



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA
PROVINCIA DI ORISTANO
COMUNE DI SEDILO

**VERIFICHE DI CUI ALLE DIRETTIVE IN MATERIA DI
OPERE INTERFERENTI AL RETICOLO IDROGRAFICO
NEL COMUNE DI SEDILO**

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

Committente: Amministrazione Comunale di Sedilo

il Sindaco
dott. Salvatore Pes

il Responsabile del procedimento
geom. Antonino Faedda

Elab.

A.1

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

il tecnico
ing. Simone Cuccu

collaboratori
ing. Gian Lorenzo Cugusi
ing. Antonello Pacitto

data - LUGLIO 2020

revisione

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 Sedilo, 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;
- 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 Sedilo fa parte della Provincia di Oristano ed è situato nella parte centro-occidentale della Sardegna nella regione storica del Guilcer, sull'Altopiano di Abbasanta, ad una distanza di circa 40 km in direzione nord-est dal capoluogo.

Il territorio del Comune di Sedilo, dal punto di vista idraulico presenta due connotati di particolare rilevanza: il fiume Tirso e il lago Omodeo, rispettivamente il fiume più lungo e il lago più esteso della Sardegna. Gli altri corsi d'acqua sono attribuiti del Tirso (Riu Flumeneddu e Riu Bangius i principali) o dell'Omodeo (Riu Tlo e Riu Piras), e vi arrivano tutti in destra idraulica, costeggiando l'altopiano basaltico sul quale si trova Sedilo.

Lo studio ha riguardato, oltre al territorio di pertinenza del Comune di Sedilo, porzioni di territorio dei comuni limitrofi quali Aidomaggiore, Noragugume, Olzai e Sorradile, su cui si estendono alcuni dei bacini imbriferi che interagiscono direttamente o indirettamente con il sistema idraulico di Sedilo.

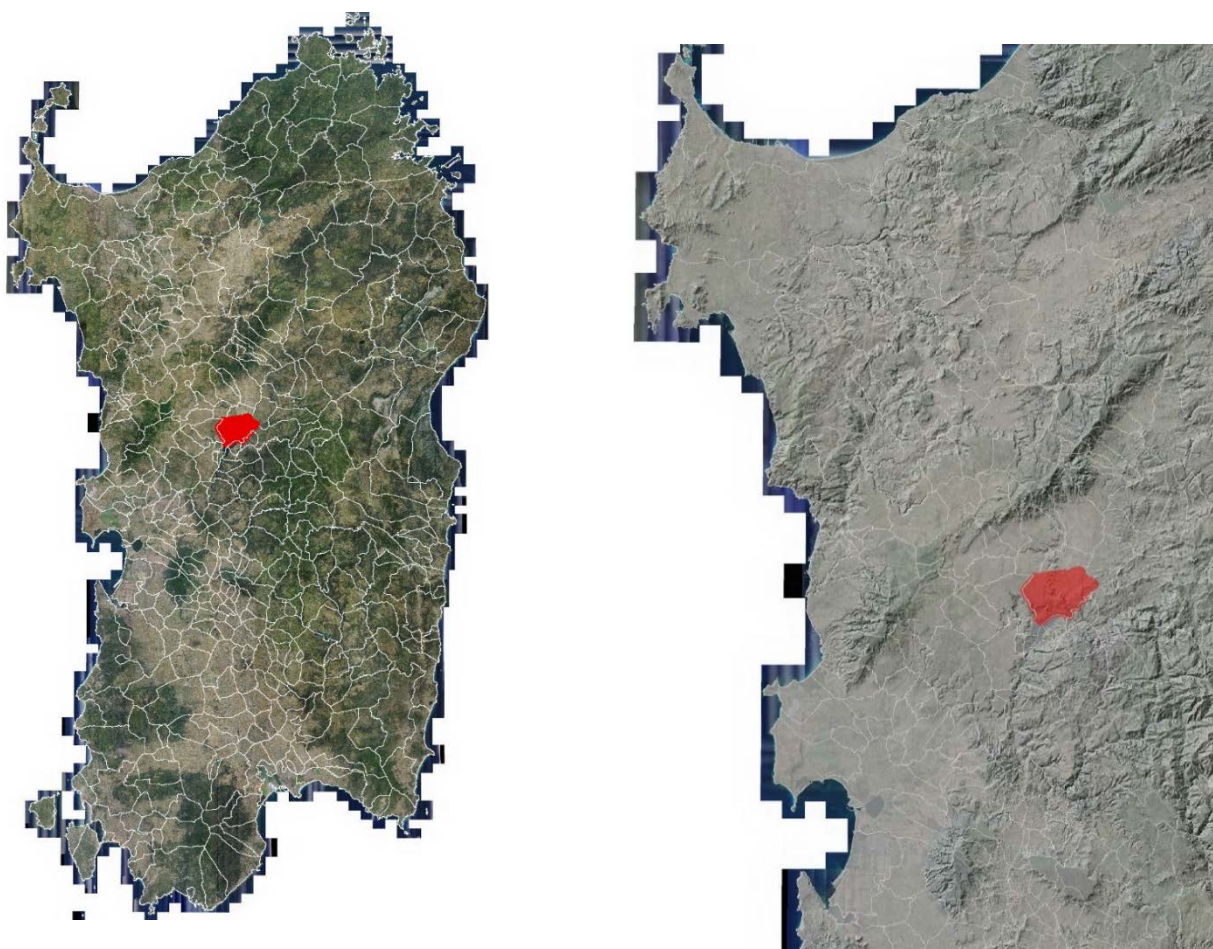


Fig. n. 1 e n. 2 – Territori comunali della Sardegna e Comune di Sedilo su ortofoto del 2016

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 498-150 "Dualchi", 498-150 "Noragugume", 499-130 "Ottana", 515-030 "Aidomaggiore", 515-040 "Sedilo", 516-010 "Caserma Lochele", 515-070 "Ghilarza" e 515-080 "Nughedu San Vittoria";
- 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, modelli digitali del terreno (DTM) passo 1m e 10m, oltre che le indagini e i rilievi in situ.

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 ha studiato il Riu Flumineddu e la parte di fiume Tirso interessata dalla confluenza.

