



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

PROVINCIA DI ORISTANO

COMUNE DI POMPU

**ADEMPIMENTI E VERIFICHE DI CUI ALLE DIRETTIVE  
IN MATERIA DI OPERE INTERFERENTI AL  
RETICOLO IDROGRAFICO NEL COMUNE DI POMPU**

in attuazione dell'art. 22 delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Committente: Amministrazione Comunale di Pompu

il Sindaco  
ing. Moreno Atzei

il Responsabile del procedimento  
geom. Loredana Scanu

Elab.

**A.1**

Relazione idrologica e idraulica  
relativa alla verifica delle opere  
interferenti con il reticolo fluviale

il progettista  
ing. Simone Cuccu

## **GENERALITÀ**

Il presente studio riporta le risultanze delle verifiche idrauliche delle opere stradali interferenti con il reticolo fluviale e di dreno di competenza del Comune di Pompu, conseguenti allo studio idrologico e idraulico del territorio, secondo quanto previsto dalla *“Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti”* e a seguito di apposito finanziamento stabilito mediante D.G.R. n. 67/2 del 16.12.2016 recante *“Contributo alle Province e ai Comuni per gli adempimenti e verifiche di cui alle Direttive in materia di opere interferenti con il reticolo idrografico. Programmazione risorse annualità 2016 e 2017. L.R. 30.6.2011, n. 12, art. 16, comma 6”*, cui si è aggiunta la D.G.R. n. 39/6 del 31.07.2018 recante *“Contributo alle Province, alla Città Metropolitana e ai Comuni per gli adempimenti e verifiche di cui alle Direttive in materia di verifiche di sicurezza e attivazione del Repertorio Regionale delle Frane di cui all’articolo 46 delle Norme di attuazione del PAI. Programmazione risorse annualità 2018 e 2019. L.R. 30.6.2011, n. 12, art. 16, comma 6”*.

Per i motivi suesposti si è reso necessario analizzare i vari sub-bacini sottesi dalle opere d’arte da verificare e stabilendo, mediante apposita modellazione idraulica dei corsi d’acqua, il livello raggiunto dal battente idrico in corrispondenza delle interferenze per un tempo di ritorno  $Tr=200$  anni.

La relazione si articola definendo il contesto generale nel quale si inserisce l’attività di studio e indagine, sia dal punto di vista geografico che normativo, cui fanno seguito le analisi idrologica e idraulica con le indicazioni principali delle risultanze delle verifiche in oggetto e le relative conclusioni. Fanno, infine, parte dello studio:

- le schede di verifica delle opere interferenti, costituite da una descrizione analitica delle opere oggetto di indagine sia relativamente a quelle per cui è stato stabilito un tempo di ritorno dell’opera, sia per quelle che a priori non rispettano il franco previsto dalla normativa e che pertanto non rispettano la normativa vigente;
- le schede di verifica dei canali tombati;
- la carta indicante la collocazione delle varie opere indagate;
- la relativa carta della pericolosità quale definita dalla modellazione.

## **INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO**

Il Comune di Pompu fa parte della Provincia di Oristano ed è situato nella parte centro-occidentale della Sardegna nella regione storica dell'Alta Marmilla, ad una distanza di circa 25 km in direzione sud-est dal capoluogo.

Il territorio, dal punto di vista idraulico, è connotato dalla presenza del Riu Flumineddu, uno dei principali attributi del Riu Mogoro. Il Flumineddu, nel suo tratto iniziale raccoglie le acque di altri quattro rii (Laccus, Cannamega, Fenugu e Su Favi, oltre al Masoni brebeis) e, dopo avere incontrato il Riu Sessini proveniente da nord, si dirige a sud, tagliando in due il territorio di Pompu. Su di esso poi convergono una serie di rii minori quali Cuelis, Serra monti e Pixinas in destra idraulica e Gora Bingias in sinistra.

Lo studio ha riguardato, oltre al territorio di pertinenza del Comune di Pompu, porzioni di territorio dei comuni limitrofi quali Morgongiori; Curcuris e Simala, su cui si estendono alcuni dei bacini imbriferi che interagiscono direttamente o indirettamente con il sistema idraulico di Pompu.

Per lo studio sono state considerate le seguenti carte di base:

- la Cartografia Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:10.000, in particolare le Sezioni 539-060 "Morgongiori" e 539-020 "Ales";
- la carta I.G.M. scala 1:25.000 del territorio analizzato.

Sono stati poi impiegati ulteriori strumenti di analisi Google Earth, ortofoto e immagini satellitari, oltre che le indagini e i rilievi in situ.

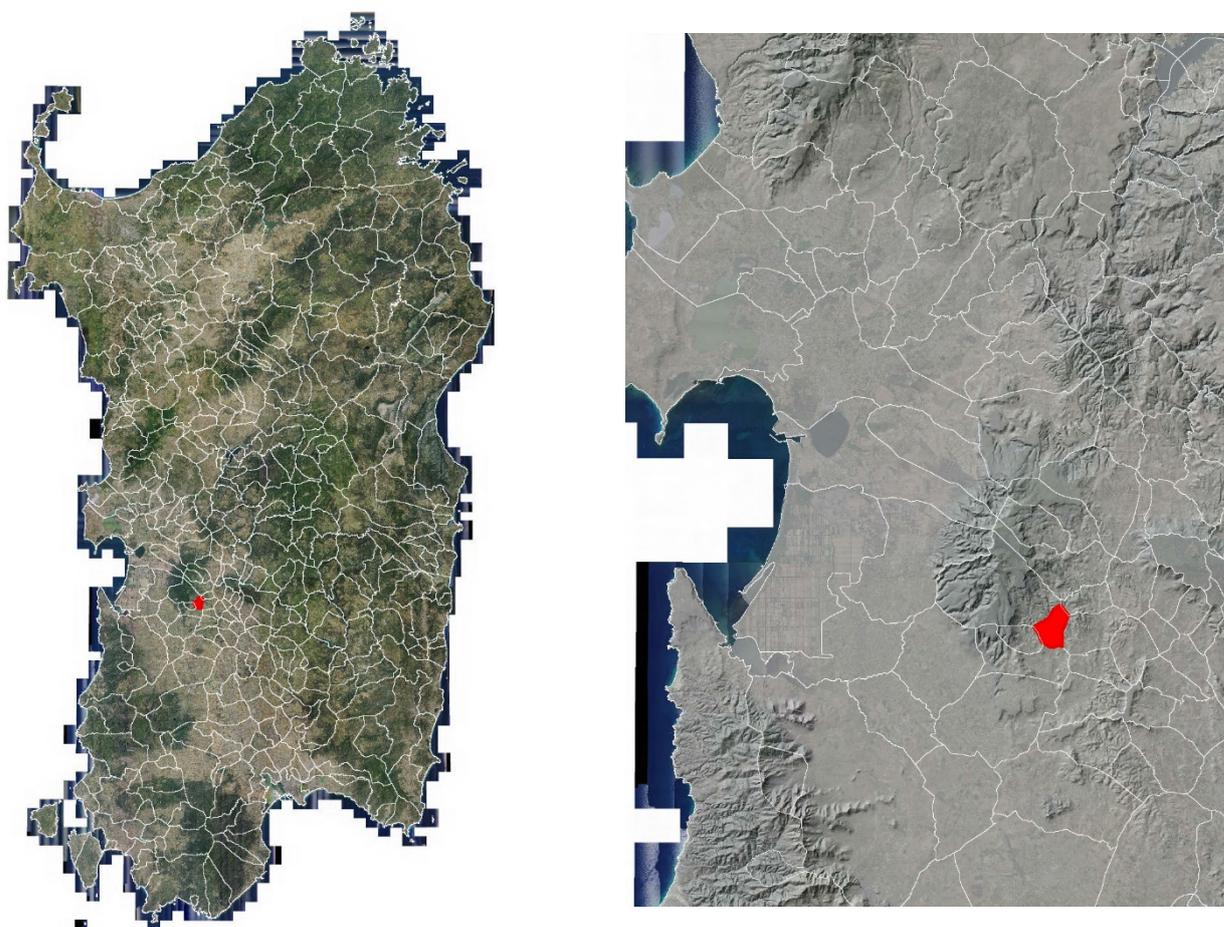


Fig. n. 1 e n. 2 – Territori comunali della Sardegna e Comune di Pompu su ortofoto

## **PIANIFICAZIONE DI SETTORE**

### **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**

Il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), redatto dalla Regione Autonoma della Sardegna ai sensi del D.L. n. 180 del 11/06/1998, convertito con L. n. 267 del 03/08/1998, è stato emanato con D.P.R. Sardegna n. 67 del 10/07/2006. Nel 2008, nel 2010 e nel 2013 sono state approvate modificazioni e varianti, l'ultima delle quali legata all'approvazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni in data 30/07/2015.

