

## S.S. 554 "Cagliaritana"

Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000

Ex S.S.125 Orientale Sarda – Connessione tra la S.S.554 e la nuova S.S.554

### PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA352

**PROGETTAZIONE: ATI VIA - LOTTI - SERING - VDP - BRENG**

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

*Dott. Ing. Francesco Nicchiarelli (Ord. Ing. Prov. Roma 14711)*

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

MANDATARIA:

PROGETTISTA:

Responsabile Tracciato stradale: *Dott. Ing. Massimo Capasso*

*(Ord. Ing. Prov. Roma 26031)*

Responsabile Strutture: *Dott. Ing. Giovanni Piazza*

*(Ord. Ing. Prov. Roma 27296)*

Responsabile Idraulica, Geotecnica e Impianti: *Dott. Ing. Sergio Di Maio*

*(Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

Responsabile Ambiente: *Dott. Ing. Francesco Ventura*

*(Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*



GEOLOGO:

*Dott. Geol. Enrico Curcuruto (Ord. Geo. Regione Sicilia 966)*

COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Dott. Ing. Sergio Di Maio (Ord. Ing. Prov. Palermo 2872)*

RESPONSABILE SIA:

*Dott. Ing. Francesco Ventura (Ord. Ing. Prov. Roma 14660)*

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

*Dott. Ing. Francesco Corrias*

MANDANTI:



## IDROLOGIA E IDRAULICA

### Relazione Idrologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG. ANNO

DPCA0352 D 19

NOME FILE

CA352\_T00ID00IDRRE01\_A

CODICE ELAB.

T00ID00IDRRE01

REVISIONE

A

SCALA:

VARIE

D					
C					
B					
A	EMISSIONE	FEB2020	A.CECCOTTI	M.A.CUCCARO	F.NICCHIARELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	6
<b>2.1 Identificazione del bacino di intervento.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).....</b>	<b>14</b>
3. ANALISI IDROLOGICA .....	16
<b>3.1 Caratterizzazione fisica e idrografica del bacino .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 Analisi quantitativa del reticolo di drenaggio.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 Metodo di stima delle portate al colmo.....</b>	<b>24</b>
3.3.1 <i>  Criteri generali .....</i>	24
3.3.2 <i>  Metodo SCS per la definizione delle portate al colmo .....</i>	24
3.3.3 <i>  Stima del tempo di corrivazione .....</i>	28
3.3.4 <i>  Valutazione degli idrogrammi di piena .....</i>	38
<b>3.4 Analisi dei risultati idrologici.....</b>	<b>39</b>
3.4.1 <i>  Portate al colmo (Metodo SCS) .....</i>	39
3.4.2 <i>  Idrogrammi di piena .....</i>	41

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

## 1. PREMESSA

---

La presente relazione riferisce lo studio eseguito per la definizione dei caratteri idrologici dei bacini idrografici sottesi alle interferenze con il reticolo idrografico superficiale dell’asse stradale delle soluzioni progettuali relative all’adeguamento a sezione stradale tipo B della S.S. 554 “Cagliaritana” nel tratto di circa 6 km tra la progressiva km 12+000 e lo svincolo di Flumini, oggi raccordo tra la vecchia S.S. 125 Orientale Sarda e la S.S. 554 bis., e che si sviluppa ad ovest di Cagliari – a nord del bacino denominato Staini Simbirizzi.

Il progetto si colloca nell’ambito degli interventi, in parte eseguiti ed in parte in corso, di adeguamento e riqualificazione tecnico–funzionale della S.S. 554 che, originando dall’innesto con la S.S. 130 a nord di Cagliari, rappresenta nel contesto della viabilità extraurbana dell’area cagliaritana uno dei fondamentali corridoi di traffico con ruolo di tangenziale dell’area metropolitana.

L’itinerario della SS554 è stato di recente riclassificato da Anas, andando a comprendere:

- il tratto di S.S. 554 dall’innesto con la S.S. 130 all’innesto della ex S.S. 125 (km 10+937), costituita da due carreggiate separate con due corsie per senso di marcia;
- il tratto di ex S.S. 125 dall’innesto con la S.S. 554 allo svincolo per Flumini, costituita da carreggiata unica a due corsie;
- il tratto di ex S.S. 554 bis, dallo svincolo per Flumini all’innesto con la S.P. 17 presso Terra Mala, di recente realizzata ed aperta al traffico, costituito da due carreggiate separate con due corsie per senso di marcia.

In tale riclassificazione, il tratto di ex S.S. 554 compreso tra i km 11+000 e 14+700, in comune di Quartu S. Elena, è rimasto escluso dalla rete stradale nazionale e consegnato al Comune (attuale Viale Europa).

Attualmente, l’itinerario della S.S. 554 assume per circa 11 km la classifica tecnico funzionale provvisoria di “extraurbana principale” (categoria B) – nel tratto di più recente costruzione dallo svincolo per Flumini fino allo svincolo di termine in località Terra Mala – mentre per i primi 18 km dall’innesto con la S.S. 130 fino allo svincolo per Flumini la classifica tecnico funzionale provvisoria è di “extraurbana secondaria” (categoria C).