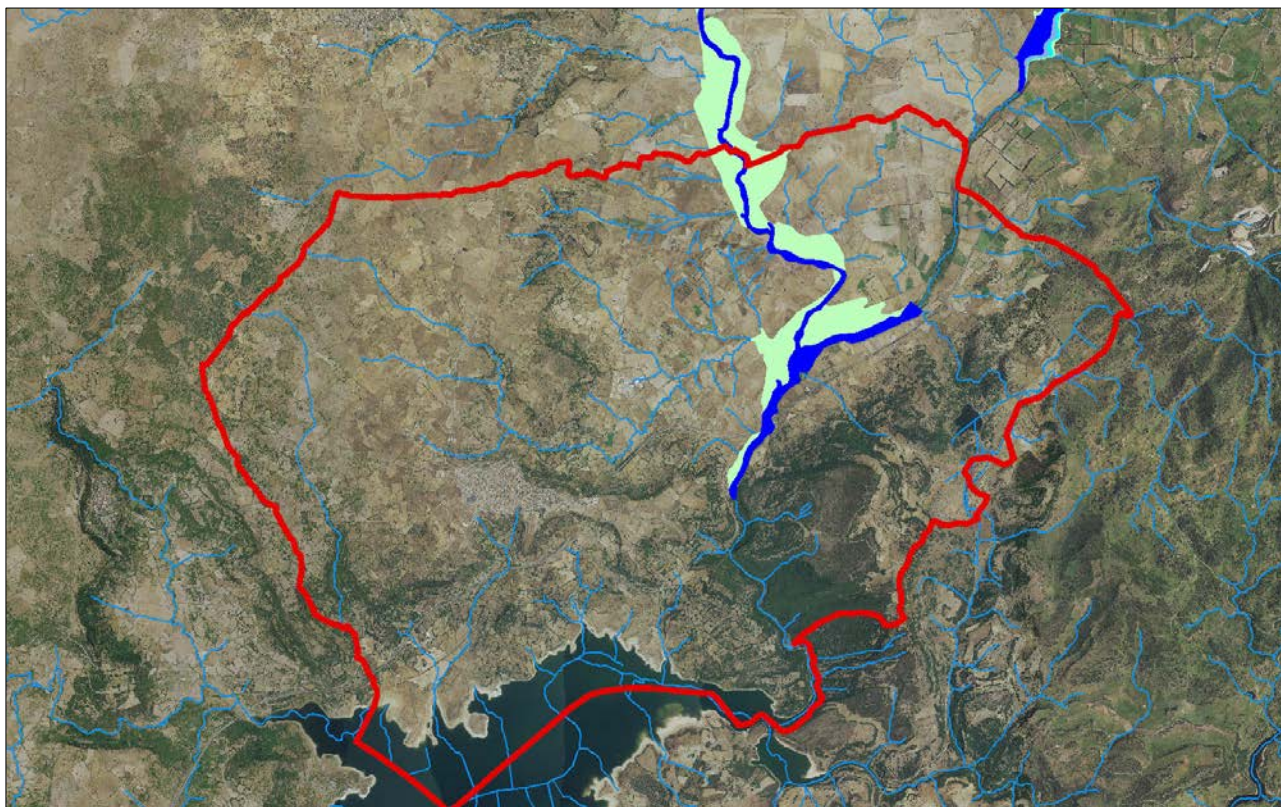


Fig. n. 3 – Carta della pericolosità idraulica (rev. 41) riguardante il Comune di Sedilo come da P.A.I. (elaborazione GIS)

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 ha studiato il corso del fiume Tirso e il suo principale attributo in sponda destra prima dell'immissione nel lago Omodeo, il Riu Flumineddu.

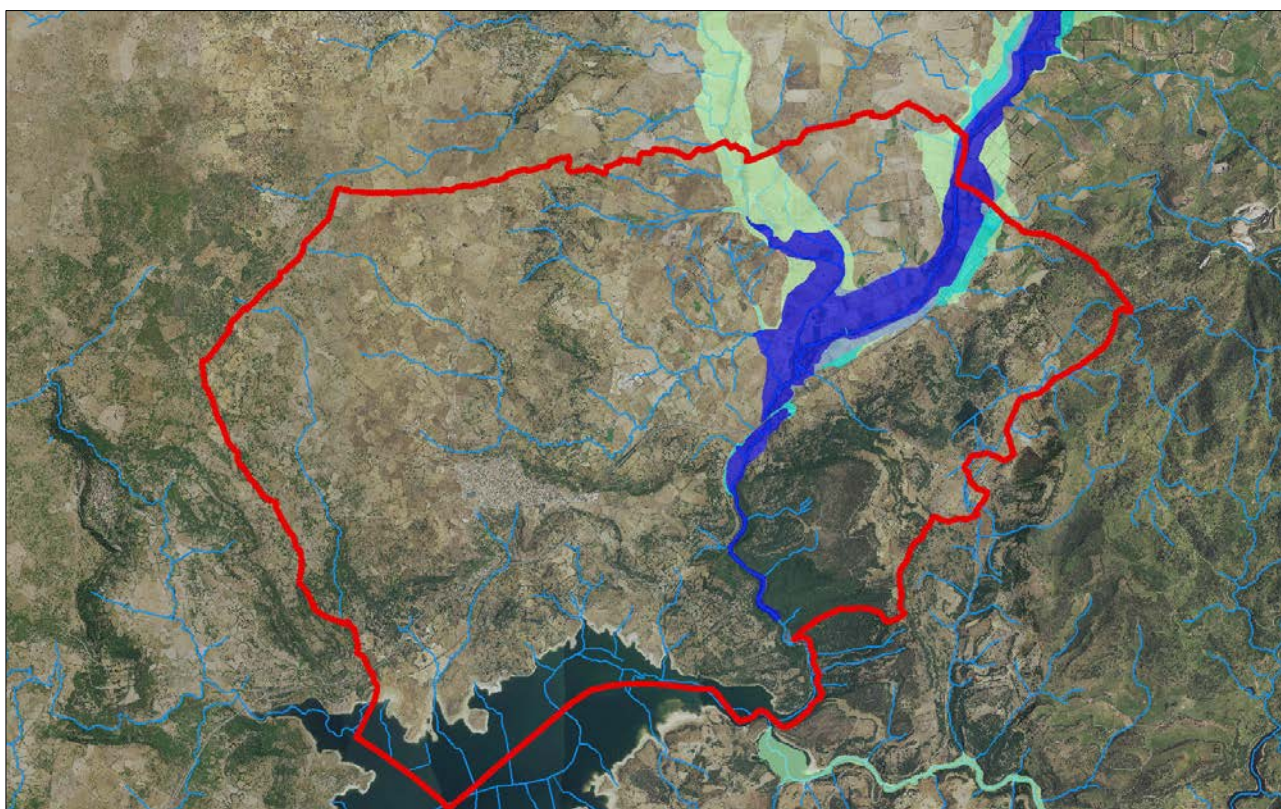


Fig. n. 4 – Carta della pericolosità idraulica riguardante il Comune di Sedilo come da P.S.F.F. del 2015 (elaborazione GIS)

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 (PGRA)

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 PGRA 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 PGRA 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 PGRA, 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. Come precedentemente riportato, il PGRA ha assemblato le informazioni già acquisite nella pianificazione vigente e le ha integrate con ulteriori segnalazioni e perimetrazioni verificatesi nelle alluvioni del 2008, 2013 e 2014. Nel caso specifico, il territorio sedilese non ha subito variazioni rispetto a quanto già indicato nel PAI e nel PSFF, salvo