Il PAI è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa ed alla valorizzazione del suolo, alla prevenzione del rischio idrogeologico, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio interessato.

Il PAI individua le aree soggette a inondazioni e a fenomeni franosi. Ne consegue una determinazione di tre entità, *pericolosità*, *elementi a rischio* e *rischio*, delle quali pericolosità e rischio classificati in funzione di quattro differenti tempi di ritorno (50, 100, 200, 500 anni).

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Il PAI non ha studiato corsi d'acqua ricadenti nel territorio del Comune di Pompu.

### **Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF)**

Il Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF), redatto dalla Regione Autonoma della Sardegna ai sensi dell'art. 17, comma 6 della L. n. 183 del 19/05/1989 quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della legge precedentemente riportata, è stato approvato mediante nuova procedura e in via preliminare dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna con D.C.I. n. 1 del 20/06/2011. Successivamente, nel 2012 e nel 2013 sono intervenuti una nuova adozione preliminare e la adozione definitiva, con D.C.I. n. 1 del 20/06/2013 con un iter che si è concluso con la definitiva adozione mediante D.C.I. n. 1 del 07/07/2015.

Il PSFF, come il PAI, 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. Costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico 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.

Analogamente al PAI, anche il PSFF individua le aree soggette a fenomeni di allagamento ragionando in termini di *pericolosità*, *elementi a rischio* e *rischio*. Tuttavia, pericolosità e rischio sono stati classificati in funzione di cinque differenti tempi di ritorno 2 (non presente nel PAI), 50, 100, 200, 500 anni.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Il PSFF non ha studiato corsi d'acqua ricadenti nel territorio del Comune di Pompu.

## **Del. Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 31/01/2014**

A seguito dell’evento calamitoso di carattere alluvionale definito “Cleopatra” e verificatosi nel Novembre del 2013, il Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino ha deliberato l’approvazione di una cartografia che tenesse conto delle aree di allagamento riscontrate e segnalate dai comuni interessati. Tali aree risultano d’ufficio interessate da vincolo classificato Hi4.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** La porzione di territorio oggetto di studio non è perimetrata ai sensi della citata delibera.

## **Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (PGR)**

La versione finale e approvazione definitiva del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è stata adottata con D.C.I. n. 2 del 15/03/2016 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino della Sardegna in attuazione di quanto previsto dal D.Lgs. n. 152/2006, art. 13, e dal D.Lgs. n. 49/2010, art. 7 oltre che della Direttiva 2007/60/CE. Sono stati poi effettuati una serie di integrazioni mediante delibere del C.I. (l’ultima nel marzo del 2019) con l’aggiornamento delle pericolosità nell’ambito della definizione degli Scenari di intervento strategico e coordinato.

Con esso si intende coordinare e coinvolgere tutti gli aspetti della gestione del rischio alluvioni con particolare riferimento alle misure non strutturali e di interventi strutturali finalizzati alla prevenzione, protezione e preparazione rispetto al verificarsi di detti eventi alluvionali e alle conseguenze negative che ne derivano per la salute umana, il territorio, i beni, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Dal punto di vista operativo il PGR si integra e si coordina con il PAI e con il PSFF, in particolare come evidenziato dall’introduzione del Titolo V delle Norme di Attuazione del PAI cui si devono uniformare gli studi di natura idrogeologica sin dal 30/07/2015.

Per quanto concerne poi il quadro conoscitivo che il PGR ha il compito di ricomporre, nell’ambito della pericolosità sono stati considerate le aree interessate dall’evento alluvionale “Cleopatra” del 18/11/2013, oltre alle aree già individuate da PAI, PSFF e dai vari studi a livello locale ex art. 8 delle NA del PAI.

Sempre nel PGR, dal punto di vista metodologico, vengono apportate due significative novità rispetto a quanto definito dal PAI. Infatti le classi di pericolosità sono definite in funzione di quanto stabilito dalla Direttiva alluvioni e suddivise pertanto in tre classi, in luogo delle quattro previste dal PAI. In particolare si hanno: P3 aree a pericolosità elevata (corrispondente alla Hi4 del PAI); P2 aree a pericolosità media (Hi2 e Hi3); P1 aree a pericolosità bassa (Hi1). Il secondo aspetto riguarda l’introduzione del *danno potenziale* che tende ad integrare e estendere il concetto di *elemento a rischio* dal quale peraltro deriva mediante la moltiplicazione di questi con il fattore di vulnerabilità. Anche il danno potenziale è distinto in quattro classi che vanno dal *moderato o nullo* al *molto elevato*.

**Indicazioni relative alla zona oggetto dello studio.** Il PGR per sua caratteristica intrinseca riprende le aree di pericolosità emerse dagli studi che lo hanno preceduto nel tempo, motivo per il quale non è indicata perimetrazione alcuna nell’intero territorio.

Per completezza, si riporta che l'aggiornamento del PGRA mediante la D.C.I. n. 1 del 05/03/2019 individua uno scenario di intervento strategico e coordinato che non interessa la zona oggetto di intervento.

## **LO STUDIO DEI BACINI**

### **I corsi d'acqua e i bacini di riferimento**

Il territorio comunale di Pompu è caratterizzato da una orografia che permette all'acqua di scorrere prevalentemente in alvei incisi e media/elevata pendenza. Questi si sviluppano in una campagna limitatamente infrastrutturata pertanto con il reticolo idrografico superficiale pressoché naturale, seppure oggetto di regimazione nell'ambito urbano e periurbano

La presenza di numerosi corsi d'acqua, seppure di piccole dimensioni, comportano effetti benefici in termini idraulici, in quanto si attua una sorta di processo di laminazione diffuso sul territorio che favorisce lo smaltimento delle precipitazioni con conseguenti impatti ridotti su persone, beni e opere. I corsi d'acqua analizzati in prima istanza sono quelli indicati nello strato 04\_ELEMENTO\_IDRICO del geoportale della Sardegna aggiornato ad agosto 2015, integrati dai rii presenti nella cartografia I.G.M. scala 1:25.000.

In particolare, l'idrografia superficiale della zona è connotata dalla presenza del maggiore corso d'acqua della zona, il *Riu Flumineddu*, che si sviluppa partendo dalle pendici del Monte Arci, in territorio di Morgongiori in direzione W-E fino a monte dell'abitato di Pompu, per prendere poi la direzione N-S.

Il Riu Flumineddu è anche il ricettore degli altri rii minori:

- *Riu Su Favi, Riu Fenugu, Riu Cannamega e Riu Laccus*, che, insieme *Gora Masoni brebeis* arrivano dalle pendici del Monte Arci in territorio di Morgongiori e insieme costituiscono il principio del Riu Flumineddu, a nord dell'abitato di Pompu;
- *Riu Sessini*, che si immette da nord sul Flumineddu e a sua volta è alimentato dal *Fiume\_19699* e da *Gora Enna ezzas*, provenienti da Curcuris;
- *Gora Cuelis, Gora Serra monti e Gora Pixinas* sono invece attributi minori che quasi parallelamente, a da ovest verso est, in sinistra idraulica arrivano al Flumineddu, interessando, in maniera differente il paese, con alcuni tratti tombati;
- *Gora Bingias*, che a sua volta è il ricettore di due aste minori (*Fiume\_13941* e *Gora Cani*), arriva dal territorio di Simala, e converge sul Flumineddu in sinistra da est quasi in prossimità del limite comunale.

I rii in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: l'origine montana; il percorso articolato in incisioni di limitate dimensioni, talvolta in corrispondenza di vallecicole; un numero imitato di attraversamenti viari. Si tratta di corsi d'acqua naturali, talvolta oggetto di interventi puntuali di sistemazione idraulica.

