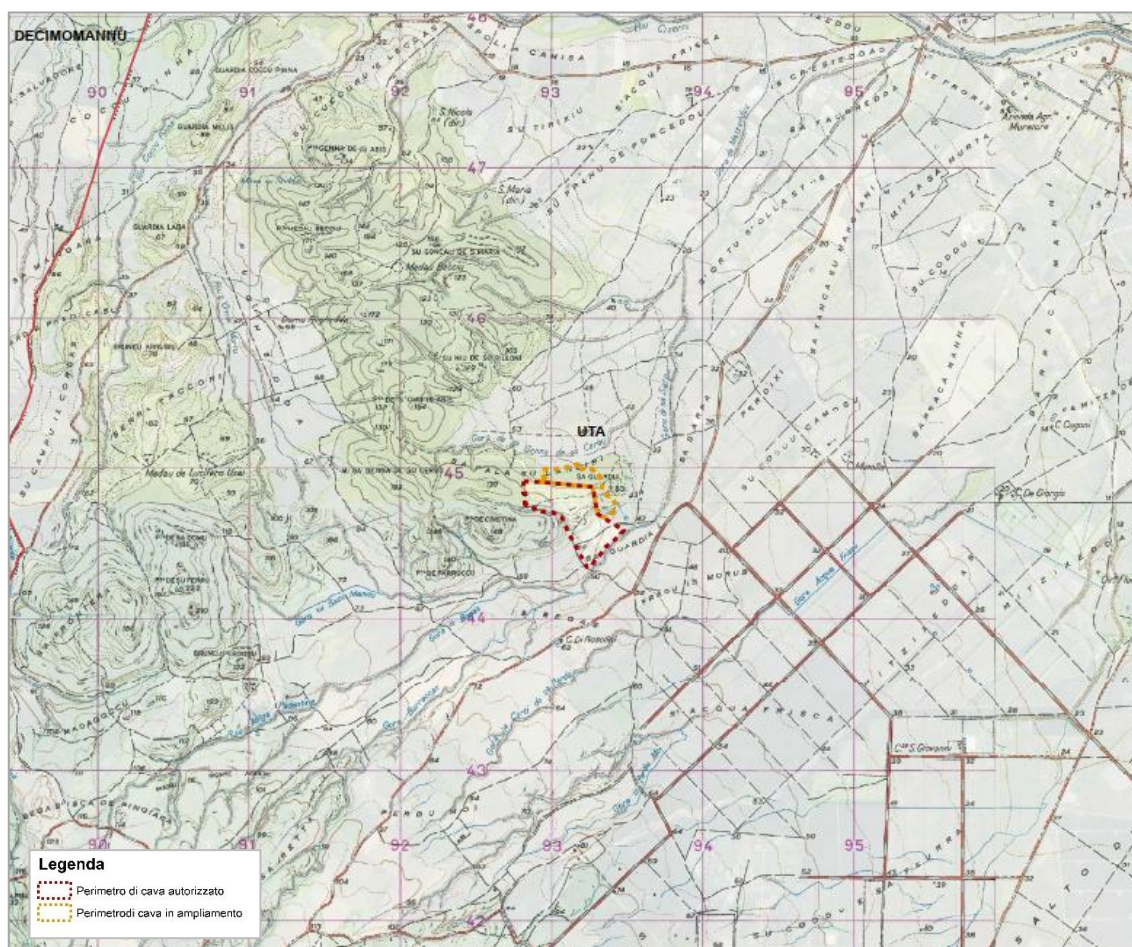


Figura 1 Inquadramento dell'area di cava su carta IGM in scala 1:25.0000

Il sito della cava si trova a sud-ovest del centro abitato del Comune di Uta e si raggiunge percorrendo la Strada Provinciale n° 2 Assemini-Villamassargia. Il territorio contermina è prevalentemente ad uso agricolo; ad est, in direzione Cagliari, si estende l'agglomerato industriale di Macchiareddu.

Cava Sa Guardia è riportata alle sezioni della CTRN della Regione Autonoma della Sardegna numero 556120 – 556160 – 556110 e limitrofa alla sezione numero 556150.

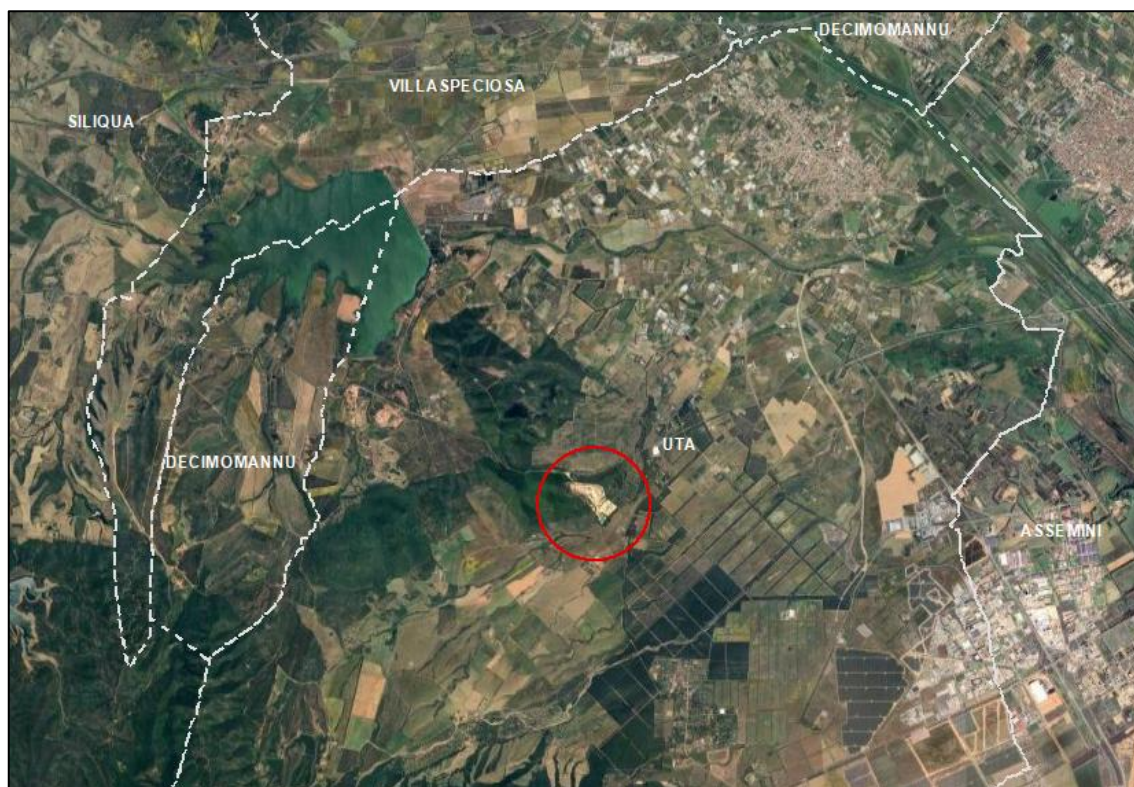


Figura 2 Inquadramento dell'area di cava (in rosso) alle aree amministrative comunali limitrofe



Figura 3 Inquadramento su ortofoto dell'area di cava autorizzata e della superficie in ampliamento

Il giacimento è collocato centralmente rispetto al territorio comunale, che confina a nord con Villaspeciosa e Decimomannu, a est con Assemini, a sud di nuovo con Assemini e Capoterra, a ovest con Siliqua.



Figura 4 Vista a volo d'uccello dell'area di cava verso sud-est. In primo piano il rilievo de "sa Guardiedda", quindi i laghetti e l'area degli impianti, sullo sfondo il sistema agricolo parcellizzato verso l'area industriale di Macchiareddu



Figura 5 Vista a volo d'uccello dell'area di cava verso sud-est. In primo piano l'impianto di rimboschimento oggetto di intervento conferme alla Strada Provinciale n. 2

L'area è separata dall'abitato di Uta, ubicato a nord, da un'ampia porzione di territorio agricolo e dal Riu Cixerri che scorre in direzione dello Stagno di Cagliari, che dista in linea d'aria circa 9 km. Il territorio rappresenta il raccordo tra l'ambito costiero e i sistemi umidi delle saline e l'ambito interno rappresentato dal Campidano appena a nord oltre il Riu Cixerri. Dal punto di vista insediativo, il Comune di Uta è identificato dall'appartenenza alla Città Metropolitana di Cagliari, in quanto centro abitato satellite del capoluogo provinciale e regionale. La storia insediativa del territorio comunale risale all'età nuragica, con frequentazioni romane successive; l'attuale tessuto urbano è risalente in gran parte al secondo dopoguerra, quando gli edifici preesistenti, andati distrutti a causa anche della deperibilità dei materiali di costruzione, furono sostituiti da una ricostruzione poco regolata nello spazio e nelle modalità costruttive.

Dal punto di vista morfologico, la zona si trova al limite meridionale della grande piana del Campidano, che interessa tutta la porzione centrale della Regione Sardegna e che è costituita da una depressione interessata da deposito alluvionale; le forme sono pianeggianti e variamente incise da corsi d'acqua di modesta portata che scorrono verso la zona costiera, caratterizzata da numerose aree umide, tra cui saline e stagni; alle spalle della cava si localizzano le prime formazioni collinari e pedemontane di modesta altitudine, che segnano il passo verso i Monti del Sulcis, nella porzione sud-occidentale dell'isola.

La cava, dotata di un unico accesso dalla S.P. Pedemontana n. 2, è impostata sul Monte Sa Genna de su Cerbu (192 m s.l.m.), in particolare ai piedi del versante nord est della Punta de Cristina (149 m s.l.m.), in località Sa Guardia – Sa Pala su Landiri.

L'attività estrattiva "Sa Guardia" è inserita in un'area di mercato tra le più importanti della regione a ridosso dell'area industriale di Macchiareddu, della città di Cagliari e dell'area residenziale di Capoterra e Villa San Pietro, che rappresentano gli utenti principali di materiali per uso civile quali appunto sono da considerare gli inerti prodotti della cava "Sa Guardia".

L'area in esame, con 10 cave e 500.000 metri cubi annui di inerti per conglomerati prodotti, è tra i più importanti della regione; tra le dieci cave presenti in questo Polo quella di "Sa Guardia" risulta essere, per produzione annua e per riserve giacimentologiche, una delle cave fondamentali nel soddisfare la domanda di inerti per conglomerati del bacino di riferimento.

Il progetto prevede di proseguire l'attività di cava ampliamento la superficie di scavo per circa 6 ha in terreni di proprietà del Proponente. Ai livelli di produzione di questi ultimi anni e considerando che le riserve di tout-venant sono stimate, per il settore in ampliamento, in circa 2 milioni di metri cubi, nei prossimi 10 anni la cava di "Sa Guardia" svolgerà un ruolo strategicamente rilevante, tenuto anche conto che l'impatto ambientale è minimizzato da una razionale coltivazione, e, soprattutto, una cessazione dell'attività estrattiva richiederebbe l'apertura di nuove cave con ulteriore consumo di territorio.

2.2 Assetto geologico

2.2.1 Inquadramento di area vasta

L'area di indagine ricade nella parte sud della soglia di Siliqua; le formazioni geologiche che si rilevano, procedendo dalla più antica e sino alla più recente, sono così suddivise:

- il basamento paleozoico, scistoso metamorfico, in parte granitico;
- la formazione paleogenica del Cixerri, in facies clastica, prevalentemente fluviale e le vulcaniti lavico tufacee di tipo andesitico d'età oligocene miocene inferiore;
- le coperture detritiche quaternarie continentali note come glacis.

Dal punto di vista genetico, la soglia è probabilmente legata alla formazione della grande depressione tettonica campidanese: in essa si sono manifestati soprattutto gli effetti di numerose dislocazioni per fratture, in massima parte successive al vulcanismo andesitico e talora contemporanee.

Di seguito si riportano le caratteristiche salienti delle formazioni geologiche sopra elencate.

- **Basamento paleozoico (Siluriano)**

Il basamento paleozoico affiora pochi chilometri ad ovest dell'area studiata, è costituito da scisti pelitico – arenacei, quarzoso – sericitici o quarzitici e da arenarie quarzose. Queste rocce sono diffuse in tutta l'area e sono ben note nella letteratura geologico-mineraria della Sardegna.

- **Copertura Paleogenica (Oligocene – Eocene Sup.)**

I sedimenti terziari, discordanti direttamente sul basamento, sono esclusivamente di natura clastica; si tratta in prevalenza di arenarie e argille marnose giallo-rossastre o violacee, con rari conglomerati ad elementi di quarzo derivanti dagli scisti paleozoici. Le arenarie, di solito ricchissime di quarzo e ben cementate, affiorano con particolare evidenza in territorio di Vallermosa e sul versante meridionale della valle del Cixerri, dove si immergono con notevole inclinazione verso la pianura.