il riordinare la pericolosità in tre classi in luogo delle canoniche quattro

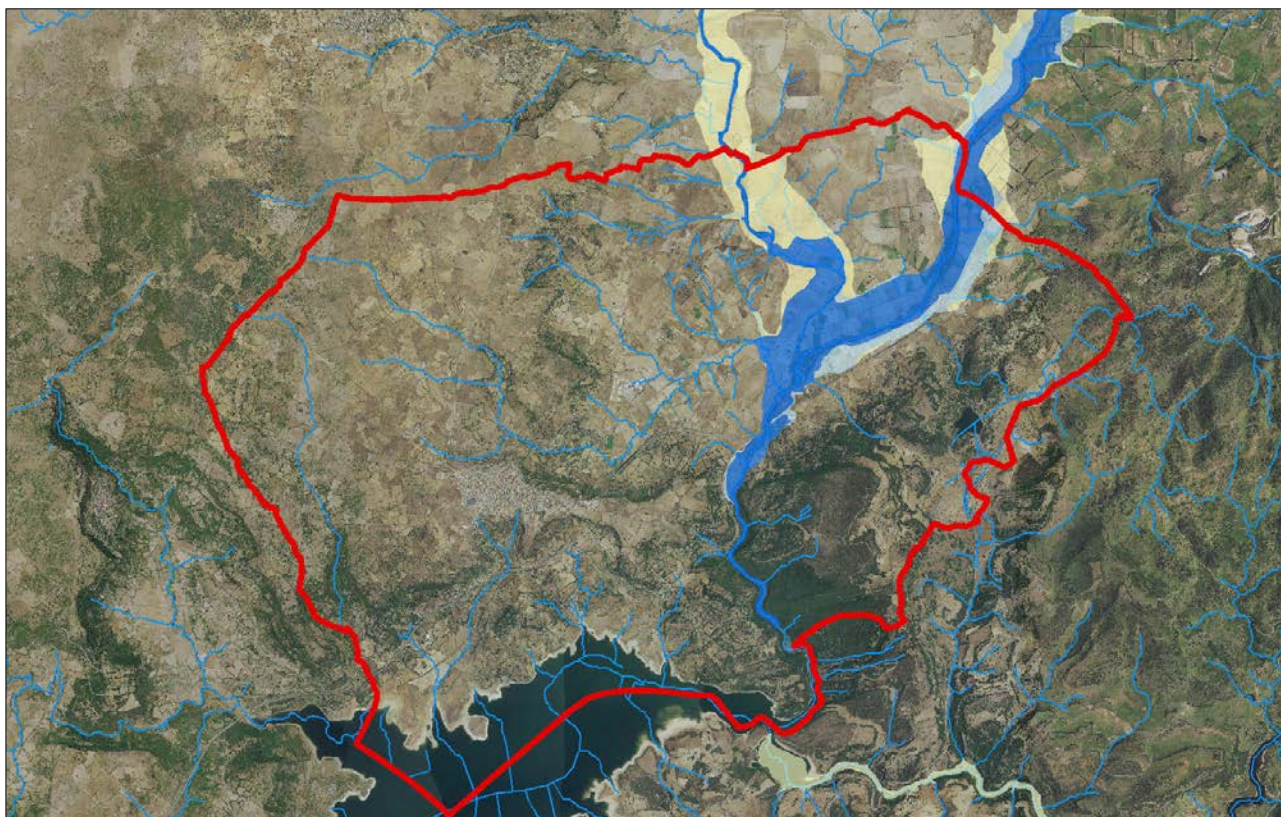


Fig. n. 5 – Carta della pericolosità idraulica riguardante il Comune di Sedilo ottenuta mediante l'involuppo delle varie attività pianificatorie (elaborazione GIS)

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 Sedilo è caratterizzato da una orografia che permette all'acqua di scorrere prevalentemente in alvei incisi a media/elevata pendenza. Questi si sviluppano in una campagna infrastrutturata, secondo un reticolo idrografico superficiale pressoché naturale, seppure oggetto di locali attività di regimazione e comunque condizionati in parte da una infrastrutturazione di rilievo, quale quella data dagli invasi artificiali (Omodeo e Prunaghe), dalla S.S. n. 131, e dallo sviluppato reticolo stradale secondario.

La presenza di numerosi corsi d'acqua che si affiancano al Tirso, 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 Sardegna, il *Tirso*, che nel suo tratto centrale si articola in direzione sud-ovest, formando l'invaso artificiale dell'Omodeo.

Il Tirso è il ricettore di una serie di altri rii minori:

- *Riu Flumeneddu*, che a sua volta è il ricettore di diverse aste più piccole (*Fiume_74332* e *Riu Trottu* in sinistra e più a monte *Canale Lavras* e *Fiume_75735* in destra), arriva dal territorio di Noragugume, e converge sul Tirso da nord;
- *Riu Bangius*, su cui convergono, tra gli altri, *Canale Meddaris* e *Canale Mu Putzu*, che drenano la parte nord del territorio comunale, e si innesta sul Tirso dopo un tortuoso percorso che si sviluppa da ovest verso est
- *Riu Piras*, *Fiume_73189*, e *Riu Tlo* sono poi le aste che, sempre da nord, si innestano direttamente sul lago Omodeo.

I rii in questione presentano medesime caratteristiche di fondo: corsi d'acqua naturali, origine montana; percorso articolato in incisioni di limitate dimensioni, spesso in corrispondenza di vallecole.

Complessivamente la superficie drenante analizzata è pari a circa 43,2 km² (68,6 km² 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 Sedilo 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.