Complessivamente la superficie drenante analizzata è pari a circa 25,3 km<sup>2</sup> (5,1 km<sup>2</sup> circa la superficie del Comune).

Per potere definire i valori di portata per ogni sezione di studio, si è reso necessario analizzare il reticolo idrografico del comune di Pompu con conseguente individuazione dei vari sub-bacini dei

quali si è poi definito il valore delle grandezze morfometriche, che sono alla base del calcolo idrologico prima e idraulico poi.

Nell'Allegato n. 1 – Opere interferenti censite – Tabella riassuntiva sono riportati i principali dati caratteristici delle opere d'arte rilevate ulteriormente dettagliati e arricchiti nelle schede dell'Elab. B - Schede di verifica idraulica delle opere interferenti con il reticolo fluviale e dell'Elab. C - Scheda di verifica idraulica dei canali tombati.

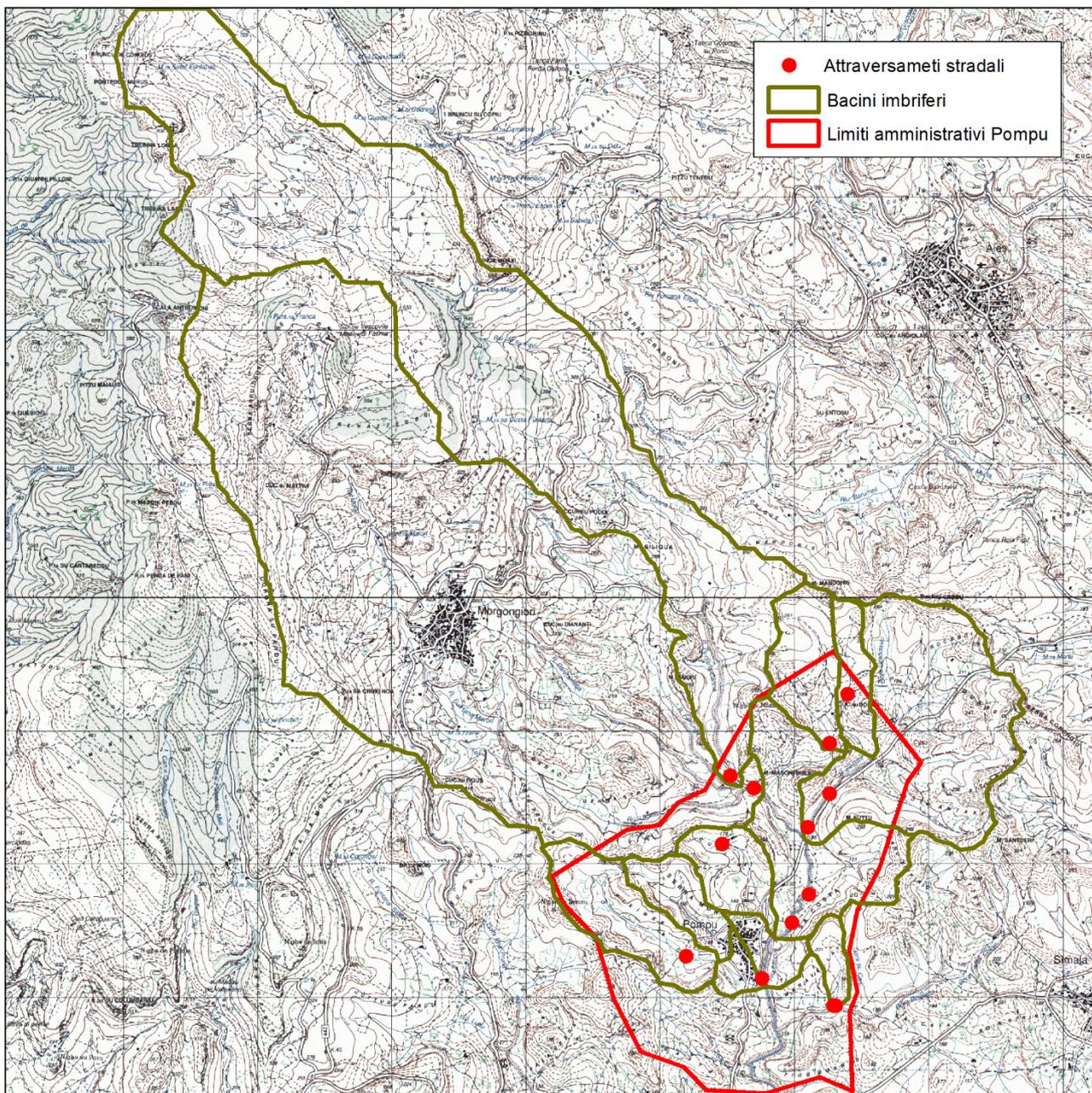


Fig. n. 3 – Collocazione delle opere interferenti all'interno dei sub-bacini studiati

### Individuazione dei parametri morfometrici

I parametri analizzati e funzionali ai calcoli idraulici e idrologici sono i seguenti:

- superficie del bacino  $S$ ;

- altezza media del bacino  $H_m$ , calcolata mediante la formula

$$H_i = \frac{\sum_i S_i \cdot h_i}{\sum_i S_i};$$

- pendenza media del bacino  $p_b$ , calcolata mediante la formula di Alvard-Horton  $i_b = \frac{\Delta h \cdot \sum_i l_i}{\sum_i S_i}$ ;

- lunghezza dell'asta principale  $L$ ;

- pendenza media dell'asta fluviale  $i$ , calcolata mediante la formula

$$\sqrt{i} = \frac{L}{\sum_n \frac{l_n}{\sqrt{i_n}}}$$

sub-bacino	codice opera d'arte	Superficie del bacino	Alitudine massima	Alitudine minima	Alitudine media	Dislivello complessivo	Pendenza media del	Lunghezza dell'asta	Pendenza dell'asta	Quota della sezione di chiusura	Curve Number	
		$S$	$H_{max}$	$H_{min}$	$H_{med}$	$H_{max} - H_{min}$	$p_m$	$L$	$i$	$H_{min}$	$CN$	
		[km <sup>2</sup> ]	[m slm]	[m slm]	[m slm]	[m]	[%]	[km]	[%]	[m slm]	[adim]	
1	FIUME_13941	G817_SC_0002	0,13	212,78	130,00	174,05	82,78	0,26	0,43	0,19	130,00	92,27
2	Riu Flumineddu D - TOMBATO -	G817_SC_0004	21,68	802,78	124,37	384,98	678,42	0,25	9,18	0,07	124,37	89,37
3	Riu Flumineddu A	G817_SC_0005	16,32	802,78	144,67	446,58	658,11	0,25	7,44	0,09	144,67	88,93
4	Riu Sessini B	G817_SC_0006 G817_SC_0007	2,22	322,88	138,50	212,26	184,38	0,27	2,15	0,09	138,50	90,89
5	Riu Su Favi	G817_SC_0008	6,77	802,78	145,30	509,50	657,48	0,25	7,25	0,09	145,30	88,40
6	Gora Pixinas A	G817_SC_I001	0,64	261,97	139,92	199,24	122,04	0,28	1,30	0,09	139,92	91,58
7	Gora Cuelis	G817_SC_I002	0,36	240,00	129,63	177,89	110,37	0,27	0,90	0,12	129,63	90,97
8	Gora Masoni brebeis A	G817_SC_I003	0,50	327,60	170,00	226,82	157,60	0,23	1,01	0,16	170,00	91,14
9	FIUME_19699	G817_SC_I004	0,27	322,88	159,57	211,57	163,31	0,20	1,20	0,14	159,57	91,89
10	Riu Flumineddu C	G817_SC_I005	20,09	802,78	128,66	400,85	674,12	0,25	8,79	0,08	128,66	89,23
11	Gora Serra monti - TOMBATO -	-	0,30	244,57	139,72	192,25	104,86	0,32	0,79	0,13	139,72	90,99

Tab. n. 1 - Caratteristiche morfometriche dei sub-bacini analizzati

## Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI.

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

**I suoli.** I suoli sono stati classificati partendo dalla Carta geologica - elementi areali della Sardegna (*geologiaAreali2008*) aggiornata al 2008, disponibile sul sito [www.sardegna.geoportale.it](http://www.sardegna.geoportale.it), nella quale sono stati suddivisi in quattro gruppi, come previsto dal metodo del Curve Number, in funzione delle caratteristiche geologiche delle aree in questione.