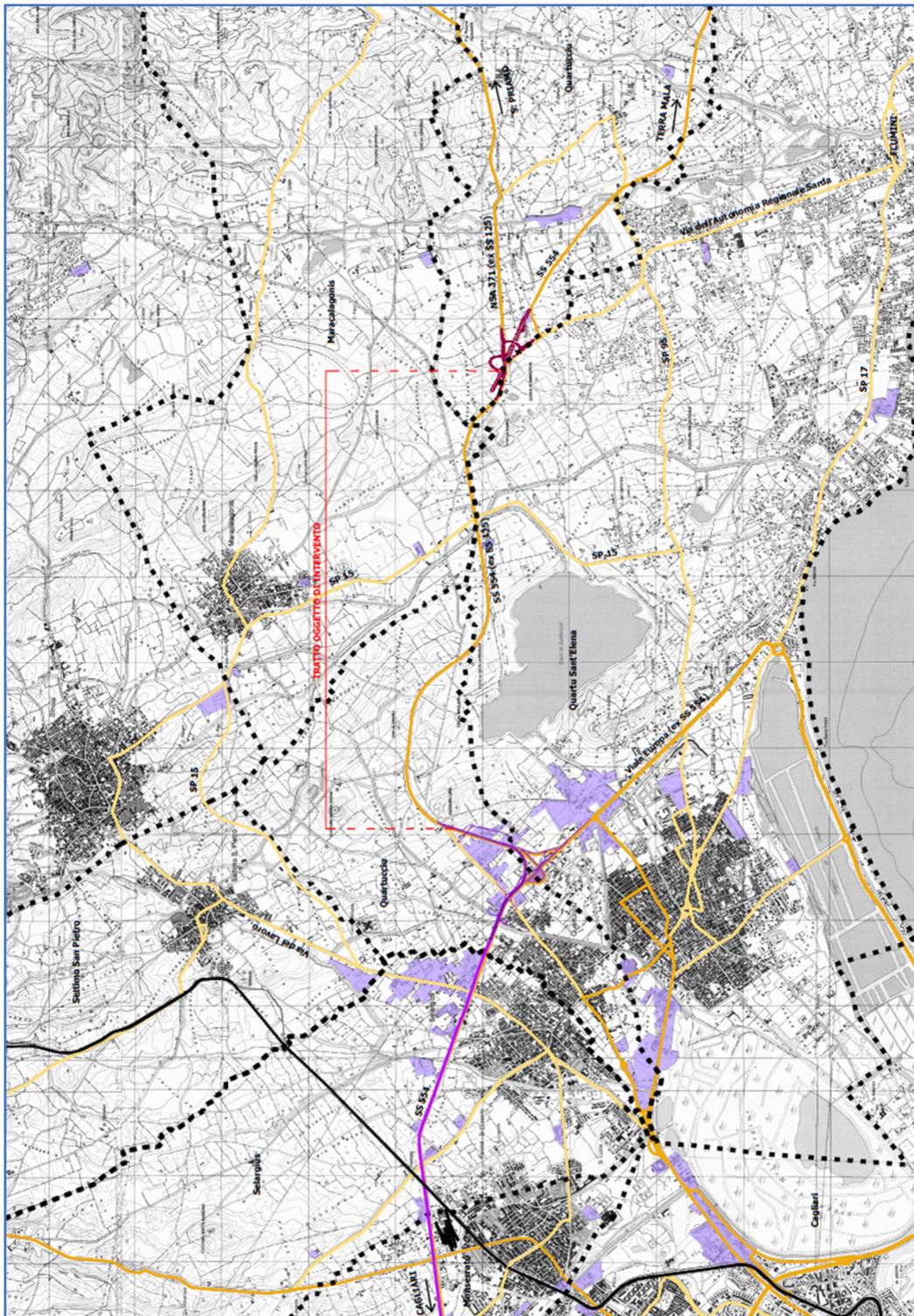


Figura 1.1 - Corografia generale del sistema viario con indicazione del tratto di intervento

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

L'intervento è inserito, con codice **CA 352**, nel Contratto di Programma 2016-2020 sottoscritto tra Ministero delle Infrastrutture ed Anas, approvato con Delibera CIPE n. 65 del 7 agosto 2017, pubblicata sulla gazzetta Ufficiale n. 292 del 15 dicembre 2017.

Lo studio idrologico che segue è stato condotto prendendo in considerazione lo studio di fattibilità relativo alle soluzioni progettuali e fa riferimento all'alternativa 2, finalizzata alla riduzione delle interferenze idrauliche e costruttive ed al miglioramento delle connessioni funzionali – riportata nell'immagine che segue. Essa prevede l'adeguamento del tratto interessato alla categoria B (extraurbana principale) interamente in variante rispetto alla S.S. 554 esistente, ad eccezione necessariamente dei primi 500 metri circa da realizzare in sede per consentire l'allaccio alla viabilità del tratto precedente e per uno sviluppo di 5,90 km.