Le argille spesso arenacee e marnose di colore violaceo o rosso sono petrograficamente costituite da un limo bruno rossastro o giallo verdastro, cloritico – sericitico e ferruginoso, misto ad argilla e a granuli di quarzo. I loro affioramenti mostrano bancate potenti fino a 10 metri. La maggior parte della serie sedimentaria terziaria deve presumersi sepolta, per abbassamento tettonico, sotto le alluvioni quaternarie nel sottosuolo della pianura del Cixerri e in quella di Decimoputzu – Uta a partire dalle pendici delle colline scistose andesitiche della soglia. Essendo pressoché assenti i fossili, ancora è aperto il problema dell'età della formazione, riferita all'Oligocene o l'Eocene superiore. Le andesiti occupano un'estensione abbastanza vasta e i rilievi hanno una morfologia a cupola e raramente in colata. La composizione mineralogica è abbastanza costante nelle diverse località: si tratta in genere di andesiti talora dacitiche, ricche in anfiboli di colore grigio verdastro, con rari fenomeni di alterazione. La potenza della formazione è in genere di 200 metri e gli apparati vulcanici che l'hanno generata hanno una direzione prevalente nord-ovest sud-est.

- **Terreni quaternari**

Sono rappresentati da alluvioni antiche e recenti e da detriti di falda. Le alluvioni antiche si estendono tutto intorno ai rilievi rocciosi fino alla piana circostante, dove si presentano spesso terrazzate. Hanno una composizione ciottoloso – sabbioso argillosa e di colore giallo rossastro. Dal punto di vista

petrografico constano di ciottoli di scisto, di quarzo e di andesite, misti a sabbia quarzosa e ad argilla più o meno ferruginosa. Il colore e il grado di costipamento variano in funzione dell'età: di solito le alluvioni più antiche sono più costipate ed hanno un colore rossastro. Lo spessore è scarso entro la piana del Cixerri (2÷6 metri), ma supera i 100 metri nella piana di Uta e di Decimoputzu, dove numerosi sondaggi non hanno raggiunto la base.

2.2.2 Area di intervento

Più nel dettaglio, la cava è impostata con direzione all'incirca Est-Ovest con i fronti principali diretti verso Nord, sulla formazione del Postgotlandiano Autc.

In particolare nell'area di cava è possibile distinguere una successione abbastanza irregolare che, da termini siltitico-arenacei, evolvono verso la parte superiore a termini più francamente arenacei, e quindi verso livelli propriamente quarziticci presenti nelle parti più alte delle pareti di cava soprattutto sulla zona dell'ingresso dell'area di cava.

I termini siltoso-arenacei, fittamente laminati, si presentano solitamente con una grana fine in colore grigio verdastro, e sono costituiti da quarzo e sericite con subordinata muscovite e clorite. I termini quarziticci si presentano con un colore grigio biancastro o più raramente giallino-verdastro e sono composti quasi esclusivamente da elementi di quarzo e rara sericite. L'area si presenta fortemente fratturata, con campi di fratture ad andamento vario che si intersecano tra di loro.

Il paesaggio che caratterizza prevalentemente l'area interessata dall'attività estrattiva è marcato dai rilievi di metarenarie del Paleozoico e dai relativi depositi continentali di versante. In particolare, il rilievo di Sa Pala Su Landiri si presenta come un'area con copertura arbustiva e cespugliato (lentischio e cisto soprattutto) con suoli poco profondi, con limitazioni d'uso molto severe che non li rendono adatti alle colture. Alla base del rilievo il paesaggio assume le caratteristiche di un'area da sub pianeggiante a pianeggiante con prevalente uso agricolo.

Tra il 2020 e il 2022 è stata condotta una campagna di indagine geognostica che si è espletata nell'esecuzione di n. 6 sondaggi nel settore nord della cava. L'ubicazione dei sondaggi è stata studiata considerando il locale assetto geologico e geotecnico e la presenza della faglia che separa la Formazione delle Arenarie di San Vito dalla Formazione del Cixerri, che delimita a nord l'attuale cantiere estrattivo, e il cui rigetto è di circa una ventina di metri. L'interpretazione delle carote estratte dai sondaggi ha permesso di ricostruire l'assetto geologico del sito: è stato riconosciuto che l'area a nord della citata faglia si caratterizza per la presenza di marne argillose alterate al punto da non poter essere considerate economicamente sfruttabili. La parte orientale della cava, invece, presenta diversi livelli di roccia compatta intercalata a spessi strati conglomeratici sciolti o mediamente compatti.

In sintesi, l'assetto litologico può essere così schematizzato:

- conglomerato;
- roccia compatta;
- roccia alterata;
- argille alterate.

2.3 Assetto geomorfologico

I terreni oggetto di studio sono posizionati all'interno di un *glacis*, la cui genesi è da riferirsi al Quaternario inferiore, con forme pianeggianti variamente incise da torrenti di modesta portata. Le alluvioni recenti di questi corsi d'acqua sono di limitata ampiezza e formano un continuum con il *glacis*. Il materiale originario è formato prevalentemente da quarziti, arenarie quarzose e arenarie del Paleozoico (Siluriano). A monte dell'area si ritrovano dei piccoli affioramenti granitici, ma l'intensa alterazione non rende più riconoscibile la presenza di eventuali materiali derivanti da questa litologia.

L'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di due morfotipi principali.

Nella parte occidentale sono infatti presenti una serie di rilievi dolci che raggiungono quote topograficamente modeste (Monte sa Genna de Su Cerbu 192 m slm).

Tali rilievi sono interessati da una serie di piccole incisioni, certe volte leggermente incassate, e presentano un allineamento con direzione all'incirca da NNW-SSE a E-W. Solamente il rilievo di Punta de Parroccu (143 m slm), presenta una morfologia più aspra in corrispondenza degli affioramenti delle quarziti che generano delle rotture di pendio, come ad esempio quelle osservabili immediatamente a sud di Su Riu de Su Pilloni (130 m slm).

L'area di intervento è rappresentata da una cava a fossa, delimitata su tutti i lati dai fronti di coltivazione. Le quote più basse si registrano nei piazzali di lavorazione, un'area pianeggiante in cui le quote variano tra i 43 e i 44 m slm. I fronti di coltivazione hanno tutti un assetto verticale, con quote variabili nei diversi settori. Nell'area in esame non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto o potenziali, nemmeno all'interno dell'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia). La stabilità dei fronti è stata verificata anche attraverso appositi rilievi geomeccanici finalizzati alla ricostruzione dell'andamento geostrutturale del giacimento e all'analisi critica dell'andamento degli strati e delle discontinuità. I risultati di queste indagini sono riportati nella Relazione tecnica redatta nel dicembre 2020 ai sensi del D.Lgs. 624/96 art. 52, in occasione della verifica di stabilità dei fronti di cava. In questa occasione sono state realizzate 3 stazioni di rilievo geomeccanico, analizzate tutte le discontinuità rilevate e valutato il loro comportamento nei confronti delle superfici libere generate dalla situazione attuale e di progetto dei fronti.

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'area oggetto di studio ricade nel Campidano sud-occidentale (territorio comunale di Uta), in un settore di raccordo tra la pianura campidanese e i rilievi nord-orientali del massiccio del Sulcis. L'intero comparto rientra interamente entro il Sub-bacino n. 7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri".

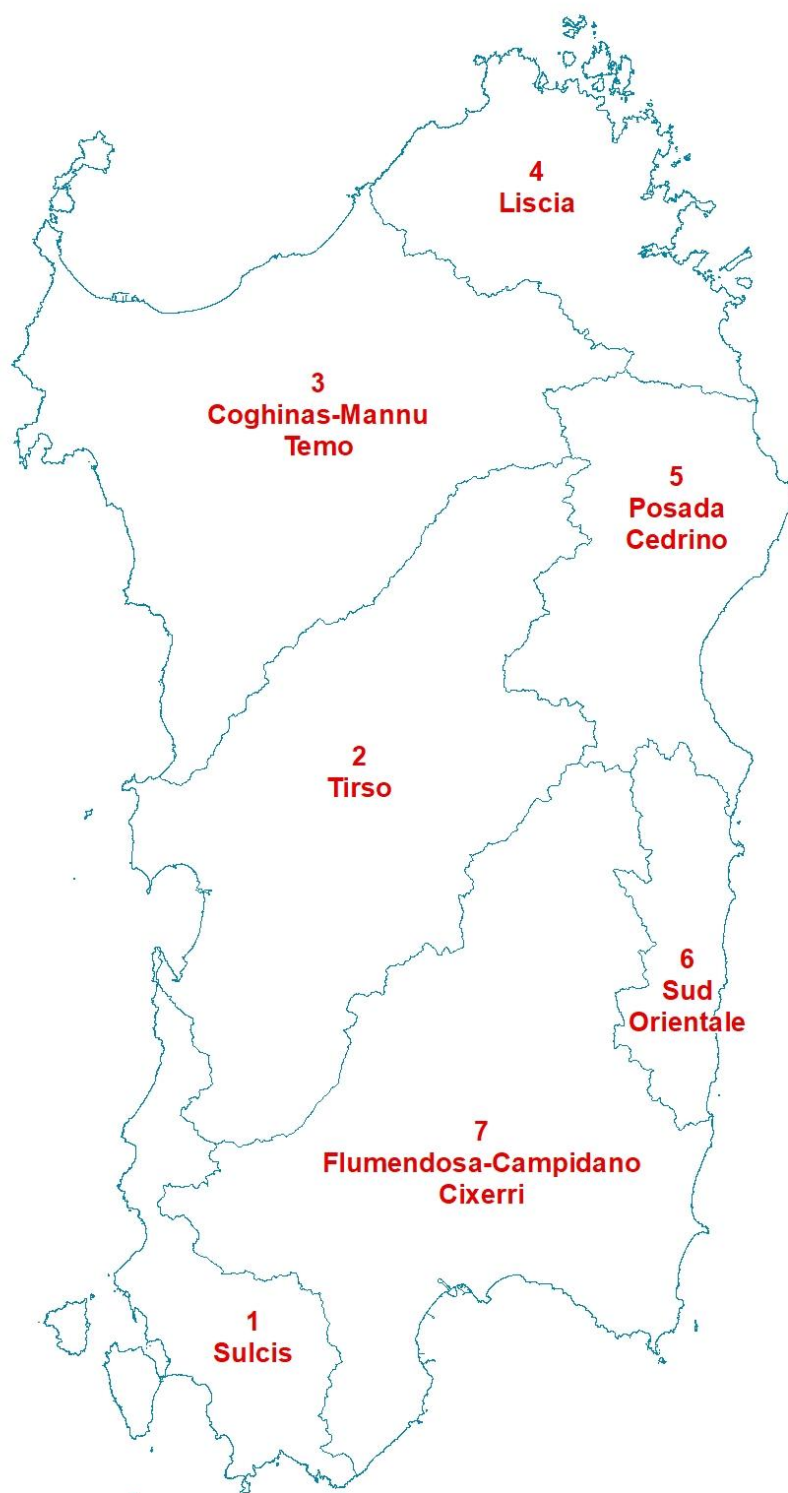


Figura 6 - Sottobacini idrografici del Bacino Unico della Sardegna

Dal punto di vista idrografico, l'asta fluviale principale è rappresentata dal Riu Cixerri. Questo corso d'acqua ha origine dai rilievi settentrionali del Sulcis, si sviluppa per circa 46 km con direzione Ovest-Est fino a immettersi nel bacino artificiale di Genna Is Abis e, superato lo sbarramento, prosegue verso sud-est per sfociare nello Stagno di Santa Gilla, parallelamente al Flumini Mannu. Il Riu Cixerri è alimentato da numerosi affluenti: tra i principali in destra idrografica si annoverano il Rio di San Giacomo, il Rio de su Casteddu e il Rio Salamida, mentre in sinistra idrografica riceve il Rio Arriali, il Rio Forresu e il Rio Cixerri su Topi. L'idrografia di dettaglio nelle pertinenze dell'area estrattiva è caratterizzata da un reticolo di corsi d'acqua minori a carattere strettamente stagionale, i quali si attivano quasi esclusivamente in concomitanza con gli eventi meteorici del periodo piovoso. Il collettore principale del settore è il **Riu Is Cresieddas**, un affluente del Riu Cixerri che scorre immediatamente a sud e a sud-est del perimetro della cava, raccogliendo i deflussi superficiali della zona secondo due principali direttrici.

Nel settore occidentale, in corrispondenza della località Genna Su Cebu (a quota 192 m s.l.m.), una serie di compluvii degrada in direzione NW-SE verso la pianura, immettendosi direttamente nel Riu Is Cresieddas. Il quadrante settentrionale dell'area di cava è invece drenato dal ruscello **Sa Gora de Sa Genna de Su Cervu** il quale scorre parallelamente alla SP2 e, procedendo con andamento E-W, aggira il sito estrattivo per poi confluire anch'esso nel Riu Is Cresieddas a est dell'insediamento.



Figura 7 - Vista sul rio Is Cresieddas, recettore delle acque di ruscellamento del versante.

