



COMUNE DI ORTUERI

PROVINCIA DI NUORO

Via Cavallotti, 12, Ortueri, NU

VERIFICA IDRAULICA DELLE INFRASTRUTTURE INTERFERENTI CON IL RETICOLO IDROGRAFICO

CIG: Z8624D3131

RESPONSABILE DEL SERVIZIO TECNICO: ING. LAURA CARTA



Società incaricata:



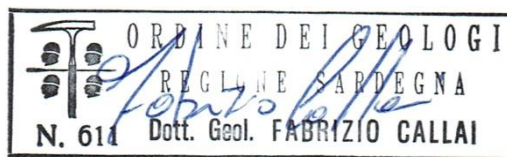
GEOLOGIKA srls
Sede Legale: Via Cuba, 20 - 09038 Serramanna (VS)
Sede Operativa: Via Tempio, 3 - 09023 Monastir (CA)
Tel. 348 5425302 - 328 1699466
C.F. P.IVA 03612320923

Professionisti:

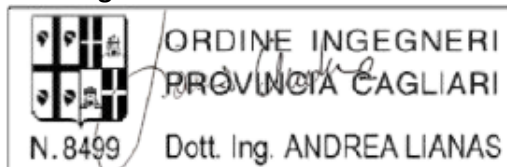
Dott. Geol. FABIO FANELLI



Dott. Geol. FABRIZIO CALLAI



Dott. Ing. ANDREA LIANAS



Collaboratori

Dott. Geol. GIOVANNI MONTESI

ELABORATO

A

RELAZIONE GENERALE

CODICE PROGETTO:

NOME FILE:

CODICE
ELABORATO

0	PRIMA EMISSIONE	13/12/2018	A. Lianas G. Montesi	F. Callai	F. Fanelli
REV	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	3
	SEZIONE I	4
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
3	INQUADRAMENTO GENERALE	7
	SEZIONE II	10
4	ELENCO DEGLI ATTRAVERSAMENTI CENSITI NEL COMUNE DI ORTUERI	11
4.1	Descrizione e analisi degli attraversamenti oggetto di studio	15
4.1.1	Attraversamento SC 0003	16
4.1.2	Attraversamenti SC 0002, SC 0012 e SC 0013	17
4.1.3	Attraversamento SC 0006	19
4.1.4	Attraversamenti SC 0001 e SC 0009	20
4.1.5	Attraversamento SC 0005	22
4.1.6	Attraversamenti SC 0004 e SC 0011	23
4.1.7	Attraversamento SC 0010	25
	SEZIONE III	26
5	STUDIO IDROLOGICO	27
5.1	Premessa	27
5.2	Metodologia di calcolo delle portate al colmo	28
5.3	Individuazione dei bacini tributari alle sezioni di interesse	29
5.4	Tempo di corrivazione	30
5.5	Stima dei parametri della distribuzione TCEV	32
5.6	Coefficiente di ragguaglio all'area	34
5.7	Coefficiente d'afflusso	34
5.8	Procedura di verifica degli attraversamenti da sottoporre a verifica idraulica	37

5.9	Portate al colmo alle sezioni di interesse per gli attraversamenti da sottoporre a verifica idraulica	39
6	STUDIO IDRAULICO	40
6.1	Modello idraulico utilizzato	40
6.2	Costruzione del modello idraulico	40
6.2.1	Sezioni geometriche	41
6.2.2	Ponti	41
6.2.3	Coefficienti di scabrezza	41
6.3	Risultati dello studio idraulico	42
6.3.1	Attraversamento SC_0001	43
6.3.2	Attraversamento SC_0006	45
6.3.3	Attraversamento SC_0009	47
6.3.4	Attraversamento SC_0010	49
6.3.5	Attraversamento SC_0011	51
6.3.6	Attraversamento SC_0012	53
	SEZIONE IV.....	55
7	DEFINIZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO	56

1 PREMESSA

Il Comune di Ortueri, ha conferito alla società Geologica S.r.l.s. con sede operativa in Via Tempio n.3 Monastir (SU), C.F. e P.IVA 03612320923, l'incarico professionale per la redazione della RELAZIONE TECNICA allegata allo studio *"Svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché delle altre opere interferenti nel territorio del Comune di Ortueri"*.

Il presente documento è articolato in:

SEZIONE I – NORMATIVA E INQUADRAMENTO GENERALE

SEZIONE II – ATTRAVERSAMENTI STRADALI CENSITI NEL TERRITORIO COMUNALE DI ORTUERI

SEZIONE III – STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

Sezione IV – PERIMETRAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Oltre alla presente relazione, che costituisce l'ELABORATO A - RELAZIONE GENERALE, fanno parte dello studio i seguenti elaborati:

- ELABORATO B – SCHEDE ATTRAVERSAMENTI
- ELABORATO C – PROFILI DI CORRENTE
- ELABORATO D – SEZIONI IDRAULICHE
- ELABORATO E – TABELLE ANALITICHE
- TAVOLA 1 – COROGRAFIA DEGLI ATTRAVERSAMENTI DEL TERRITORIO COMUNALE DI ORTUERI
- TAVOLA 2 – COROGRAFIA DEI BACINI IDROGRAFICI
- TAVOLA 3 – CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA
- TAVOLA 4 – CARTA DEGLI ELEMENTI A RISCHIO
- TAVOLA 5 – CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

SEZIONE I

NORMATIVA E INQUADRAMENTO GENERALE

2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Con l'articolo 22 delle Norme di Attuazione del P.A.I., la Regione Sardegna stabilisce le linee guida per la verifica delle opere interferenti con il reticolo idrografico.

L'articolo 22 delle N.d.A. del P.A.I. ai commi 1 e 2 recita infatti che:

- 1) La Regione Sardegna stabilisce disposizioni, linee guida e criteri per sottoporre a verifiche di sicurezza, anche al di fuori delle aree di pericolosità idrogeologica perimetrate dal P.A.I., categorie espressamente individuate di infrastrutture a rete o puntuali, impianti produttivi, siti di attività estrattive, insediamenti, opere di difesa e di sistemazione idraulica e idrogeologica, opere pubbliche ed edifici civili con presenza rilevante anche discontinua di persone, forme diverse di occupazione dei suoli. La Regione stabilisce anche i casi in cui alle verifiche devono seguire progetti di messa in sicurezza ed adeguamento.*
- 2) Le verifiche e le eventuali progettazioni di cui al precedente comma sono svolte a cura e a carico dei soggetti gestori o proprietari. I dati derivanti dalle verifiche e gli eventuali progetti successivi sono trasmessi all'autorità regionale competente.*

Con Delibera di Giunta Regionale n. 43/2 dell'1.09.2016, successivamente rettificata con la deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 27.10.2015, in osservanza di quanto espresso al comma 1 dell'articolo 22 della N.d.A. del P.A.I. è stata pubblicata la *"Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché di altre opere interferenti"*.

Tale direttiva definisce gli indirizzi, i contenuti e le modalità operative per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle opere esistenti di attraversamento, viario o ferroviario, del reticolo idrografico nonché delle altre opere interferenti con il medesimo reticolo e pone in capo ai proprietari, gestori o concessionari una serie di adempimenti finalizzati a verificare che le opere non determinino condizioni di rischio idraulico e a redigere i progetti degli interventi di manutenzione o di adeguamento nonché a definire le misure non strutturali atte alla mitigazione del rischio presente.

Al punto n.3 della direttiva, viene inoltre sancito che *"gli Enti proprietari, gestori o concessionari delle opere esistenti di attraversamento viario e ferroviario del reticolo idrografico e delle opere interferenti con il reticolo idrografico predispongono una verifica di sicurezza delle stesse, identificando in particolare il tempo di ritorno critico della singola opera, inteso come quello minimo a partire dal quale la portata conseguente transita con franco pari al 50% di quello definito dalle norme vigenti"*.

Il calcolo del franco idraulico in corrispondenza delle opere di attraversamento viene definito sulla base degli indirizzi presenti nell'articolo 21 delle Norme di Attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico.

Al fine di individuare in maniera univoca le infrastrutture da sottoporre a verifica, la Regione Sardegna ha realizzato lo *Strato informativo delle infrastrutture di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna*, pubblicato sul sito del “Piano di Gestione del Rischio Alluvione”.

Lo shape file è suddiviso secondo le province di cui alla L.R. 4 febbraio 2016, n.2 e riporta gli attraversamenti rilevati al fine di ottemperare agli adempimenti derivanti dalle verifiche di cui alla “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”. Tali punti sono stati ricavati dall’intersezione tra il grafo del reticolo idrografico della Regione Sardegna, approvato con deliberazione del C.I. n. 3 del 30.07.2015 e il grafo della rete stradale e ferroviaria utilizzato per i servizi SITR/IDT.

Nel territorio comunale di Ortueri sono stati individuati complessivamente 21 attraversamenti, di cui 13 relativi a strade comunali e quindi oggetto di analisi nel presente studio.

Come riportato nello stesso punto n.3 della Direttiva, la verifica non è richiesta nel caso in cui le opere siano state progettate, realizzate e collaudate nel rispetto delle previsioni delle N.A. del P.A.I. e nel caso in cui per l’opera di attraversamento si verifichino entrambe le seguenti condizioni:

- Bacino idrografico sotteso inferiore a 0,5 km²
- Portata idrica inferiore a 10 m³/s da calcolare con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli ($V=1$ m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN III non inferiore a 95.

Al punto n.4 della Direttiva vengono stabili i criteri per le verifiche di sicurezza degli attraversamenti e rilevati di accesso esistenti riguardo ai diversi elementi di calcolo che verranno analizzati nei capitoli successivi e nelle schede di sintesi dei risultati.

Nei punti successivi della direttiva vengono indicate le misure transitorie da adottare in presenza di infrastrutture che non superano la verifica di sicurezza (Punto 5), le condizioni generali per la definizione degli interventi manutentivi e di adeguamento (Punto 6) e le misure atte alla riduzione del rischio idraulico (Punto 9).

Nei capitoli successivi si procederà quindi all’applicazione della direttiva **al fine di effettuare le verifiche idrauliche degli attraversamenti oggetto di studio e la loro caratterizzazione mediante la scheda all'allegato 1 della Direttiva.**

3 INQUADRAMENTO GENERALE

L'area geografica di indagine è ubicata nella Sardegna centrale, nell'area storico-geografica della Barbagia del Mandrolisai, più precisamente nel Comune di Ortueri, parte integrante della Provincia di Nuoro.

Il territorio comunale si estende su una superficie di 38,83 km², con una densità media abitativa di circa 29,23 ab/km² ed una popolazione stimata di circa 1.135 abitanti (ISTAT 2017).

Il Comune di Ortueri confina a nord con il Comune di Neoneli, ad est con i Comuni di Austis e Sorgono, a sud con il Comune di Samugheo, infine ad ovest con i Comuni di Busachi e Ulà Tirso.

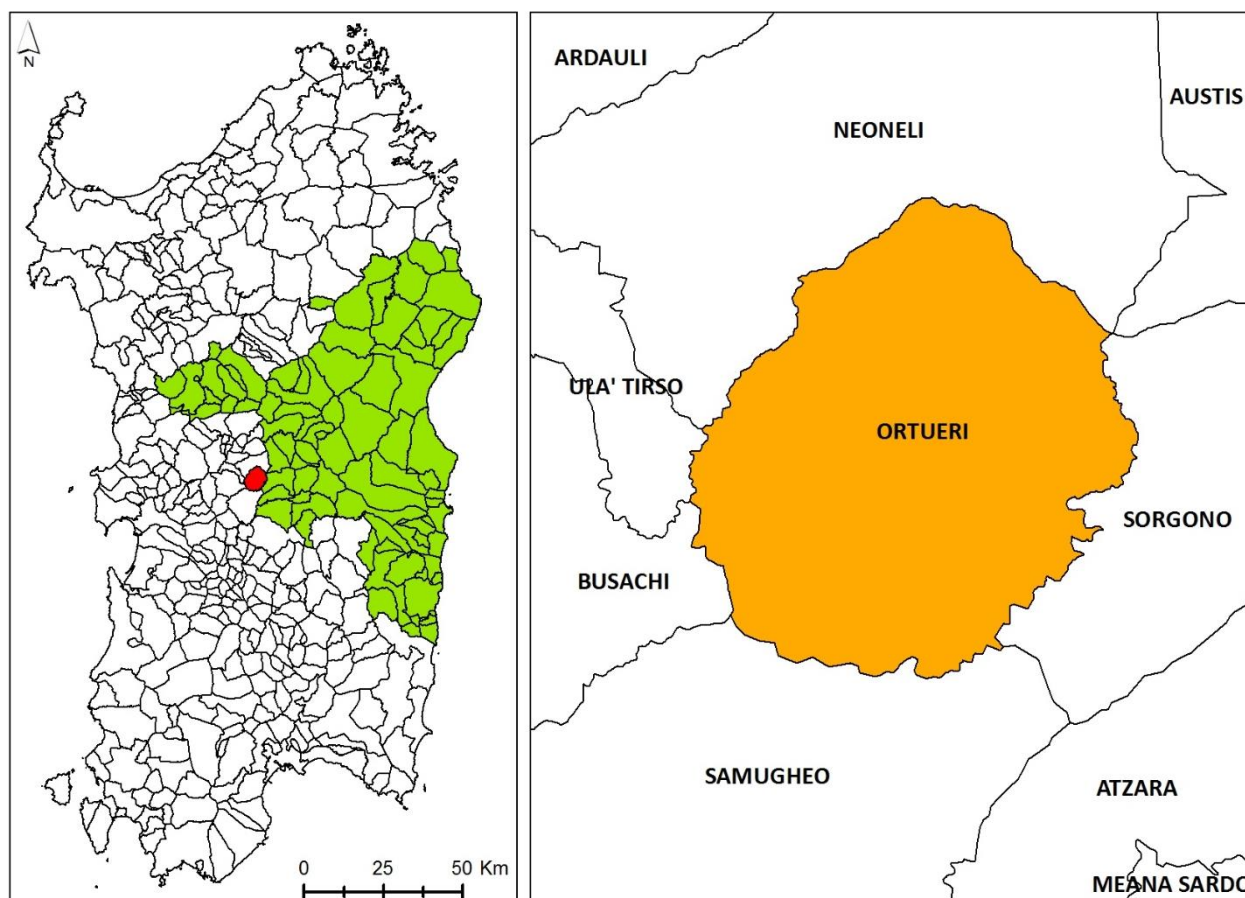


Figura 1 - Inquadramento territoriale del Comune di Ortueri.

Il centro abitato è posizionato nel settore settentrionale del territorio comunale, ed è attraversato dalla principale arteria di comunicazione, rappresentata dalla Strada Statale SS 388. La rete stradale extraurbana (strade provinciali, comunali e vicinali), consente di raggiungere le diverse zone interne al territorio comunale e in alcuni casi rappresentano un ulteriore collegamento con i comuni confinanti.

Dal punto di vista Geologico, il territorio si caratterizza per l'esteso affioramento dell'Unità intrusiva del Mandrolisai, costituita da tonaliti granodioritiche e quarzodioritiche dell'Unità di Ortueri (Carbonifero sup. - Permiano inf.). Il basamento cristallino è attraversato dal Corteo filoniano tardo ercinico, costituito prevalentemente da porfidi microgranitici (Carbonifero sup. - Permiano).

Nel settore settentrionale del territorio comunale affiora la Formazione delle Filladi Grigie del Gennargentu, rappresentata da rocce metamorfiche di medio grado costituite da alternanze di livelli di metarenarie quarzose e micacee, quarziti e filladi, di colore da grigio chiaro a grigio scuro e verdastro (Cambriano med. - Ordoviciano inf.).

Nel settore meridionale del territorio sono localizzati limitati ed isolati affioramenti dei flussi piroclastici in facies ignibritica riferibili all'Unità di Allai (Aquitaniense? - Burdigaliano), appartenente al Distretto Vulcanico di Ottana.

I depositi olocenici sono anch'essi molto ridotti e confinati negli alvei corsi d'acqua principali, si tratta di depositi alluvionali costantemente soggetti a processi di erosione, trasporto e rideposizione periodica.

Il paesaggio, in corrispondenza dei litotipi granodioritici più o meno arenizzati, si caratterizza per morfologie collinari dalle forme arrotondate con versanti a bassa acclività e con un'altitudine media di 507 m s.l.m. Tali morfologie sono inasprite dalla presenza di filoni (più resistenti all'alterazione) che emergono sottoforma di creste sui crinali a causa dell'erosione differenziale.