**L'uso del suolo.** Analogamente a quanto previsto per i suoli, il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza (*usoSuolo2008*), disponibile sul sito [www.sardegnageoportale.it](http://www.sardegnageoportale.it). In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale Protezione Civile Nazionale.

**Umidità del suolo.** In merito al calcolo della umidità del suolo e relativamente all'impiego del metodo del Curve Number, si fa riferimento allo schema che individua la condizione di umidità antecedente (AMC) in funzione della precipitazione anteriore di 5 giorni.

Calcolo del parametro CN

Il programma CORINE (COOrdination of INformation on Environment) è stato definito dalla Commissione Europea nel 1985 con lo scopo di organizzare la raccolta di informazioni sull'ambiente e le risorse naturali della Comunità. Il programma ha previsto tra gli altri aspetti in particolare la produzione e raccolta di ricostruzioni dell'uso del suolo. Il progetto CORINE Land Cover ha dunque portato alla elaborazione di una mappa relativa alla copertura d'uso del suolo estesa a tutta la Comunità Europea, secondo una metodologia univoca, per la prima volta nel 1990, facendo sì che tale schema diventasse uno standard di riferimento assoluto.

Il valore del CN all'interno del singolo sub-bacino è compreso tra 0 e 100 (crescente in funzione della minore permeabilità del suolo) e lo si è ottenuto mediante l'attribuzione di appositi valori di CN distinti in funzione degli areali. Tali valori, ottenuti per incrocio delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i quattro tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente, sono stati oggetto di un recente aggiornamento (febbraio 2019) che ha portato ad una nuova determinazione del CN(II) su scala regionale, come riportato in dettaglio nello studio del Dipartimento Geologico dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS.

Pertanto, i valori di Curve Number associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE), corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche restituiscono valori del cosiddetto CN corretto.

Si definisce poi un ulteriore incremento del CN in funzione delle condizioni di umidità del terreno nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico di riferimento. In particolare la formula impiegata riguarda la cosiddetta condizione AMCIII, definita dalla formula

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

definendo in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo.

Infine, i diversi valori di CN corretti zona per zona sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la formula

$$CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$$

in cui  $S_i$  è la superficie i-esima associata al valore i-esimo di CN corretto.

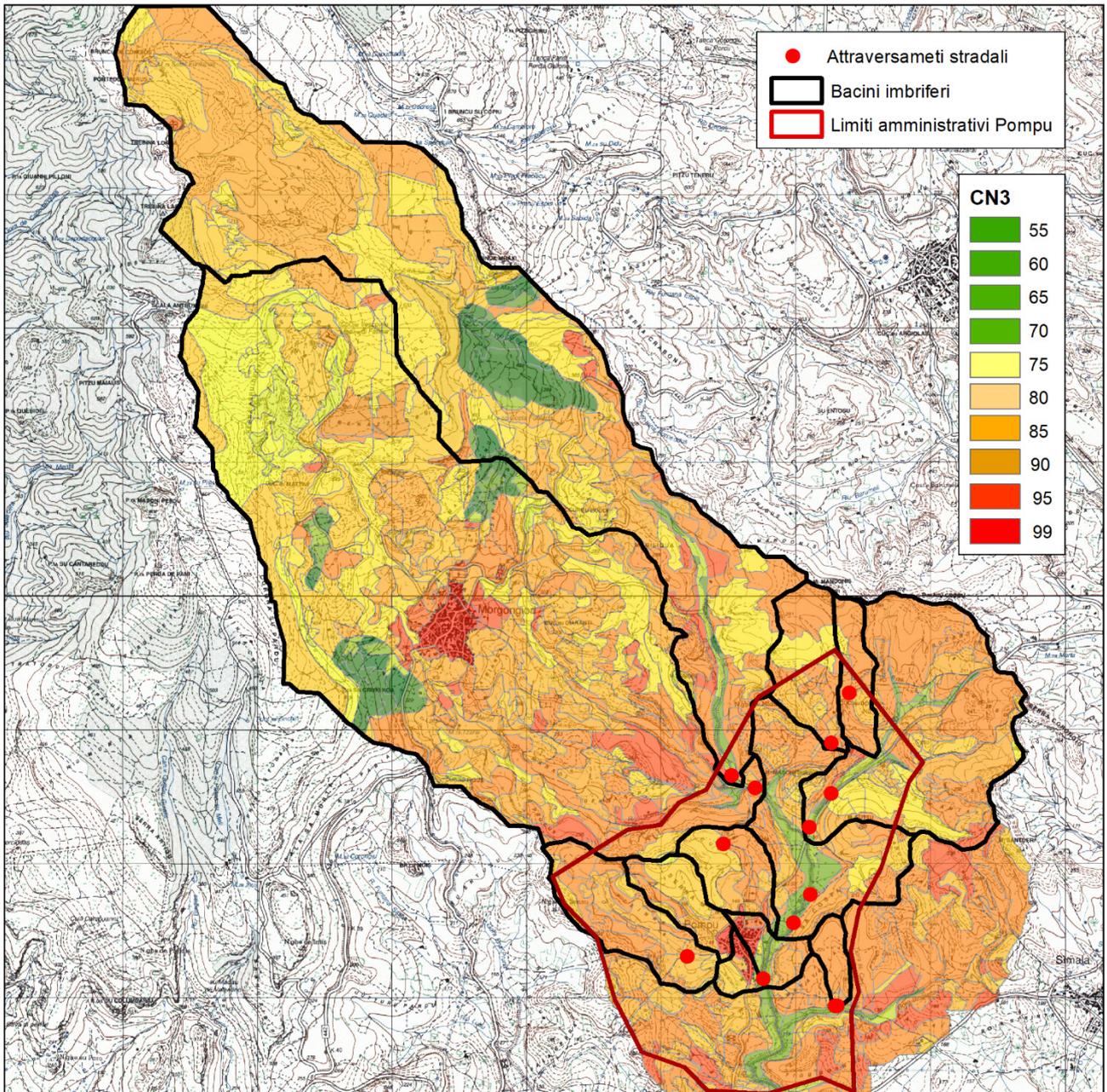


Fig. n. 4 – Carta del CN(III) del territorio studiato

## VALUTAZIONE DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA

### Aspetti metodologici

Per quanto concerne la metodologia da impiegare per la valutazione delle portate di piena dei bacini oggetto dello studio, il Piano stralcio per Assetto Idrogeologico della Sardegna prevede l'impiego di:

- **metodi diretti**, attraverso i quali si elabora i dati di portata disponibili per i singoli corsi d'acqua conosciuti;
- **metodi indiretti**, attraverso i quali si supplisce all'insufficienza dei dati in possesso mediante apposite elaborazioni di dati riguardanti osservazioni rilevati su altri corsi d'acqua, affini o per morfologia o per collocazione idrologica, oppure si elaborano attraverso modelli afflussi-deflussi i dati di precipitazione registrati per quel bacino;
- **studi specifici**.

Nel caso dei bacini in oggetto, per la valutazione della portata di massima piena, si fatto riferimento al metodo indiretto indicato nel Rapporto Regionale Sardegna "Valutazione delle piene in Sardegna", il quale si basa sul metodo razionale (o metodo cinematico) con curva di possibilità pluviometrica TCEV.

Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV

L'equazione su cui si basa il metodo razionale è la seguente:

$$Q = \Phi \cdot \frac{h \cdot A}{3,6 \cdot t_p} \cdot \varepsilon \cdot r;$$

in cui:

$Q$  = portata di massima piena [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$\Phi$  = coefficiente di afflusso [adim];

$h$  = altezza di pioggia ragguagliata sul bacino [mm];

$A$  = superficie del bacino [ $\text{km}^2$ ];

$r$  = coefficiente di ragguaglio [adim];

$\varepsilon$  = coefficiente di laminazione [adim];

$t_p$  = durata di pioggia critica [h].