I previsti interventi di ampliamento della cava vanno a interessare nello specifico un sottobacino idrografico d'alto versante al cui interno è cartografata una linea di impluvio. L'analisi morfometrica descrive un bacino dalle dimensioni estremamente ridotte, caratterizzato da una superficie di appena 0,1237 kmq; nonostante lo sviluppo spaziale così circoscritto, tale linea risulta ufficialmente censita all'interno del reticolo idrografico.

Tuttavia, le verifiche dirette e i sopralluoghi effettuati sul campo hanno evidenziato l'assenza dei requisiti fisici e funzionali minimi necessari per poter identificare questo elemento come un effettivo corso d'acqua naturale, escludendo di fatto la sussistenza dei presupposti per la tutela demaniale ai sensi dell'art. 822 del Codice Civile. Le evidenze di campagna dimostrano infatti che la linea d'impluvio digitalizzata coincide, in realtà, con una direttrice artificiale di drenaggio locale scavata in terra. Questa canalizzazione, insieme ad altre sullo stesso versante, è stata realizzata in corrispondenza di un interfilare d'impianto durante i passati interventi di forestazione del sito, partendo da una testata stabilizzata mediante un piccolo manufatto in pietrame a secco per poi proseguire in scavo su terra e risulta infatti funzionale alla gestione delle acque meteoriche di versante in seno agli interventi di forestazione pregressi.

Tale evidenza è confermata dalla presenza, lungo tutto il medesimo versante, di una serie di analoghe linee di drenaggio che presentano le medesime caratteristiche geometriche, orientamento e tecniche costruttive. Tali elementi, distribuiti in modo regolare secondo la maglia dell'impianto forestale, si configurano come una rete di scoline superficiali non riconducibili, né singolarmente né nel loro complesso, ad un reticolo idrografico naturale. La loro reiterazione spaziale sul versante, con andamento strettamente vincolato alla disposizione delle falline di impianto, ne conferma inequivocabilmente l'origine antropica e la finalità di sgrondo idraulico delle acque di ruscellamento, escludendo pertanto che possano essere interpretate come alvei naturali incisi dai processi morfogenetici."

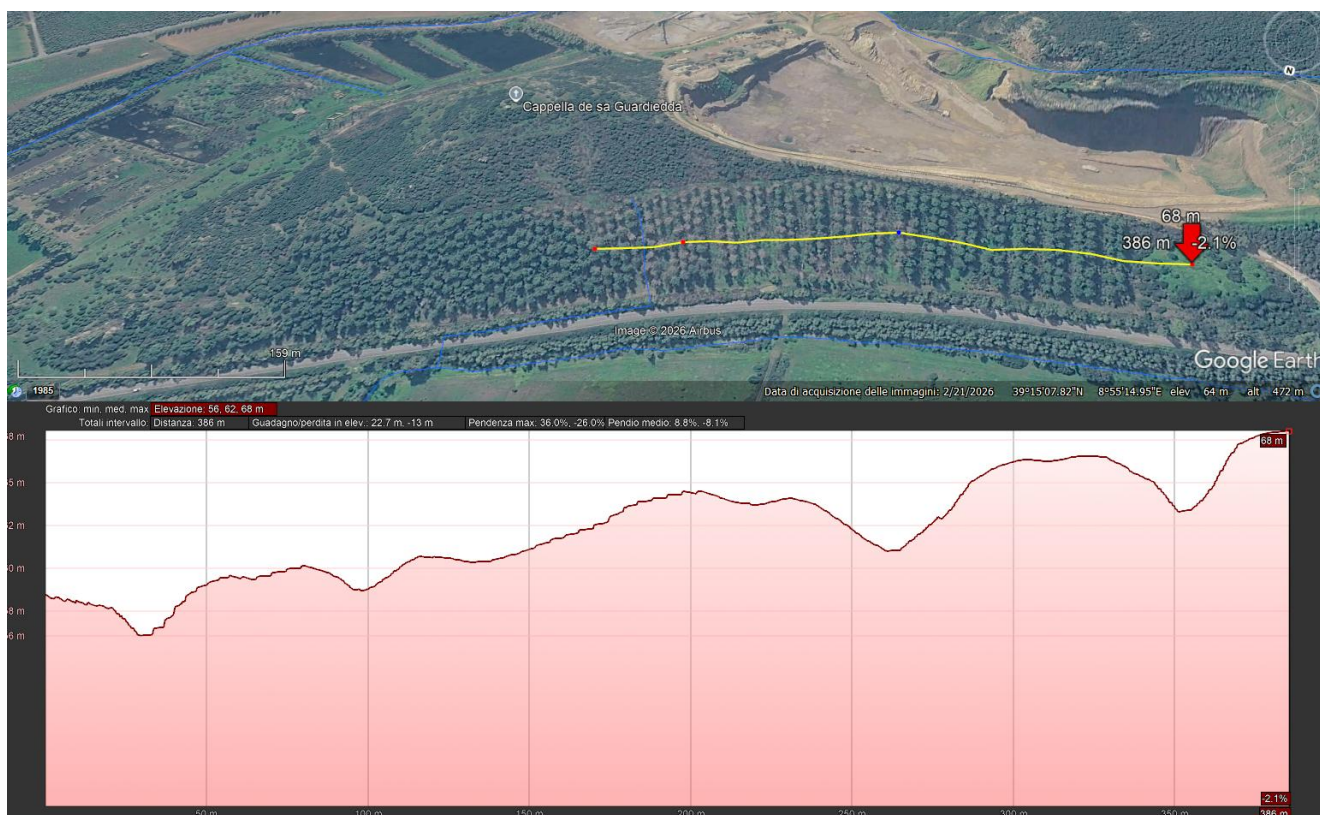


Figura 8 - Sezione estratta da Google Earth in cui si vedono le depressioni delle altre linee di drenaggio impostate sul sistema forestale.



Figura 10 - Partenza della canaletta di drenaggio, con la testata stabilizzata mediante piccolo manufatto in pietrame a secco



Figura 10 - Porzione della canaletta di drenaggio in scavo su terra

La totale artificialità dell'opera è confermata anche dall'analisi storica e fotogrammetrica: dell'elemento in questione; non vi è traccia nella cartografia storica o recente dell'area, né si riscontra alcuna evidenza geomorfologica nelle serie storiche dei voli aerei disponibili. Sotto il profilo idraulico, la canaletta ricalca la linea di massimo declivio del versante ma si interrompe bruscamente prima di raggiungere lo stradello posto al piede del rilievo.

Da questo punto in poi, venendo meno qualsiasi tracciato fisico o continuità d'alveo, i deflussi superficiali – attivabili esclusivamente in occasione di eventi pluviometrici di significativa entità – proseguono in forma libera e diffusa lungo lo stradello stesso. Le acque si raccordano infine verso un settore di minima depressione privo di recapito idrografico, entro il quale lo smaltimento definitivo avviene unicamente per dispersione superficiale e infiltrazione nel sottosuolo raggiungendo i piedi del rilevato stradale, incanalandosi in una cunetta coperta da vegetazione arbustiva.



Figura 11 Prosecuzione del drenaggio idrico in corrispondenza dello stradello alla base del versante



Figura 12 Linea di drenaggio e di infiltrazione idrica in corrispondenza del settore di depressione locale sul lato dello stradello



Figura 13 Cunetta coperta da vegetazione arbustiva che si sviluppa ai piedi del rilevato stradale della SP2

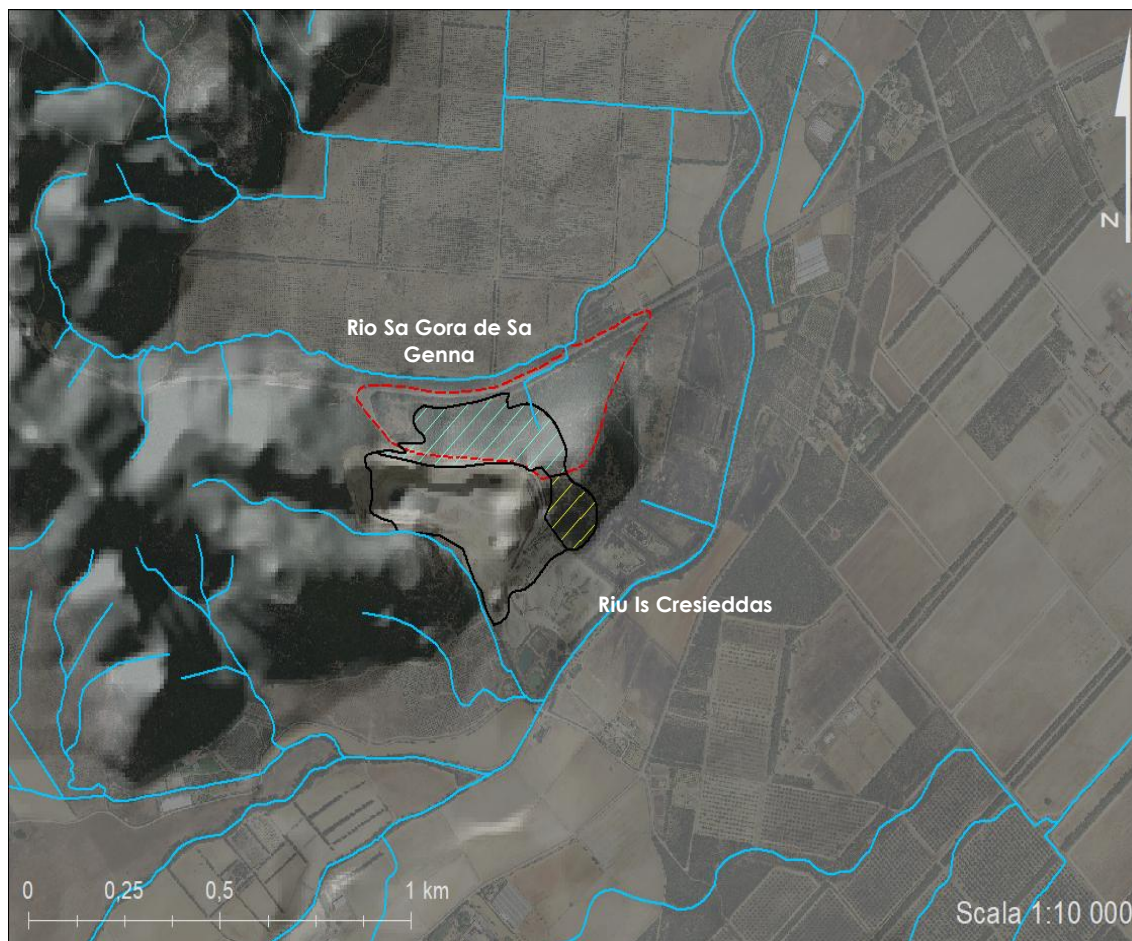


Figura 14 - In rosso la superficie del versante interessato dall'ampliamento. L'area campita con linee diagonali turchesi identifica l'area di espansione della cava che interferisce con il bacino idrografico e l'area campita con linee diagonali gialle identifica la porzione di espansione esterna ad esso.

L'analisi morfologica evidenzia come il tracciato si componga di due segmenti distinti: un tratto di versante, orientato perpendicolarmente alla massima pendenza per la raccolta del ruscellamento, e un collettore di base parallelo al piede del rilievo. L'assenza di continuità idraulica tra queste componenti - con il solco di versante che termina bruscamente prima di intersecare il collettore - esclude la diretta continuità idraulica tra loro. L'assenza di un collegamento fisico, che garantisca il deflusso continuo e incanalato delle acque, conferma ulteriormente la natura frammentata e locale di tali opere, escludendo che possano essere interpretate come alvei naturali incisi da processi morfogenetici.

Tale evidenza è rafforzata dalla presenza, lungo l'intero versante, di analoghe linee di drenaggio che, per distribuzione regolare e geometria, ricalcano fedelmente la maglia dell'impianto forestale, configurandosi inequivocabilmente come una rete di scoline superficiali.

In corrispondenza della curva a gomito, il tracciato perde ogni coerenza morfologica, rendendo impossibile stabilire una connessione univoca tra la canaletta stradale della SP2 e la depressione locale a margine dello stradello. Questa incertezza topografica conferma l'assenza di un alveo strutturato: il deflusso, privo di recapito certo, avviene in forma diffusa sullo stradello o per semplice infiltrazione nei settori di depressione locale.

4 INQUADRAMENTO PAI

L'area entro cui verranno realizzati gli interventi descritti ricade all'interno del territorio del Comune di Uta, che appartiene al Bacino Unico della Sardegna e, più precisamente, al Sub-bacino n. 7 *Flumendosa-Campidano-Cixerri*.

Il suddetto Comune è stato oggetto di studio per il Piano Urbanistico Comunale, approvato definitivamente con deliberazione del Consiglio Comunale, n. 4 del 21 febbraio 1997, dichiarata esente vizi dal CO.RE.CO., ordinanza n. 1328/01/97 del 15 aprile 1997 e pubblicata nel BURAS, parte terza, n. 16 del 6 maggio 1997.