I rilievi più elevati non superano i 752 m s.l.m. e sono ubicati nel settore settentrionale del territorio comunale, lungo il confine con Neoneli, dove affiora il basamento metamorfico, il quale conferisce ai rilievi forme aspre e pendenze da elevate (21-35%, 13-20°) a molto elevate (36-50%, 21-27°), con pareti scoscese ed improvvise rotture di pendio.

Le quote minori si registrano nel territorio meridionale al confine con Busachi e Samugheo dove i corsi d'acqua principali incidono il basamento cristallino.

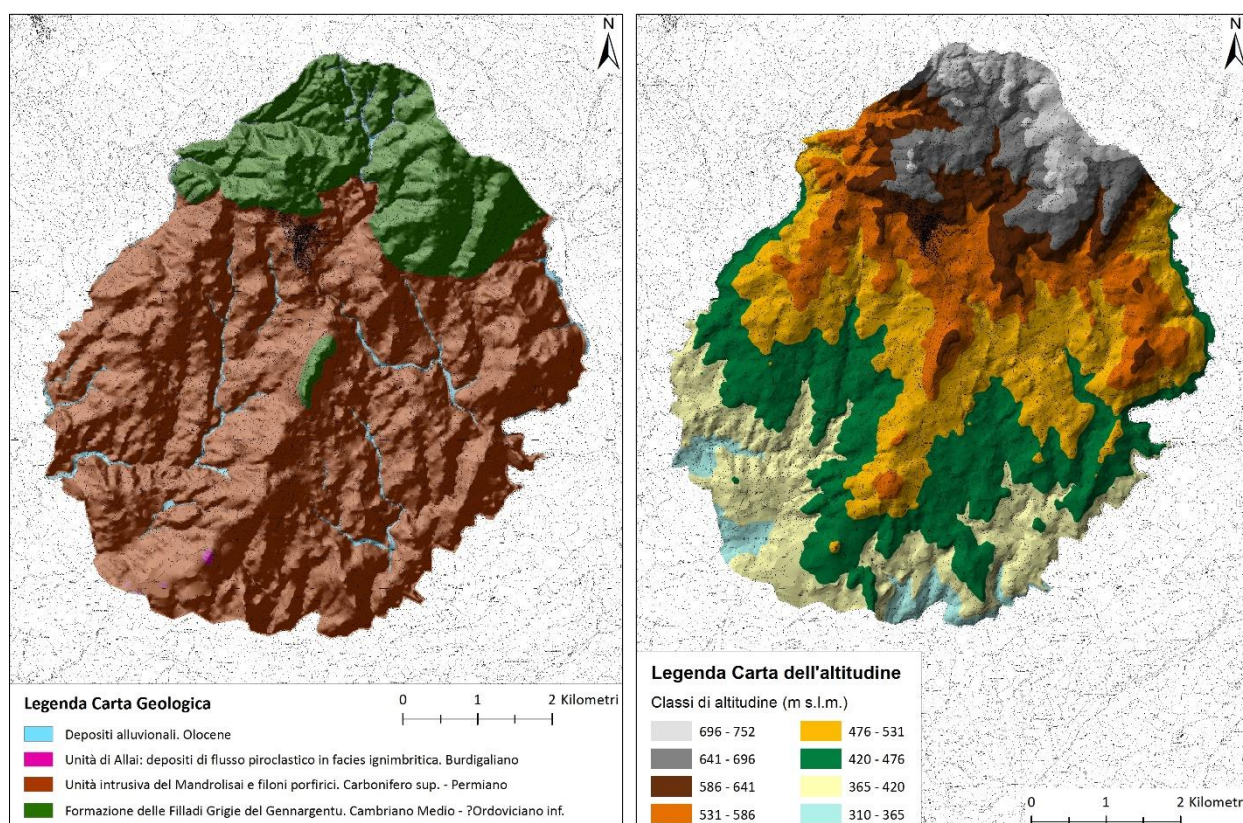


Figura 2 - Carta geologica e carta altimetrica del territorio comunale di Ortueri.

Per quanto concerne l'idrografia, il territorio comunale è ricompreso nel Sub-Bacino 2 "Tirso". Il reticolo idrografico assume un pattern da dendritico a sub-dendritico, contraddistinto da una direzione di deflusso prevalentemente orientata N-S, dovuta al controllo tettonico lungo i principali lineamenti strutturali. Il territorio comunale è attraversato da diversi corsi d'acqua a regime torrentizio il cui deflusso idrico è legato all'andamento stagionale delle precipitazioni, per cui durante i lunghi periodi di siccità estiva le portate sono molto ridotte mentre durante l'inverno e la primavera è presente un deflusso che in occasione di piogge intense può essere molto elevato, anche in considerazione della bassa permeabilità del basamento metamorfico-cristallino.

I corsi d'acqua principali sono:

- **RIU BAU ISCHIOS:** nel suo primo tratto viene denominato Rio Muscone e nasce dalle pendici dei rilievi a nord dell'abitato di Ortueri, in località "Serra Longa", e con andamento NE-SO ed una lunghezza dell'asta principale di circa 9 km, ripercorre il confine comunale occidentale con Neoneli, Ula Tirso e Busachi;
- **RIU MANNU:** nasce dai rilievi a nordest del centro abitato, oltre il confine comunale; la sua asta principale supera i 10 km di lunghezza, scorre con direzione NE-SO e segue il confine comunale orientale con Sorgono e Samugheo;
- **RIU LEONAI:** con un'asta principale della lunghezza di circa 12 km, nasce a nord dal Monte Olisezzo (814 m) e dopo aver attraversato tutto il territorio comunale, compreso il centro abitato, con prevalente direzione N-S, affluisce nel Riu Accoro il quale successivamente confluisce con il Riu Mannu.
- **ROJA FIGU NIEDDA:** la sua asta principale è lunga circa 6 km, nasce dal rilievo "S'Unturgione" (713 m) localizzato ad ovest dell'abitato di Ortueri e scorre nel settore centro-occidentale del territorio dapprima con andamento N-S, poi con andamento E-O prendendo il nome di Roja Bau Ebbas.

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il 50 % del territorio, è occupata da Zone Boscate, si tratta per lo più di boschi di latifoglie; mentre un'altra grossa porzione, circa il 39 % è dedicata allo sfruttamento agricolo e in particolare alla viticoltura. L'edificato è concentrato principalmente nel centro urbano, salvo la presenza di alcuni edifici rurali a servizio delle aree agricole e occupa una minima porzione del territorio, circa lo 1,5 %. Il restante 9 % di territorio è ricoperto da vegetazione arbustiva e/o erbacea.

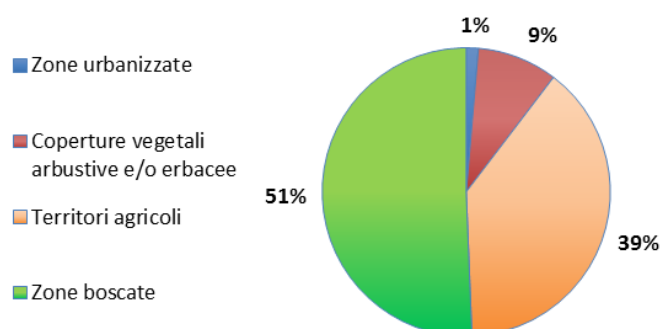


Figura 3 – Diagramma delle percentuali di Uso del Suolo.

SEZIONE II

ATTRAVERSAMENTI STRADALI CENSITI NEL TERRITORIO COMUNALE DI ORTUERI

4 ELENCO DEGLI ATTRAVERSAMENTI CENSITI NEL COMUNE DI ORTUERI

Come anticipato nella SEZIONE I, al fine di individuare in maniera univoca le infrastrutture da sottoporre a verifica, la Regione Sardegna ha realizzato lo Strato informativo delle infrastrutture di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna.

Nella Tabella 1 viene riportato l'elenco di tutti gli attraversamenti individuati nel territorio comunale di Ortueri, classificati in base alla tipologia di strada su cui sono stati realizzati.

Gli attraversamenti, in totale, sono **21**, di cui 6 realizzati sulla Strada Statale 388, 1 realizzato sulla Strada Provinciale N.101 e 1 realizzato sulla Strada Provinciale N.76. I restanti **13** attraversamenti relativi alle strade comunali, e pertanto oggetto di studio, vengono evidenziati in Tabella 1 ed indicati nella Figura 4 con un pallino rosso.

COMUNE	DENOMINAZIONE STRADA	DENOMINAZIONE FIUME	TIPO	SIGLA TIPO	CODICE
ORTUERI	SS 388	RIU LEONAI	Statale	SS	SS_0020
ORTUERI	SS 388	FIUME_184026	Statale	SS	SS_0017
ORTUERI	SS 388	FIUME_184041	Statale	SS	SS_0018
ORTUERI	SS 388	RIU MUSCONE	Statale	SS	SS_0021
ORTUERI	SS 388	FIUME_184017	Statale	SS	SS_0016
ORTUERI	SS 388	FIUME_184045	Statale	SS	SS_0019
ORTUERI	SP 101	ROIA DI MASONE PROCCOS	Provinciale	SP	SP_0015
ORTUERI	SP 76	RIU MANNU	Provinciale	SP	SP_0014
ORTUERI	Viale delle Mimose	RIU LEONAI	Comunale	SC	SC 0001
ORTUERI		FIUME_48997	Comunale	SC	SC 0002
ORTUERI		FIUME_55645	Comunale	SC	SC 0003
ORTUERI		FIUME_183899	Comunale	SC	SC 0004
ORTUERI		FIUME_183978	Comunale	SC	SC 0005
ORTUERI		RIU ACCORO	Comunale	SC	SC 0006
ORTUERI		RIU LEONAI	Comunale	SC	SC 0007
ORTUERI		RIU LEONAI	Comunale	SC	SC 0008
ORTUERI		RIU LEONAI	Comunale	SC	SC 0009
ORTUERI		ROJA BAU EBBAS	Comunale	SC	SC 0010
ORTUERI		ROJA CADINAS	Comunale	SC	SC 0011
ORTUERI		ROJA PROCHILES	Comunale	SC	SC 0012
ORTUERI		ROJA SURGIAGA	Comunale	SC	SC 0013

Tabella 1 - Elenco ufficiale degli attraversamenti interferenti con il reticolo idrografico nel territorio comunale di Ortueri - In evidenza gli attraversamenti su strade comunali.

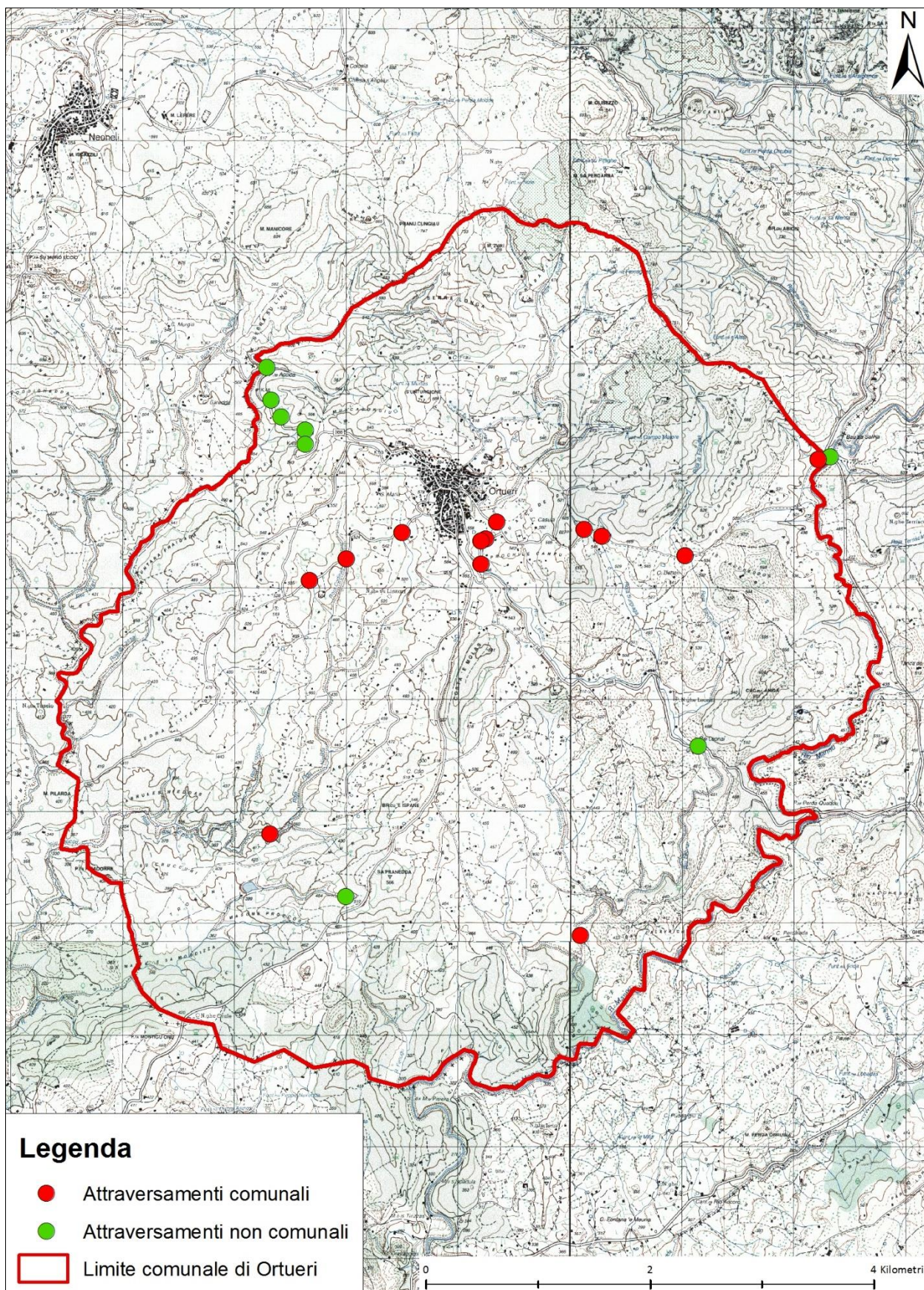


Figura 4 - Attraversamenti sul territorio comunale di Ortueri.

In seguito alle analisi cartografiche e ai sopralluoghi sul campo si è potuto verificare che alcuni degli attraversamenti individuati nello shape file di riferimento e sopra elencati risultano censiti in maniera erronea. Infatti, è stato verificato che gli attraversamenti identificati con i codici **SC 0008** e **SC 0007** non sono degli attraversamenti esistenti ma sono stati generati da un problema di interpolazione tra l'idrografia ufficiale e la viabilità comunale. Da una più accurata analisi, è stato appurato che la sede stradale si sviluppa parallelamente al RIU LEONAI, per cui, non interferisce con il reticolo idrografico come mostrato nelle successive Figure.

Pertanto, trattandosi di due attraversamenti fittizi, gli stessi sono stati esclusi dal presente studio.



Figura 5 – Inquadramento attraversamenti SC 0007 e SC 0008.



Figura 6 – Attraversamento SC 0008, la strada si sviluppa parallelamente al corso d'acqua "RIU LEONAI".



Figura 7 – Passerella in calcestruzzo che collega un terreno privato alla strada comunale e permette il deflusso delle acque del RIU LEONAI.



Figura 8 – Passerella costituita da tubolare in cemento rotocompresso di diametro 0,80 m che collega un terreno privato alla strada comunale e permette il deflusso delle acque del RIU LEONAI.

4.1 DESCRIZIONE E ANALISI DEGLI ATTRAVERSAMENTI OGGETTO DI STUDIO

Le operazioni di raccolta dei dati necessari alla descrizione ed analisi degli attraversamenti sulle strade comunali del territorio di Ortueri hanno richiesto diversi sopralluoghi sul campo, finalizzati anche al rilievo delle sezioni topografiche necessarie alle simulazioni idrauliche di verifica.

Di seguito si forniranno le informazioni raccolte per ciascuno degli **11** attraversamenti di competenza comunale studiati, elencati secondo la codifica descritta in Tabella 2 e ordinati per posizione geografica, andando da est verso ovest del territorio comunale. Per ciascun attraversamento si riporta l'inquadramento geografico e una breve descrizione delle caratteristiche principali.

CORSO D'ACQUA	CODICE RAS	TIPO
RIU LEONAI	SC 0001	Tubolari
FIUME_48997	SC 0002	Tubolari
FIUME_55645	SC 0003	Tubolari
FIUME_183899	SC 0004	Scatolare
FIUME_183978	SC 0005	Ponticello
RIU ACCORO	SC 0006	Ponte
RIU LEONAI	SC 0009	Scatolare
ROJA BAU EBBAS	SC 0010	Ponticello
ROJA CADINAS	SC 0011	Ponte
ROJA PROCHILES	SC 0012	Ponticello
ROJA SURGIAGA	SC 0013	Ponticello

Tabella 2 - Elenco degli attraversamenti per i quali è stata redatta una scheda per la caratterizzazione.