Lo spostamento verso nord del tracciato, oltre a perseguire l'allontanamento dei cantieri di lavoro dalla S.S. 554 esistente, con sostanziale eliminazione delle interferenze con l'esercizio, ha consentito minori interferenze con le aree di esondazione dei fossi interferiti, lo sviluppo di un tracciato con minori tortuosità ed un migliore assetto funzionale, essendo possibile l'ubicazione della svincolo in posizione più baricentrica ed in diretta connessione con la S.P. 15 e la circonvallazione di Maracalagonis – Sinnai – Settimo S. Pietro.

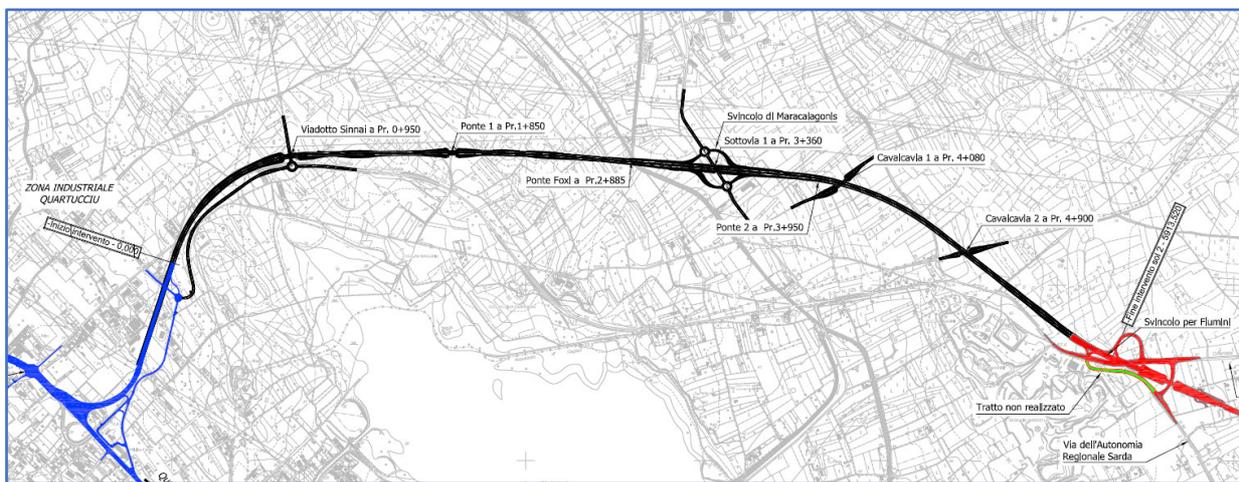


Figura 1.2 - Anas – PFTE – Tracciato alternativa 2

Tale soluzione, come detto, ha origine al km 12+000 circa e termina sull'esistente svincolo per Flumini (km 18+000 circa), in allineamento alla S.S. 554 già costruita in direzione Terra Mala, del quale prevedono il completamento con realizzazione della rampa in uscita direzione Flumini. La connessione della nuova viabilità extraurbana principale alla viabilità extraurbana secondaria è

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

prevista tramite svincolo a livelli sfalsati e, in relazione alle interferenze, mediante le necessarie opere di continuità e/o viabilità di ricucitura per le viabilità locali.

Da un punto di vista idraulico l'area di interesse per lo studio appartiene al bacino idrografico denominato “Flumendosa – Campidano – Cixerri” all'interno del PAI della Regione Sardegna. L'inquadramento normativo connesso alle attività idrauliche consente di poter delimitare i vincoli attorno ai quali costruire/inserire l'intervento. Nel quadro complessivo, si porrà particolare attenzione alle norme regionali definite dal Distretto Idrografico (PAI, PSFF e Direttiva Alluvioni). L'attività idrologica sviluppata è coerente con i più recenti approcci consolidati in Regione Sardegna.

L'attività ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico: il reticolo è stato mappato mediante diversi livelli cartografici, che comprendono la carta IGM 25.000, la CTR 10.000, il rilievo DTM 1x1 m regionale.

Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le opere stradali esistenti, oltre ai bacini ad esse sottesi, per le quali si rimanda alla “*Planimetria delle interferenze con il reticolo idrografico*” (T00ID00IDRPL01\_A).

L'analisi idrologica ha permesso di determinare le portate al colmo di piena nelle sezioni di attraversamento dei corsi d'acqua lungo il percorso stradale per i tempi di ritorno di riferimento del progetto.

La stima delle portate è stata elaborata con riferimento ai metodi regionali consolidati, secondo le “Linee Guida per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” (PAI) della Regione Sardegna ed in coerenza con il Piano Stralcio Fasce Fluviali regionale.