**Altezza di pioggia  $h$ .** Il valore dell'altezza di pioggia ad un dato periodo di ritorno  $T$  è dato in letteratura dalla formula generale secondo cui

$$h(T) = a \cdot d^n .$$

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel territorio regionale si basa, tuttavia sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV della variabile adimensionale  $h'(T)$  definita come

$$h'(T) = \frac{h(d)}{\bar{h}(d)},$$

vale a dire il massimo annuale di pioggia per una durata  $d$ , normalizzato rispetto alla media  $\bar{h}$  e successivamente sul calcolo della  $\bar{h}(d)$  per le diverse durate di precipitazione  $d$ .

Pertanto, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica normalizzata è, per ciascun tempo di ritorno  $T$

$$h(T) = a \cdot d^n = h'(T) \cdot \bar{h}(d) = a_1 \cdot a_2 \cdot d^{n_1+n_2}$$

in cui

$a$  [adim] e  $n$  [mm/h] = parametri espressi in scala logaritmica in funzione del tempo di ritorno  $T$  e delle caratteristiche climatiche delle zone in esame. In particolare, i parametri della curva di possibilità climatica si determinano in base a:

$$a = a_1 \cdot a_2 \quad \text{e} \quad n = n_1 + n_2,$$

in cui i coefficienti  $a_1$  e  $n_1$  si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera  $\bar{h}_g$  che è la media dei massimi annui di precipitazione giornaliera.

Il metodo TCEV applicato al caso della Sardegna definisce detti parametri in funzione di una suddivisione in zone della territorio e in funzione della durata della pioggia. Più precisamente, la sottozona in cui ricadono i bacini imbriferi relativi ai corsi d'acqua che interessano il territorio di Pompu riguardano la zona n. 2 (SZO 2). Si distingue poi:

- per  $T \leq 10$  anni

$$a_2 = 0,66105 + 0,85994 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \cdot \log_{10} T$$

- per  $T > 10$  anni

$$a_2 = 0,46378 + 1,0386 \cdot \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18449 + 0,23032 \cdot \log_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} \cdot (\log_{10} T)^2 \quad \text{se } t_p \leq 1 \text{ [h]}$$

$$n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \cdot \log_{10} T \quad \text{se durata della pioggia } t_p > 1 \text{ [h]}$$

Indi, la pioggia media per diverse durate  $\bar{h}(d)$ , detta anche pioggia indice, è funzione della pioggia giornaliera  $\bar{h}_g$ , mediante l'espressione:

$$\bar{h}(d) = a_1 \cdot d^{n_1} = \frac{\bar{h}_g}{0,886 \cdot 24^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}} \cdot d^{(-0,493+0,476 \cdot \log \bar{h}_g)}$$

I riferimenti numerici da inserire nelle relative relazioni si ricavano dallo "Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna" di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993), secondo il quale la pioggia media giornaliera  $\bar{h}_g$  è stata calcolata effettuando la media pesata, sull'intera superficie del bacino in oggetto, di tutte le altezze di pioggia ricadenti su quel territorio. Nel caso in questione è stata impiegata  $\bar{h}_g = 50$  mm.

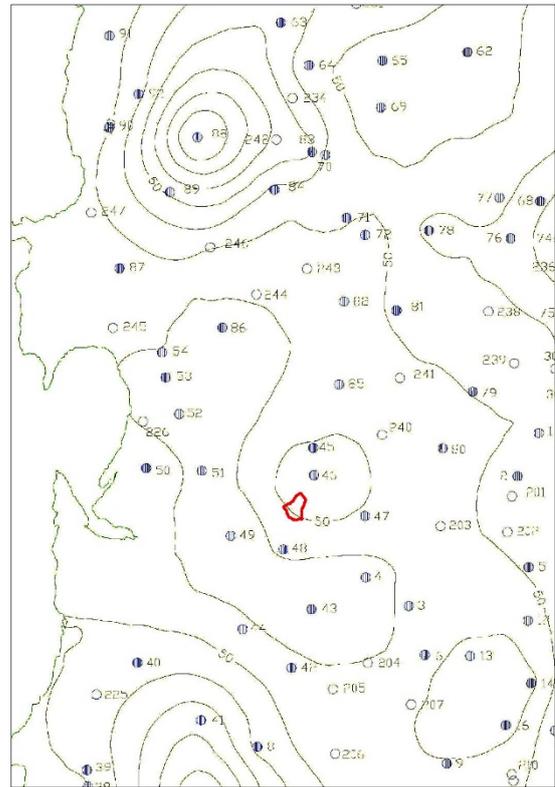
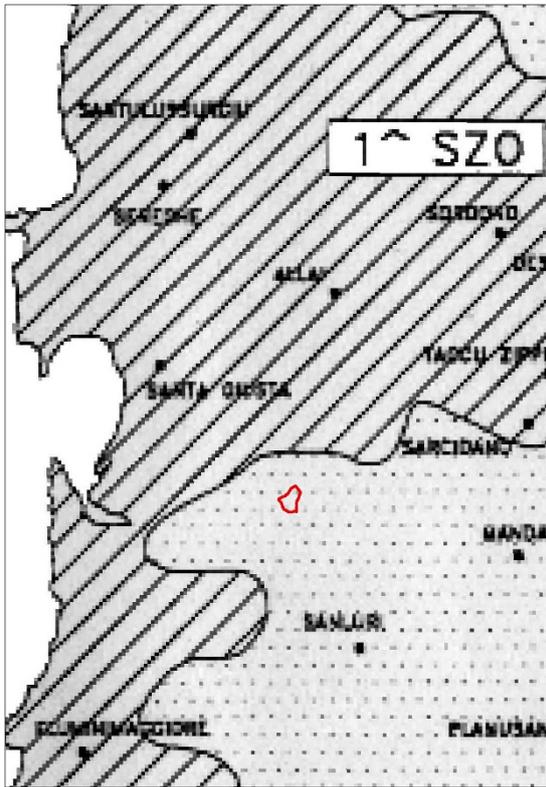


Fig. n. 5 e n. 6 - Sottozona di competenza e massime precipitazioni giornaliere nell'Alta Marmilla

Il **coefficiente di ragguaglio  $r$**  è funzione dell'area del sub-bacino e della durata della pioggia critica. Nel caso in questione si fa riferimento al metodo usato nel VAPI Sardegna, che fa riferimento al Flood Studies Report del Wallingford Institute, secondo cui:

$$r = 1 - (0,0394 \cdot S^{0,354}) \cdot d^{-0,40+0,0208 \cdot \ln(4,6 - \ln S)} \quad \text{per } S < 20 \text{ km}^2;$$

$$r = 1 - (0,0394 \cdot S^{0,354}) \cdot d^{-0,40+0,000382 \cdot \ln(4,6 - \ln S)} \quad \text{per } S > 20 \text{ km}^2;$$

**Pioggia netta  $h_{netta}$  e coefficiente di afflusso  $\Phi$ .** Il valore del coefficiente di afflusso lo si ricava applicando il metodo del SCS-Curve Number dello U.S. Department of Agriculture degli Stati Uniti (1972), secondo il quale

$$h_{netta} = \frac{(h - I_a)^2}{(h + A - I_a)};$$

in cui:

$h$  = pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità;

$A$  = rappresenta l'assorbimento del bacino [mm], dato dalla seguente formula

$$A = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right);$$

$I_a$  = assorbimento iniziale, legato empiricamente a  $S$  dalla relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot A;$$

con

$CN$  = parametro di assorbimento che si calcola in funzione della specifica sezione idrologica mediante il metodo SCS-CN, secondo quanto precedentemente riportato.

In particolare, si è proceduto individuando il tipo di suolo prevalente e il corrispondente gruppo di appartenenza, attribuendo i diversi valori di CN zona per zona. Indi è stata effettuata una media pesata in relazione al tipo di copertura vegetale esistente, come da formula  $CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$ .

Il valore del coefficiente di afflusso  $\Phi$  lo si ottiene poi mediante la relazione  $\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$ .

In merito al coefficiente di afflusso, i risultati ottenuti dalla calcolo del Curve Number portano a valori percentuali relativamente bassi. Questi trovano una giustificazione nel fatto che la campagna di Pompu, e quindi i vari sottobacini considerati, sono caratterizzati da un territorio che, avendo caratteristiche morfo-litologiche di carattere prevalentemente alluvionale, è contraddistinto da un medio-alto grado di permeabilità del suolo. Il che si tramuta in una decurtazione sostanziale del quantitativo di acqua che si converte in portata critica nella sezione di valle.