4.1.1 ATTRAVERSAMENTO SC 0003



Figura 9 – Inquadramento attraversamento SC 0003.

L'opera di attraversamento è localizzata nel settore orientale nei pressi del confine con il Comune di Neoneli, lungo la strada comunale che si collega alla Strada Provinciale 76. Il manufatto consente il deflusso delle acque del FIUME_55645, un affluente di destra del Riu Mannu, le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

L'attraversamento **SC 0003** è costituito da due tubi in cemento circolari rotocompressi di diametro 0,80 m, spazati tra loro di circa 0,40 m.

Nel tratto d'alveo interessato dall'attraversamento è presente una vegetazione prevalentemente erbacea, subordinatamente arbustiva, che non rappresenta allo stato attuale un impedimento al deflusso delle acque.



Figura 10 – Attraversamento SC 0003.

4.1.2 ATTRAVERSAMENTI SC 0002, SC 0012 E SC 0013

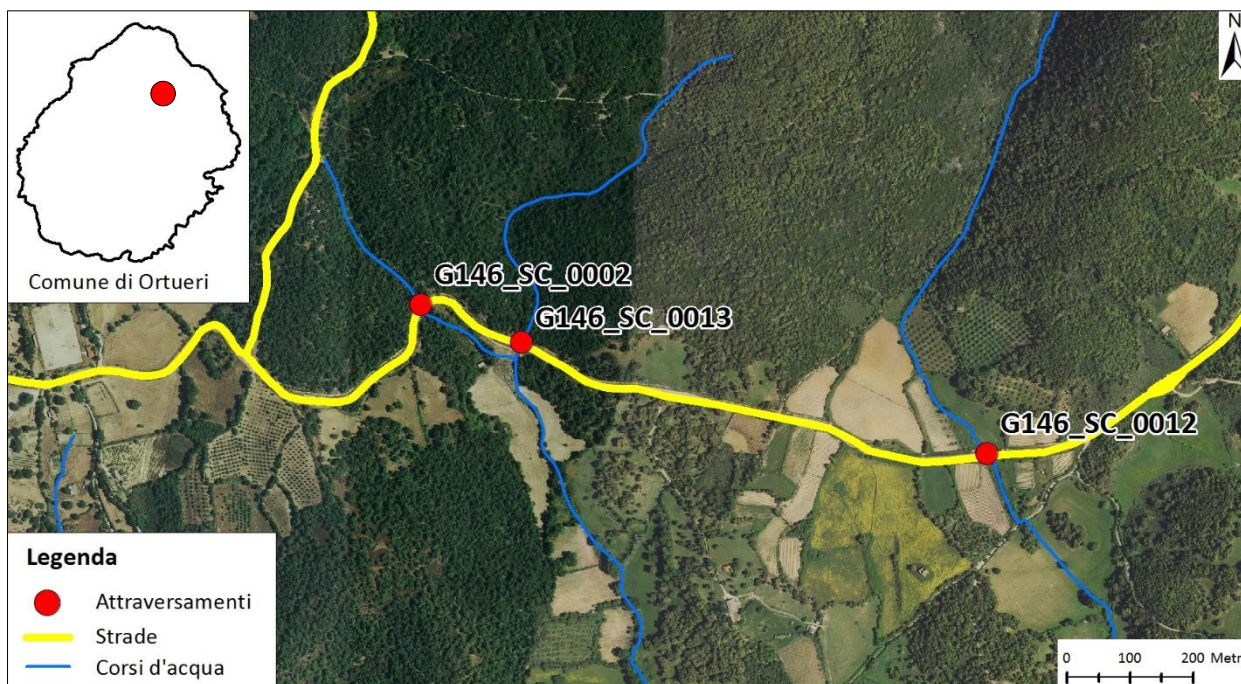


Figura 11 – Inquadramento attraversamenti SC 0002, SC 0012 e SC 0013.

Gli attraversamenti di questo gruppo sono ubicati nel settore centro-orientale del territorio comunale, lungo la strada sterrata, che conduce verso il confine orientale del territorio comunale, e si raccorda con la Strada Provinciale 76. I manufatti consentono il deflusso di tre corsi d'acqua a carattere torrentizio, le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

L'attraversamento **SC 0002**, consente il deflusso delle acque del FIUME_48997, risulta essere costituito da due tubi circolari in cemento rotocompressi di diametro 1,00 m, spazati tra loro di circa 0,40 m, alloggiati all'interno di un pozzetto in calcestruzzo armato delle dimensioni: h = 2,0 m, L = 2,60, P = 1,50 m. Nel tratto d'alveo interessato dall'attraversamento è presente una vegetazione prevalentemente arbustiva e con alberi ad alto fusto (sughere), più fitta e rigogliosa nel tratto a valle dell'opera idraulica. Allo stato attuale, la vegetazione non rappresenta un elemento ostativo al deflusso delle acque.



Figura 12 – Attraversamento SC 0002.

L'attraversamento **SC 0013**, ubicato in corrispondenza del torrente ROJA SURGIAGA, è costituito da un ponticello a campata semplice in calcestruzzo armato di larghezza 2,00 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle di 2,00 m e soletta in cemento armato dello spessore di 0,30 m.

Nel tratto d'alveo interessato dall'attraversamento è presente una vegetazione prevalentemente arbustiva e con alberi ad alto fusto (sughere) nel settore di monte, ed erbacea prevalente nel settore di valle. Allo stato attuale, la vegetazione non rappresenta un elemento ostativo al deflusso delle acque.



Figura 13 – Attraversamento SC 0013.

L'attraversamento **SC 0012** consente il deflusso delle acque del torrente ROJA PROCHILES, ed è costituito da un ponticello a campata semplice, in calcestruzzo armato di larghezza 2,10 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle di 2,00 m e soletta in cemento armato dello spessore di 0,50 m.

Nel tratto d'alveo interessato dall'attraversamento è presente una vegetazione prevalentemente arbustiva. Allo stato attuale, la vegetazione non rappresenta un elemento ostativo al deflusso delle acque.



Figura 14 – Attraversamento SC 0012.

4.1.3 ATTRAVERSAMENTO SC 0006



Figura 15 - Inquadramento dell'attraversamento SC 0006.

L'attraversamento SC 0006 è ubicato nel settore sud-orientale del territorio comunale di Ortueri, su una strada che conduce in località "Montigu de Zuri". L'opera consente il deflusso delle acque del RIU ACCORO, un torrente le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

Si tratta di un ponte a campata semplice in calcestruzzo armato, di larghezza 4,50 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle 3,50 m e soletta in cemento armato dello spessore di 0,60 m.

Nel tratto d'alveo interessato dall'attraversamento è presente una vegetazione prevalentemente arbustiva e con alberi ad alto fusto (pioppi) nel settore di monte, ed erbacea prevalente nel settore di valle. Allo stato attuale, la vegetazione non rappresenta un elemento ostativo al deflusso delle acque, in virtù anche delle dimensioni dell'attraversamento.



Figura 16 – Attraversamento SC 0006.

4.1.4 ATTRAVERSAMENTI SC 0001 E SC 0009

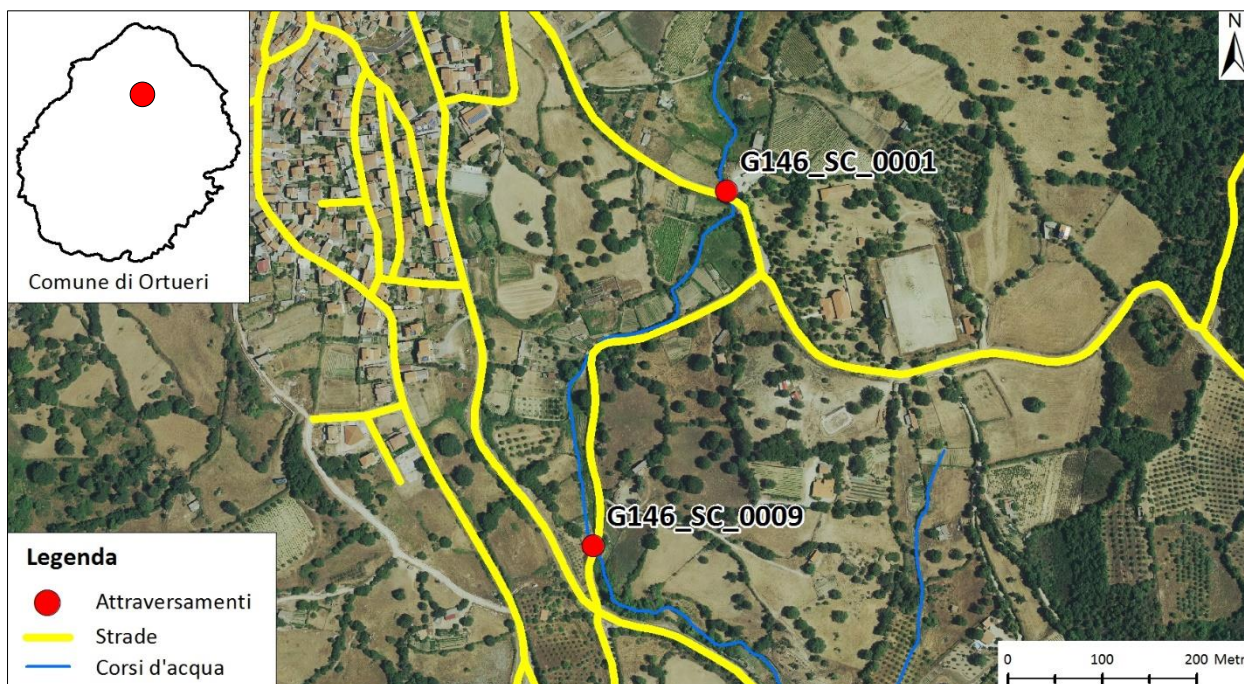


Figura 17 – Inquadramento attraversamenti SC 0001 e SC 0009.

Gli attraversamenti in esame sono ubicati nel settore centro-settentrionale del territorio comunale, più precisamente nell'area periferica a sud-est dell'abitato e consentono il deflusso delle acque del RIU LEONAI, un torrente, le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

L'attraversamento **SC 0001** è costituito da tre tubi circolari in cemento rotocompressi di diametro di 0,80 m, spazati tra loro di circa 0,40 m; con soletta in calcestruzzo armato di ricoprimento dello spessore di circa 0,20 m.

Di seguito si riportano le caratteristiche dell'alveo:

- Alveo a monte dell'attraversamento: sezione trapezia, dimensioni: $h = 1,50$ m, $L = 3,0$ m.
- Alveo a valle dell'attraversamento: sezione trapezia, dimensioni: $h = 1,50$ m, $L = 1,20$ m.



Figura 18 - Attraversamento SC 0001.

L'alveo, nel settore a monte dell'attraversamento è ricoperto da una folta vegetazione arbustiva e con rovi, che non impedisce il deflusso ordinario delle acque, ma che in presenza di eventi idrometrici anche di modesta entità può limitare la funzionalità o ostruire l'opera di attraversamento.

L'attraversamento **SC 0009** è costituito da uno scatolare semplice, in calcestruzzo armato di larghezza 2,50 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle di 1,00 m e soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 0,50 m.

Di seguito si riportano le caratteristiche dell'alveo:

- Alveo a monte dell'attraversamento: sezione quadrata, dimensioni: $h = 1,50 \text{ m}$, $L = 1,50 \text{ m}$.
- Alveo a valle dell'attraversamento: sezione rettangolare, dimensioni: $h = 1,50 \text{ m}$, $L = 1,70 \text{ m}$.

L'alveo, nel settore a monte dell'attraversamento è ricoperto da una folta vegetazione arbustiva e con rovi, che non impedisce il deflusso ordinario delle acque, ma che in presenza di eventi idrometrici anche di modesta entità può limitare la funzionalità o ostruire l'opera di attraversamento.



Figura 19 – Attraversamento SC 0009.

4.1.5 ATTRAVERSAMENTO SC 0005

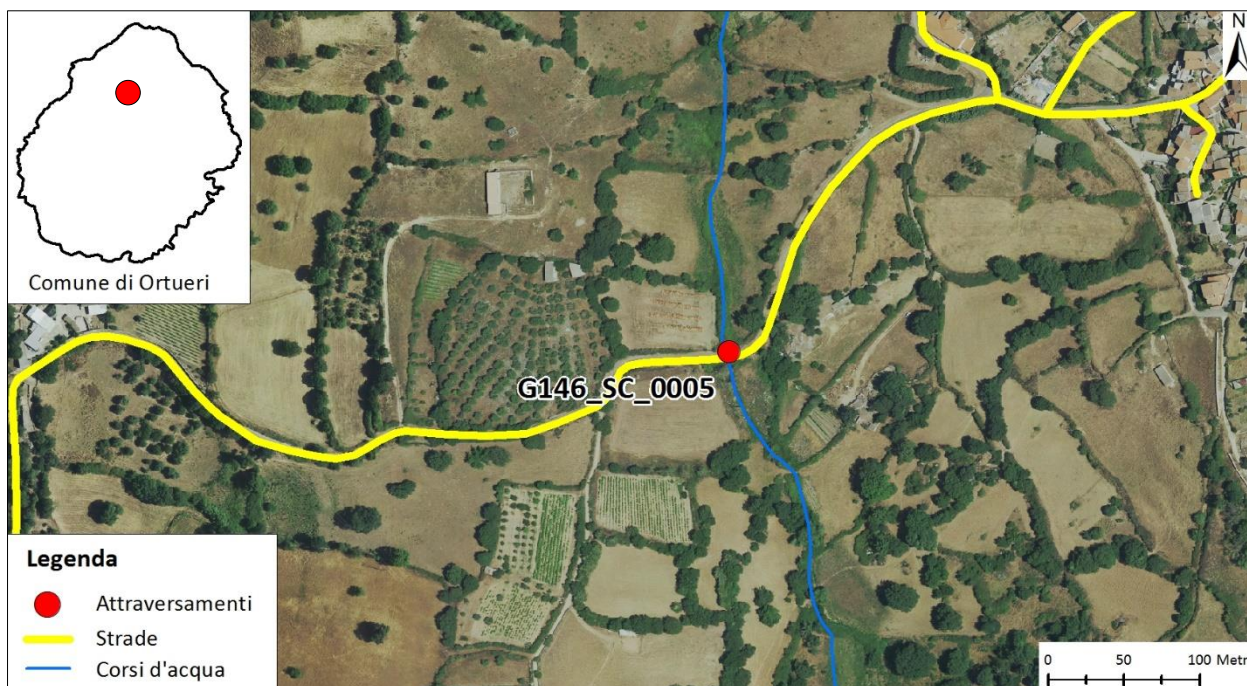


Figura 20 – Inquadramento attraversamento SC 0004.

L'attraversamento **SC 0005** è ubicato nel settore centro-settentrionale del territorio comunale, più precisamente nell'area periferica a sud-ovest dell'abitato di Ortueri, consente il deflusso delle acque del FIUME_183978, le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

Si tratta di un ponticello a campata semplice in calcestruzzo armato di larghezza 2,80 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte di 1,60 m e soletta in cemento armato dello spessore di 0,50 m.

Nelle immediate prossimità del corso d'acqua è presente una folta vegetazione, costituita da un fitto rovetto e da piante rampicanti, che ostacola l'accesso all'opera, rendendola inaccessibile dall'alveo e che in concomitanza con eventi pluviometrici di elevata intensità può rappresentare un ostacolo al trasporto di detrito e/o arbusti che potrebbero ostruire completamente o limitare la funzionalità del manufatto.



Figura 21 – Attraversamento SC 0004.