<b>S.S. 554 "Cagliaritana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 "Orientale Sarda" – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

---

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. n° 523 del 1904 e ss.mm.ii.
- D.Lgs. n°152 del 2006
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617. C.S.LL.PP.
- NTC2018 Norme Tecniche per le Costruzioni
- N.T.A. e Linee Guida del Piano Stralcio per l'Assetto Idrologico
- Direttive per la manutenzione degli alvei e la gestione dei sedimenti approvate dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino regionale della Sardegna con Delibera n° 22 del 1 Agosto 2012
- Piano Stralcio Fasce Fluviali
- Piano di Gestione del Rischio di alluvioni (approvato con delibera C.I. n. 2 del 15/03/2016)
- Studio di compatibilità idraulica, geologica e geotecnica dell'intero territorio comunale, previsto dall'art. 8, comma 2, norme di attuazione del PAI., finalizzato all'adeguamento del PUC al PPR ed al PAI (Comune di Maracalagonis)
- Comune di Quartu Sant'Elena, relazione preliminare per l'adeguamento del Piano di Protezione Civile (2017)
- Studio di compatibilità geologica e geotecnica e idraulica ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del P.A.I. esteso a tutto il territorio comunale di Quartucciu nell'ambito della pianificazione locale (data di aggiornamento della pagina: 02/04/2019)
- Delibera del Comitato Istituzionale n. 7 - Comune di Quartucciu (22/09/2010). Studio di compatibilità idraulica e geologica geotecnica, ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle N.A. del PAI, relativo all'area interessata dalla proposta di piano attuativo di lottizzazione "I Mandorli" sito in località Sa Mallora - Comune di Quartucciu zona urbanistica C4 del vigente PUC – Approvazione

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

## 2.1 Identificazione del bacino di intervento

L'intervento ricade nel settore meridionale della Sardegna, nel distretto n. 20 Campidano, interessando il territorio dei Comuni di Quartu Sant'Elena, Quartucciu e Maracalagonis, in Provincia di Cagliari, in un'area geograficamente inquadrabile nel settore nord-orientale del Golfo di Cagliari ed ubicata a nord del lago del Simbirizzi.

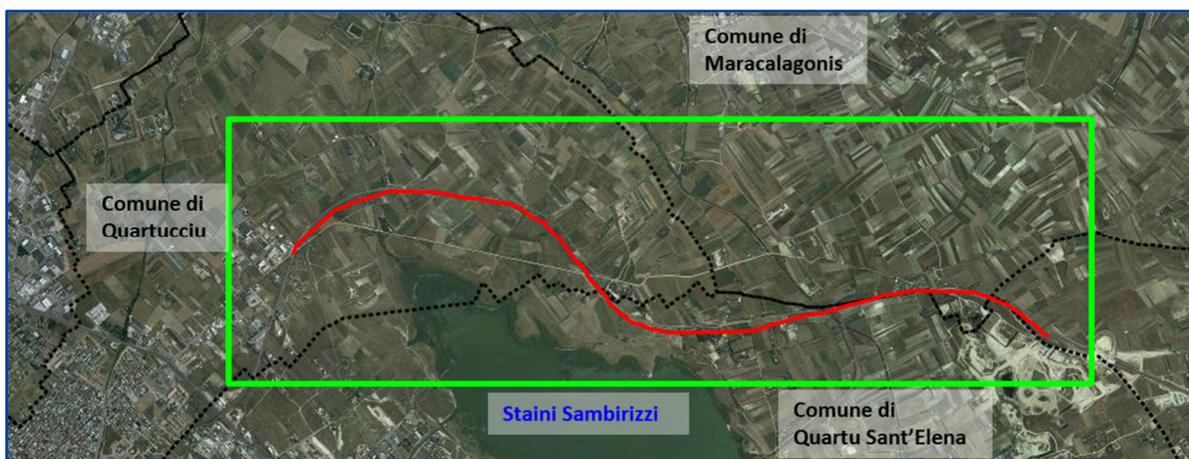


Tabella 2.1 - Inquadramento geografico dell'area di intervento

Il contesto territoriale su cui si sviluppa l'infrastruttura in progetto è caratterizzato da un ambito sostanzialmente pianeggiante, per lo più sede di attività agricole più o meno intensive, e tra gli elementi localmente caratterizzanti l'ambito paesaggistico è da citare la depressione stagno-lacustre del Simbirizzi, che delimita un'area concavo-depressa immediatamente a valle dell'infrastruttura stessa, la cui origine è assimilabile a quella dei bacini endoreici, anche se attualmente è utilizzato come bacino di raccolta delle acque provenienti prevalentemente dagli invasi artificiali del Flumendosa-Mulargia.

La S.S. 554 segna i confini tra i territori di Quartu Sant'Elena e Quartucciu a sud e Sinnai e Maracalagonis a nord e, con la strada litoranea S.P. 17 e le provinciali 15, 95 e 96 organizza lo spazio secondo una larga maglia viaria costituente la trama di una vasta area interessata da un processo di diffusione residenziale sul territorio originariamente agricolo, cui ha conferito nel tempo caratteri di insediamento residenziale con connotazioni di tipo urbano.