Successivamente il PUC è stato adeguato al Piano Territoriale Paesistico (PTP) n.11. L'approvazione definitiva è avvenuta con deliberazione del Consiglio Comunale, n. 49 del 29 novembre 2002, dichiarata coerente col quadro normativo sovraordinato con determinazione n. 502/DG in data 9 settembre 2003 dal Direttore Generale dell'Assessorato Regionale degli EE.LL. Finanze ed Urbanistica. L'avviso è stato pubblicato nel BURAS, parte terza, n. 35 del 10 novembre 2003.

In relazione al Piano vigente, l'area di cava autorizzata è classificata in zona D - Aree di sviluppo industriale, artigianale e commerciale, sottozona D3, in relazione alla quale il Piano prevede che "possono essere realizzate iniziative artigianali legate essenzialmente all'attività di cava", mentre la superficie interessata dall'ampliamento è classificata in zona agricola E, sottozona E5.2a (Aree marginali per l'attività agricola e nelle quali viene ravvisata l'esigenza di garantire condizioni adeguate di stabilità ambientale) e E1.2a (Aree caratterizzate da produzione agricola tipica e specializzata). Al fine di rendere coerente l'intervento con la disciplina urbanistica vigente, la Proponente ha avviato una proposta di "variante" al Piano, che prevede la riclassificazione dell'area di intervento (in ampliamento) in zona D3.

Il Comune di Uta è dotato di uno studio di dettaglio dell'intero territorio comunale sia per quanto riguarda la pericolosità idraulica che quella da frana, studio approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale n. 52 del 27/11/2023 avente come oggetto "*Variante al PAI ex art. 37 comma 3 lett. b ed ex art. 8 delle NA del PAI del territorio di UTA. Adozione degli elaborati di studio*". L'area, inoltre, è stata oggetto dello "Studio di dettaglio e approfondimento del quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio da frana nei sub bacini 1 (Sulcis), 2 (Tirso), 4 (Liscia), 5 (Posada-Cedrino), 6 (Sud-Orientale) e 7 (Flumendosa-Campidano-Cixerri)", approvato con Decreto della Presidente della Regione n. 42 del 17 giugno 2026 e pubblicato sul Buras n. 33 del 25 giugno 2026.

Facendo riferimento a queste perimetrazioni, si evince che il settore attualmente in attività ricade in aree a **pericolosità media da frana (Hg₂)**, mentre l'area che verrà interessata dall'ampliamento è contraddistinta da una **pericolosità moderata da frana (Hg₁)**. Tutta l'area risulta esterna alle aree di pericolosità per fenomeni da sinkhole (Hgsh) e alle aree per pericolosità da colata detritica (Hcd).

Ai fini dell'individuazione delle aree potenzialmente soggette a pericolosità idraulica, è stata condotta un'analisi delle mappe ufficiali di pericolosità predisposte nell'ambito del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) - revisione dicembre 2023 - in quanto elaborate tenendo in considerazione:

- Perimetrazioni derivanti dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF);
- Perimetrazioni derivanti dalle varianti al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) approvate dal Comitato Istituzionale ai sensi dell'art.37 delle Norme di Attuazione del PAI;
- Perimetrazioni derivate dagli studi di dettaglio effettuati dai Comuni finalizzati alla loro pianificazione territoriale o all'esecuzione di Piani Attuativi (ai sensi art. 8 c. 2 e art. 24 c. 6 delle Norme di Attuazione del PAI);
- Perimetrazioni derivate dagli "Scenari di intervento strategici e coordinati – Scenari stato attuale" ai sensi dell'art. 44 delle NA del PAI;
- Aree interessate dal fenomeno alluvionale del 2013 denominato "Cleopatra".

In aggiunta all'analisi delle mappe PAI/PGRA, è stata eseguita una ricognizione delle deliberazioni del Comitato Istituzionale e del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino della Sardegna emanate successivamente alla data di revisione delle mappe, al fine di individuare eventuali integrazioni o modifiche delle aree individuate come a pericolosità idraulica. Con Determinazione n.138 Prot. n.9621 del 10/09/2024 è stata approvata, per il Comune di Uta, la "variante puntuale al PAI concernente la pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale e validazione della revisione del reticolo idrografico".

L'area di intervento non interferisce con aree a pericolosità idraulica

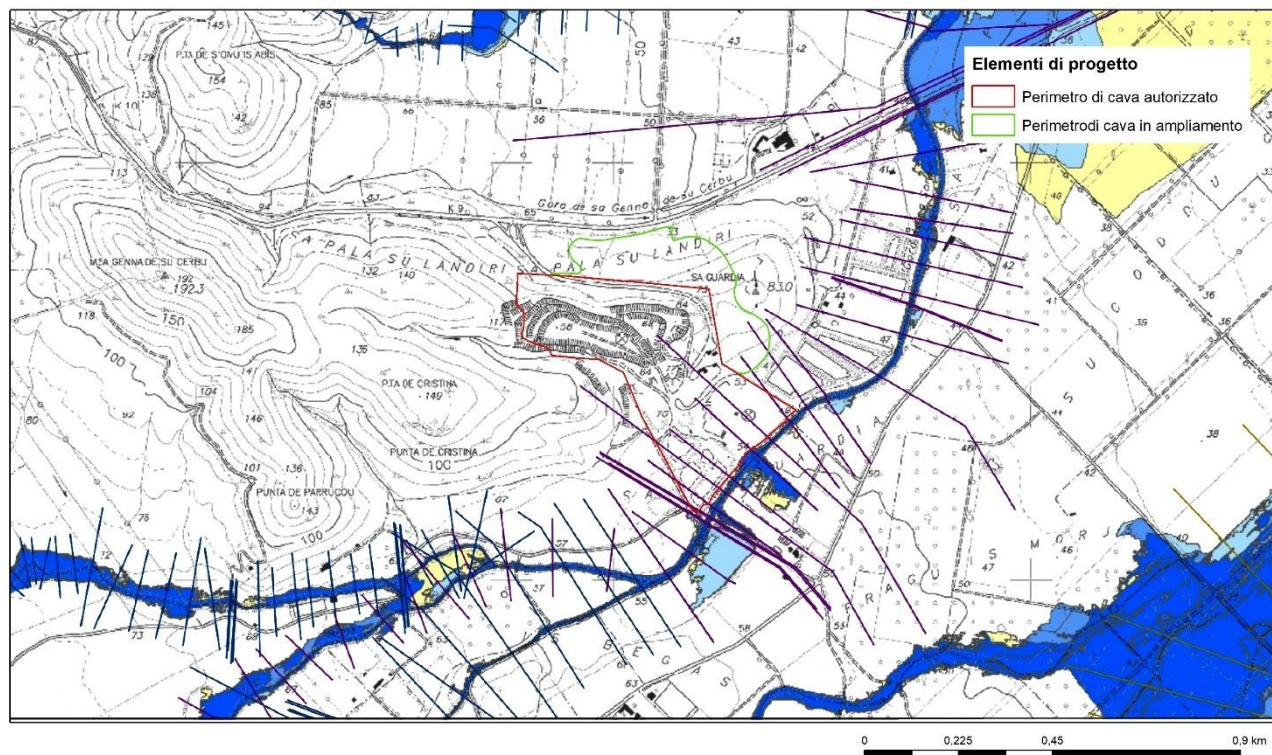


Figura 15 Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica derivanti dallo studio di "Variante al PAI del territorio comunale di Uta (art.37 delle NTA del PAI)" approvato con Determinazione del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino n. 138, Prot. n. 9621 del 10/09/2024

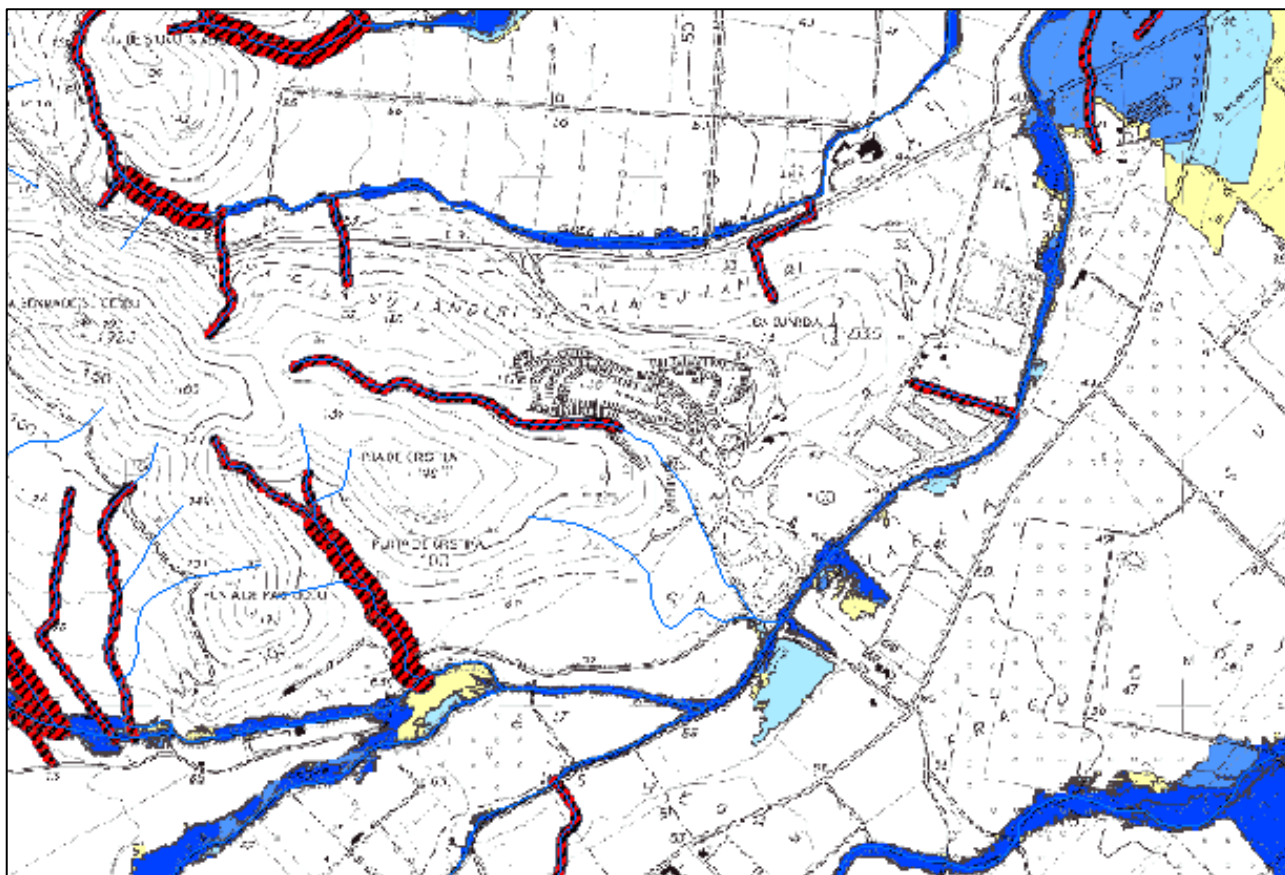


Figura 16 - Perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica derivanti dall'involuppo della pericolosità idraulica proposta e quella vigente al momento della redazione dello studio di "Variante al PAI del territorio comunale di Uta (art.37 delle NTA del PAI)" approvato con Determinazione del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino n. 138, Prot. n. 9621 del 10/09/2024

Inoltre è stata condotta un'analisi volta a definire eventuali interferenze con elementi del reticolo idrografico, che ai fini dell'applicazione delle Norme di Attuazione del PAI/PGRA e delle Direttive regionali, è definito dalla Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30 luglio 2015, e corrisponde all'insieme degli elementi idrici contenuti nello strato informativo "04_ELEMENTO_IDRICO.shp" del Data Base Geo Topografico (DBGT) alla scala 1:10.000 – versione 0.1, integrato con gli ulteriori elementi rappresentati nella cartografia storica dell'Istituto Geografico Militare (IGM), in particolare nella Carta topografica d'Italia – serie 25V, edita per la Sardegna tra il 1958 e il 1965.

Da tale analisi si è individuata la presenza, in prossimità del settore nord dell'area di cava in ampliamento, dell'elemento idrografico "092090_FIUME_1988" di ordine 1 del reticolo Strahler. Tale elemento idrografico, non rientra nell'ambito di competenza del Servizio del Genio civile di Cagliari ai sensi del R.D. 523/1904 (RAS AOO 08-01-00 Prot. Uscita n. 21218 del 24/04/2026) e non risulta essere stato individuato come elemento idrografico oggetto di esclusione o non significativo nell'ambito della "variante puntuale al PAI concernente la pericolosità idraulica e da frana dell'intero territorio comunale e validazione della revisione del reticolo idrografico", approvata con Determinazione n.138 Prot. n.9621 del 10/09/2024 per il Comune di Uta.