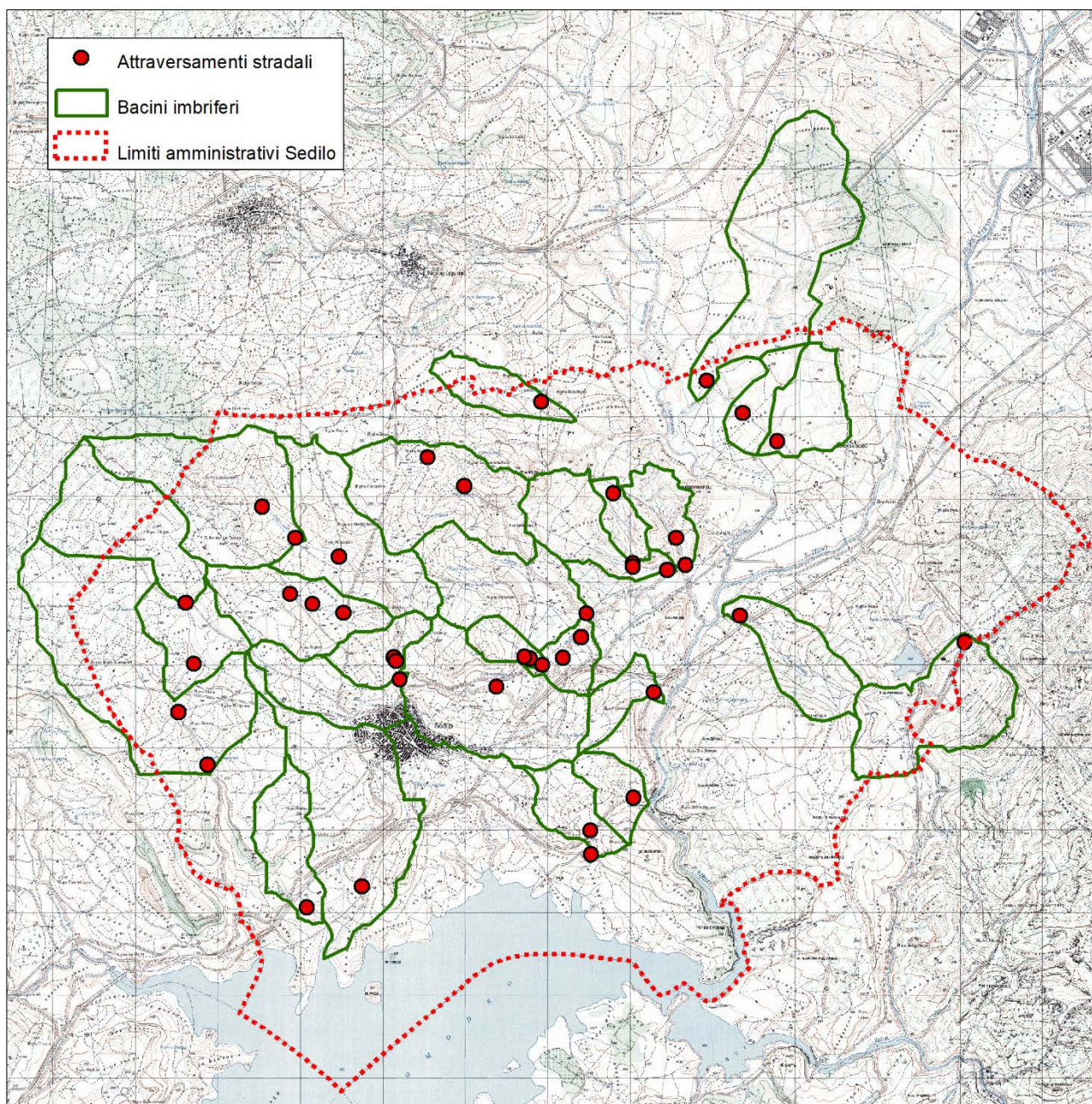


Fig. n. 6 – Collocazione delle opere interferenti all'interno dei sub-bacini studiati

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

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

n.	Codice opera d'arte	Sub-bacino	Corso d'acqua	Superficie del bacino	Altitudine massima	Altitudine minima	Altitudine media	Dislivello complessivo	Pendenza media del bacino	Lunghezza dell'asta principale	Pendenza dell'asta principale	Quota della sezione di chiusura	Curve Number
				S	H_{max}	H_{min}	H_{med}	$H_{max}-H_{min}$	ρ_m	L	i	H_{min}	CN
				[km ²]	[m slm]	[m slm]	[m slm]	[m]	[%]	[km]	[%]	[m slm]	[adim]
1	I564_SC_0001	11	FIUME 78584	0,355	286,4	158,7	216,2	127,7	11,5	0,88	14,5	158,7	87,92
2	I564_SC_0003	12	CANALE MEDDARIS	11,287	351,6	146,7	274,9	204,9	13,3	7,83	2,6	146,7	87,70
3	I564_SC_0005	14	RIU BANGIUS	4,101	310,0	147,1	254,0	162,9	20,3	3,61	4,5	147,1	87,53
4	I564_SC_0008	27	FIUME 70822	0,562	264,9	124,1	210,3	140,8	28,4	0,60	23,5	124,1	83,15
5	I564_SC_0009	17	FIUME 71347	0,486	263,5	131,2	205,6	132,3	26,8	0,92	14,4	131,2	86,00
6	I564_SC_0010	6	FIUME 78195	1,532	318,6	230,0	297,1	88,6	7,6	1,97	4,5	230,0	88,80
7	I564_SC_0011	6	FIUME 78195	1,532	318,6	230,0	297,1	88,6	7,6	1,97	4,5	230,0	88,80
8	I564_SC_0012	11	FIUME 78584	0,355	286,4	158,7	216,2	127,7	11,5	0,88	14,5	158,7	87,92
9	I564_SC_0013	8	FIUME 79410	1,090	312,0	209,6	288,6	102,4	10,8	1,48	6,9	209,6	89,38
10	I564_SC_0014	28	FIUME 80868	0,703	269,8	133,4	227,2	136,4	23,5	3,06	4,5	133,4	84,73
11	I564_SC_0016	3	RIU TLO	6,998	351,9	260,0	315,6	91,9	4,5	3,89	2,4	260,0	85,01
12	I564_SC_0017	30	RIU TRAINU PALMA	0,668	296,6	161,7	246,1	134,9	23,1	1,46	9,3	161,7	87,79
13	I564_SC_I001	33	ROJA LACCHEDDU	1,169	372,5	132,1	232,7	240,5	28,1	1,67	14,4	132,1	85,84
14	I564_SC_I003	36	FIUME 111085	2,061	361,7	202,8	252,2	158,9	26,6	2,07	7,7	202,8	88,16
15	I564_SC_I006	4	CANALE MU PUTZU	2,635	351,6	285,0	315,9	66,6	6,2	1,89	3,5	285,0	84,93
16	I564_SC_I007	7	CANALE MEDDARIS	6,832	351,6	210,0	299,4	141,6	8,6	4,28	3,3	210,0	87,28
17	I564_SC_I009	10	CANALE MEDDARIS	10,480	351,6	156,5	281,3	195,1	12,5	6,66	2,9	156,5	87,87
18	I564_SC_I011	13	RIU BANGIUS	2,291	310,0	161,9	253,8	148,1	21,1	2,46	6,0	161,9	88,94
19	I564_SC_I013	34	RIU TROTTU	3,302	201,0	142,7	168,8	58,4	7,1	4,31	1,4	142,7	90,45
20	I564_SC_I015	21	FIUME 78226	0,564	162,3	140,7	150,7	21,6	5,2	1,17	1,9	140,7	89,59
21	I564_SC_I016	15	FIUME 80605	0,384	176,1	143,5	161,6	32,5	13,3	1,21	2,7	143,5	78,22
22	I564_SC_I018	16	FIUME 82385	1,510	221,7	138,9	165,6	82,9	13,0	1,82	4,6	138,9	79,26
23	I564_SC_I019	16	FIUME 82385	1,510	221,7	138,9	165,6	82,9	13,0	1,82	4,6	138,9	79,26
24	I564_SC_I020	19	FIUME 86530	0,672	178,0	138,0	159,0	40,0	13,3	1,54	2,6	138,0	78,18
25	I564_SC_I021	19	FIUME 86530	0,672	178,0	138,0	159,0	40,0	13,3	1,54	2,6	138,0	78,18
26	I564_SC_I030	12	CANALE MEDDARIS	11,287	351,6	146,7	274,9	204,9	13,3	7,83	2,6	146,7	87,70
27	I564_SC_I031	20	FIUME 84871	0,974	173,1	140,4	156,1	32,7	6,8	1,78	1,8	140,4	92,81

28	I564_SC_I035	3	RIU TLO	6,998	351,9	260,0	315,6	91,9	4,5	3,89	2,4	260,0	85,01
29	I564_SC_I036	2	RIU TLO	2,924	351,9	290,0	323,5	61,9	3,8	2,83	2,2	290,0	84,31
30	I564_SC_I037	1	RIU TLO	1,891	351,9	308,5	331,7	43,4	4,1	1,57	2,8	308,5	83,21
31	I564_SC_I039	26	FIUME 80151	3,030	311,8	99,8	230,3	212,0	18,6	3,06	6,9	99,8	89,56
32	I564_SC_I042	28	FIUME 80868	0,703	269,8	133,4	227,2	136,4	23,5	3,06	4,5	133,4	84,73
33	I564_SC_I043	6	FIUME 78195	1,532	318,6	230,0	297,1	88,6	7,6	1,97	4,5	230,0	88,80
34	I564_SC_I044	5	CANALE MU PUTZU	4,671	351,6	230,0	305,7	121,6	6,9	3,57	3,4	230,0	86,22
35	I564_SC_I045	4	CANALE MU PUTZU	2,635	351,6	285,0	315,9	66,6	6,2	1,89	3,5	285,0	84,93
36	I564_SC_I046	13	RIU BANGIUS	2,291	310,0	161,9	253,8	148,1	21,1	2,46	6,0	161,9	88,94
37	I564_SC_I047	24	FIUME 72247	1,036	293,1	112,8	232,2	180,3	17,7	0,80	22,6	112,8	86,99
38	I564_SC_I051	11	FIUME 78584	0,355	286,4	158,7	216,2	127,7	11,5	0,88	14,5	158,7	87,92
39	I564_SC_I052	7	CANALE MEDDARIS	6,832	351,6	210,0	299,4	141,6	8,6	4,28	3,3	210,0	87,28
40	I564_SC_I055	15	FIUME 80605	0,384	176,1	143,5	161,6	32,5	13,3	1,21	2,7	143,5	78,22

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, 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.sardegna.geoportale.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.