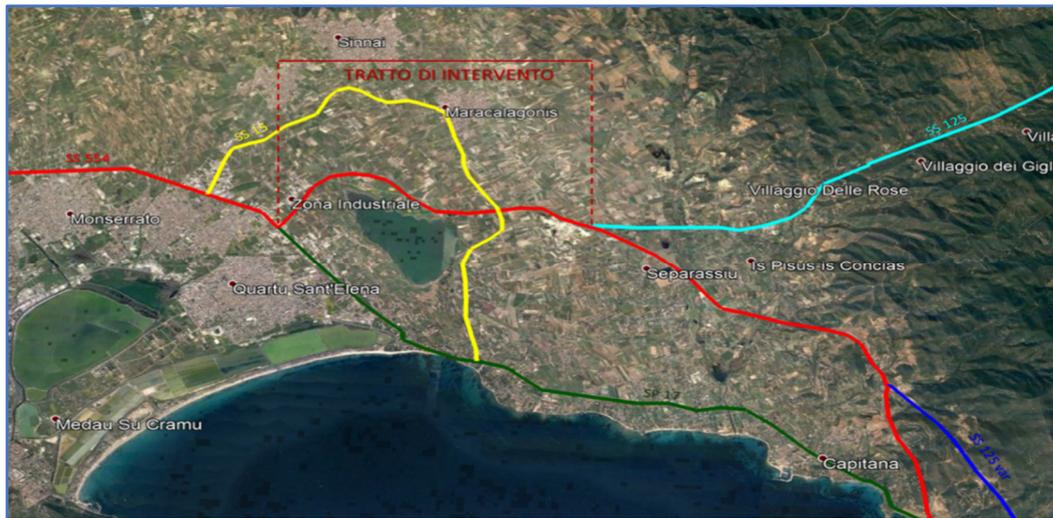


Figura 2.1 - Maglia Viaria nella quale ricade il tratto di intervento

Ai sensi della Legge 183/89 l'intero territorio della Sardegna è considerato un bacino idrografico unico di interesse regionale. Sulla base di altri studi di settore (SISS, Piano Acque), comunque collegati e pertinenti alle attività previste nella presente iniziativa, per la superficie territoriale sarda, con Delibera di Giunta regionale n. 45/57 del 30 ottobre 1990, è stata approvata la suddivisione in sette sub-bacini, ognuno dei quali caratterizzato da generali omogeneità geomorfologiche, geografiche, idrologiche. Tali sub-bacini sono rappresentati nella figura che segue.