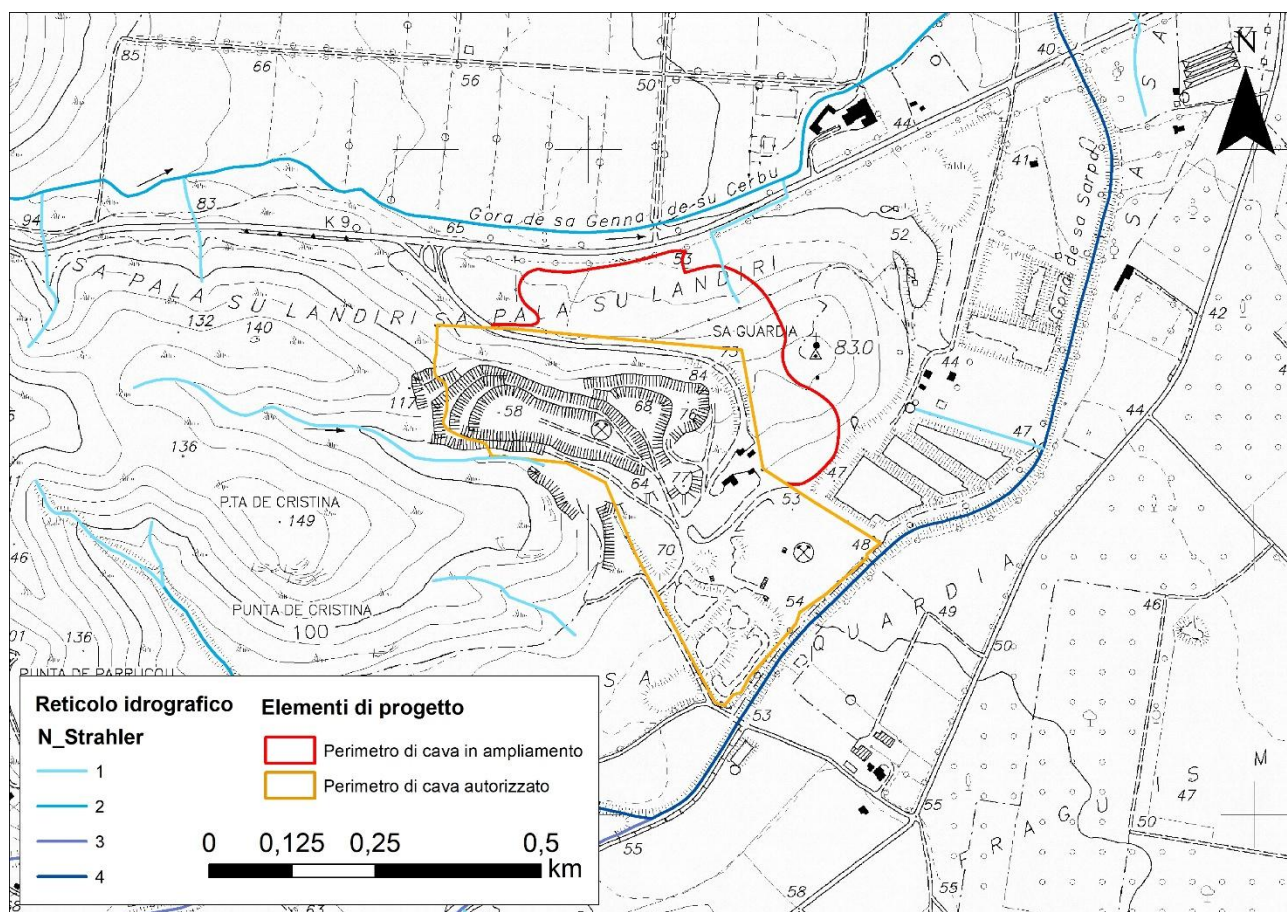


Figura 17 Area intervento ed elementi idrici Strahler (04_ELEMENTO_IDRICO_Strahler integrati con il reticolo derivante dalla carta dell'Istituto Geografico Militare (IGM), Carta topografica d'Italia serie 25V edita per la Sardegna dal 1958 al 1965

La rappresentazione dell'elemento del reticolo idrografico oggetto di analisi, la cui individuazione appare prevedibilmente derivata dalla applicazione, in ambito di modellizzazione digitale G.I.S., di un algoritmo di "Accumulo del flusso" (Flow accumulation) a partire dal modello digitale di elevazione (DEM) del settore, è presente nello strato informativo "04_ELEMENTO_IDRICO.shp" del DBGT, con NOME - "092090_FIUME_1988" e CLASSID - R_002.008.003.001_7466 ed è classificato come corso d'acqua di primo ordine. Le fasce di prima salvaguardia, definite all'articolo 30-ter delle NA del PAI, per gli elementi di primo ordine, hanno ampiezza pari a 10 metri.

In ragione di tale interferenza risulta opportuno sviluppare il presente Studio di compatibilità idraulica che analizza le relazioni tra le trasformazioni del territorio derivanti dalla realizzazione dell'intervento proposto e le condizioni dell'assetto idraulico e del dissesto idraulico attuale e potenziale dell'area interessata.

Prima di approfondire tali aspetti, nel capitolo successivo viene riportata l'analisi idrologica condotta nell'ambito del presente studio e finalizzata alla quantificazione dei deflussi superficiali del bacino idrografico di interesse.

5 ANALISI IDROLOGICA

5.1 Descrizione della metodologia impiegata

La poca disponibilità di osservazioni storiche di portata, fa' sì che non si possa prescindere dall'uso di procedure indirette per la valutazione della portata di piena. Tali metodologie stimano la portata al colmo a partire dalla precipitazione nell'ipotesi che la frequenza di accadimento di questa ultima caratterizzi quella della portata al colmo.

Per la stima delle portate di piena si fa riferimento al modello cinematico (o razionale) che si basa sulle seguenti ipotesi fondamentali:

- **la pioggia critica è quella che ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino:** Si assume che la condizione critica di massima portata al colmo si verifichi quando la durata dell'evento meteorico è esattamente pari al tempo necessario affinché la generica goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura. Se la pioggia avesse una durata inferiore a T_c , l'intero bacino non contribuirebbe simultaneamente al deflusso; se avesse una durata superiore, l'intensità della pioggia (decrescente con la durata secondo le curve di possibilità pluviometrica) risulterebbe inferiore, generando un colmo di piena più contenuto;
- **la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento:** L'intensità della pioggia lorda si suppone costante nel tempo per tutta la durata dell'evento ($t=T_c$) e uniformemente distribuita nello spazio sull'intera superficie del bacino idrografico.
- **il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica:** Il modello ipotizza che la trasformazione della pioggia netta in deflusso sia regolata esclusivamente da un meccanismo di puro trasferimento (traslazione cinetica) della massa liquida lungo la rete dei versanti e dei canali, trascurando gli effetti di laminazione idraulica e di immagazzinamento d'alveo (effetti di svaso).
- **la trasformazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida:** Il coefficiente di deflusso (Ψ), che esprime l'aliquota di pioggia totale che si trasforma in deflusso superficiale al netto delle perdite idrologiche iniziali e continue, viene assunto costante e indipendente dall'andamento temporale della precipitazione.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \Psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

T_c = tempo di corrivazione [ore]

S = superficie del bacino [km^2]

h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]

Ψ = coefficiente di deflusso

5.1.1 Parametri morfometrici del bacino

Intendiamo per bacino idrografico la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, passano per la sezione di chiusura. Le caratteristiche morfometriche esaminate riguardano le dimensioni planimetriche, il rilievo, la pendenza media del bacino, dell'asta fluviale e il tempo di corrivazione.

Le **dimensioni planimetriche** del **bacino** sono:

- **S** = superficie del bacino: superficie della proiezione orizzontale del bacino idrografico;
- **P** = perimetro: lunghezza della proiezione orizzontale di tutto il contorno del bacino idrografico;
- **L** = lunghezza dell'asta principale: lunghezza misurata attraverso il "percorso idraulicamente più lungo" (ovvero temporalmente più lungo) partendo dallo spartiacque sino alla sezione di chiusura dell'asta (fluviale) principale, la quale identifica il percorso dei deflussi più importante nel bacino, lungo il quale dovrebbero anche defluire le portate maggiori.

I parametri relativi al **bacino idrografico e all'asta principale** sono;

- **i_{versante}** = Pendenza media dell'asta principale
- **H_{max}** = Quota del punto più elevato dell'asta principale del bacino (posto nello spartiacque);
- **H₀** = Quota della sezione di chiusura del bacino;
- **H_m** = Quota media del bacino;
- **Im** = Pendenza media dell'asta principale del bacino;

Tutti i parametri morfometrici di cui sopra sono stati derivati mediante un'analisi GIS condotta a partire da un modello digitale del terreno (DTM) dell'area di intervento con risoluzione spaziale di 1 metro.

Il processo analitico è iniziato con il pre-processing dei dati altimetrici, necessario per la rimozione delle eventuali depressioni tramite la procedura di *sink filling* e per la correzione del modello, finalizzata a garantire la corretta continuità del deflusso.

Successivamente, attraverso l'impiego dell'*Hydrology Toolset*, si è proceduto alla determinazione della direzione di flusso (*Flow Direction*) e del conseguente accumulo (*Flow Accumulation*). Tale fase, unita all'identificazione dei reticoli di drenaggio e al posizionamento della sezione di chiusura, ha permesso di definire con esattezza l'estensione del bacino idrografico e il perimetro dello spartiacque, dai quali sono stati estratti i valori morfometrici di interesse, come le pendenze medie, le quote caratteristiche lo sviluppo e la pendenza dell'asta fluviale.

5.1.2 Determinazione del tempo di corrivazione

Per la determinazione del **tempo di corrivazione T_c** sono state utilizzate le formule sotto elencate:

Metodo	Formulazione Analitica	U.M.
Soil Conservation Service (SCS)	$T_c = 0,00227 \cdot (1000L)^{0,8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0,7} i_{VERSANTE}^{-0,5}$ $T_c = 1,67 \cdot 2,587 \cdot \frac{1000L^{0,8}}{1900 \cdot i_{VERSANTE\%}^{0,5}} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0,7}$	ore
Ventura	$T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}}$	ore
Giandotti	$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$	ore
Viparelli	$T_c = \frac{L}{3.6V}$	ore
Pasini	$T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}}$	ore
Kirpich	$T_c = \frac{0.0195 \cdot (L \cdot 1000)^{0.77} \cdot i_m^{-0.385}}{60}$	ore
VAPI (Sardegna)	$T_c = 0.212S^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289}$	ore

Tabella 1 - Formulazioni empiriche e cinematiche per la stima del tempo di corrivazione T_c

T_c : Tempo di corrivazione [ore]

L: Lunghezza dell'asta principale [km]

S: Superficie del bacino idrografico [kmq]

V: Velocità media di scorrimento superficiale [m/s], imposto uguale a 1 m/s;

i_m : Pendenza media dell'asta fluviale [m/m]

CN: Curve Number adimensionale [-]

H_m : Quota media del del bacino [m s.l.m.]

H_0 : Quota della sezione di chiusura del bacino [m s.l.m.]

5.1.3 Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica che caratterizzano il regime pluviometrico sardo. Tali curve sono state ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

Recenti studi per la Sardegna mostrano che il modello probabilistico TCEV ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche, motivo per il quale è stato adottato per la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica nella procedura VAPI.

La pioggia lorda h ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

da cui:

$$h(T_p) = a_1 \cdot a_2 \cdot T_p^{n_1+n_2} = \mu(T_p) \cdot k(T_p)$$

dove $\mu(T_p)$ rappresenta la Pioggia Indice associata alla durata T_p , calcolata come media dei massimi annui delle precipitazioni registrate per il medesimo intervallo temporale:

$$\mu(T_p) = a_1 \cdot T_p^{n_1}$$

e $\kappa(T_p)$ definisce il Coefficiente di Crescita, un parametro che quantifica l'incremento probabilistico della precipitazione al variare del tempo di ritorno

$$k(T_p) = a_2 \cdot T_p^{n_2}$$

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete:

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno T_R maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna¹.

In aggiunta alle curve di possibilità pluviometrica definite dalle Linee Guida del PAI, lo studio idrologico ha integrato le metodologie indicate nell'Allegato 1.1 "Metodologie di Analisi" del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali. Mediante un'apposita analisi di sensitività, si è provveduto a individuare, per ogni configurazione idrologica, le condizioni di deflusso più a vantaggio di sicurezza.

¹(Vedasi Deidda e Piga, curve di possibilità pluviometrica basate sul modello TCEV, Informazione 81, pagg.9-14, Cagliari 1998).

I bacini dei corsi d'acqua che interessano il territorio comunale di Uta, come si può vedere nella Figura 19, ricadono interamente nella sottozona SZO 2. Per completezza, si riportano di seguito le espressioni matematiche e i relativi parametri di calcolo validi per tutte le sottozone; le formulazioni sono differenziate per i diversi metodi analizzati.