4.1.6 ATTRAVERSAMENTI SC 0004 E SC 0011

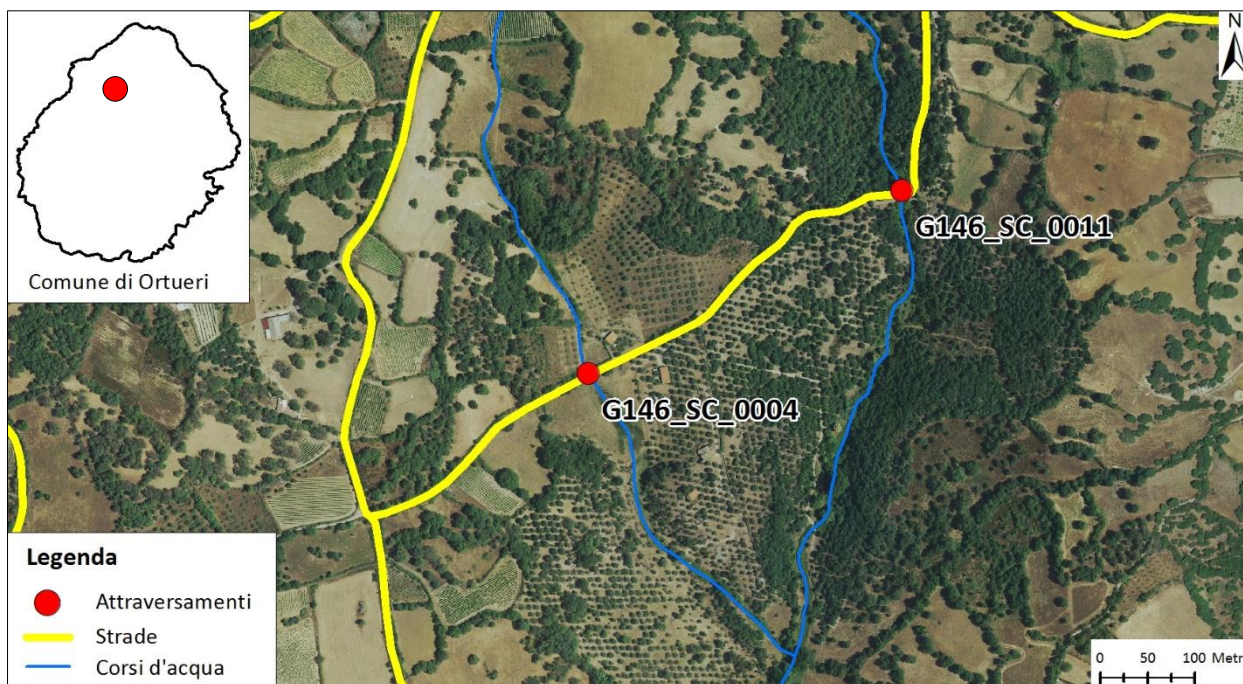


Figura 22 – Inquadramento attraversamenti SC 0004 e SC 0011.

Le opere idrauliche **SC 0004** e **SC 0011** sono ubicate nel settore centro-settentrionale del territorio comunale, a una distanza di circa 1,5 Km dall’abitato di Ortueri, e consente il deflusso delle acque del FIUME 183899 e del ROJA CADINAS, le cui portate sono legate prevalentemente all’andamento stagionale delle precipitazioni.

L’attraversamento **SC 0004** consente il deflusso delle acque del FIUME 183899, ed è costituito da uno scatolare a sezione quadrata di 1,0 m per lato, con spalle in pietrame e soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 0,40 m.



Figura 23 – Attraversamento SC0011.

L'attraversamento **SC 0011**, che consente il deflusso delle acque del ROJA CADINAS, è costituito da un ponte a campata semplice con spalle in pietrame di larghezza 2,20 m, con dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle di 3,00 m e soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 0,60 m.

Nelle immediate prossimità dell'attraversamento è presente una folta vegetazione, costituita da roveti e da piante rampicanti, che ostacola l'accesso all'opera ma comunque non impedisce il deflusso delle acque legate alle precipitazioni ordinarie.



Figura 24 – Attraversamento SC 0011.

4.1.7 ATTRAVERSAMENTO SC 0010



Figura 25 – Inquadramento attraversamento SC 0010.

L'attraversamento **SC 0010** è ubicato nel settore sud-occidentale del territorio comunale di Ortueri, lungo la strada vicinale che conduce verso in località "Su Cruccuri". L'opera consente il deflusso delle acque del ROJA BAU EBBAS, un torrente le cui portate sono legate all'andamento stagionale delle precipitazioni.

Si tratta di un ponticello a campata semplice in calcestruzzo armato di larghezza 3,00 m, con un dislivello tra intradosso impalcato e fondo alveo nel tratto a monte e a valle di 3,00 m e soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 0,30 m.

Nell'area prospiciente il corso d'acqua è presente una folta vegetazione, costituita da rovetto e da piante rampicanti, che seppure ostacola l'accesso all'opera, non impedisce completamente il deflusso delle acque legate alle precipitazioni ordinarie e straordinarie.



Figura 26 – Attraversamento SC 0010.

SEZIONE III

STUDIO IDROLOGICO E IDRAULICO

5 STUDIO IDROLOGICO

5.1 PREMESSA

In assenza di deflussi osservati per le sezioni di interesse, è necessario procedere al calcolo della portata di piena mediante un approccio che può essere di tipo empirico o probabilistico.

I metodi di tipo empirico prevedono l'utilizzo delle curve di inviluppo dei massimi storici di portata, che per la Sardegna vengono raccolti nella Curva di Sirchia, modificata in seguito da Fassò.

I metodi per la stima della portata di piena con approccio di tipo probabilistico si distinguono in due gruppi:

- metodi diretti, che stimano la portata a partire da distribuzioni di probabilità definite sulla base delle misure di pioggia, disponibili in numero molto più elevato rispetto alle misure di portata. L'informazione pluviometrica derivante dalla distribuzione di probabilità relativamente alla frequenza di accadimento attesa dell'evento considerato, viene trasformata poi in deflusso mediante un modello di trasformazione afflussi-deflussi.
- metodi indiretti, che stimano la portata a partire da distribuzioni di probabilità costruite sulla base dei deflussi osservati. In Sardegna si fa principalmente riferimento alla distribuzione probabilistica TCEV diretta oppure alle formule che utilizzano la distribuzione probabilistica Log-normale;

Escludendo l'approccio di tipo empirico, considerate le dimensioni dei bacini tributari analizzati, in accordo con la metodologia applicata, descritta dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (Metodologie di analisi) si è deciso di procedere optando a favore del metodo indiretto basato sulla distribuzione TCEV, ottenuta a partire da una serie di dati più estesa rispetto alla distribuzione Log-normale precedentemente utilizzata.

Nell'analisi idrologica si è proceduto individuando inizialmente i bacini tributari e le caratteristiche idrologiche relative a ciascun bacino studiato.

Come secondo passo **è stato applicato il metodo speditivo** suggerito dalla *“Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché di altre opere interferenti”* per il calcolo della portata di piena **al fine di individuare gli attraversamenti da sottoporre a verifica idrologica e idraulica**. Infine, per i bacini relativi agli attraversamenti da verificare, sono state valutate le portate al colmo relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE AL COLMO

La stima delle portate al colmo è stata fatta con l'utilizzo del metodo razionale. Il metodo si basa su una schematizzazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi e la sua formulazione si fonda sull'ipotesi che l'evento di piena abbia la stessa probabilità dell'evento di pioggia, ossia il tempo di ritorno della pioggia coincide con quello della piena generata e che la durata di pioggia sia assunta coincidente con il tempo di corrivazione del bacino.

La portata al colmo viene usualmente stimata con la relazione:

$$Q(T) = \frac{S \cdot ARF \cdot \varphi \cdot h(T, T_p)}{T_p}$$

Dove:

- Q_T = portata al colmo relativa al tempo di ritorno T
- S = superficie del bacino
- ARF = coefficiente di riduzione areale
- Φ = coefficiente di afflusso
- $h(T, T_p)$ = altezza di pioggia
- T_p = durata della pioggia

5.3 INDIVIDUAZIONE DEI BACINI TRIBUTARI ALLE SEZIONI DI INTERESSE

Per l'analisi morfologica preliminare di tutti i bacini interessati dai diversi interventi progettuali, è stato realizzato un modello digitale del terreno in ambiente Gis sulla base del seguente archivio dati:

- Carta Tecnica Regionale della Sardegna in scala 1:10.000;
- Digital Elevation Model con maglie di dimensione 10x10 m;
- Ortofoto e immagini satellitari dal 1954 al 2016 della raccolta cartografica presente sul Geoportale della Regione Sardegna;
- Immagini satellitari Google Maps.

Nello specifico, sono state valutate le seguenti grandezze:

- **Superficie del bacino:** A_B [km²], calcolando l'area del poligono che individua ciascun bacino idrografico;
- **Altitudine massima, media e minima:** del bacino $Z_{max B}$, $Z_{med B}$, $Z_{min B}$ [m.s.l.m.], calcolate attraverso l'analisi delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino idrografico;
- **Pendenza media del bacino:** i_b analisi in ambiente Gis delle pendenze medie delle celle del DEM interne al poligono rappresentante il bacino idrografico;
- **Lunghezza dell'asta principale:** L calcolo dei segmenti rappresentanti il corso d'acqua;
- **Pendenza media dell'asta principale:** i_L pendenza media ricavata come media pesata delle pendenze dei segmenti che compongono l'asse fluviale.

Nella Tabella 3 vengono riportate le caratteristiche morfometriche degli **11** bacini in studio.

Hydro ID	Attraversamento	Area	$Z_{med B}$	$Z_{min B}$	$Z_{max B}$	i_b	L	i_L
[-]	[-]	[km ²]	m slm	m slm	m slm	%	[km]	[-]
345	SC 0001	4.68	682.8	538.6	836.33	19	4.797	0.19
353	SC 0002	0.13	636	558	699	16	0.953	0.14
351	SC 0003	0.42	604	454	717	31	1.298	0.20
349	SC 0004	0.24	541	479	586	13	0.873	0.12
288	SC 0005	0.43	598	512	706	12	1.243	0.18
284	SC 0006	14.44	581	360	836	18	11.089	0.0381
347	SC 0009	5.17	673	527.6	836.3	18	5.226	0.052
286	SC 0010	5.47	510	370	687	17	4.648	0.0609
294	SC 0011	0.77	559	477	655	21	1.563	0.1024
292	SC 0012	1.26	664	519	750	21	2.355	0.088
290	SC 0013	0.28	643	538	706	22	0.924	0.16

Tabella 3 - Caratteristiche morfometriche dei bacini sottesi dalle sezioni di interesse.

5.4 TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il calcolo del tempo di corrivazione è stato effettuato utilizzando i principali metodi applicabili ai bacini sardi di superficie limitata, ossia:

- formula di Ventura

$$T_c = 0,127 \cdot \left(\frac{S}{J_m} \right)^{1/2}$$

- formula di Pasini

$$T_c = \frac{0,108 \cdot (S + L)^{1/3}}{J_m^{1/2}}$$

- formula di Giandotti

$$T_c = \frac{(4 \cdot (S^{1/2}) + 1,5 \cdot L)}{0,8 \cdot (H_m - H_s)^{1/2}}$$

- formula di Viparelli

$$T_c = \left(\frac{L}{3,6 \cdot V} \right)$$

Dove:

T_c = tempo di corrivazione [ore]

S = superficie del bacino [ore]

L = lunghezza dell'asta principale [km]

J_m = pendenza media dell'asta principale

H_m = quota media del bacino [m.s.l.m.]

H_s = quota del bacino alla sezione di chiusura [m.s.l.m.]

i_v = pendenza media del bacino

v = velocità media di scorrimento, posta pari a 1.5 m/s

Nella Tabella 4 seguente si riporta il tempo di corrivazione per ciascuno dei bacini analizzati, calcolato con le formule precedentemente descritte:

BACINO	VENTURA	PASINI	GIANDOTTI	VIPARELLI
SC 0001	1.184	1.311	1.649	0.888
SC 0002	0.123	0.144	0.406	0.265
SC 0003	0.184	0.197	0.463	0.361
SC 0004	0.180	0.185	0.519	0.243
SC 0005	0.240	0.252	0.603	0.345
SC 0006	2.480	3.009	2.674	2.054
SC 0009	1.268	1.421	1.756	0.968
SC 0010	1.204	1.286	1.725	0.861
SC 0011	0.345	0.364	0.810	0.290
SC 0012	0.481	0.523	0.833	0.436
SC 0013	0.169	0.172	0.428	0.257

Tabella 4 - Tempi di corrivazione per i bacini studiati.

5.5 STIMA DEI PARAMETRI DELLA DISTRIBUZIONE TCEV

Come già detto, per il calcolo dell'altezza di pioggia ci si è riferiti alla curva di possibilità pluviometrica ottenuta sulla base della distribuzione TCEV.

L'altezza di pioggia indice viene espressa secondo la formula:

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

Dove i coefficienti a_1 e n_1 vengono determinati in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g secondo le relazioni:

$$a_1 = \mu_g / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \text{Log}_{10} \mu_g$$

L'altezza di pioggia $h_T(\tau)$, ossia di durata τ e tempo di ritorno T si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per il coefficiente di crescita $K_T(\tau)$, ottenendo la relazione:

$$h_T(\tau) = \mu(\tau) \cdot K_T(\tau) = (a_1 \cdot a_2) \cdot \tau^{(n_1+n_2)}$$

Dove i coefficienti a_2 e n_2 variano in funzione del tempo di ritorno e della durata della pioggia secondo le relazioni:

$T \leq 10\text{anni}$

- SZO 1	$a_2 = 0.66105 + 0.85994 \text{Log}(T)$	$n_2 = -1.3558 \cdot 10^{-4} - 1.3660 \cdot 10^{-2} \text{Log} T$
- SZO 2	$a_2 = 0.64767 + 0.89360 \text{Log}(T)$	$n_2 = -6.0189 \cdot 10^{-4} + 3.2950 \cdot 10^{-2} \text{Log} T$
- SZO 3	$a_2 = 0.62408 + 0.95234 \text{Log}(T)$	$n_2 = -2.5392 \cdot 10^{-4} + 4.7188 \cdot 10^{-2} \text{Log} T$

$T > 10\text{anni}$

SZO 1

- $a_2 = 0.46378 + 1.0386 \text{Log}(T)$	
- $n_2 = -0.18449 + 0.23032 \text{Log}(T) - 3.3330 \cdot 10^{-2}$	$\tau \leq 1\text{ora}$
- $n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \text{Log}(T)$	$\tau > 1\text{ora}$

SZO 2

- $a_2 = 0.44182 + 1.0817 \text{Log}(T)$	
- $n_2 = -0.18676 + 0.24310 \text{Log}(T) - 3.5453 \cdot 10^{-2}$	$\tau \leq 1\text{ora}$
- $n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-2} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \text{Log}(T)$	$\tau > 1\text{ora}$

SZO 3

- $a_2 = 0.41273 + 1.1370 \text{Log}(T)$	
- $n_2 = -0.19055 + 0.25937 \text{Log}(T) - 3.8160 \cdot 10^{-2}$	$\tau \leq 1\text{ora}$
- $n_2 = 1.5878 \cdot 10^{-2} - 7.6250 \cdot 10^{-3} \text{Log}(T)$	$\tau > 1\text{ora}$

I bacini idrografici relativi alle sezioni degli attraversamenti ricadenti sul territorio comunale di Ortueri ricadono tutti nella sottozona omogenea n.1.