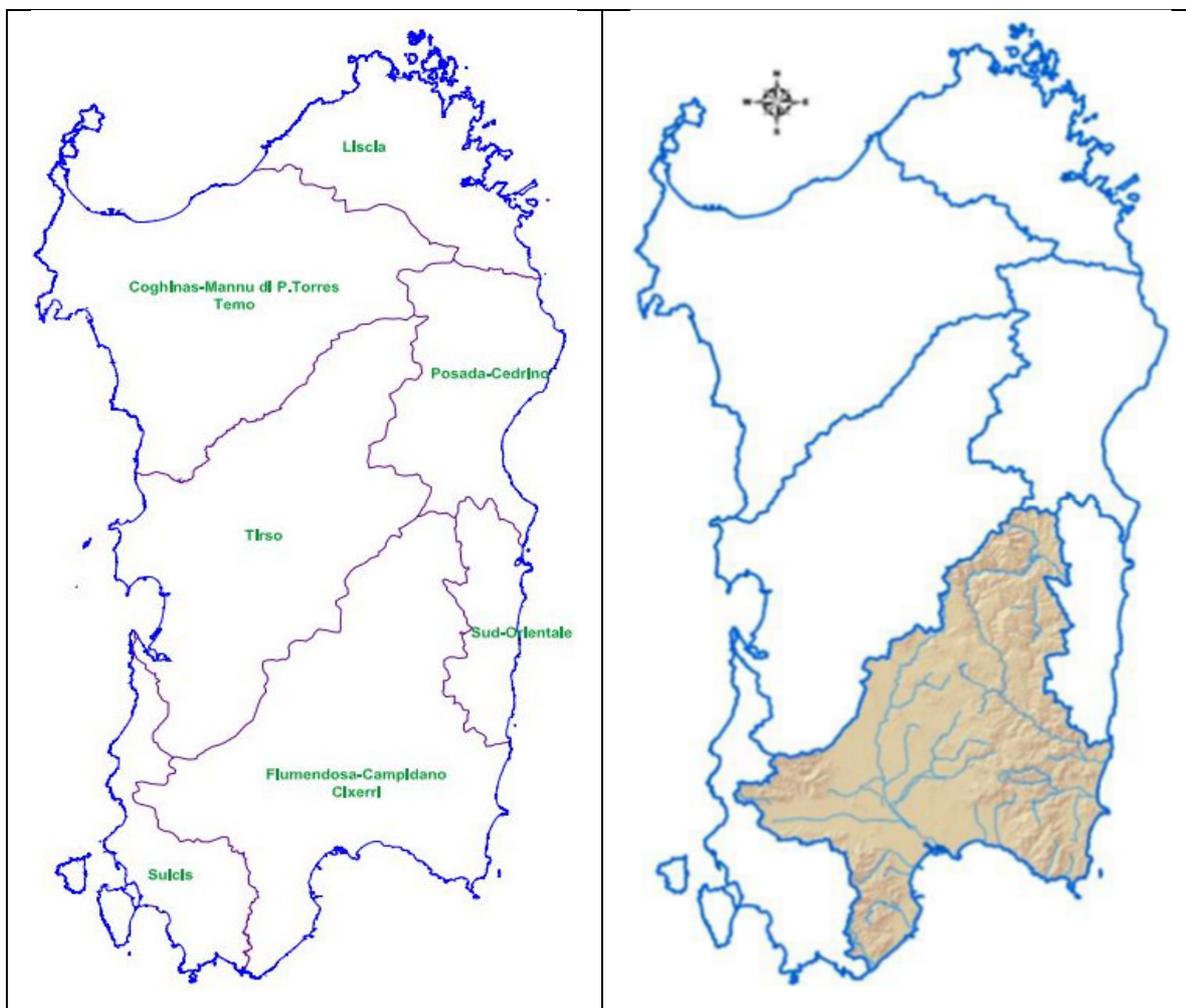
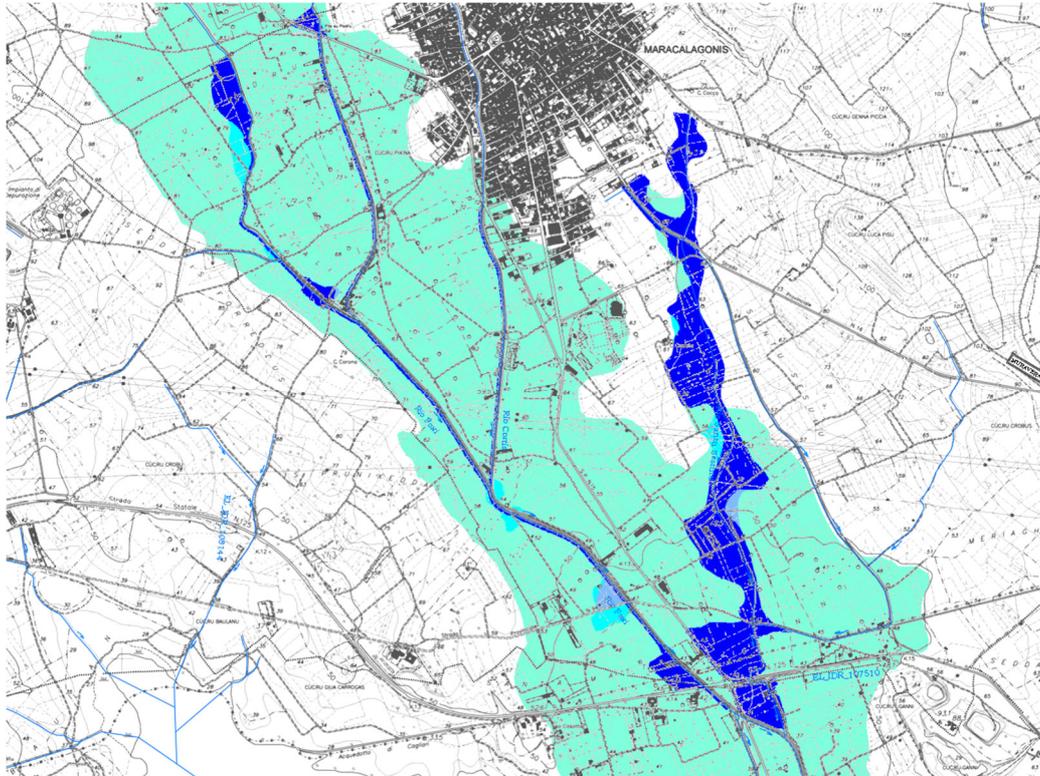


Figura 2.2 - Delimitazione dei sub-bacini regionali sardi e indicazione del bacino di interesse

La zona di interesse ricade, nell'ambito della suddivisione in sub-bacini del territorio regionale prevista dal PAI, nel sub-bacino n. 7 "Flumendosa-Campidano-Cixerri", evidenziato in figura 2.3. In particolare, gli interventi sono ubicati nei comuni di Maracalagonis e Quartucciu, per i quali sono stati reperiti gli studi di compatibilità idraulica previsti dall'art.8 delle norme PAI, dai quali si evincono zone a pericolosità idraulica molto elevata in corrispondenza del corso d'acqua riu Santu Sestuto, nonché in parte nel comune di Quartu Sant'Elena che, ancorché compreso nell'Allegato A alle NTA del PAI, non presenta aree a rischio nell'area interessata dall'intervento.