METODO PSFF

Per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

SZO1	$\alpha_2 = 0.46378 + 1.0386 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log_{10} T - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)
SZO2	$\alpha_2 = 0.44182 + 1.0817 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.18676 + 0.24310 \log_{10} T - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-2} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)
SZO3	$\alpha_2 = 0.41273 + 1.1370 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.19055 + 0.25937 \log_{10} T - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} + 7.6250 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)

METODO PAI

Per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

SZO1	$\alpha_2 = 0.4642 + 1.0376 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.18488 + 0.22960 \log_{10} T - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)
SZO2	$\alpha_2 = 0.43797 + 1.0890 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.18722 + 0.24862 \log_{10} T - 3.36305 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-2} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)
SZO3	$\alpha_2 = 0.40926 + 1.1441 \log_{10} T$	
	$n_2 = -0.19060 + 0.264438 \log_{10} T - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\log_{10} T)^2$	(per $\tau \leq 1$ ora)
	$n_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \log_{10} T$	(per $\tau > 1$ ora)

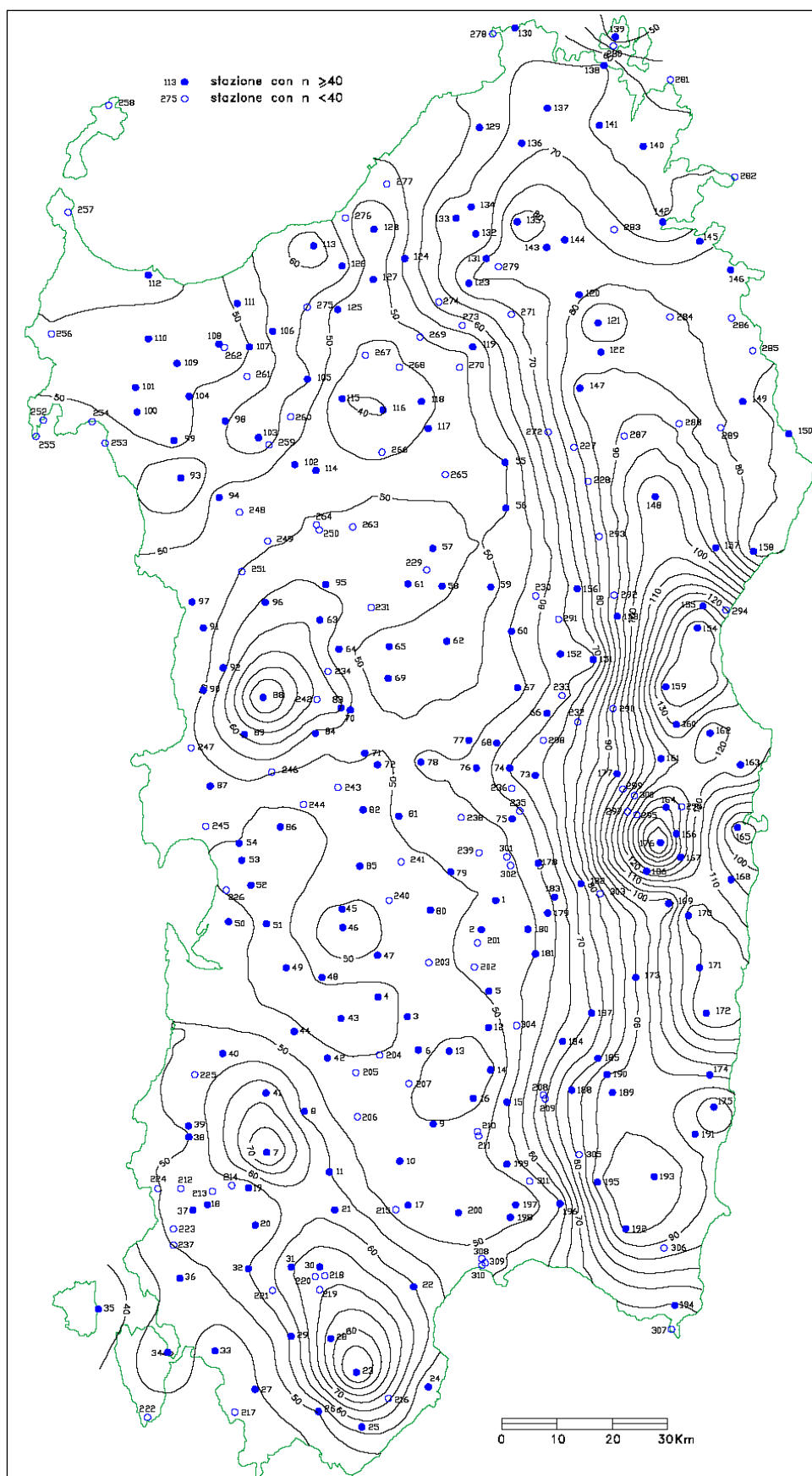


Figura 18 - Distribuzione spaziale dell'altezza di pioggia giornaliera
 (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca dell'Università di Cagliari, 1997)

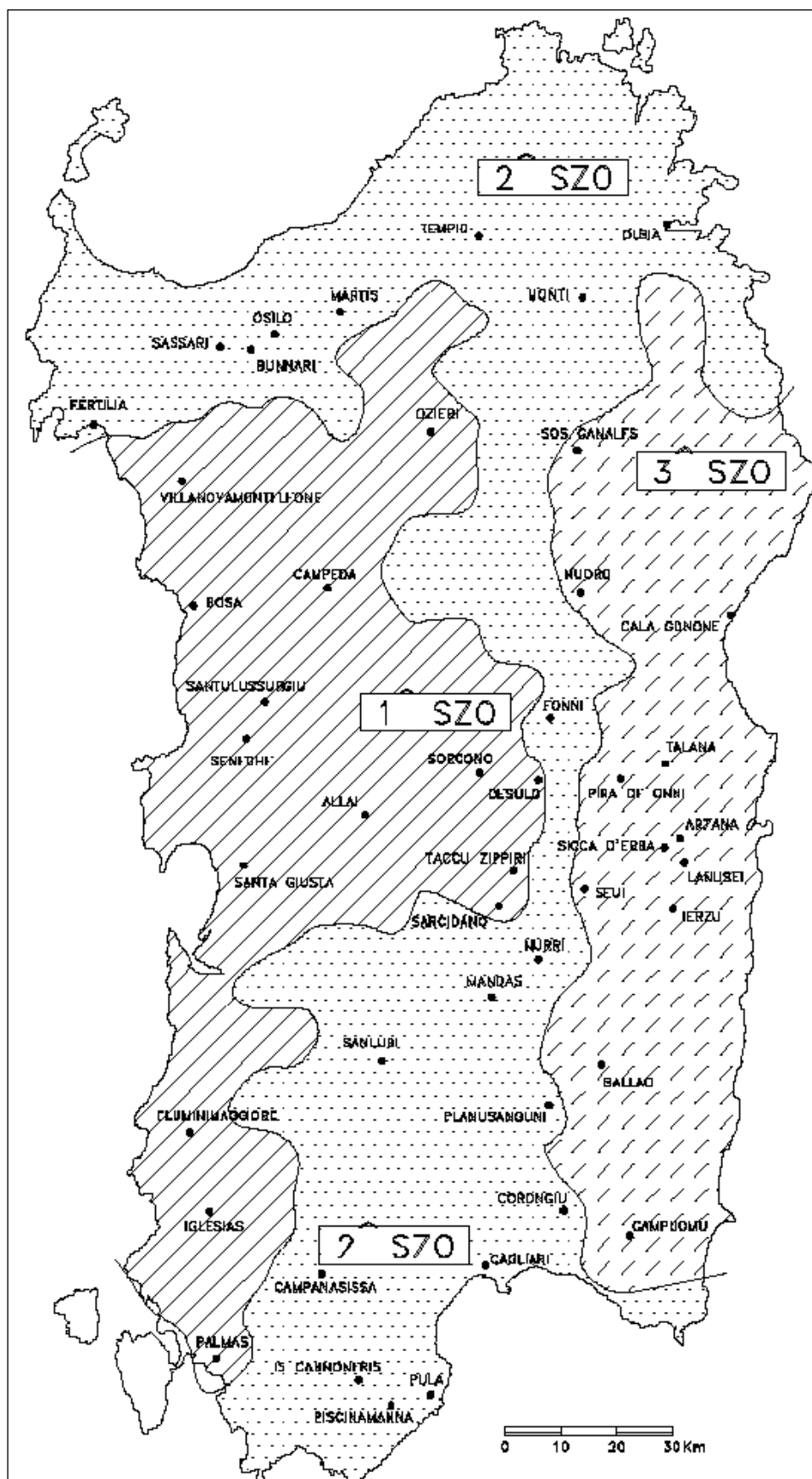


Figura 19 - Carta delle Sottozone Omogenee per le piogge brevi e intense in Sardegna.
 (da Deidda ed AL., 1993)

5.1.4 Coefficiente di riduzione areale

Quando si ricavano le altezze h di pioggia dalle curve di possibilità pluviometrica si suppone che tali valori corrispondano al centro di scroscio che viene individuato, per ipotesi, nel punto in cui vi è la stazione di misura.

Poi si considera tale pioggia uniformemente distribuita su tutto il bacino. In realtà la pioggia diminuisce allontanandosi dal centro di scroscio, quindi considerare quella stessa intensità di pioggia costante su tutto il bacino porta ad un errore per eccesso. Per tenere conto di questo fatto si è deciso di applicare alle altezze di pioggia ottenute un coefficiente di riduzione areale che è espresso da diverse formulazioni tra cui quella, utilizzata dal VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute (UK 1977):

$$ARF = 1 - f_1 \cdot T_p^{-f_2}$$

dove:

$$f_1 = 0,0394 \cdot S^{0,354}$$

$$f_2 = 0,4 - 0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2$$

$$f_2 = 0,4 - 0,003832 \cdot \ln(4,6 - \ln S) \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2$$

Per il coefficiente ARF si osserva che:

- diminuisce all'aumentare dell'area S ;
- aumenta all'aumentare della durata di pioggia T_p .

In base a tale coefficiente verranno ricavate delle altezze di pioggia h_i' pari alle altezze di pioggia lorda h_i calcolate con le curve di possibilità pluviometrica moltiplicate per il coefficiente ARF di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino.

5.1.5 Coefficiente di deflusso

Di fondamentale importanza per una corretta valutazione delle portate di piena è la stima del coefficiente di deflusso Ψ , che merita particolare attenzione perché può dar luogo a sottostime o sovrastime, anche rilevanti, della portata di piena.

Infatti non tutta l'acqua della precipitazione (PIOGGIA TOTALE) contribuisce alla portata superficiale, parte si infiltra nel sottosuolo e va ad alimentare le falde, parte viene assorbita dalle piante, parte ritorna in testa al ciclo idrologico sotto forma di vapore per fenomeni diretti di evaporazione o evapotraspirazione delle piante, parte viene immagazzinata nelle depressioni superficiali e come umidità del suolo, e infine vi è una parte, in genere la più cospicua, che va a formare il deflusso superficiale e scorre verso le zone di compluvio formando prima i rigagnoli quindi i torrenti e i fiumi arricchendosi sempre più in quantità.

La parte di pioggia totale che alimenta il deflusso superficiale è detta **pioggia netta** e il coefficiente di deflusso rappresenta appunto il rapporto tra tale pioggia e la pioggia totale.

Il coefficiente di deflusso individua le cosiddette perdite del bacino che dipendono da diversi fattori, in primo luogo dal tipo di terreno, dalla copertura vegetale e dalle condizioni iniziali di umidità. Per la sua determinazione sono stati proposti diversi metodi che vanno da semplici tabelle di riferimento che tengono in considerazione alcuni elementi come copertura del suolo e superficie del bacino ai metodi più complessi che cercano di tenere in conto della pluralità di fattori sopra riportati.

Uno di questi è il **Metodo Curve Number** elaborato dal Soil Conservation Service fin dal 1956 che è tra quelli più utilizzati ed è attualmente considerato tra i più appropriati riportati in letteratura. Nel rapporto VAPI per la Sardegna si è scelto di ricorrere a questo metodo, che consente di ricavare il valore della pioggia netta mediante la stima delle perdite di bacino dovute ai fenomeni di infiltrazione:

$$h_N = \frac{(h - I_a)^2}{h - I_a + f_s} \quad (1)$$

dove:

I_a = fattore di ritenzione iniziale;

f_s = capacità massima di assorbimento del bacino (è la massima quantità invasabile nel terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale).

Da riscontri sperimentali si è ricavato:

$$I_a = 0,20 \cdot f_s$$

quindi la (1) diventa:

$$h_N = \frac{(h - 0,20 \cdot f_s)^2}{h + 0,80 \cdot f_s} \quad (2)$$

f_s è collegato alle caratteristiche del suolo dalla seguente formula:

$$f_s = \frac{25400}{CN} - 254 \quad [\text{mm}] \quad (3)$$

Il CN è un indice numerico che descrive in percentuale la quantità d'acqua caduta nel suolo che contribuirà al deflusso superficiale. Può variare da 0 a 100 anche se in pratica oscilla tra 25 e 98; per esempio un'area completamente pavimentata può avere CN=98 e un campo coltivato CN≈25. In altre parole, come è evidente dalla (3) se CN è grande, l'infiltrazione f_s è piccola e quindi avremo elevati coefficienti di deflusso.