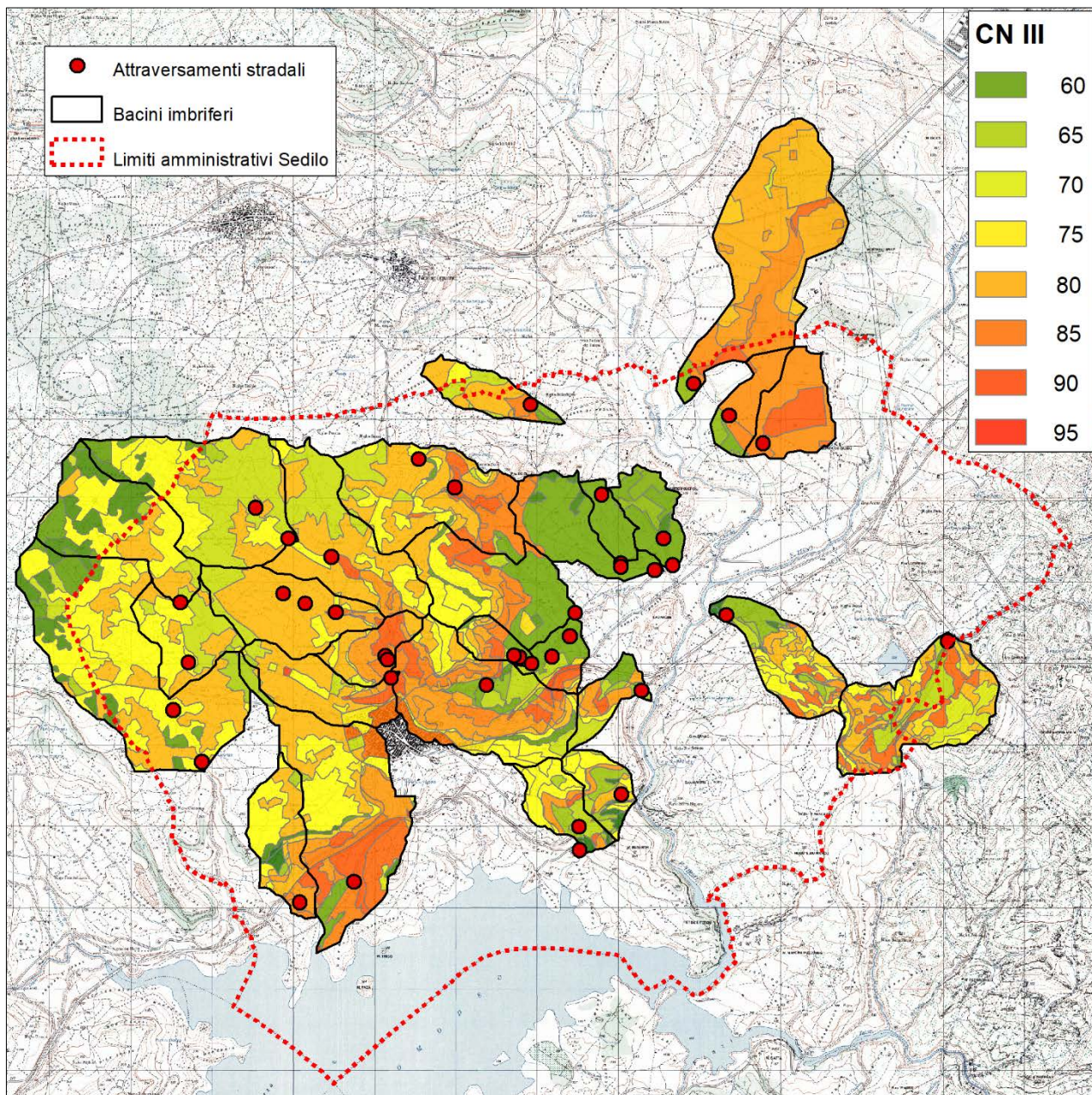


Fig. n. 7 – Carta del CN(III) del territorio studiato

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 [m^3/s];

Φ = coefficiente di afflusso [adim];

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

A = superficie del bacino [km^2];

r = coefficiente di ragguaglio [adim];

ε = 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

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

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 Sedilo riguardano la zona n. 1 (SZO 1). 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.

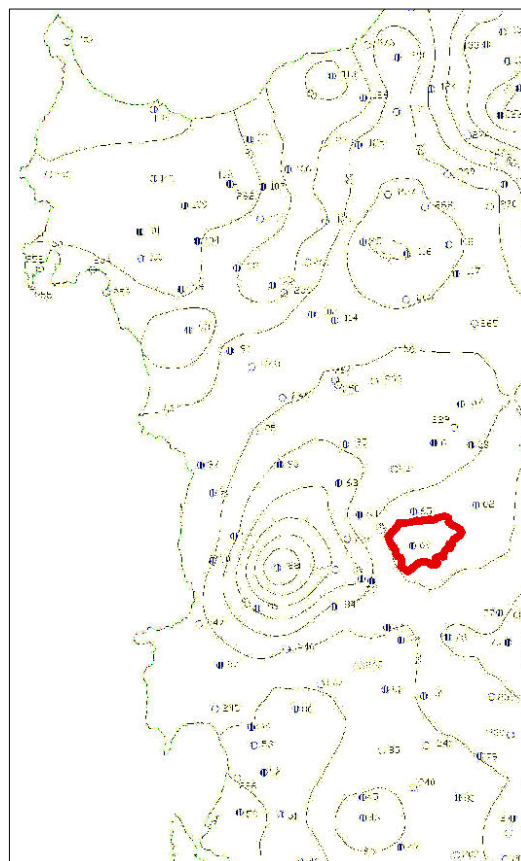
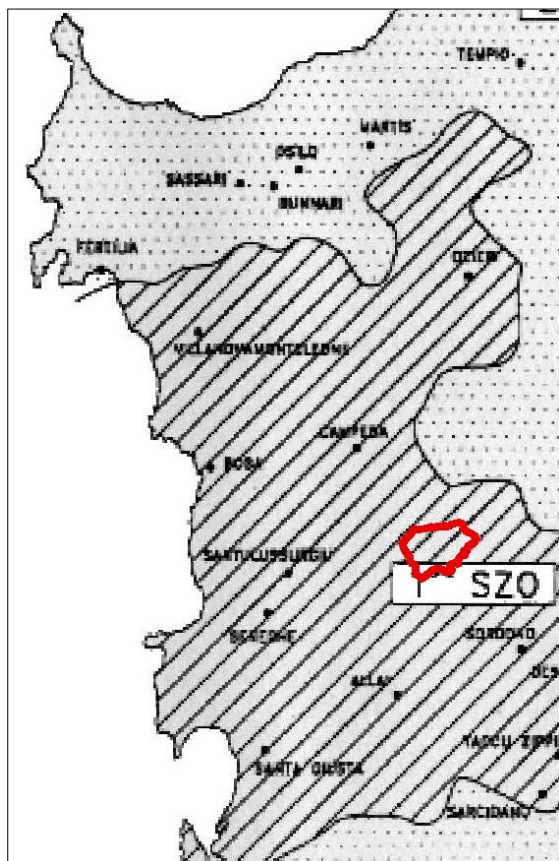