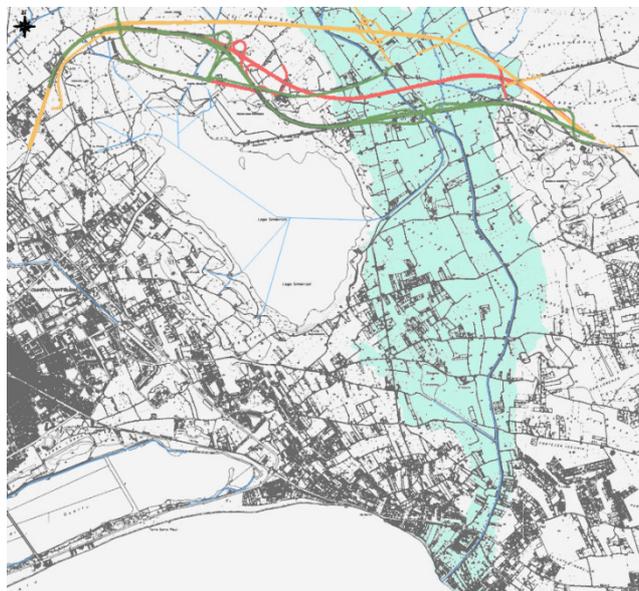
*Figura 2.3 - Estratto cartografico in cui si evidenzia come nel territorio in cui ricade il progetto siano individuate nel PAI aree a pericolosità/rischio idraulico*

Lo studio ha previsto la preliminare definizione del reticolo idrografico, mappato mediante diversi livelli cartografici (che comprendono la carta IGM 25.000, la CTR 10.000, il rilievo DTM 1x1 m regionale, il rilievo speditivo di campagna) che hanno portato ad individuare i diversi livelli di reticolo che interferiscono con il progetto. Definito il reticolo, sono state individuate le interferenze con le opere stradali esistenti e in progetto, oltre ai bacini ad esse sottesi.

I principali corsi d'acqua che, oltre ad alcuni fossi, risultano interferire con le tre alternative di progetto sono, procedendo da ovest verso est il Riu Foxi, il Riu Cortis, ed il Riu Santu Sestutu, oltre a due canali minori. Il Riu Cortis, ed il Riu Santu Sestutu confluiscono nel Riu Foxi, il primo in corrispondenza del tracciato dell'alternativa di progetto n. 2, il secondo a valle dell'attuale sede della S.S. 125. Trattasi di corsi d'acqua non appartenenti al reticolo principale, ma ad un secondo livello, o più, del reticolo secondario.

Con riferimento al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, l'unico corso d'acqua interessato è il Riu Foxi di Quartu, che appartenendo come detto al reticolo secondario ha la delimitazione di pericolosità idraulica definita mediante la fascia C geomorfologica, o area di inondazione per piena catastrofica (nel PSFF, definita per i corsi d'acqua secondari la regione fluviale potenzialmente oggetto di

inondazione nel corso di piene caratterizzate da un tempo di ritorno di 500 anni, e comunque di eccezionale gravità, tracciata con criteri geomorfologici).



*Figura 2.4 - Estratto cartografico in cui si evidenzia come nel territorio in cui ricade il progetto è presente la delimitazione delle fasce fluviali mediante valutazione geomorfologica*

Nello Studio si è quindi proceduto all’individuazione e caratterizzazione fisiografica di n. 5 bacini, denominati da 1 a 5, relativi ai soli corsi d’acqua interferenti con la soluzione progettuale n. 2 della nuova viabilità, e dei quali sono state valutate le caratteristiche plano-altimetriche nonché fisiografiche.

*Tabella 2.2.2 – Identificazione dei bacini idrografici in esame*

<b>ID. BACINO</b>	<b>Corso d’acqua di riferimento</b>
B1	EL.IDR. 108145
B2	EL.IDR. 108144
B3	Rio Foxi
B4	Rio Santu Sestuto
B5	EL.IDR. 107510

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

## 2.2 Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino unico regionale PAI, è redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, con le relative fonti normative di conversione, modifica e integrazione. 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 ha valore di piano territoriale di settore e prevale sui piani e programmi di settore di livello regionale. Il PAI è stato approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006 con tutti i suoi elaborati descrittivi e cartografici.

Il PAI ha definito pericolosità idraulica e rischio non a livello estensivo sul reticolo principale e secondario ma solo in tronchi potenzialmente critici ai fini dello smaltimento della portata di piena, individuati secondo le metodologie descritte nelle Linee Guida allegate alla Relazione generale di piano.

In tali tratti sono state definite 4 classi di pericolosità idraulica corrispondenti a tempi di ritorno crescenti, come descritto nella tabella seguente.

*Tabella 2.3- PAI classi di pericolosità idraulica*

Pericolosità		Frequenza (1/T)	Periodo di ritorno (T anni)
<b>H<sub>1</sub></b>	bassa	0.002	500
<b>H<sub>2</sub></b>	moderata	0.005	200
<b>H<sub>3</sub></b>	alta	0.010	100
<b>H<sub>4</sub></b>	molto alta	0.020	50

In corrispondenza di tali tratti critici sono quindi stati definiti gli elementi soggetti a rischio (E) di essere colpiti da eventi calamitosi; tali elementi sono stati suddivisi in coerenza con la normativa vigente, secondo le seguenti classi.