I valori del CN, che teoricamente possono variare tra zero (assenza di deflusso superficiale) e 100 (assenza di perdite per infiltrazione), si ricavano dalle tabelle del Soil Conservation Service in funzione principalmente dell'uso del suolo e della capacità di infiltrazione di questo ultimo.

USO DEL SUOLO	TIPO DI DRENAGGIO	CONDIZIONI IDROLOGICHE	TIPO DI TERRENO			
Terreno Residenziale			A	B	C	D
Zone urbane	85% impermeabile	qualsiasi	89	92	94	95
Zone industriali	72% impermeabile	" "	81	88	91	93
Case a schiera	65% impermeabile	" "	77	85	90	92
Ville isolate	25% impermeabile	" "	54	70	80	85
Parcheggi	100% impermeabile	" "	98	98	98	98
Parchi	75% a verde	" "	39	71	74	80
Strade pavimentate	Con cunette e fognatura	" "	98	98	98	98
Strade in macadam	---	" "	76	85	89	91
Strade sterrate	---	" "	72	82	87	89
Terreno Agricolo						
Prato stabile	---	qualsiasi	77	86	91	94
Seminativo	Solchi a rittocchino	Cattive	65	76	84	88
Seminativo	Solchi a rittocchino	Buone	63	75	83	87
Seminativo	Solchi a traversochino	Cattive	63	74	82	85
Seminativo	Solchi a traversochino	Buone	61	73	81	84
Seminativo	Terrazzato	Cattive	61	72	79	82
Seminativo	Terrazzato	Buone	59	70	78	81
Pascolo	---	Cattive	68	79	86	89
Pascolo	---	Discrete	49	69	79	84
Pascolo	---	Buone	39	71	64	80
Erbaio	---	qualsiasi	30	58	71	78
Terreno boschivo	---	Cattive	45	66	77	83
Terreno boschivo	---	Discrete	36	60	73	79
Terreno boschivo	---	Buone	25	55	70	77

Tabella 2: Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l'evento (AMCII)

È necessario tener conto delle condizioni iniziali di imbibimento del terreno attribuendo al terreno in esame una classe AMC (ANTECEDENT MOISTURE CONDITION):

AMC I	Terreno poco saturo
AMC II	Terreno mediamente saturo
AMC III	Terreno molto saturo
Riferiti a valori di saturazione analizzati in base ai 5 g.g. di pioggia precedenti l'evento.	

Tabella 3 - Valori del CN in funzione delle caratteristiche idrologiche dei suoli di copertura vegetale e per condizioni medie di umidità antecedenti l'evento (AMCII)

I valori del parametro CN tabellati in letteratura sono quelli riferiti a condizioni medie di umidità del terreno all'inizio della precipitazione e in funzione del tipo di terreno.

Gruppo	Tipo di terreno
A	Suolo con alta capacità di infiltrazione , anche se già bagnato. Principalmente sabbia e ghiaia, con strati profondi e ben drenati.
B	Suolo con moderata capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Moderato drenaggio profondo. Tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana
C	Suolo con piccola capacità di infiltrazione allorquando risultano bagnati. Solitamente presentano uno strato che impedisce il drenaggio verticale possiedono una tessitura da moderatamente fina a fina.
D	Suolo con molto piccola capacità di infiltrazione . Principalmente argille con alto potenziale di rigonfiamento; suoli con livello di falda alto e perennete; suoli con strati argillosi in superficie; suoli poco profondi su strati impermeabili o semi-impermeabili.

Tabella 4: suddivisione in classi del tipo di terreno in funzione della capacità di infiltrazione del suolo

I valori ricavati dalle tabelle sono stati riportati alla terza classe, definita come quella a potenziale di scorrimento superficiale massimo, attraverso la seguente relazione:

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

L'uso del suolo è stato ricavato dalla "Carta dell'Uso del Suolo in scala 1:25.000 – 2008"², elaborata dalla Regione Sardegna, suddivise in 77 tipologie organizzata gerarchicamente secondo la classificazione di dettaglio delle cinque categorie CORINE Land Cover fino a 5 livelli.

In via cautelativa, è stato impostato un valore di CN pari a 95; tale scelta permette di allineare l'analisi ai criteri di cautela richiesti dalle linee guida per la valutazione della significatività idraulica degli elementi del reticolo.

² Estratta dal "Catalogo dati" di SardegnaGeoportale della Regione Autonoma della Sardegna

5.2 Risultati dell'analisi idrologica

Relativamente all'area di studio è stato acquisito il modello digitale del terreno (DTM) con risoluzione 1m, dal Sistema Informativo Territoriale della Sardegna. A partire da questo è stata ricostruita la superficie del bacino idrografico del corso d'acqua e i relativi parametri.

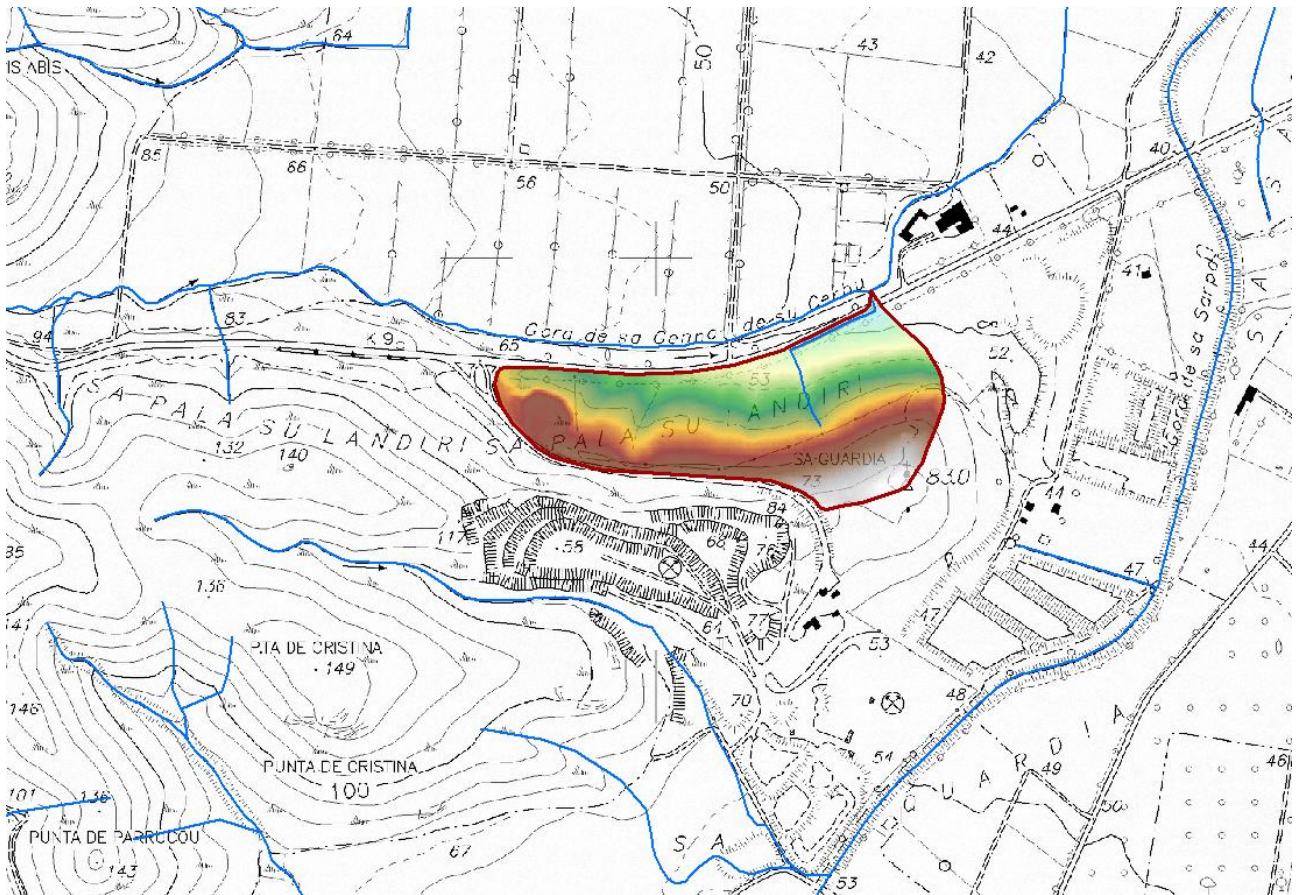


Figura 20 - Inquadramento cartografico del bacino idrografico (Sezione di chiusura: lat. 39°15'13.71"N; long. 8°55'19.13"E) su base CTR. In evidenza, il perimetro del bacino individuato mediante analisi GIS e la rappresentazione altimetrica.

La definizione dell'area di bacino è risultata particolarmente complessa a causa della ridotta estensione e delle specifiche caratteristiche morfologiche del sito, fattori che hanno richiesto una calibrazione accurata degli algoritmi per prevenire errori di sovrastima o sottostima del perimetro. In particolare, durante la delimitazione, è stata operata una selezione rigorosa delle superfici basata sulla topografia del terreno: sono state escluse dal computo tutte le superfici ubicate a valle del punto di attraversamento della strada provinciale SP2 poiché, essendo caratterizzate da quote inferiori rispetto a quelle di recapito, non contribuiscono al deflusso verso la sezione di chiusura. Al contrario, è stato integralmente incluso nel perimetro di bacino tutto il versante che, sulla base dell'analisi del DTM, risulta collocato a quote superiori rispetto alla sezione di chiusura. Il bacino in esame, come già accennato precedentemente, si configura come una realtà di piccolissime dimensioni, caratterizzato da una superficie totale di 0.0987 kmq.

Sotto il profilo altimetrico, il territorio si sviluppa tra la quota massima di 83.27 m s.l.m. e la sezione di chiusura idrografica (lat. 39°15'13.71"N; long. 8°55'19.13"E) posta a 44 m s.l.m.

Tali caratteristiche morfologiche predispongono l'area a risposte idrauliche estremamente rapide in concomitanza di eventi meteorici intensi.

Sulla base della zonizzazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), l'area ricade all'interno della Sottozona Omogenea 2 (SZO 2), con un valore di pioggia indice giornaliera pari a 65 mm. Di seguito si riportano le caratteristiche morfologiche del bacino in esame e dell'asta idrografica oggetto di studio.

Tabella 5 - Caratteristiche morfologiche del bacino in esame e dell'asta idrografica oggetto di studio

Parametri	Simbolo	Valore	[U.M]
Superficie	S	0,0987	Kmq
Perimetro	P	1.5179	Km
Altezza massima	Hmax	83,27	m
Altezza minima	Ho	44,00	m
Altezza media	Hm	62,09	m
Pendenza media bacino	i_{versante}	16,58	%
Lunghezza dell'asta principale	L	0,4109	Km
Pendenza media asta	i_m	0,0955	-
Pioggia indice giornaliera	μ_g	65	mm
Sotto Zona Omogenea	SZO	2	-

Nelle Tabelle 6 e 7 vengono presentati i risultati dei calcoli idrologici condotti rispettivamente con le formulazioni previste dalle linee guida del PAI e dall'Allegato 1.1 del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF). Le portate al colmo di piena sono state stimate per i tempi di ritorno standard applicando il metodo cinematico, all'interno del quale la durata critica della pioggia è posta pari al tempo di corrivazione calcolato secondo diverse espressioni di letteratura.

L'analisi comparativa dei risultati evidenzia una netta polarizzazione dei dati, strettamente dipendente dall'impostazione concettuale dei metodi utilizzati per la stima del tempo di corrivazione. Le formule empirico-regionali di Giandotti e VAPI mostrano i tempi di risposta più lunghi, compresi rispettivamente tra circa 33 e 48 minuti (0,55 h e 0,81h).

Di conseguenza, l'intensità di pioggia critica associata risulta inferiore, traducendosi nelle portate al colmo più basse del lotto. Tali formule risentono fortemente delle piccole dimensioni del bacino, trovandosi al di sotto del loro range di validità idrologica ottimale, storicamente tarato su macro-bacini.