Per quanto riguarda il valore di pioggia indice giornaliera, per l'area studiata è stato adottato il valore di:

$\mu_g = 78 \text{ mm}$ desumibile dalla carta delle isoiete in Figura 27B

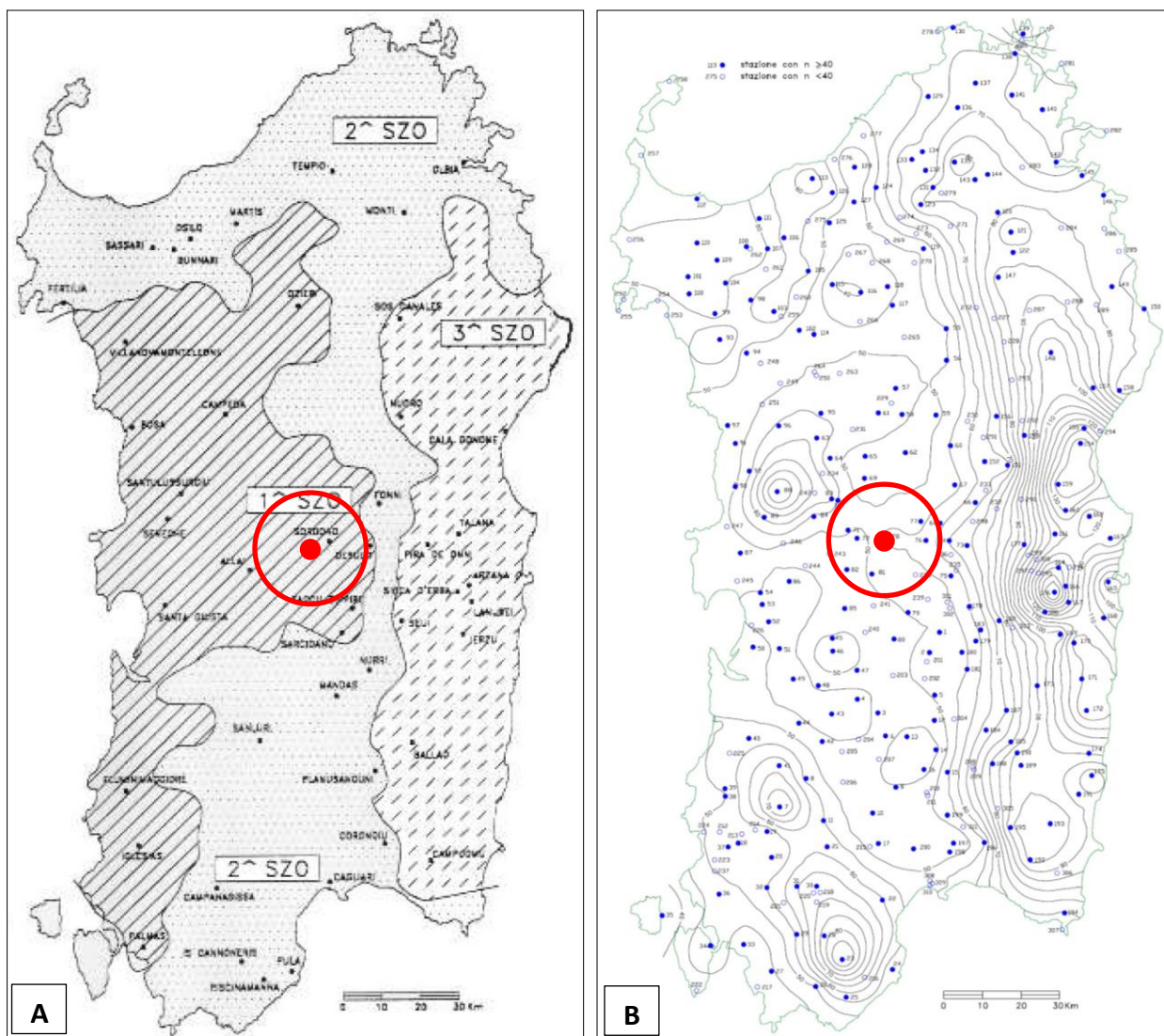


Figura 27 - A: Ripartizione del territorio in tre Sotto Zone Omogenee - B: Carta delle isoiete della pioggia indice. Il cerchio rosso indica l'area in studio.

5.6 COEFFICIENTE DI RAGGUAGLIO ALL'AREA

Il **coefficiente di ragguaglio all'area** può essere calcolato sulla base della formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - (0,0394 A^{0.354})^d \quad (-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A))) \quad A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0,0394 A^{0.354})^d \quad (-0.40 + 0.003832 (4.6 - \ln(A))) \quad A > 20 \text{ km}^2$$

dove A rappresenta la superficie del bacino e d la durata di pioggia.

Considerate le piccole dimensioni dei bacini, cautelativamente si è assunto un coefficiente di ragguaglio all'area pari ad 1 per tutti i bacini esaminati.

5.7 COEFFICIENTE D'AFFLUSSO

Per il calcolo del **coefficiente di afflusso** si è adottato il metodo ideato Curve Number del Soil Conservation Service (SCS). Il metodo del CN risulta particolarmente adatto per il calcolo del deflusso corrispondente allo scorrimento superficiale da adoperarsi per nello studio delle piene di piccoli bacini rurali per i quali non esistono osservazioni di deflusso.

Il metodo viene rappresentato dalla seguente formula:

$$P_n = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

dove P_n rappresenta la pioggia cumulata netta, P rappresenta l'afflusso cumulato lordo, I_a le perdite iniziali ed S il volume specifico in condizioni di saturazione, ossia la quantità d'acqua immagazzinabile nel terreno in condizioni di saturazione, funzione, come riportato nei capitoli precedenti, della natura e uso del suolo, della possibilità d'infiltrazione e delle condizioni di umidità antecedenti l'evento meteorico attraverso il parametro del CN.

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

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

- Natura del suolo;
- Tipo di copertura vegetale;
- Condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione (AMC)

Le informazioni riguardanti l'uso del suolo sono state ricavate dalla "Mappa dell'Uso del Suolo" redatta nel 2003 e aggiornata nel 2008 la quale rappresenta l'uso reale del suolo individuato attraverso la foto interpretazione sulla base delle ortofoto AGEA 2003, Ortofoto 2004, immagini Ikonos 2005-06, immagini Landsat 2003, immagini Aster 2004, oltre a materiali ausiliari CTRN10k, DBPrior 10k e altre fonti. La rappresentazione, restituita suddivisa in classi secondo la legenda Corine Land Cover, ha come scala di riferimento 1:25000; l'unità minima cartografata è di 0.50 ettari all'interno dell'area urbana e di 0.75 ettari nell'area extra urbana.

I risultati delle analisi effettate sono rappresentati nella Tabella 5. I valori di CN corrispondenti alle categorie AMC I e AMC III sono stati ricavati dal valore del CN II corrispondente alla categoria AMC II (condizione media) per mezzo delle relazioni (Chow et al. 1988):

$$CN(I) = \frac{4.2 \cdot CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

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

Nella tabella seguente si riportano i valori del CN II, CN III e del volume specifico di saturazione per l'area di studio. **Il calcolo della pioggia netta è stato fatto utilizzando il CN III, ossia considerando una condizione di umidità del suolo del tipo AMC III.**

BACINO	CN II	CN III
SC 0001	73	86
SC 0002	73	86
SC 0003	73	86
SC 0004	75	87
SC 0005	83	92
SC 0006	75	87
SC 0009	74	87
SC 0010	77	88
SC 0011	77	88
SC 0012	74	86
SC 0013	73	86

Tabella 5 - Valori del Curve Number mediato sui bacini idrografici oggetto di studio.

A seguito di un'attenta analisi si è deciso di ricalibrare i **CN** ottenuti dalla carta d'uso del suolo, tenendo in considerazione l'attuale stato vegetativo e di uso del suolo dedotto dalle ortofoto RAS 2016 e dalle più recenti foto satelliti di Google.

I risultati ottenuti sono mostrati nella tabella sottostante:

BACINO	CN RICALIBRATO
SC 0001	92
SC 0002	73
SC 0003	73
SC 0004	75
SC 0005	95
SC 0006	93
SC 0009	91
SC 0010	95
SC 0011	96
SC 0012	97
SC 0013	95

Tabella 6 – Curve Number ricalibrati.

5.8 PROCEDURA DI VERIFICA DEGLI ATTRAVERSAMENTI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA

Come anticipato nei capitoli precedenti, prima di effettuare il calcolo delle portate di piena caratteristiche di ciascun attraversamento, occorre effettuare una verifica preliminare volta ad individuare gli attraversamenti da sottoporre alle verifiche idrologiche e idrauliche.

Come riportato nello stesso punto n.3 della Direttiva, **la verifica non è richiesta nel caso in cui le opere siano state progettate, realizzate e collaudate nel rispetto delle previsioni delle N.A. del P.A.I. e nel caso in cui per l'opera di attraversamento si verifichino entrambe le seguenti condizioni:**

- **Bacino idrografico sotteso inferiore a 0,5 km²**
- **Portata idrica inferiore a 10 m³/s da calcolare con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli (V=1 m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN III non inferiore a 95.**

Nella Tabella 7 vengono riportati i calcoli per ciascun bacino relativo agli attraversamenti individuati ai punti precedenti.

Codice bacino	Area	L asta	Tc (V=1m/s)	CNIII	Q (verifica)	Verifica idraulica
	[km ²]	[km]	[ore]		[m ³ /s]	
SC 0001	4.68	4.797	1.333	95	59.91	Si
SC 0002	0.13	0.953	0.265	95	2.8	No
SC 0003	0.42	1.298	0.361	95	8.4	No
SC 0004	0.24	0.873	0.243	95	5.2	No
SC 0005	0.43	1.243	0.345	95.0	8.581	No
SC 0006	14.44	11.089	3.080	95.0	115.12	Si
SC 0009	5.17	5.226	1.452	95	63.13	Si
SC 0010	5.47	4.648	1.291	95.0	70.90	Si
SC 0011	0.77	1.563	0.434	95.0	14.74	Si
SC 0012	1.26	2.355	0.654	95.0	21.57	Si
SC 0013	0.28	0.924	0.257	95.0	6.026	No

Tabella 7 – Riepilogo degli attraversamenti da sottoporre a verifiche idrologiche e idrauliche.

Come si può osservare, degli 11 attraversamenti comunali studiati, solamente **6 di questi hanno le caratteristiche tali da essere sottoposti a verifica idraulica** (Figura 28), mentre per i restanti si fornirà la descrizione delle caratteristiche principali.

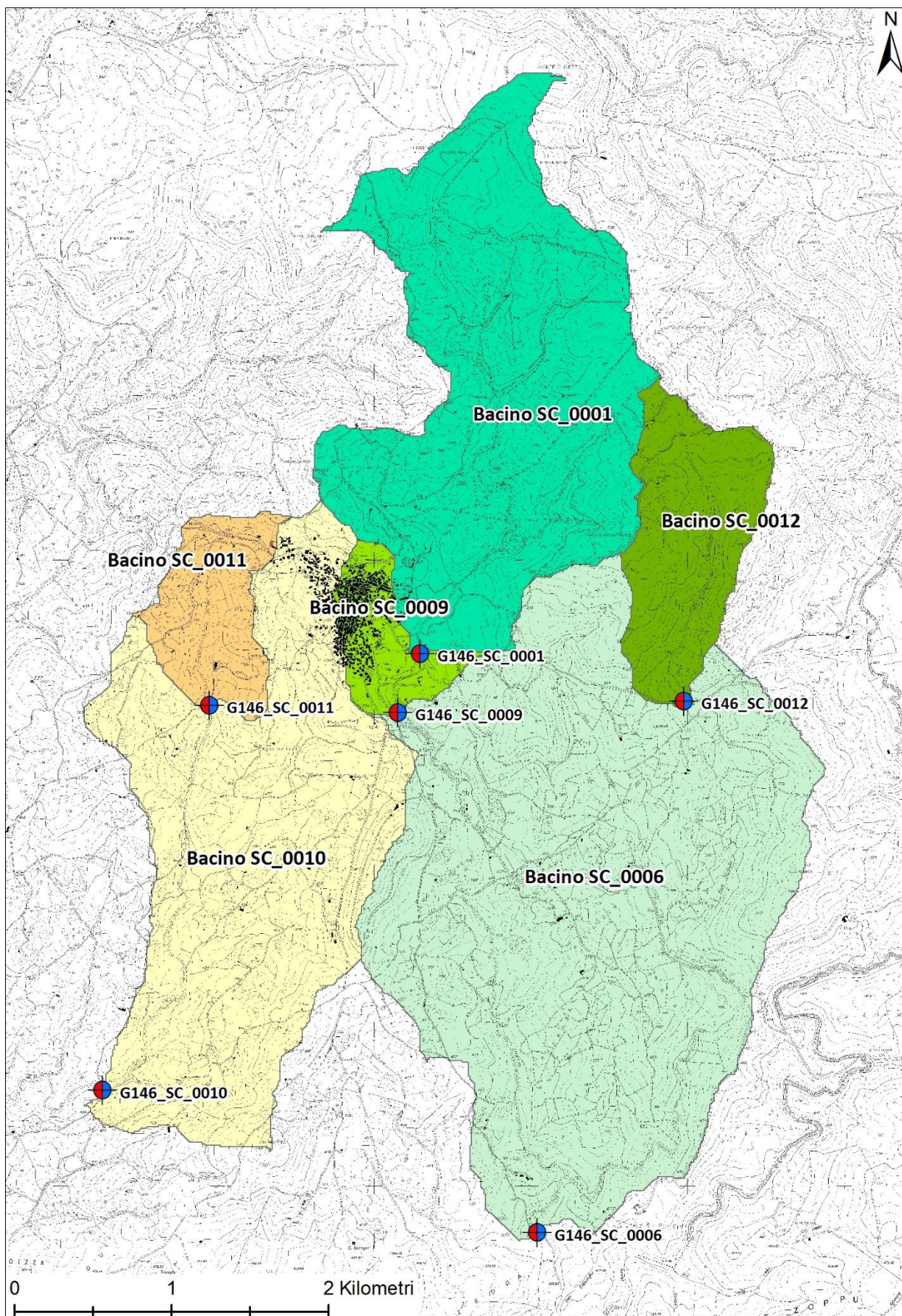


Figura 28 - Bacini idrografici relativi alle sezioni di interesse.

5.9 PORTATE AL COLMO ALLE SEZIONI DI INTERESSE PER GLI ATTRAVERSAMENTI DA SOTTOPORRE A VERIFICA IDRAULICA

Una volta individuati gli attraversamenti da sottoporre a verifica idraulica, sono state calcolate le portate al colmo relative a ciascun bacino sotteso per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Nella Tabella 8, vengono riportate le portate al colmo relative agli attraversamenti da sottoporre alle verifiche idrauliche, valutate in base alle grandezze idrologiche calcolate nei paragrafi precedenti. Tali valori di portata forniranno l'input idrologico per le simulazioni idrauliche descritte nei capitoli successivi.

Attraversamento	Corso d'acqua	Q(T) 50 anni	Q(T) 100 anni	Q(T) 200 anni	Q(T) 500 anni
		[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]
SC_0001	RIU LEONAI	44.47	53.33	62.33	74.42
SC_0006	RIU ACCORO	98.12	115.78	133.52	157.04
SC_0009	RIU LEONAI	45.37	54.85	64.51	77.50
SC_0010	ROJA BAU EBBAS	62.33	73.26	84.25	98.92
SC_0011	ROJA CADINAS	13.67	15.51	17.36	19.92
SC_0012	ROJA PROCHILES	21.28	24.23	27.18	31.16

Tabella 8 – Portate al colmo relative ai tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

6 STUDIO IDRAULICO

Una volta calcolati gli input idrologici si è proceduto alla simulazione idraulica delle aste idrografiche su cui sono localizzati gli attraversamenti. Come già descritto, **alcuni degli attraversamenti studiati hanno luci ridotte, dunque presentano caratteristiche geometriche che risultano insufficienti rispetto agli standard di verifica idraulica previsti dalla normativa.**

Ciò nonostante **si è proceduto alla simulazione idraulica al fine di determinare le aree con pericolosità idraulica nell'intorno dell'attraversamento e si è espresso, per quanto possibile e compatibilmente con i limiti del codice di calcolo, un valore di criticità dell'attraversamento stesso.**

6.1 MODELLO IDRAULICO UTILIZZATO

La simulazione idraulica è stata eseguita utilizzando il software commerciale di analisi monodimensionale Hec Ras, il cui utilizzo è largamente diffuso, sotto l'ipotesi semplificativa di moto permanente, considerata sufficiente per la descrizione dei fenomeni studiati.

HEC RAS è un codice sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario, nonché le problematiche legate al trasporto solido.

In ciascuna di queste tre tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua

6.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

I modelli idraulici sono stati costruiti sulla base del seguente archivio dati:

- DTM con maglia 10 metri – DTM con maglia 1 metro (dove disponibile);
- Cartografia di dettaglio scala 1:10.000 della Regione Sardegna (CTR);
- Ortofoto pubblicate nel Geoportale della Regione Sardegna relativa agli anni di acquisizione 1953, 1968, 1977, 2000, 2003, 2005, 2008, 2010, 2013, 2016;
- Immagini satellitari relative agli anni 2013, 2014, 2015, 2016, 2017;
- Rilievi e tavole progettuali disponibili.

Sono stati effettuati i rilievi sul campo volti all'acquisizione della topografia essenziale alla caratterizzazione dei modelli idraulici e numerosi sopralluoghi finalizzati all'acquisizione delle informazioni circa lo stato di fatto delle infrastrutture presenti.

6.2.1 SEZIONI GEOMETRICHE

Le sezioni geometriche sono state ricavate dalla rielaborazione del DTM. Le sezioni sono state poi interpolate e replicate in prossimità dei ponti e di altri punti caratteristici per migliorare l'implementazione del codice di calcolo.

6.2.2 PONTI

Dove presenti, la schematizzazione modellistica delle infrastrutture di attraversamento è stata fatta mediante le caratteristiche ricavate in seguito a sopralluoghi e rilievi. Per quanto riguarda gli attraversamenti costituiti tubolari con diametro inferiore al metro, che risultano automaticamente esclusi dalla verifica idraulica, è stata comunque effettuata una simulazione idraulica al fine di ottenere una mappatura delle aree a pericolosità idraulica.