Infine, l'intensità di pioggia netta  $i_n$  si ottiene mediante la formula seguente:

$$i_n = \frac{h}{t_c}$$

**Durata della pioggia critica  $t_p$ .** nel caso del modello di corrivazione la durata della pioggia critica è data da:

$$t_p = t_c + t_f;$$

in cui:

$t_c$  = tempo di corrivazione ricavabile mediante diverse formule di seguito elencate;

$t_f$  = è il tempo di formazione del ruscellamento superficiale, ricavabile (in maniera iterativa) mediante la formula

$$t_f = \frac{I_a}{i},$$

secondo cui

$i$  = intensità di pioggia corrispondente alla pioggia critica.

**Tempo di corrivazione  $t_c$ .** Il calcolo del tempo di corrivazione si effettua mediante l'applicazione di alcune formule, ognuna delle quali si adatta ad un contesto specifico meglio delle altre.

$$t_c = 1,67 \cdot \frac{1.000 \cdot L^{0,8} \cdot \left(\frac{100}{CN} - 9\right)^{0,7}}{1.900 \cdot p_m^{0,5}} \quad [\text{min}] \quad \text{Soil Conesevation Service;}$$

$$t_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{S}{p_m}} \quad [\text{h}] \quad \text{seconda formula di Ventura;}$$

$$t_c = \frac{1,5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{S}}{0,8 \cdot \sqrt{H_{med} - H_{min}}} \quad [\text{h}] \quad \text{formula di Giandotti;}$$

$$t_c = \frac{0,108 \cdot \sqrt[3]{S - L}}{\sqrt{i}} \quad [\text{h}] \quad \text{formula di Pasini;}$$

$$t_c = \frac{L}{3.600 \cdot V_m} \quad [\text{h}] \quad \text{formula di Viparelli};$$

$$t_c = 0,212 \cdot S^{0,231} \cdot \left(\frac{H_{med}}{i}\right)^{0,289} \quad [\text{h}] \quad \text{formula VAPI-Sardegna};$$

in cui

$V_m$  = velocità media di scorrimento [m/s], normalmente compresa tra 1 e 1,5 [m/s] e in questo caso assunta pari a 1 [m/s].

Sono di seguito riportati i risultati ottenuti distinti per sub-bacino e per formulazione.

	sub-bacino	codice opere d'arte	formulazione impiegata [h]					
			Soil Conservation Service (SCS)	Ventura	Giandotti	Pasini	VAPI	Viparelli
1	FIUME_13941	G817_SC_0002	0,09	0,10	0,39	0,09	0,94	<b>0,08</b>
2	Riu Flumineddu D - TOMBATO -	G817_SC_0004	<b>1,16</b>	2,18	2,51	2,32	5,12	1,70
3	Riu Flumineddu A	G817_SC_0005	<b>1,00</b>	1,73	1,97	1,80	4,75	1,38
4	Riu Sessini B	G817_SC_0006 - G817_SC_0007	<b>0,33</b>	0,65	1,34	0,62	2,44	0,40
5	Riu Su Favi	G817_SC_0008	<b>1,00</b>	1,10	1,39	1,31	4,00	1,34
6	Gora Pixinas A	G817_SC_I001	<b>0,21</b>	0,33	0,84	0,33	1,75	0,24
7	Gora Cuelis	G817_SC_I002	<b>0,17</b>	0,22	0,67	0,21	1,37	0,17
8	Gora Masoni brebeis A	G817_SC_I003	<b>0,19</b>	0,23	0,72	0,22	1,48	0,19
9	FIUME_19699	G817_SC_I004	0,23	<b>0,18</b>	0,67	0,20	1,31	0,22
10	Riu Flumineddu C	G817_SC_I005	<b>1,13</b>	2,06	2,36	2,19	5,03	1,63
11	Gora Serra monti - TOMBATO -	-	<b>0,14</b>	0,19	0,58	0,18	1,32	0,15

In neretto le formulazioni adottate per il singolo sub-bacino

Tab. n. 2 - Tempi di corrivazione

Relativamente ai tempi di corrivazione, tra le varie formule impiegate si è optato per i valori di velocità più bassi, in modo da privilegiare le condizioni idraulicamente più onerose, come è possibile evincere dalla tabella riassuntiva sopra riportata.

**Coefficiente di laminazione  $\epsilon$ .** Il coefficiente di laminazione nel caso dei sub-bacini in questione è stato preso cautelativamente pari alla unità, anche in considerazione del fatto che l'esigua estensione degli stessi comporta fenomeni di laminazione molto limitati.

## Portata al colmo

I valori di portata stimati (metodo indiretto) sono di seguito riportati e distinti per bacino e per tempo di ritorno.

sub-bacino	codice opera d'arte	Portate [m3/s]				
		Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni	
1	FIUME_13941	G817_SC_0002	1,66	1,85	2,06	2,40
2	Riu Flumineddu D - TOMBATO -	G817_SC_0004	117,93	145,46	173,79	212,16
3	Riu Flumineddu A	G817_SC_0005	93,28	115,81	139,09	170,74
4	Riu Sessini B	G817_SC_0006 - G817_SC_0007	19,96	23,73	27,63	33,12
5	Riu Su Favi	G817_SC_0008	38,53	48,03	57,87	71,27
6	Gora Pixinas A	G817_SC_I001	6,85	7,99	9,17	10,87
7	Gora Cuelis	G817_SC_I002	3,64	4,23	4,85	5,77
8	Gora Masoni brebeis A	G817_SC_I003	5,12	5,97	6,86	8,15
9	FIUME_19699	G817_SC_I004	3,11	3,60	4,10	4,84
10	Riu Flumineddu C	G817_SC_I005	110,08	136,00	162,70	198,90
11	Gora Serra monti - TOMBATO -	-	3,13	3,61	4,12	4,88

Tab. n. 3 - Valori di portata suddivisi per tempo di ritorno

# **CRITERI DI CALCOLO PER LA INDIVIDUAZIONE DEL FRANCO IDRAULICO**

## **La modellazione idraulica**

### Criteria

Ognuno dei tratti oggetto di esame è stato oggetto di apposita analisi morfologica del corso d'acqua e delle condizioni al contorno, mediante rilievi in situ e ragionando su tempi di ritorno  $T$  di 50, 100, 200 e 500 anni, secondo quanto previsto dalle Linee guida del PAI.

Nei tratti in esame, applicando le metodologie per la simulazione degli eventi di piena ad ogni singolo tratto fluviale, sono state ricavate le portate al colmo di piena corrispondenti ai tempi di ritorno indicati. Le aree interessate da eventi con  $T = 50$  anni rappresentano, in maniera più estesa e quindi più cautelativa rispetto a quanto riportato nella letteratura scientifica, la cosiddetta "fascia di pertinenza fluviale", ovvero la zona limitrofa a quella di un corso d'acqua in cui le varie forme planimetriche, relitte o temporaneamente abbandonate, possono essere attivate o riattivate nel corso di eventi di piena, consentendo la libera divagazione dell'alveo all'interno di una definita porzione di territorio. I tempi di ritorno compresi tra i 100 e 200 anni caratterizzano eventi di piena assunti di norma come riferimento nella pratica comune della progettazione di opere di ingegneria civile destinate alla difesa idraulica di centri abitati, residenziali o produttivi, o di infrastrutture di una certa importanza quali ponti, autostrade, strade. L'esperienza indica poi il raggiungimento di un giusto equilibrio tra grado di sicurezza e costo dell'opera per i tempi di ritorno per l'appunto secolari con  $T = 100 - 200$  anni. Ai tempi di ritorno  $T = 500$  anni corrispondono eventi eccezionali, di notevole rarità e quindi di intensità assai elevata. L'individuazione e perimetrazione delle aree che possono risultare soggette a tale tipo di rischio, assume importanza ai fini della predisposizione di piani di allertamento e protezione civile.

In particolare, nello studio in questione l'attenzione è stata per l'appunto focalizzata sui valori di portata ricavati per il tempo di ritorno  $T = 200$  anni, come peraltro richiesto dalla *"Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti"*.