Tempi di corrivazione Tc [h]		Q(TR50)	Q(TR100)	Q(TR200)	Q(TR500)
Giandotti	0,5506	1,2504	1,4549	1,6597	1,9342
Kirpich	0,0826	1,7181	1,8552	1,9985	2,2190
Pasini	0,1200	1,6910	1,8598	2,0314	2,2813
SCS	0,0924	1,7154	1,8631	2,0158	2,2462
VAPI	0,8071	1,1119	1,3091	1,5074	1,7717
Ventura	0,1293	1,6799	1,8538	2,0300	2,2845
Viparelli	0,1141	1,6975	1,8626	2,0310	2,2775

Tabella 6 - METODO PAI - Confronto delle portate [mc/s] per diversi tempi di ritorno (TR), calcolate in funzione dei differenti metodi per la stima del tempo di corrivazione (Tc)

Tempi di corrivazione Tc [h]		Q(TR50)	Q(TR100)	Q(TR200)	Q(TR500)
Giandotti	0,5506	1,2585	1,4677	1,6787	1,9637
Kirpich	0,0826	1,8240	2,0000	2,1900	2,4881
Pasini	0,1200	1,7707	1,9705	2,1798	2,4920
SCS	0,0924	1,8132	1,9974	2,1941	2,4976
VAPI	0,8071	1,1108	1,3086	1,5079	1,7744
Ventura	0,1293	1,7548	1,9581	2,1701	2,4838
Viparelli	0,1141	1,7806	1,9778	2,1850	2,4959

Tabella 7 - METODO PSFF - Confronto delle portate [mc/s] per diversi tempi di ritorno (TR), calcolate in funzione dei differenti metodi per la stima del tempo di corrivazione (Tc)

Al contrario, le formule idraulico-cinematiche di Kirpich, Pasini, SCS, Ventura e Viparelli mostrano una convergenza marcata, stimando tempi di risposta estremamente brevi e compresi tra i 5 e i 8 minuti (0,08 h e 0,13 h). Questi valori così ridotti rispecchiano fedelmente l'elevata pendenza media dell'alveo e la ridotta lunghezza dell'asta principale. Tempi di corrivazione nell'ordine di pochi minuti determinano intensità di pioggia di picco eccezionalmente elevate e, di riflesso, un forte incremento delle portate massime.

Il confronto diretto tra i risultati ottenuti applicando le curve segnalatrici del PAI e quelle del PSFF evidenzia che l'approccio del PSFF fornisce portate sistematicamente superiori rispetto al PAI per tutti i tempi di ritorno considerati, con scarti che tendono ad accentuarsi all'aumentare del tempo di ritorno (TR).

Le condizioni in assoluto più cautelative e prudenziali per la sicurezza del territorio (portate massime al colmo) variano a seconda dello scenario pluviometrico: per le curve del PAI, i picchi massimi per TR estremi sono restituiti dalle formule di Ventura e Pasini; per lo scenario PSFF, il metodo SCS si conferma il più gravoso sugli eventi rari.

6 COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Le risultanze della modellazione idrologica hanno determinato l'impossibilità di ricorrere alla modellazione idraulica per determinare le perimetrazioni della pericolosità. L'applicazione di modelli di propagazione idraulica, tipici dei corsi d'acqua strutturati, risulterebbe priva di significato fisico e tecnico in un contesto morfologico come quello in esame.

L'elemento idrografico interessato, infatti, non presenta né una sezione di deflusso definita, né dinamiche di trasporto idrico tali da giustificare l'elaborazione di un modello di calcolo complesso. In presenza di portate estremamente modeste e di un reticolo la cui natura disconnessa è stata accertata mediante sopralluoghi diretti, la modellazione idraulica fornirebbe risultati artefatti e non rappresentativi della reale dinamica del sito, non desumibili in quanto troppo modesti.

Pertanto, la dimostrazione della compatibilità idraulica è stata condotta attraverso una valutazione della significatività dell'elemento idrografico e dall'analisi delle variazioni indotte al regime del deflusso.

6.1 Significatività dell'elemento idrografico

In via preliminare, si ritiene fondamentale evidenziare che a seguito delle analisi condotte è emerso che l'elemento idrografico in esame non possiede i requisiti minimi morfologici, idraulici e di continuità necessari per essere identificabile come un corso d'acqua della rete idrografica superficiale. L'analisi geomorfologica di dettaglio e i sopralluoghi sul sito attestano che la linea d'impluvio digitalizzata non è supportata da un alveo stabile, da sponde definite o da un regime di deflusso, nemmeno di tipo effimero, che giustifichi la sua inclusione nel reticolo idrografico.

Tale tracciato sembra costituire un "documentato errore cartografico" derivante da una non corretta fotointerpretazione o da un'analisi automatica dei modelli digitali del terreno, le quali hanno erroneamente scambiato una via di drenaggio superficiale - accentuata dalle passate riconfigurazioni antropiche del terreno - per un'asta fluviale.

A tal proposito, le vigenti direttive regionali pongono l'aderenza alla realtà dello stato dei luoghi come il pilastro fondamentale dell'intera pianificazione di distretto. Il paragrafo 2.2 delle già citate *"Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico"* sancisce infatti l'obbligo tassativo secondo cui ogni elemento o modifica del reticolo debba essere rigorosamente rappresentativo dello stato attuale e reale dei luoghi. La norma ammette e disciplina esplicitamente la correzione dei tracciati qualora si riscontrino evidenti difformità tra la cartografia ufficiale e lo stato di fatto.

Ciò premesso, volendo operare in una condizione di estrema cautela, mantenendo l'elemento all'interno del database, si è condotta la valutazione della sua significatività secondo le medesime Linee Guida.

La valutazione dell'assetto idraulico del bacino idrografico interferito dall'ampliamento della cava Sa Guardia è stata condotta in stretto accordo con i criteri definiti dal paragrafo 2.3 delle suddette Linee Guida. Ai sensi di tale norma, un corso d'acqua (o un tratto di esso) afferente a un ordine gerarchico di Horton-Strahler pari a 1 o 2 e non ancora indagato da modellazioni ufficiali, può essere classificato come **"non significativo ai fini P.A.I."** qualora rispetti specifiche soglie geometriche e idrologiche condizionate dallo stato dei luoghi.

Nel caso specifico, l'area d'intervento si sovrappone a una porzione di territorio in prossimità di un'attività estrattiva; si applica pertanto la **soglia restrittiva di cui alla Lettera A)** delle Linee Guida regionali. Tale disposizione prevede la contestuale presenza di una **superficie di bacino sotteso inferiore a 0,10 km²** e di una **portata al colmo con tempo di ritorno bicentennale (Q_{TR200}) inferiore a 2,5 m³/s**.

I parametri morfometrici e idrologici determinati per l'area contribuyente attuale evidenziano il rispetto di entrambi i requisiti:

- **Estensione planimetrica:** la superficie del bacino idrografico sotteso si attesta su appena **0,0987 km²**, valore inferiore al limite normativo di 0,10 km².
- **Risultanze idrologiche (TR = 200 anni):** le portate al colmo calcolate assumendo i criteri massimi e più cautelativi imposti dall'Autorità di Bacino (tra cui l'adozione di un Curve Number CN(III) 95 e l'involuppo dei tempi di corrivazione teorici più gravosi oscillano in un intervallo compreso tra **2,031 m³/s** (metodo Pasini-PAI) e **2,194 m³/s** (metodo SCS-PSFF), rimanendo stabilmente al di sotto della soglia limite di 2,5 m³/s.

Tale classificazione attesta formalmente che l'elemento idrico in esame **non genera condizioni di pericolosità idraulica rilevanti per la pianificazione di distretto**.

Inoltre, si precisa che tale analisi è stata condotta adottando un approccio fortemente cautelativo; la delimitazione del bacino idrografico sotteso, infatti, ha volutamente integrato anche la porzione della scarpata di monte che come ampiamente rappresentato nel Capitolo 3 "Inquadramento idrografico" in realtà potrebbe essere scomposta ulteriormente in virtù della presenza di ulteriori canalette di scolo artificiali derivanti dalle sistemazioni agrarie e forestali del versante.

6.2 Variazioni indotte al regime del deflusso

Il cambiamento del regime del deflusso superficiale del bacino idrografico a seguito dell'ampliamento dell'attività estrattiva presso la cava Sa Guardia rappresenta una evoluzione morfologica che implica un reindirizzamento dei volumi idrici superficiali. Questo fenomeno, dal punto di vista idraulico, si traduce in una ridefinizione dello spartiacque topografico con il conseguente spostamento di una quota di deflusso dal bacino del Sa Gora de Sa Genna de Su Cervu (situato a nord) verso quello del Riu Is Cresieddas (situato a sud).

Tale modifica, derivante dall'ampliamento del fronte di scavo, determina una redistribuzione delle aree drenanti tale per cui la porzione di bacino direttamente sovrapposta all'area di cava, pari a una superficie d'intervento di appena 0.0539 kmq, per effetto della naturale pendenza del nuovo

profilo modificato dallo scavo non alimenterà più il reticolo idrografico settentrionale ma scorrerà verso meridione, assecondando la nuova morfologia impressa al sito.

Sotto il profilo quantitativo, le risultanze della modellazione idrologica condotta a monte evidenziano che l'entità delle portate al colmo generate dal bacino originario si attesta su valori decisamente modesti in termini assoluti, come sopra più volte riportato.

I volumi idrici transiteranno lungo le aree di ripristino e riempimento della cava dismessa. La natura di tali terreni, contraddistinta da un'elevata permeabilità, favorirà una profonda infiltrazione nel sottosuolo, agevolando la ricarica della falda acquifera locale. In termini di assetto idraulico complessivo, l'effetto combinato dello spostamento locale dello spartiacque e dell'alto potere filtrante del terreno esclude categoricamente qualsiasi incremento della pericolosità idraulica. L'analisi evidenzia infatti che i volumi idrici interessati dalla deviazione sono estremamente esigui e modesti in partenza; per loro stessa natura, non possiedono l'entità quantitativa necessaria a determinare mutamenti o scompensi rilevanti nel regime idraulico del Riu Is Cresieddas. Quest'ultimo, peraltro, costituisce comunque il recapito finale dell'intero sistema d'area, dato che lo stesso Sa Gora de Sa Genna de Su Cervu confluisce naturalmente nel Riu Is Cresieddas poco più a valle. Il transito della quota parte di deflusso superficiale attraverso il suolo permeabile della cava dismessa rallenta l'idrogramma di piena, garantendo che l'immissione finale nel corpo idrico recettore avvenga in modo graduale e in perfetto equilibrio con l'assetto idrogeologico territoriale.

Ne consegue che l'attestarsi delle condizioni di non significatività dell'elemento idrografico, l'esigua entità delle portate e l'allontanamento e la naturale redistribuzione dei deflussi verso il ricettore meridionale (Riu Is Cresieddas), sui terreni di riempimento ad elevato potere filtrante della cava dismessa garantiscono il regolare deflusso delle acque meteoriche in totale equilibrio con l'assetto idrogeologico locale, escludendo qualsiasi aggravio del rischio idraulico territoriale.

7 CONCLUSIONI

Sulla base delle analisi documentali e delle verifiche dirette effettuate in sito, si riassumono di seguito gli esiti dello studio di compatibilità idraulica relativo al progetto di prosecuzione e ampliamento della cava "Sa Guardia".

- Le indagini condotte hanno dimostrato in modo inequivocabile la totale assenza dei requisiti fisici, funzionali e morfologici che giustificerebbero l'identificazione dell'elemento "092090_FIUME_1988" come corso d'acqua naturale soggetto a tutela demaniale ai sensi dell'art. 822 c.c.. I sopralluoghi hanno accertato che il tracciato in esame è una direttrice artificiale di drenaggio, realizzata mediante scavo meccanico in terra in occasione delle pregresse attività di forestazione del sito. Tale opera è priva di alveo inciso, di sponde definite e di dinamiche di trasporto solido, caratteristiche che ne confermano l'origine antropica e la funzione di mera scolina di sgrondo locale. Tale evidenza è ulteriormente supportata dalla nota del Servizio del Genio Civile di Cagliari (RAS AOO 08-01-00 Prot. Uscita n. 21218 del 24/04/2026), che ne esclude esplicitamente la competenza ai sensi del R.D. 523/1904.
- Ai fini della pianificazione di distretto, la valutazione condotta secondo i criteri delle vigenti "Linee guida per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico" (Aggiornamento maggio 2025) attesta che l'elemento in questione non genera condizioni di pericolosità idraulica rilevanti. I parametri idrologici calcolati, basati sui criteri di massima cautela (CN(III)=95), confermano che il bacino imbrifero sotteso (0,0987 kmq) e le portate al colmo con tempo di ritorno bicentennale (inferiori a 2,2 mc/s) risultano al di sotto delle soglie di significatività fissate dalla norma per il declassamento degli elementi idrografici (0,10 kmq e 2,5 mc/s).

In ottemperanza all'Art. 23, comma 9 delle NTA del PAI, l'intervento in progetto risulta compatibile con l'assetto idrogeologico territoriale in quanto

- **Gestione dei deflussi:** l'ampliamento della cava, pur comportando una lieve redistribuzione locale dello spartiacque, non incrementa il carico idraulico sui ricettori a valle. Il recapito dei deflussi verso meridione, attraverso le aree di ripristino della cava dismessa, favorisce l'infiltrazione e il naturale ravvenamento della falda grazie all'elevata permeabilità dei terreni, garantendo un transito graduale delle acque.
- **Assenza di aggravio:** il progetto non introduce ostacoli al deflusso né riduzioni significative della capacità di invaso, garantendo che le condizioni di sicurezza idraulica dell'area permangano in perfetto equilibrio con l'assetto idrogeologico locale.

Alla luce di quanto esposto, si conclude che l'intervento di ampliamento della cava "Sa Guardia" non comporta alcun peggioramento delle condizioni di pericolosità idraulica né interferisce negativamente con la funzionalità del reticolo idrografico, configurandosi come pienamente compatibile con gli strumenti di pianificazione vigenti.