Fig. n. 8 e n. 9 - Sottozona di competenza e massime precipitazioni giornaliere nell'altopiano di Abbasanta

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** Φ . 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 Φ 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 medi. Questi trovano una giustificazione nel fatto che la campagna di Sedilo, e quindi i vari sottobacini considerati, sono caratterizzati da un territorio che, pur avendo in buona parte caratteristiche morfo-litologiche di carattere prevalentemente roccioso, è contraddistinto da un primo strato di terreno reso permeabile dalla presenza diffusa dell'attività agricola e pastorale. 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.

n.	codice opere d'arte	Sub-bacino	Sub-bacino	formulazione impiegata [h]					
				Soil Conservation Service (SCS)	Ventura	Giandotti	Pasini	VAPI	Viparelli
1	I564_SC_0001	FIUME 78584	11	0,28	0,20	0,61	0,19	1,38	0,16
2	I564_SC_0003	CANALE MEDDARIS	12	1,50	2,64	2,78	2,97	5,39	2,17
3	I564_SC_0005	RIU BANGIUS	14	0,66	1,21	1,63	1,25	3,56	1,00
4	I564_SC_0008	FIUME 70822	27	0,15	0,20	0,52	0,15	1,32	0,11
5	I564_SC_0009	FIUME 71347	17	0,20	0,23	0,60	0,22	1,46	0,17
6	I564_SC_0010	FIUME 78195	6	0,63	0,74	1,21	0,73	2,97	0,55
7	I564_SC_0011	FIUME 78195	6	0,63	0,74	1,21	0,73	2,97	0,55
8	I564_SC_0012	FIUME 78584	11	0,28	0,20	0,61	0,19	1,38	0,16
9	I564_SC_0013	FIUME 79410	8	0,41	0,50	0,90	0,48	2,41	0,27
10	I564_SC_0014	FIUME 80868	28	0,59	0,51	1,03	0,66	2,30	0,85
11	I564_SC_0016	RIU TLO	3	1,62	2,19	2,75	2,11	5,17	1,08
12	I564_SC_0017	RIU TRAINU PALMA	30	0,30	0,34	0,74	0,35	1,89	0,27
13	I564_SC_I001	ROJA LACCHEDDU	33	0,32	0,36	0,85	0,36	1,86	0,31
14	I564_SC_I003	FIUME 111085	36	0,36	0,66	1,57	0,63	2,60	0,38
15	I564_SC_I006	CANALE MU PUTZU	4	0,78	1,10	2,10	0,98	3,68	0,52
16	I564_SC_I007	CANALE MEDDARIS	7	1,17	1,83	2,23	1,83	4,60	1,19
17	I564_SC_I009	CANALE MEDDARIS	10	1,35	2,41	2,57	2,60	5,16	1,85
18	I564_SC_I011	RIU BANGIUS	13	0,45	0,78	1,27	0,78	2,86	0,45
19	I564_SC_I013	RIU TROTTU	34	1,14	1,99	3,36	2,25	4,26	1,20
20	I564_SC_I015	FIUME 78226	21	0,49	0,70	1,88	0,69	2,51	0,32
21	I564_SC_I016	FIUME 80605	15	0,46	0,48	1,26	0,51	2,10	0,34
22	I564_SC_I018	FIUME 82385	16	0,63	0,73	1,85	0,71	2,49	0,50
23	I564_SC_I019	FIUME 82385	16	0,63	0,73	1,85	0,71	2,49	0,50
24	I564_SC_I020	FIUME 86530	19	0,56	0,65	1,52	0,68	2,41	0,43
25	I564_SC_I021	FIUME 86530	19	0,56	0,65	1,52	0,68	2,41	0,43
26	I564_SC_I030	CANALE MEDDARIS	12	1,50	2,64	2,78	2,97	5,39	2,17
27	I564_SC_I031	FIUME 84871	20	0,52	0,93	2,09	0,96	2,88	0,49
28	I564_SC_I035	RIU TLO	3	1,62	2,19	2,75	2,11	5,17	1,08
29	I564_SC_I036	RIU TLO	2	1,40	1,47	2,39	1,48	4,36	0,79

30	I564_SC_I037	RIU TLO	1	0,88	1,05	2,04	0,93	3,71	0,44
31	I564_SC_I039	FIUME 80151	26	0,56	0,84	1,26	0,86	2,85	0,57
32	I564_SC_I042	FIUME 80868	28	0,59	0,51	1,03	0,66	2,30	0,85
33	I564_SC_I043	FIUME 78195	6	0,63	0,74	1,21	0,73	2,97	0,55
34	I564_SC_I044	CANALE MU PUTZU	5	1,17	1,49	2,01	1,50	4,20	0,99
35	I564_SC_I045	CANALE MU PUTZU	4	0,78	1,10	2,10	0,98	3,68	0,52
36	I564_SC_I046	RIU BANGIUS	13	0,45	0,78	1,27	0,78	2,86	0,45
37	I564_SC_I047	FIUME 72247	24	0,21	0,27	0,60	0,21	1,59	0,15
38	I564_SC_I051	FIUME 78584	11	0,28	0,20	0,61	0,19	1,38	0,16
39	I564_SC_I052	CANALE MEDDARIS	7	1,17	1,83	2,23	1,83	4,60	1,19
40	I564_SC_I055	FIUME 80605	15	0,46	0,48	1,26	0,51	2,10	0,34

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 ε . 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.

n.	Codice opera d'arte	Corso d'acqua	Sub-bacino	Portate [m ³ /s]			
				Tr = 50 anni	Tr = 100 anni	Tr = 200 anni	Tr = 500 anni
1	I564_SC_0001	FIUME 78584	11	2,43	2,93	3,46	4,23
2	I564_SC_0003	CANALE MEDDARIS	12	44,88	55,85	67,23	82,76
3	I564_SC_0005	RIU BANGIUS	14	22,50	28,17	34,06	42,19
4	I564_SC_0008	FIUME 70822	27	1,90	2,39	2,92	3,72
5	I564_SC_0009	FIUME 71347	17	2,60	3,21	3,85	4,79
6	I564_SC_0010	FIUME 78195	6	9,87	12,19	14,59	17,89
7	I564_SC_0011	FIUME 78195	6	9,87	12,19	14,59	17,89
8	I564_SC_0012	FIUME 78584	11	2,43	2,93	3,46	4,23
9	I564_SC_0013	FIUME 79410	8	8,34	10,08	11,88	14,42
10	I564_SC_0014	FIUME 80868	28	3,28	4,18	5,13	6,48
11	I564_SC_0016	RIU TLO	3	26,88	34,44	42,43	53,55
12	I564_SC_0017	RIU TRAINU PALMA	30	4,38	5,36	6,39	7,86
13	I564_SC_I001	ROJA LACCHEDDU	33	6,14	7,68	9,31	11,62
14	I564_SC_I003	FIUME 111085	36	13,30	16,35	19,53	23,98
15	I564_SC_I006	CANALE MU PUTZU	4	12,14	15,47	18,97	23,89