### Il modello

Le verifiche idrauliche sono state condotte, nell'ipotesi di moto permanente, mediante l'ausilio del software River Analysis System realizzato dell'Hydrologic Engineering Center degli Stati Uniti (HEC-RAS v. 4.1).

Il codice di calcolo HEC-RAS utilizzato per la definizione dei profili idraulici in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali (o artificiali), necessita in primo luogo delle informazioni relative alla geometria del corso d'acqua in un'apposita sezione (geometric data), all'interno della quale si devono definire il corso del fiume (reach), la geometria delle sezioni (cross section geometry), la distanza fra le sezioni (reach length) e il coefficiente di scabrezza secondo la formulazione di Manning, rappresentativo delle perdite di carico. In questa sezione sono disponibili altre opzioni, fra le quali la procedura di interpolazione fra una sezione e l'altra (XS Interpolation), particolarmente

utile quando occorre infittire il numero di sezioni, qualora i rilievi originali siano troppo distanti fra loro. Inoltre, è possibile definire la quota delle sponde (left and right elevations) e degli argini (levees) e inserirle nella sezione delle aree dove l'acqua arriva ma non contribuisce al deflusso (ineffective flow areas) e delle coperture (lids).

È altresì possibile fornire la geometria dei ponti in una sezione (bridge and culvert data) nella quale si definiscono per ogni ponte l'impalcato (deck/roadway), le pile (piers), le spalle (sloping abutments) e le condizioni di calcolo (bridge modelling approach).

Successivamente occorre impostare la sezione relativa alle condizioni di moto (steady flow data), definendo la portata di riferimento per le diverse sezioni fluviali e le condizioni al contorno (boundary conditions). A questo punto il codice di calcolo è pronto per eseguire le varie elaborazioni nella sezione denominata steady flow analysis. I risultati delle computazioni idrauliche sono proposti attraverso tabelle riepilogative (cross-section table e profile table) e grafici delle sezioni geometriche (plot cross-section), del profilo longitudinale (plot profile) - vedi *Elab. 1.0.2 – Report analisi idraulica* - e, infine, tramite una visione prospettica tridimensionale del sistema fluviale (x, y, z perspective plot) comunque non allegata al presente studio.

#### Coefficienti adottati

I valori del parametro di scabrezza  $n$  di Manning adottati nel corso della simulazione idraulica fanno stretto riferimento a quelli riportati nella letteratura tecnica e in particolare alle indicazioni fornite dal HEC-RAS, ovviamente tenendo conto delle varie condizioni verificate *in situ*.

La sezione tipo dei corsi d'acqua oggetto di studio è stata suddivisa in tre tratti omogenei, che si possono identificare come:

- 1 - sponda sinistra dell'alveo inciso;
- 2 - alveo centrale;
- 3 - sponda destra dell'alveo inciso.

Adottando la schematizzazione indicata sopra, si riesce a rappresentare più in dettaglio le caratteristiche di scabrezza del corso d'acqua.

Dal che, le condizioni attuali dei corsi d'acqua e dei manufatti hanno portato alla scelta dei valori del coefficiente di resistenza di Manning come di seguito definiti:

- |               |   |
|---------------|---|
| $n = 0,035$ : | Natural Streams – Main Channels – Clean straight full no rifts or deep pools but more stones and weeds per l' alveo centrale; |
| $n = 0,040$ : | Natural stream – Pasture no brush – High grass per le sponde destra e sinistra dell'alveo inciso.                             |

Da evidenziare il fatto che, per ognuno di questi parametri era possibile scegliere tra valori alto, medio e basso. In virtù dello stato di manutenzione dei rii la scelta è ricaduta sostanzialmente sui valori medi

#### Condizioni al contorno

Le *condizioni al contorno di monte* sono date dalle portate in ingresso e dalla pendenza media dell'alveo.

La *condizione al contorno di valle* dei corsi d'acqua oggetto dello studio è stata ricavata in automatico dal calcolo delle sezioni in corrispondenza delle intersezioni con il corso d'acqua ricettore, utilizzando il metodo del momento con il bilancio energetico di seguito descritto.

Inoltre, per simulare l'immissione della confluenza degli attributi sui fiumi ricettori si è utilizzato l'opzione junction. Una junction è sostanzialmente un punto in cui due o più corsi d'acqua si uniscono oppure si separano. I dati richiesti per la risoluzione di un problema di questo tipo, ovvero il calcolo del profilo della superficie libera lungo la junction, sono la distanza di ogni corso dalla junction e l'angolo con cui essi incidono. In HEC-RAS una junction può essere modellizzata tramite o un bilancio dell'energia o un bilancio della quantità di moto. Il primo di questi bilanci non tiene conto degli angoli con cui i corsi si incontrano, di cui invece tiene conto l'equazione della quantità di moto inserendo la lunghezza del tratto di interconnessione tra le due sezioni e l'angolo di incidenza dei due corsi d'acqua che confluiscono. Nella simulazione si è adottato il metodo del momento.

## **Verifiche**

Le verifiche, eseguite tramite il software HEC-RAS, sono state eseguite in condizioni di moto permanente.

Nell'*Elab. A.2 – Report analisi Idraulica* sono presenti i dati delle elaborazioni e i tiranti idrici conseguenti.

## **VERIFICHE DI SICUREZZA**

### **Opere interferenti**

Con D.C.I. dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 20/05/2015 aggiornata con D.C.I. n. 2 del 27/10/2015, è stata approvata la *"Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti"* in virtù di quanto riportato all'art. 22 delle Norme di attuazione del PAI. La Direttiva in questione prevede che i proprietari o i gestori pongano in essere una serie di adempimenti atti a verificare che le opere non determinino condizioni di rischio idraulico e comunque siano legati alla redazione di progetti di interventi manutentivi e di adeguamento, oltre che a definire le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente.

La verifica non si rende necessaria nel caso di opere progettate ai sensi delle previsioni delle N.A. del PAI e se si verificano contemporaneamente le seguenti condizioni: bacino idrografico sotteso non inferiore a 0,5 km<sup>2</sup>; portata idrica inferiore a 10 m<sup>3</sup>/s calcolata con specifico tempo di corrivazione, metodo e valore minimo di CN(III).

L'elenco delle opere da verificare è stato fornito dall'Agenzia regionale del distretto idrografico della Sardegna, con particolare riferimento agli attraversamenti di competenza del Comune di Pompu.

Occorre poi precisare che a quelle indicate dall'Autorità di bacino si sono aggiunte quelle individuate in situ, motivo per il quale si è passati dalle iniziali 8 alle finali 14 indagate, comprensive di quelle che non sono state oggetto di scheda di verifica in quanto non rispettanti a priori la normativa vigente in materia di franco idraulico.

Il risultato della modellazione è riportato nell'*Elab. A.2 - Report idraulico*, mentre l'*Elab. B - Schede di verifica idraulica delle opere interferenti con il reticolo fluviale* riporta la scheda con l'indicazione delle principali grandezze idrauliche, oltre che li elementi descrittivi dell'opera d'arte.

Nell'*Elab. 2 - Carta della pericolosità idraulica* è riportata infine la pericolosità che ne scaturisce dallo studio.

Per quanto riguarda le condizioni di sicurezza dei corsi d'acqua e delle opere collegate, non si riscontrano scalzamenti della struttura nel loro complesso, urti o abrasioni provocati dalla corrente di particolare significanza, né scalzamento delle strutture di imbocco. Non si hanno poi eventuali fenomeni franosi o inneschi di potenziali colate detritiche che possano minare la funzionalità, per quanto insufficiente alla verifica del canale. Per quanto concerne poi il trasporto solido, esso è circoscritto a piccole quantità di sabbia e materiale lapideo di piccola pezzatura e a sfalci di vegetazione o materiale organico di vegetazione in decomposizione.

## **Canali tombati**

Con D.C.I. dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 20/05/2015 aggiornata con D.C.I. n. 2 del 27/10/2015, è stata approvata la "*Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti*" in virtù di quanto riportato all'art. 22 delle Norme di attuazione del PAI. La Direttiva in questione definisce contenuti e modalità operative per le verifiche di sicurezza dei canali tombati esistenti, preliminari alla redazione di relativi progetti di manutenzione o adeguamento comunque volti alla mitigazione del rischio presente.