6.2.3 COEFFICIENTI DI SCABREZZA

Sono stati assegnati diversi coefficienti di scabrezza a seconda che i tronchi studiati siano in terra o rivestiti parzialmente o totalmente in calcestruzzo.

Al fine della maggior cautela, considerando che i corsi d'acqua studiati in alcuni casi si trovano in condizioni carenti di manutenzione, è stato adottato un coefficiente di scabrezza di Manning che in media un valore compreso tra 0,022 - 0,04 m^{1/3}s⁻¹.

6.3 RISULTATI DELLO STUDIO IDRAULICO

Di seguito si riporta la sintesi delle simulazioni idrauliche per le aste fluviali studiate. Per ciascuno dei corsi d'acqua simulati sono stati valutati i livelli idrici relativi alla portata di verifica avente tempo di ritorno di 200 anni, oltre ai risultati relativi alle portate con tempo di ritorno di 50, 100 e 500 anni.

I risultati grafici e numerici delle simulazioni sono riportate negli elaborati annessi al presente studio, mentre di seguito si riporta una descrizione qualitativa dei risultati relativi a ciascun attraversamento.

La valutazione del franco idraulico e del tempo di ritorno caratteristico delle opere è stata fatta secondo le normative richiamate nel capitolo n.2. In particolare, per quanto riguarda il franco idraulico, questo viene misurato come distanza fra l'intradosso della sezione dell'attraversamento e il livello idrico relativo alla portata avente tempo di ritorno di 200 anni deve essere il valore massimo i valori di f_1 , f_2 (1 metro), f_3 e f_4 calcolati tramite l'applicazione di tre diversi criteri di cui in questa sede si riportano le espressioni:

$$f_1 = 0,7 \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Dove v è la velocità media della corrente;

$$f_2 = 1 \cdot m$$

$$f_3 = 0,87\sqrt{y} + a \cdot y^1$$

Dove y è la profondità media della corrente e y' è l'altezza della corrente areata ed a è un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità v varia tra 5 m/s e 15 m/s. Il valore $0,87 y^{(1/2)}$ sarà assunto massimo pari a 1.5 m ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y se questa risulta minore di 2 metri.

$$f_4 = \frac{v^2}{2g}$$

valida se $v > 8$ m/s

Per maggiori dettagli sulla metodologia di calcolo si rimanda al testo completo riportato nella Delibera N. 23 DEL 01.08.2012 della Regione Sardegna.

6.3.1 ATTRAVERSAMENTO SC_0001

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che attraversa il culvert sormontandolo con un tirante idrico di circa 32 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1,07 m, per cui **l'attraversamento SC_0001 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 1 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno < 2 anni.

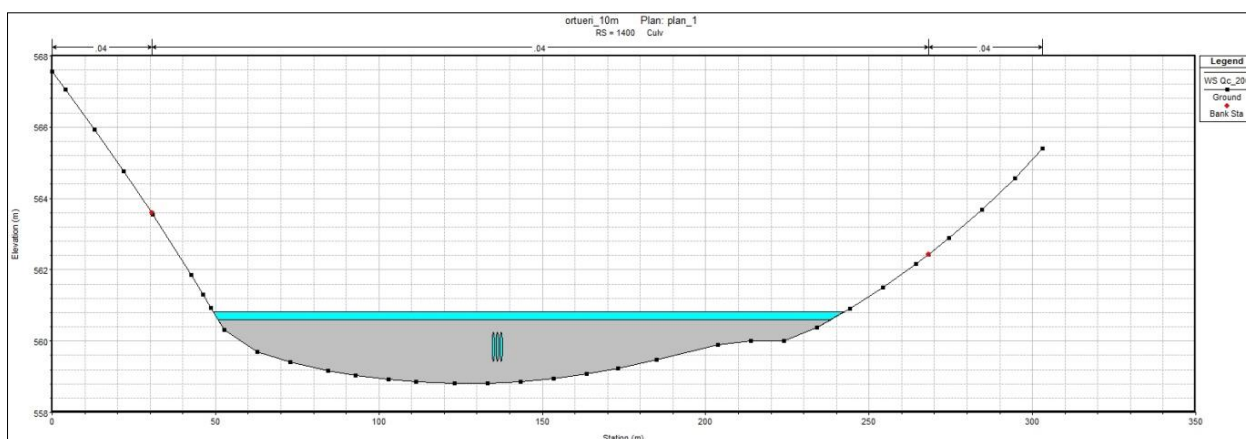


Figura 29 – Attraversamento SC_0001 – Sezione trasversale.

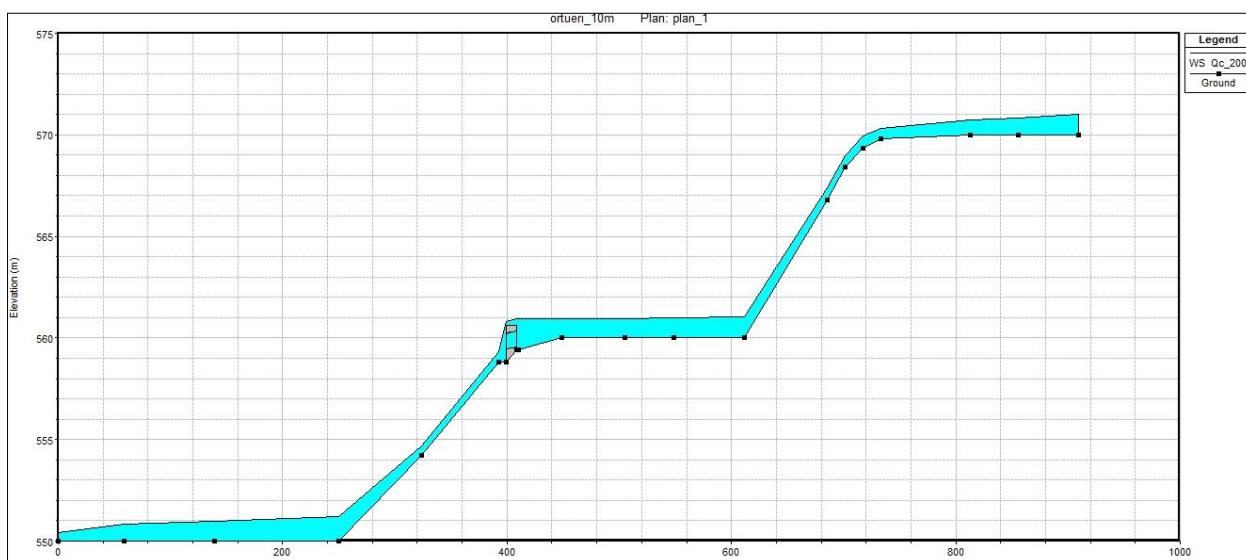


Figura 30 - Attraversamento SC_0001 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

Q Culv Group (m3/s)	3.92	Culv Full Len (m)	5.91
# Barrels	3	Culv Vel US (m/s)	2.60
Q Barrel (m3/s)	1.31	Culv Vel DS (m/s)	2.84
E.G. US. (m)	560.96	Culv Inv El Up (m)	559.54
W.S. US. (m)	560.95	Culv Inv El Dn (m)	559.44
E.G. DS (m)	559.49	Culv Frctn Ls (m)	0.24
W.S. DS (m)	559.31	Culv Exit Loss (m)	1.05
Delta EG (m)	1.47	Culv Entr Loss (m)	0.17
Delta WS (m)	1.64	Q Weir (m3/s)	58.41
E.G. IC (m)	560.95	Weir Sta Lft (m)	55.51
E.G. OC (m)	560.96	Weir Sta Rgt (m)	252.39
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.00
Culv WS Inlet (m)	560.34	Weir Max Depth (m)	0.36
Culv WS Outlet (m)	560.13	Weir Avg Depth (m)	0.35
Culv Nml Depth (m)	0.80	Weir Flow Area (m2)	69.67
Culv Crt Depth (m)	0.69	Min El Weir Flow (m)	560.60

Tabella 9 - Attraversamento SC_0001 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	559.54	F1	0.0026
Quota intradosso	zp	m	560.34	F2	1
Livello idrico	ws	m	560.95	F3	1.07
Velocità media corrente	v	m/s	0.27	F4	1
Profondità media corrente	y	m	1.53	F.I.	1.07
Franco esistente	f	m	-0.32	Verifica	NO

Tabella 10 - Attraversamento SC_0001 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0001	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi locali fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare il manufatto.
Fenomeni franosi	Nell'area dell'attraversamento non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Le osservazioni condotte in situ non hanno rilevato, allo stato attuale, la presenza di accumuli detritici in grado di compromettere la funzionalità dell'opera; ciò costante, in occasione di eventi alluvionali, vista la tipologia e le dimensioni dell'attraversamento oggetto di verifica si ritiene che anche modeste quantità di materiale detritico trasportato sul fondo possono notevolmente ridurre la funzionalità del manufatto.

Tabella 11 - Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

6.3.2 ATTRAVERSAMENTO SC_0006

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che sormonta l'impalcato con un tirante idrico di circa 110 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1 metro, per cui **l'attraversamento SC_0006 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 62.31 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 12 anni.

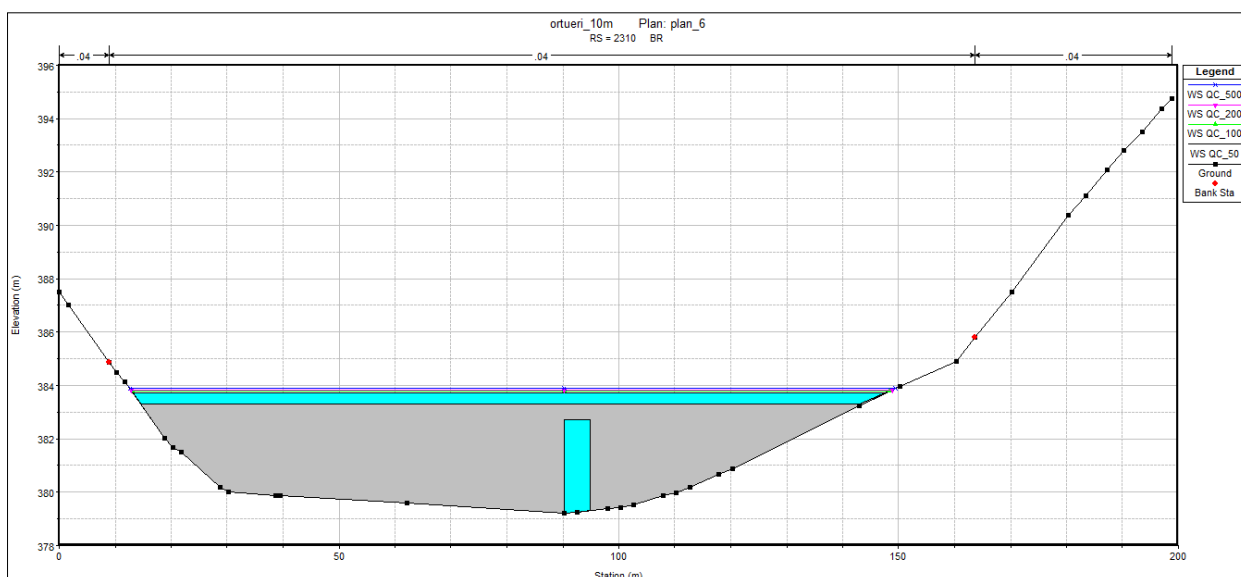


Figura 31– Attraversamento SC_0006 – Sezione trasversale.

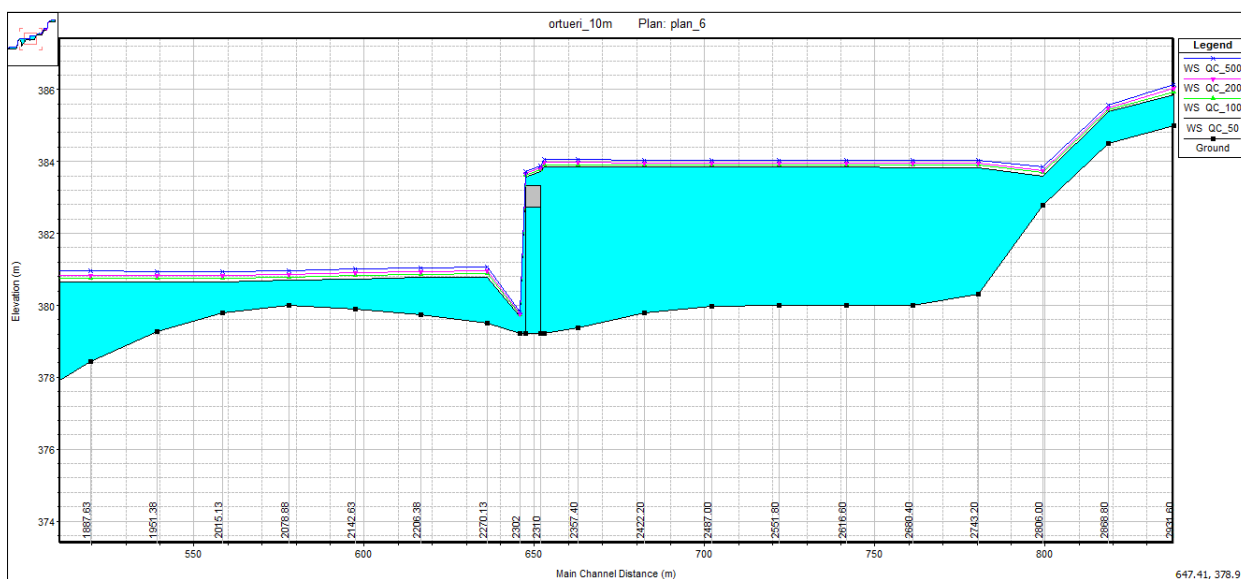


Figura 32- Attraversamento SC_0006 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

E.G. US. (m)	383.97	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	383.97	E.G. Elev (m)	383.96	383.88
Q Total (m ³ /s)	133.52	W.S. Elev (m)	383.82	383.66
Q Bridge (m ³ /s)	36.32	Crit W.S. (m)	383.67	383.66
Q Weir (m ³ /s)		Max Chl Dpth (m)	4.60	4.44
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	1.63	2.09
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m ²)	82.11	64.01
Weir Submerg		Froude # Chl	0.24	0.32
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	82.93	82.55
Min El Weir Flow (m)	383.32	Hydr Depth (m)	0.60	0.45
Min El Prs (m)	382.73	W.P. Total (m)	151.89	190.54
Delta EG (m)	0.55	Conv. Total (m ³ /s)	1362.1	773.6
Delta WS (m)	4.20	Top Width (m)	135.87	142.81
BR Open Area (m ²)	15.62	Frctn Loss (m)	0.07	0.01
BR Open Vel (m/s)	2.33	C & E Loss (m)	0.01	0.05
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	50.94	98.13
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	82.83	204.71

Tabella 12 - Attraversamento SC_0006 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	379.22	F1	0.094
Quota intradosso	zp	m	382.72	F2	1
Livello idrico	ws	m	383.82	F3	0.60
Velocità media corrente	v	m/s	1.63	F4	1
Profondità media corrente	y	m	0.60	F.I.	1
Franco esistente	f	m	-1.1	Verifica	NO

Tabella 13 - Attraversamento SC_0003 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0006	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi locali fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare l'opera idraulica.
Fenomeni franosi	Nell'area prospiciente l'attraversamento non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Le osservazioni condotte in situ non hanno rilevato, allo stato attuale, la presenza di accumuli detritici in grado di compromettere la funzionalità dell'opera, in virtù anche delle dimensioni del manufatto.

Tabella 14 - Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

6.3.3 ATTRAVERSAMENTO SC_0009

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che attraversa il culvert sormontandolo con un tirante idrico di circa 46 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1,29 metro, per cui **l'attraversamento SC_0009 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 1.63 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno < 2 anni.