16	I564_SC_I007	CANALE MEDDARIS	7	29,92	37,59	45,61	56,62
17	I564_SC_I009	CANALE MEDDARIS	10	44,32	55,24	66,58	82,07
18	I564_SC_I011	RIU BANGIUS	13	15,35	18,84	22,46	27,48
19	I564_SC_I013	RIU TROTTU	34	18,60	22,85	27,23	33,16
20	I564_SC_I015	FIUME 78226	21	4,37	5,29	6,25	7,58
21	I564_SC_I016	FIUME 80605	15	0,95	1,28	1,64	2,18
22	I564_SC_I018	FIUME 82385	16	4,27	5,72	7,30	9,57
23	I564_SC_I019	FIUME 82385	16	4,27	5,72	7,30	9,57
24	I564_SC_I020	FIUME 86530	19	1,71	2,31	2,97	3,93
25	I564_SC_I021	FIUME 86530	19	1,71	2,31	2,97	3,93
26	I564_SC_I030	CANALE MEDDARIS	12	44,88	55,85	67,23	82,76
27	I564_SC_I031	FIUME 84871	20	9,16	10,91	12,69	15,12
28	I564_SC_I035	RIU TLO	3	26,88	34,44	42,43	53,55
29	I564_SC_I036	RIU TLO	2	12,27	15,82	19,57	24,78
30	I564_SC_I037	RIU TLO	1	7,59	9,79	12,13	15,45
31	I564_SC_I039	FIUME 80151	26	20,40	25,03	29,81	36,38
32	I564_SC_I042	FIUME 80868	28	3,28	4,18	5,13	6,48
33	I564_SC_I043	FIUME 78195	6	9,87	12,19	14,59	17,89
34	I564_SC_I044	CANALE MU PUTZU	5	20,55	26,16	32,07	40,25
35	I564_SC_I045	CANALE MU PUTZU	4	12,14	15,47	18,97	23,89
36	I564_SC_I046	RIU BANGIUS	13	15,35	18,84	22,46	27,48
37	I564_SC_I047	FIUME 72247	24	6,12	7,44	8,84	10,88
38	I564_SC_I051	FIUME 78584	11	2,43	2,93	3,46	4,23
39	I564_SC_I052	CANALE MEDDARIS	7	29,92	37,59	45,61	56,62
40	I564_SC_I055	FIUME 80605	15	0,95	1,28	1,64	2,18

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

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, nelle aste considerate è stata inserita, per ogni simulazione, la portata per assegnato tempo di ritorno ed è stato attribuito il valore di pendenza della

sezione iniziale per quanto concerne le *condizioni al contorno di monte*. Nella sezione di valle (*condizione al contorno di valle*) si è assunta l'altezza critica per tutti i corsi d'acqua analizzati.

La *condizione al contorno di valle* dei corsi d'acqua che si innestano su altri rii 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 km²; portata idrica inferiore a 10 m³/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 Sedilo.

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 17 alle finali 45 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.

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 nell'*Elab. B - Schede di verifica delle opere interferenti con il reticolo fluviale*.

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	Codice	Corso d'acqua	Descrizione	Coordinate geografiche ROMA40/ Monte Mario Italy 1 (EPSG:3003)		Note relative a D.G.R. n. 67/2 del 16.02.2016	Elementi di riferimento (nell'Elab. B - Schede di verifica delle opere interferenti studiate)
								x	y		
1	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0001	095052_FIUME_78584	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 1 m, soletta e rilevato stradale 1 m	1494668,145	4447915,531	censito	Scheda n. 1
2	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0002	CANALE MEDDARIS	Ponte in corso di rifacimento	1493509,637	4447602,299	censito	-
3	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0003	CANALE MEDDARIS	Attraversamento realizzato con sezione ellittica tipo finsider, B=5,0 m, H=3,2 m, soletta e rilevato stradale 2 m	1495353,861	4448158,128	censito	Scheda n. 2
4	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0004	RIU BANGIUS	Opera d'arte non rilevabile a motivo della folta vegetazione	1494716,465	4449097,314	censito	-
5	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0005	RIU BANGIUS	Sezione ellittica, tipo finsider, B=3 m, H=2 m, soletta e rilevato stradale 1,2 m	1495418,941	4448441,969	censito	Scheda n. 3
6	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0006	095052_CANALE_103864	Canale di scarico dell'invaso di Benzone	1499328,809	4446765,845	censito	-
7	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0007	095052_FIUME_101663	Opera d'arte non rilevabile a motivo della folta vegetazione	1500627,244	4448440,159	censito	-
8	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0008	095052_FIUME_70822	Sezione ad arco, B=2,0 m, H=2,0 m, soletta e rilevato stradale 2 m	1495990,8	4446213,47	censito	Scheda n. 4
9	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0009	095052_FIUME_71347	Sezione circolare, DN 1 m, soletta e rilevato stradale 3 m	1496234,992	4447482,213	censito	Scheda n. 5
10	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0010	095052_FIUME_78195	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 0,5 m, spessore tubo e rilevato 0,2 m	1492105,032	4448551,963	censito	Scheda n. 6
11	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0011	095052_FIUME_78195	Sezione circolare, DN 0,5 m, soletta e rilevato stradale 0,5 m	1491832,779	4448674,28	censito	Scheda n. 7
12	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0012	095052_FIUME_78584	Sezione realizzata con due tubolari, DN 1 m, soletta e rilevato 0,8 m, setto 0,3 m	1494729,111	4447896,165	censito	Scheda n. 8
13	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0013	095052_FIUME_79410	Sezione ad arco, B=3,5 m H=3,5 m, soletta e rilevato stradale 2,5 m	1493160,326	4447640,526	censito	Scheda n. 9
14	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0014	095052_FIUME_80868	Sezione ad arco, B=2,0 m H=1,6 m, soletta e rilevato stradale 4 m	1495471,969	4445812,023	censito	Scheda n. 10
15	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0015	CANALE LAVROS	Opera d'arte non rilevabile a motivo della folta vegetazione	1494844,855	4450406,812	censito	-
16	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0016	RIU TLO	Attraversamento con due luci rettangolari ciascuna di dimensioni B=3,0 m H=1,6 m, larghezza setto 0,8 m, impalcato e rilevato stradale 0,6 m	1490827,771	4446609,192	censito	Scheda n. 11
17	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_0017	RIU TRAINU PALMA	Ponte di attraversamento stradale con tubazione ellittica in tipo finsider B=2,0 m H=1,8 m, impalcato e rilevato stradale 0,6 m	1494875,576	4450999,71	censito	Scheda n. 12
18	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I001	ROJA LACHEDDU	Sezione circolare DN 0,5 m soletta e rilevato 0,8 m	1497275,31	4448413,779	non censito	Scheda n. 13
19	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I003	095052_FIUME_111085	Ponte di attraversamento stradale in calcestruzzo di sezione rettangolare, B=5 m, H=2,1 m. Impalcato e sovrastruttura stradale 0,80 m	1500001,919	4448096,206	non censito	Scheda n. 14
20	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I006	CANALE MU PUTZU	Sezione realizzata con due tubolari, DN 0,6 m, soletta 0,2 m, setto 0,2 m	1491496,399	4449735,011	non censito	Scheda n. 15
21	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I007	CANALE MEDDARIS	Guado	1493110,463	4447863,478	non censito	Scheda n. 16
22	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I009	CANALE MEDDARIS	Ponte di attraversamento stradale in calcestruzzo di sezione rettangolare. B=5,0 m H=2,6 m impalcato 0,6 m	1494333,343	4447550,845	non censito	Scheda n. 17