Dette verifiche di sicurezza riguardano, nell'ambito del corso d'acqua oggetto di tombatura, lo studio della modellazione idraulica e i relativi effetti della portata di piena duecentenaria ( $T_r=200$  anni) con il rispetto del franco pari almeno al 50% del valore prescritto dall'art. 21 delle N.A. del PAI. Nel caso in cui questo non sia rispettato la modellazione può essere eseguita applicando l'ipotesi del canale completamente ostruito e considerando lo scorrimento al di fuori del canale dell'intera portata per i vari tempi di ritorno.

Il risultato della modellazione è riportato nell'*Elab. A.2 - Report idraulico*, mentre l'*Elab. C - Schede di verifica idraulica dei canali tombati* riporta la scheda con l'indicazione delle principali grandezze idrauliche, oltre che gli elementi descrittivi dell'opera d'arte.

Per quanto riguarda le condizioni di sicurezza dei corsi d'acqua e delle opere collegate, nel tratto tombato non si riscontrano scalzamenti della struttura nel loro complesso, urti o abrasioni provocati dalla corrente di particolare significanza, né scalzamento delle strutture di imbocco. Non si hanno poi eventuali fenomeni franosi o inneschi di potenziali colate detritiche che possano minare la funzionalità, per quanto insufficiente alla verifica del canale. Per quanto concerne poi il trasporto solido, esso è circoscritto a piccole quantità di sabbia e a sfalci di vegetazione o materiale organico di vegetazione in decomposizione, in quanto trattasi di canali apparentemente mantenuti con regolarità. Fa eccezione il tombato più piccolo del Gora Serra monti, in cui l'interrimento assume entità maggiori, anche a motivo dei cambi di sezione cui è soggetto.

## **CONCLUSIONI**

Il presente studio ha avuto come obiettivo principale quello di analizzare le potenziali interferenze tra i processi idrologici e idraulici del territorio e le opere d'arte relative alla viabilità comunale interferenti con il reticolo idrografico del territorio. I dati relativi a detta attività sono riportati *Elab. B - Schede di verifica delle opere interferenti con il reticolo fluviale* e *Elab. C - Scheda di verifica idraulica dei canali tombati*.

Si vuole tuttavia mettere in evidenza un aspetto di fondamentale importanza: il modello digitale del terreno (DTM) impiegato nella modellazione è a maglie 10x10, pertanto di minore definizione del DTM passo 1m disponibile per alcune zone della Sardegna. Ne consegue che, soprattutto per un contesto abitato, l'impiego di un DTM di maggiore definizione comporterebbe una definizione delle aree di pericolosità differente, con buona probabilità di minore entità.

Inoltre, la *“Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti”* prevede che, nel caso di verifiche di sicurezza non positive, i soggetti coinvolti individuino, nelle more della realizzazione degli interventi che portano alla mitigazione del rischio, le condizioni di esercizio transitorio dell'opera e le misure di prevenzione atte a gestire le situazioni di rischio in termini di Protezione Civile, in relazione alle attività di cui alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27/02/2004.

Nello specifico i provvedimenti dovranno riguardare:

- vigilanza, attenzione, allertamento ed emergenza correlata alla tipologia dei fenomeni idrologici;
- eventuali attrezzature di misura necessarie per identificazione delle condizioni e attuazione delle misure di emergenza;
- sorveglianza e ispezione per il miglioramento del funzionamento del canale;
- segnalazione di condizioni di rischio presenti.

Le condizioni di esercizio transitorio dovranno essere obbligatoriamente riportate nel nulla osta idraulico rilasciato dall'amministrazione competente per territorio, in qualità di Autorità idraulica ai sensi del R.D. n. 523/1904, e trasmessa al comune per i provvedimenti di competenza nell'ambito della pianificazione comunale di Protezione Civile e per conoscenza alla Direzione Regionale della Protezione Civile.

***ALLEGATO N. 1 – OPERE INTERFERENTI CENSITE – TABELLA RIASSUNTIVA***

n.	Comune	Provincia	Codice Catasto	Sigla tipo	Tipo	Codice	Corso d'acqua	Descrizione	Coordinate geografiche ROMA40/ Monte Mario Italy 1 (EPSG:3003)		Note relative a D.G.R. n. 6712 del 16.02.2016	Elementi di riferimento (nell'Elab. B - Schede di verifica delle opere interferenti studiate)
									x	y		
1	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0001	Gora Bingiana	NON ESISTENTE: errore grafico il corso d'acqua attraversa la strada una sola volta	1 483 241,46	4 396 757,91	censito	-
2	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0002	Fiume_13941	n. 1 sezione circolare DN 0,75 m, opera d'arte 0,70 m	1 483 260,49	4 396 758,16	censito	Scheda n. 1
3	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0003	Riu Flumineddu	non esiste viabilità	1 483 060,89	4 397 592,26	censito	-
4	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0004	Riu Flumineddu - TOMBATO -	TOMBATO n. 2 scatolari b = 2,00 m, H = 1,80 m; opera d'arte 0,20 m (lunghezza 110 m) - immissione in destra di Gora Pixinas con doppia luce rettangolare -	1 482 709,59	4 396 960,28	censito	Scheda tombato n. 1
5	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0005	Riu Flumineddu	guado	1 482 651,51	4 398 387,35	censito	Scheda n. 2
6	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0006	Riu Sessini	n. 2 sezione circolare DN 1,00 m, opera d'arte 0,25 m	1 483 051,12	4 398 095,60	censito	Scheda n. 3
7	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0007	Riu Sessini	n. 1 sezione circolare DN 1,20 m; opera d'arte 0,20 m	1 483 214,96	4 398 346,03	censito	Scheda n. 4
8	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_0008	Riu Su Favi	guado	1 482 475,36	4 398 480,16	censito	Scheda n. 5
9	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_I001	Gora Pixinas	n. 2 sezione circolare DN 1,00 m e DN 0,60 m, opera d'arte 0,75 m	1 482 145,04	4 397 128,56	non censito	Scheda n. 6
10	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_I002	Gora Cuelis	n. 1 sezione circolare DN 0,40 m; opera d'arte 0,70 m	1 482 413,35	4 397 967,74	non censito	Scheda n. 7
11	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_I003	Gora Masoni brebeis	n. 1 sezione circolare DN 1,00 m; opera d'arte 0,80 m	1 483 213,62	4 398 721,96	non censito	Scheda n. 8
12	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_I004	Fiume_19699	n. 1 sezione circolare DN 0,60 m; opera d'arte 0,40 m	1 483 348,17	4 399 096,50	non censito	Scheda n. 9
13	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	G817_SC_I005	Riu Flumineddu	guado	1 482 936,15	4 397 379,27	non censito	Scheda n. 10
14	Pompu	Oristano	G817	SC	Comunale	-	Gora Serra monti - TOMBATO -	n. 2 collettori: sezione circolare DN 1,20 m; opera d'arte 0,50 m (in destra); sezione circolare DN 1,00 m; opera d'arte 0,60 m (in sinistra)	1 482 348,84	4 397 279,16	non censito	Scheda tombato n. 2

## **SOMMARIO**

<b>GENERALITÀ</b> .....	1
<b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO</b> .....	2
<b>PIANIFICAZIONE DI SETTORE</b> .....	3
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).....	3
Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF) .....	3
Del. Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 31/01/2014 .....	4
Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (PGRA).....	4
<b>LO STUDIO DEI BACINI</b> .....	6
I corsi d'acqua e i bacini di riferimento.....	6
Individuazione dei parametri morfometrici .....	7
Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli.....	8
Calcolo del parametro CN .....	9
Aspetti metodologici.....	11
Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV .....	11
Portata al colmo.....	16
<b>CRITERI DI CALCOLO PER LA INDIVIDUAZIONE DEL FRANCO IDRAULICO</b> .....	17
La modellazione idraulica .....	17
Criteri.....	17
Il modello.....	17
Coefficienti adottati.....	18
Condizioni al contorno.....	18
Verifiche .....	19
<b>VERIFICHE DI SICUREZZA</b> .....	20
Opere interferenti.....	20
Canali tombati.....	21
<b>CONCLUSIONI</b> .....	22
<b>ALLEGATO N. 1 – OPERE INTERFERENTI CENSITE – TABELLA RIASSUNTIVA</b> .....	23