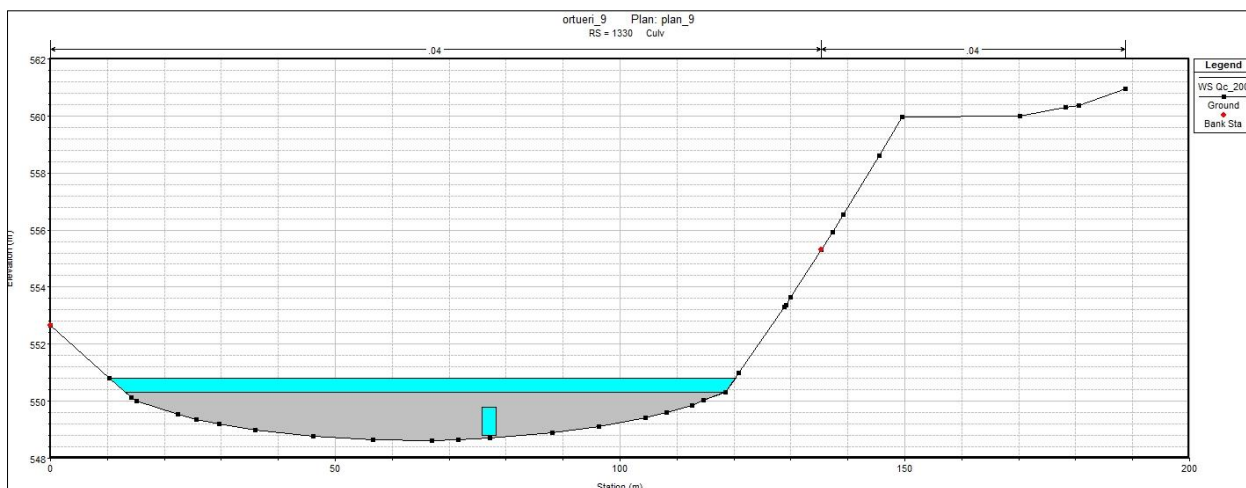


Figura 33 - Attraversamento SC_0009 – Sezione trasversale.

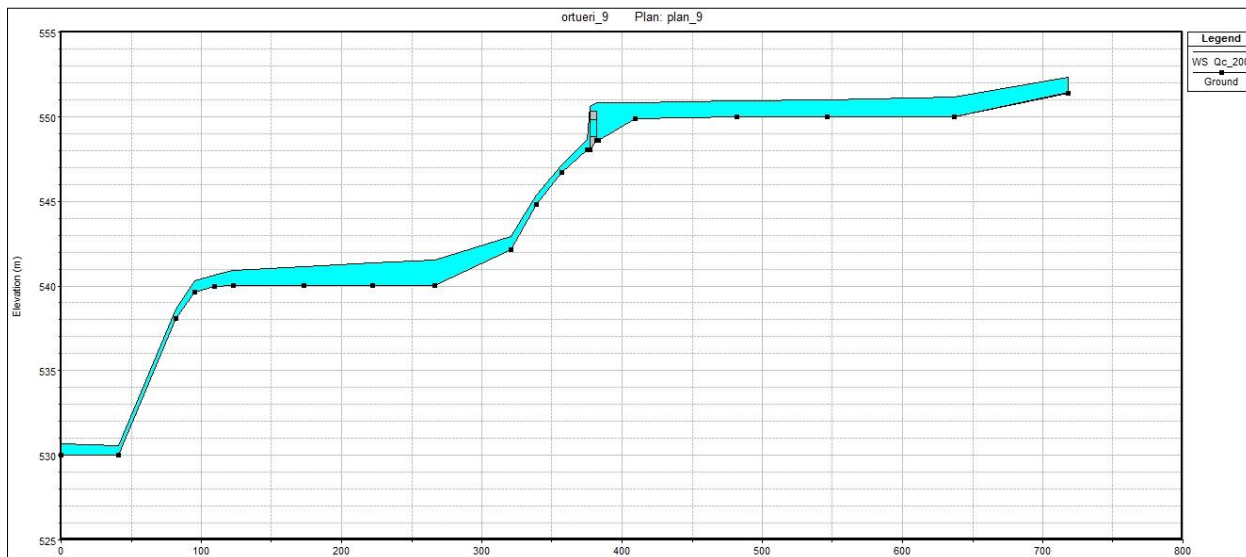


Figura 34 - Attraversamento SC_0009 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

Q Culv Group (m3/s)	8.08	Culv Full Len (m)	5.00
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.23
Q Barrel (m3/s)	8.08	Culv Vel DS (m/s)	3.23
E.G. US. (m)	550.70	Culv Inv El Up (m)	548.80
W.S. US. (m)	550.70	Culv Inv El Dn (m)	548.80
E.G. DS (m)	548.75	Culv Frctn Ls (m)	0.10
W.S. DS (m)	548.56	Culv Exit Loss (m)	1.58
Delta EG (m)	1.95	Culv Entr Loss (m)	0.27
Delta WS (m)	2.13	Q Weir (m3/s)	37.29
E.G. IC (m)	550.71	Weir Sta Lft (m)	9.84
E.G. OC (m)	550.70	Weir Sta Rgt (m)	118.90
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.00
Culv WS Inlet (m)	549.80	Weir Max Depth (m)	0.40
Culv WS Outlet (m)	549.80	Weir Avg Depth (m)	0.39
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	42.46
Culv Crt Depth (m)	1.00	Min El Weir Flow (m)	550.30

Tabella 15 - Attraversamento SC_0009 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	548.8	F1	0.0026
Quota intradosso	zp	m	549.8	F2	1
Livello idrico	ws	m	550.76	F3	1.26
Velocità media corrente	v	m/s	0.27	F4	1
Profondità media corrente	y	m	2.1	F.I.	1.26
Franco esistente	f	m	-0.46	Verifica	NO

Tabella 16 - Attraversamento SC_0009 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0009	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare l'opera idraulica.
Fenomeni franosi	Nel complesso non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Attualmente il fondo alveo, in corrispondenza dell'attraversamento, è interessato da un accumulo di circa 30 – 35 cm di sabbia. In occasione di eventi alluvionali, vista la tipologia e le dimensioni dell'attraversamento oggetto di verifica si ritiene che anche modeste quantità di materiale detritico trasportato sul fondo possono notevolmente ridurre la funzionalità del manufatto.

Tabella 17 - Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

6.3.4 ATTRAVERSAMENTO SC_0010

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che sormonta l'impalcato con un tirante idrico di circa 33 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1 metro, per cui **l'attraversamento SC_0010 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 19.32 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno minore di 5 anni.

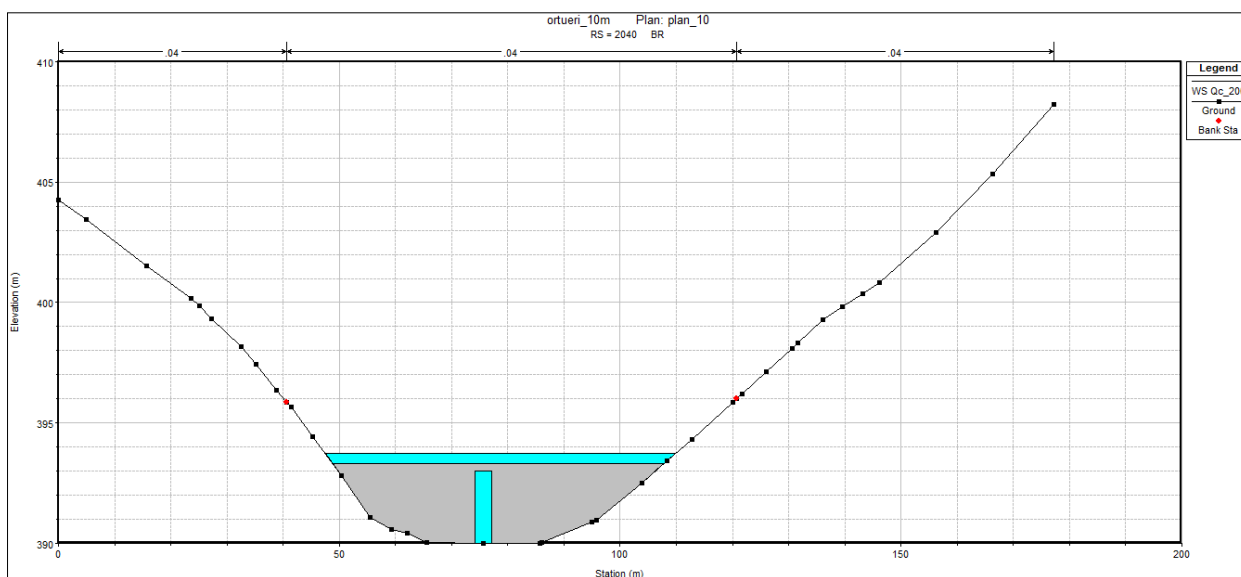


Figura 35– Attraversamento SC_00010 – Sezione trasversale.

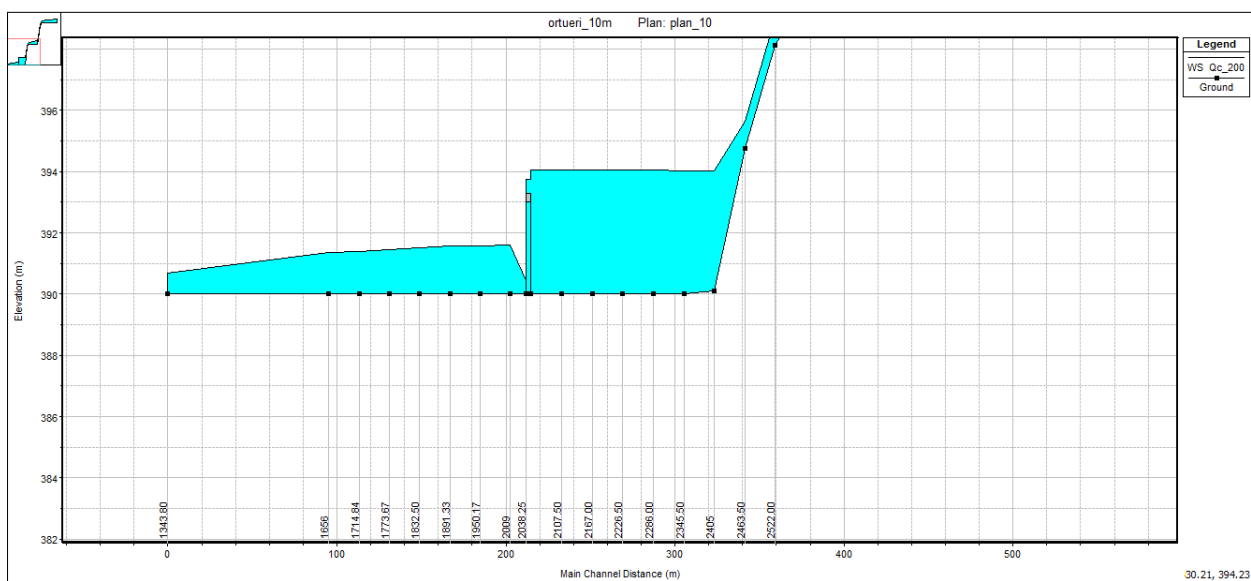


Figura 36 - Attraversamento SC_00010 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

E.G. US. (m)	394.05	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	394.04	E.G. Elev (m)	394.02	394.01
Q Total (m ³ /s)	84.25	W.S. Elev (m)	393.74	393.73
Q Bridge (m ³ /s)	27.91	Crit W.S. (m)	393.74	393.73
Q Weir (m ³ /s)		Max Chl Dpth (m)	3.74	3.73
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	2.37	2.34
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m ²)	35.53	35.97
Weir Submerg		Froude # Chl	0.39	0.39
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	46.25	45.97
Min El Weir Flow (m)	393.30	Hydr Depth (m)	0.57	0.56
Min El Prs (m)	393.00	W.P. Total (m)	74.48	76.35
Delta EG (m)	0.34	Conv. Total (m ³ /s)	542.4	544.5
Delta WS (m)	3.62	Top Width (m)	62.37	64.26
BR Open Area (m ²)	8.99	Frctn Loss (m)		
BR Open Vel (m/s)	3.10	C & E Loss (m)		
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	112.90	110.62
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	267.69	259.09

Tabella 18 - Attraversamento SC_00010 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	390	F1	0.20
Quota intradosso	zp	m	393	F2	1
Livello idrico	ws	m	393.74	F3	0.65
Velocità media corrente	v	m/s	2.37	F4	1
Profondità media corrente	y	m	0.57	F.I.	1
Franco esistente	f	m	-0.74	Verifica	NO

Tabella 19 - Attraversamento SC_0003 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0010	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare l'opera idraulica.
Fenomeni franosi	Nel complesso non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Le osservazioni condotte in situ non hanno rilevato, allo stato attuale, la presenza di accumuli detritici in grado di compromettere la funzionalità dell'opera

Tabella 20 - Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

6.3.5 ATTRAVERSAMENTO SC_0011

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che attraversa il culvert con un tirante idrico di circa 311 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1,5 metro, per cui **l'attraversamento SC_0010 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 10.37 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno di circa 15 anni.

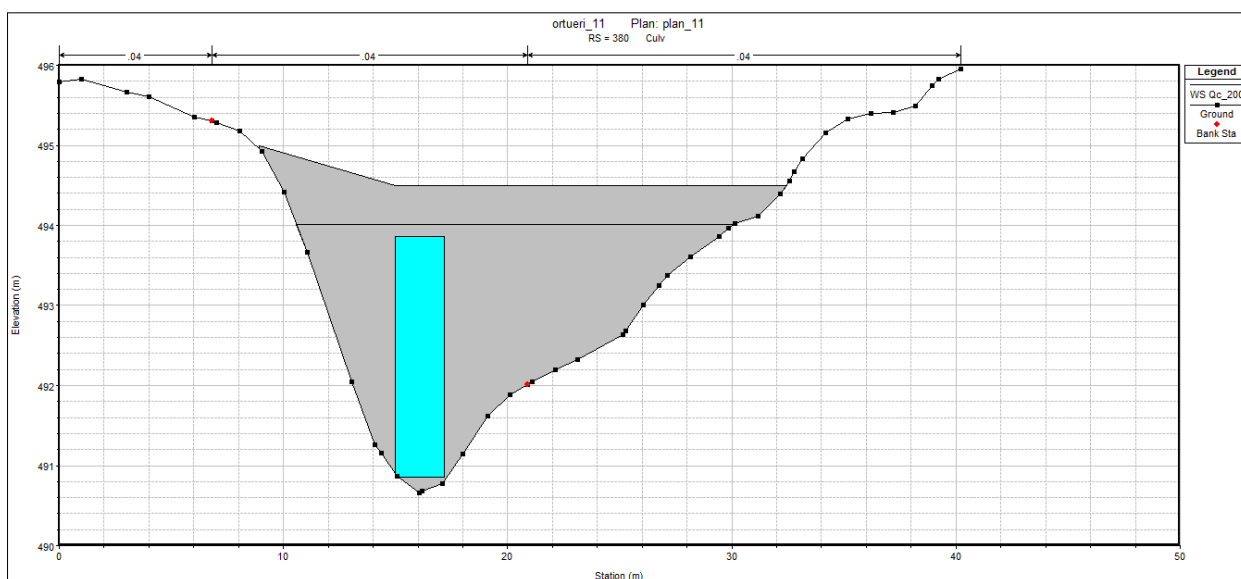


Figura 37 - Attraversamento SC_00011 – Sezione trasversale.