n.	Comune	Provincia	Codice Catasto	Sigla tipo	Codice	Corso d'acqua	Descrizione	Coordinate geografiche ROMA40/ Monte Mario Italy 1 (EPSG:3003)		Note relative a D.G.R. n. 67/2 del 16.02.2016	Elementi di riferimento (nell'Elab. B - Schede di verifica delle opere interferenti studiate)
23	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I011	095052_FIUME_71866	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 1,2 m; rilevato 3 m	1493500,384	4450326,466	non censito	Scheda n. 18
24	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I013	RIU TROTTU	Attraversamento con doppia sezione ellittica tipo finsider ciascuno avente B=2,0 m, H=1,6 m; soletta e rilevato stradale 0,5 m, distanza 0,4 m	1496874,883	4451254,311	non censito	Scheda n. 19
25	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I015	095052_FIUME_78226	Attraversamento con sezione circolare, DN 0,8 m, soletta e rilevato stradale 0,4 m	1497312,44	4450863,366	non censito	Scheda n. 20
26	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I016	095052_FIUME_70973	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 0,5 m, rilevato stradale 0,15 m	1495745,855	4449898,386	non censito	Scheda n. 21
27	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I018	095052_FIUME_82385	Sezione realizzata con due tubolari, DN 1 m, soletta e rilevato stradale 0,4 m, setto 0,3 m	1495986,98	4449011,287	non censito	Scheda n. 22
28	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I019	095052_FIUME_82385	Guado	1496395,889	4448966,582	non censito	Scheda n. 23
29	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I020	095052_FIUME_86530	Ponte di attraversamento stradale di sezione rettangolare, B= 1,5 m, H=1,2 m, impalcato 0,5 m	1496622,649	4449027,66	non censito	Scheda n. 24
30	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I021	095052_FIUME_86530	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 1 m, rilevato stradale 0,3 m	1496503,734	4449351,253	non censito	Scheda n. 25
31	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I030	CANALE MEDDARIS	Sezione realizzata con due tubolari, DN 1 m, rilevato 0,8 m, setto 0,5 m	1495135,834	4447907,211	non censito	Scheda n. 26
32	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I031	095052_FIUME_84871	Sezione ad arco, B=2,6 m; H=1,7 m, soletta e rilevato stradale 1,3 m	1497730,192	4450524,364	non censito	Scheda n. 27
33	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I035	095052_FIUME_78226	Sezione ellittica tipo finsider, B=2,2 m, H=1,8 m, impalcato e rilevato stradale 0,8 m	1490474,378	4447245,857	non censito	Scheda n. 28
34	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I036	RIU TLO	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 0,8 m, soletta e rilevato stradale 0,4 m	1490665,281	4447831,007	non censito	Scheda n. 29
35	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I037	RIU TLO	Sezione realizzata con due tubolari, DN 0,8 m, rilevato stradale 0,8 m, setto 0,25 m	1490562,018	4448571,478	non censito	Scheda n. 30
36	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I039	095052_FIUME_80151	Sezione ellittica tipo finsider, L=2,5 m; H=2,0 m, soletta e rilevato stradale 0,7 m	1492695,638	4445134,776	non censito	Scheda n. 31
37	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I042	095052_FIUME_80868	Ponte di attraversamento stradale di sezione rettangolare, B=2,8 m; H=2,8 m, impalcato 0,6 m	1495473,37	4445526,659	non censito	Scheda n. 32
38	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I043	095052_FIUME_78195	Sezione ellittica tipo finsider B=2,2 m, H=1,8 m, rilevato stradale 1,5 m	1492478,557	4448446,879	non censito	Scheda n. 33
39	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I044	CANALE MU PUTZU	Sezione circolare tipo finsider, B=2,6 m, H=2,6 m, rilevato stradale 2,5 m	1492422,343	4449130,613	non censito	Scheda n. 34
40	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I045	CANALE MU PUTZU	Sezione realizzata con due tubolari, DN 1 m, impalcato 0,3 m, setto 0,2 m	1491895,287	4449352,23	non censito	Scheda n. 35
41	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I046	095052_FIUME_71866	Ponte di attraversamento stradale di sezione rettangolare, B=2,8 m, H=2,0, impalcato 0,2 m	1493936,658	4449983,386	non censito	Scheda n. 36
42	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I047	095052_FIUME_72247	Ponte di attraversamento stradale di sezione rettangolare, B=2,3 m, H=2,3 m, impalcato 0,6 m	1492035,841	4444886,389	non censito	Scheda n. 37
43	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I051	095052_FIUME_78584	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 1 m, rilevato 0,8 m	1494887,974	4447816,173	non censito	Scheda n. 38
44	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I052	CANALE MEDDARIS	Ponte di attraversamento stradale con sezione rettangolare, B=3,5, H=2,3 m, impalcato 0,5 m	1493082,928	4447910,383	non censito	Scheda n. 39
45	Sedilo	Oristano	I564	SC	I564_SC_I055	095052_FIUME_80605	Attraversamento realizzato con sezione circolare, DN 0,8 m, soletta e rilevato stradale 0,3 m	1495983,297	4449048,993	non censito	Scheda n. 40

SOMMARIO

GENERALITÀ	1
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	2
Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	3
Piano Stralcio per le Fasce Fluviali (PSFF)	4
Del. Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 1 del 31/01/2014	5
Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (PGRA)	5
LO STUDIO DEI BACINI	7
I corsi d'acqua e i bacini di riferimento	7
Individuazione dei parametri morfometrici	8
Valutazione delle capacità di deflusso dei suoli	10
Calcolo del parametro CN	10
Aspetti metodologici	13
Metodo razionale con curva di possibilità pluviometrica TCEV	13
Portata al colmo	18
CRITERI DI CALCOLO PER LA INDIVIDUAZIONE DEL FRANCO IDRAULICO	20
La modellazione idraulica	20
Criteri	20
Il modello	20
Coefficienti adottati	21
Condizioni al contorno	21
Verifiche	22
VERIFICHE DI SICUREZZA	23
Opere interferenti	23
CONCLUSIONI	24
ALLEGATO N. 1 – OPERE INTERFERENTI CENSITE – TABELLA RIASSUNTIVA	25