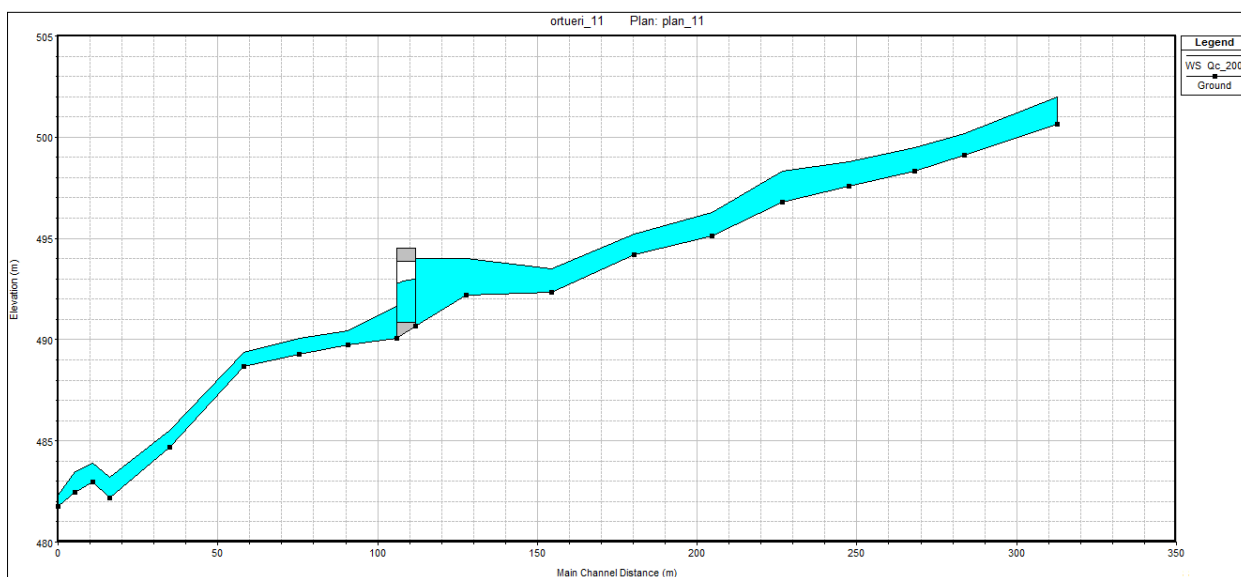


Figura 38 - - Attraversamento SC_00011 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

Q Culv Group (m3/s)	13.67	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.39
Q Barrel (m3/s)	13.67	Culv Vel DS (m/s)	3.94
E.G. US. (m)	493.56	Culv Inv El Up (m)	490.86
W.S. US. (m)	493.54	Culv Inv El Dn (m)	490.86
E.G. DS (m)	491.89	Culv Frctn Ls (m)	0.05
W.S. DS (m)	491.47	Culv Exit Loss (m)	1.34
Delta EG (m)	1.67	Culv Entr Loss (m)	0.28
Delta WS (m)	2.07	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	493.56	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	493.51	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	492.69	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	492.44	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)	-	Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	1.58	Min El Weir Flow (m)	494.50

Tabella 21 - Attraversamento SC_00011 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	490.86	F1	0.48
Quota intradosso	zp	m	493.86	F2	1
Livello idrico	ws	m	494.01	F3	1.53
Velocità media corrente	v	m/s	0.52	F4	1
Profondità media corrente	y	m	3.11	F.I.	1.5
Franco esistente	f	m	-0.15	Verifica	NO

Tabella 22 - Attraversamento SC_0011 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0011	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare l'opera idraulica.
Fenomeni franosi	Nel complesso non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Attualmente il fondo alveo, in corrispondenza dell'attraversamento, è interessato da un accumulo di circa 20 – 30 cm di sabbia.

Tabella 23 - Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

6.3.6 ATTRAVERSAMENTO SC_0012

L'attraversamento non consente il transito a pelo libero della portata di verifica duecentennale, che sormonta l'impalcato con un tirante idrico di circa 20 cm. Il franco minimo richiesto dalla normativa è pari a 1.30 metri, per cui **l'attraversamento SC_0012 risulta non verificato**.

La portata che transita con un franco idraulico pari al 50% di quello richiesto dalla normativa è pari a 3.4 m³/s, cui corrisponde un tempo di ritorno minore di 5 anni.

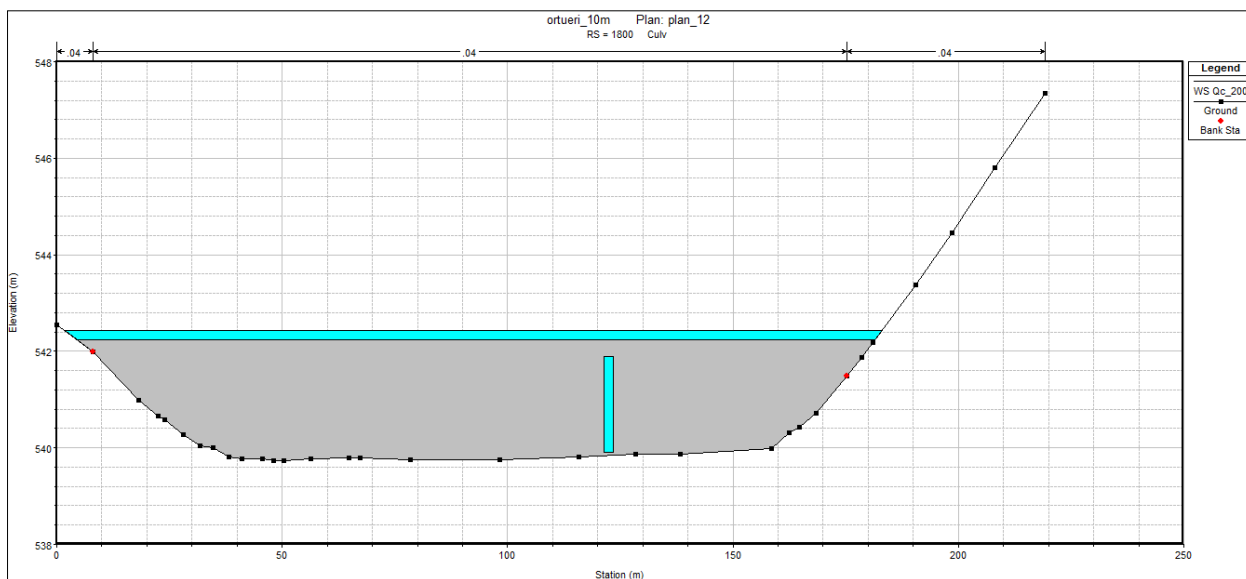


Figura 39 – Attraversamento SC_00012 – Sezione trasversale.

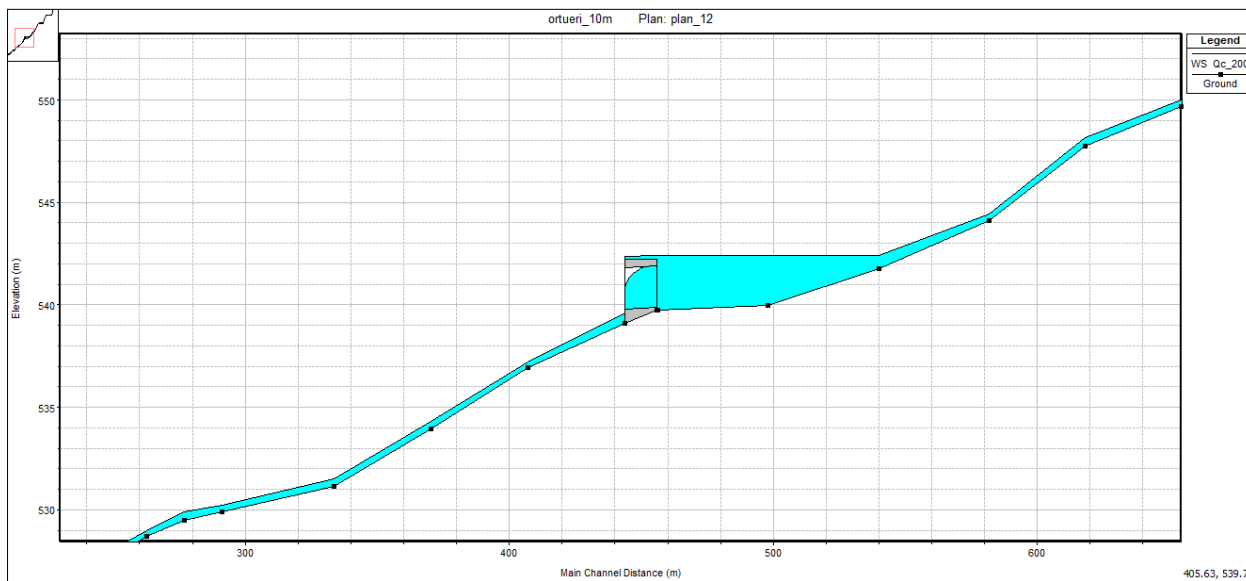


Figura 40 – Attraversamento SC_00012 – Profilo di corrente (Tr=200 anni).

Q Culv Group (m3/s)	6.71	Culv Full Len (m)	4.53
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.60
Q Barrel (m3/s)	6.71	Culv Vel DS (m/s)	3.15
E.G. US. (m)	542.39	Culv Inv El Up (m)	539.90
W.S. US. (m)	542.39	Culv Inv El Dn (m)	539.80
E.G. DS (m)	539.64	Culv Frctn Ls (m)	1.03
W.S. DS (m)	539.51	Culv Exit Loss (m)	1.68
Delta EG (m)	2.75	Culv Entr Loss (m)	0.04
Delta WS (m)	2.88	Q Weir (m3/s)	14.48
E.G. IC (m)	542.35	Weir Sta Lft (m)	2.34
E.G. OC (m)	542.39	Weir Sta Rgt (m)	182.73
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0.00
Culv WS Inlet (m)	541.90	Weir Max Depth (m)	0.15
Culv WS Outlet (m)	540.81	Weir Avg Depth (m)	0.15
Culv Nml Depth (m)	2.00	Weir Flow Area (m2)	26.76
Culv Crt Depth (m)	1.01	Min El Weir Flow (m)	542.24

Tabella 24 - Attraversamento SC_00012 – Tabella riepilogativa dei risultati della simulazione.

Quota di fondo	zf	m	539.9	F1	0.091
Quota intradosso	zp	m	541.9	F2	1
Livello idrico	ws	m	542.42	F3	1.30
Velocità media corrente	v	m/s	1.60	F4	0.13
Profondità media corrente	y	m	2.70	F.I.	1.42
Franco esistente	f	m	-0.52	Verifica	NO

Tabella 25 - Attraversamento SC_0012 – Verifica del franco idraulico.

CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'ATTRAVERSAMENTO SC 0012	
Processi erosivi in alveo	Il fondo alveo, appare sostanzialmente stabile in virtù delle modeste portate a carattere stagionale prevalente; ciò nonostante in occasione di eventi pluviometrici importanti, possono instaurarsi locali fenomeni di erosione dell'alveo in grado di interessare l'opera idraulica.
Fenomeni franosi	Nel complesso non sono stati rilevati prevedibili fenomeni franosi in grado di compromettere la funzionalità del manufatto e delle strutture di accesso, ciò nonostante la manutenzione degli alvei resta una delle prerogative per una buona funzionalità dell'opera.
Potenzialità di trasporto solido	Attualmente il fondo alveo, in corrispondenza dell'attraversamento nel tratto a monte, è interessato da un accumulo di circa 30 – 40 cm di sabbia

Tabella 26 – Tabella descrittiva delle verifiche di stabilità strutturale del manufatto.

SEZIONE IV

PERIMETRAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

7 DEFINIZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

Così come previsto al PUNTO 3 della *“Direttiva per lo svolgimento delle verifiche di sicurezza delle infrastrutture esistenti di attraversamento viario o ferroviario del reticolo idrografico della Sardegna nonché di altre opere interferenti”*, i Comuni devono provvedere obbligatoriamente a presentare le relative varianti al P.A.I., ai sensi dell’articolo 37 delle N.d.A., per le aree a pericolosità definite nell’ambito delle verifiche delle infrastrutture.

Secondo la notazione usuale il rischio idraulico (**Ri**) è definito come il prodotto di tre fattori secondo l'espressione:

$$Ri = Hi \cdot E \cdot V$$

dove:

- **Ri** = rischio idraulico totale, quantificato secondo 4 livelli riportati in Tabella 27 (estratto Linee Guida P.A.I.);
- **Hi** = pericolosità idraulica (*Natural Hazard*) ossia la probabilità di superamento della portata al colmo di piena; in accordo al DPCM 29/09/98 è ripartita in 4 livelli che corrispondono ai periodi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni
- **E** = elementi a rischio, ai sensi del citato DPCM sono costituiti da persone e cose suscettibili di essere colpiti da eventi calamitosi. Ai fini del presente lavoro si classificano secondo la Tabella 28 (estratto Linee Guida P.A.I.), nella quale ad ogni classe è stato attribuito un peso secondo una scala tra [0, 1];
- **V** = vulnerabilità intesa come capacità a resistere alla sollecitazione indotte dall’evento e quindi dal grado di perdita degli elementi a rischio E in caso del manifestarsi del fenomeno. Ogni qualvolta si ritenga a rischio la vita umana, ovvero per gli elementi di tipo E4, E3 e parte di E2, la vulnerabilità, secondo quanto si evince dal DPCM, sarà assunta pari all'unità; per quanto concerne gli elementi di altro tipo occorrerebbe provvedere ad effettuare analisi di dettaglio sui singoli cespiti ma esse esulano dai limiti delle attività previste dal dispositivo di legge e, pertanto, anche a tali elementi si attribuirà un valore di vulnerabilità ancora unitario.

Vista l’adozione recentemente avvenuta del PRGA da parte della Regione, è stato emanato al termine del 2015 il citato “Testo Coordinato” delle Norme di Attuazione in cui al titolo V vengono individuate, in quanto rese applicative, le “Norme generali in materia di coordinamento tra PAI e PGRA”. Conseguentemente l’aggiornamento introdotto prevede che per la determinazione del rischio in adeguamento alle modifiche introdotte dal PGRA, le aree di pericolosità vengano ricondotte da 4 a 3, di fatto con l’accorpamento delle zone intermedie Hi2 e Hi3, ovvero individuando le seguenti classi (art. 40 comma 2 delle N.d.A. del P.A.I.):

- **P3** - ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni;
- **P2** - ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 50 anni e minore o uguale a 200 anni;
- **P1** - ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni.

Per quanto attiene le procedure e la vincolistica, l'equivalenza tra le zone P e le Hi è ribadita dall'art. 41 commi 1, 2 e 3 delle N.d.A. del P.A.I..

Si considerano quindi le classi omogenee di danno potenziale: queste sono rappresentate da **D4** (danno potenziale molto elevato), **D3** (danno potenziale elevato), **D2** (danno potenziale medio) e **D1** (danno potenziale moderato o nullo), di fatto sovrapponibili alle aree degli Elementi di Rischio (E4, E3, E2, E1).

Rischio idraulico totale			Descrizione degli effetti
Classi	Intensità	Valore	
Ri1	Moderato	$\leq 0,002$	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali.
Ri2	Medio	$\leq 0,005$	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
Ri3	Elevato	$\leq 0,01$	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
Ri4	Molto elevato	$\leq 0,02$	sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socioeconomiche.

Tabella 27 - Descrizione delle classi di rischio idraulico e la loro quantificazione.

CLASSI	PESO	ELEMENTI
E4	1,00	Centri urbani ed aree urbanizzate con continuità; nuclei rurali minori di particolare pregio; zone di completamento; zone di espansione; grandi insediamenti industriali e commerciali; servizi pubblici prevalentemente con fabbricati di rilevante interesse sociale; infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche); zona discarica rifiuti speciali o tossici nocivi; zona alberghiera, zona campeggi e villaggi turistici; beni architettonici, storici, artistici.
E3	0,75	Nuclei urbani non densamente popolati; Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali, e comunali strategiche, ferrovie, lifelines, oleodotti, elettrodotti, acquedotti); aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); zone per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti, zone di cava.
E2	0,50	Aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate, edifici sparsi. Zona agricola generica (con possibilità di edificazione), zone di protezione ambientale rispetto, verde privato; Parchi, verde pubblico non edificato; infrastrutture secondarie.
E1	0,25	Aree libere da insediamenti e aree improduttive; zona boschiva; zona agricola non edificabile; demanio pubblico non edificabile e/o edificabile.

Tabella 28 - Classificazione degli elementi a rischio.

L'individuazione delle aree a rischio idraulico prevede, per ogni bacino idrografico, afferente al manufatto oggetto di verifica, il calcolo delle portate di piena, per una o più sezioni idrografiche, per tempi ritorno, T, pari a T= 50 anni, T=100 anni, T=200 anni, T=500 anni, così come espletato nei precedenti capitoli.

Per la cartografia del danno potenziale (elementi a rischio), si è fatto riferimento alla documentazione del P.G.R.A., relativamente al Sub-Bacino 2 Tirso in cui è inserito il Comune di Ortueri, riportati nella Tavola 4 - Carta degli elementi a rischio.

Dunque le mappe del rischio idraulico (**Ri**) rappresentano i livelli di rischio derivati dall'incrocio delle tre classi di pericolosità idraulica (**Hi**) con le classi omogenee di danno potenziale (**D**), secondo la seguente matrice:

Matrice di Valutazione del Rischio Idraulico			
Classi di danno potenziale	P1 (Hi1)	P2 (Hi2-Hi3)	P3 (Hi4)
	Tr. 500 anni	Tr. 200-100 anni	Tr. 50 anni
D1	R1	R1	R1
D2	R1	R2	R3
D3	R1	R3	R4
D4	R2	R3	R4

Tabella 29 – Matrice di valutazione del rischio idraulico.

Dall'intersezione delle aree inondabili con le mappe degli elementi a rischio, ovvero per equivalenza le classi di danno potenziale, è stata definita la mappa delle classi di rischio totale, Tavola 5, secondo la precedente tabella.

I colori riportati nei riquadri della matrice corrispondono a quelli impiegati nella composizione degli elaborati grafici, secondo le specifiche delle Linee Guida del P.A.I.