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
CA352	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 2.4 - PAI classi elementi a rischio

Classi	Elementi	Peso
E1	Aree escluse dalle definizioni E2, E3 ed E4. Zona boschiva. Zone di protezione ambientale con vincolo estensivo (p.e. vincolo Galasso). Zone falesie costiere con possibilità di frequentazione.	0,25
E2	Zona agricola generica. Infrastrutture puntuali per le telecomunicazioni. Zone di protezione ambientale con vincolo specifico ma non puntuale (p.e. parchi, riserve...).	0,50
E3	Infrastrutture pubbliche (altre infrastrutture viarie e fondo artificiale, ferrovie, oleodotti, elettrodotti, acquedotti, bacini artificiali). Zone per impianti tecnologici e discariche di R.S.U. ed assimilabili, zone di cava e zone minerarie attive e non, discariche minerarie di residui di trattamento, zona discarica per inerti. Beni naturali protetti e non, beni archeologici. Zona agricola irrigua o ad alta produttività, colture strategiche e colture protette. Specchi d’acqua con aree d’acquacoltura intensiva ed estensiva. Zona di protezione ambientale puntuale (monumenti naturali e assimilabili).	0,75
E4	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; aree con limitata presenza di persone; aree extraurbane poco abitate; edifici sparsi; nuclei urbani non densamente popolati; aree sedi di significative attività produttive (insediamenti artigianali, industriali, commerciali minori); Zona discarica rifiuti speciali o tossico nocivi. Zona impianti industriali ad elevato rischio potenziale. Aree di intensa frequentazione turistica. Beni architettonici, storici e artistici. Infrastrutture pubbliche strategiche (strade statali). Porti vari, aeroporti, stazioni.	1

In questo modo, posta cautelativamente la Vulnerabilità pari a 1, è stato possibile definire le diverse classi di rischio secondo l’usuale formula:

$$R_i = H_i \cdot E \cdot V$$

Le classi di rischio adottate nel PAI conformi alla normativa in materia sono descritte nella seguente tabella.

Tabella 2.5 - PAI classi di rischio idraulico

Rischio idraulico			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R <sub>1</sub>	Moderato	≤ 0,002	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R <sub>2</sub>	Medio	≤ 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
R <sub>3</sub>	Elevato	≤ 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
R <sub>4</sub>	Molto elevato	≤ 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 socio-economiche

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Le aree a rischio esondazione secondo il PAI per i corsi d’acqua analizzati sono rappresentate nella “*Planimetria delle aree di pericolosità idraulica del PAI*” (T00ID00IDRPL03\_A) allegata alla presente relazione, cui si rimanda la perimetrazione presente negli elaborati è stata acquisita direttamente dal sito del Distretto Idrografico della Regione Sardegna e direttamente dai comuni che hanno redatto gli studi di compatibilità idraulica previsti dall’art.8 delle norme PAI.

### 2.3 Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF)

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali è redatto ai sensi dell’art. 17, comma 6, della legge n. 183 del 19 maggio 1989, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall’art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, adottato in via definitiva nel 2013 (ad eccezione dei soli comuni di Uta e Terralba), ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d’uso riguardanti le fasce fluviali. Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

L’approccio metodologico all’attività di delimitazione delle Fasce Fluviali ha seguito le indicazioni delle Linee Guida per la Redazione del PSFF; il differente livello di approfondimento del quadro conoscitivo definito per i corsi d’acqua principali, dove sono state condotte analisi geomorfologiche, idrologiche e idrauliche di dettaglio, rispetto a quello gli affluenti secondari (dove non sono state condotte verifiche idrauliche delle modalità di deflusso di piena) ha suggerito due differenti criteri di tracciamento delle fasce fluviali.

Sui corsi d’acqua principali sono state individuate cinque fasce:

- **Fascia A\_2** o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 2 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, individua l’alveo a sponde piene, definito solitamente da nette scarpate che limitano l’ambito fluviale;
- **Fascia A\_50** o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 50 anni, individuata in base all’analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell’evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;
- **Fascia B\_100** o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 100 anni, individuata in base all’analisi idraulica eseguita, rappresenta le aree interessate da inondazione al verificarsi dell’evento citato; il limite della fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici;

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

- **Fascia B\_200** o fascia di deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena indicata; La delimitazione sulla base dei livelli idrici è stata integrata con le aree sede di potenziale riattivazione di forme fluviali relitte non fossili, cioè ancora correlate alla dinamica fluviale che le ha generate;
- **Fascia C** o area di inondazione per piena catastrofica, tracciata in base a criteri geomorfologici ed idraulici, rappresenta l’inviluppo esterno della fascia C geomorfologica (inviluppo delle forme fluviali legate alla propagazione delle piene sulla piana alluvionale integrate con la rappresentazione altimetrica del territorio e gli effetti delle opere idrauliche e delle infrastrutture interferenti) e dell’area inondabile per l’evento con tempo di ritorno 500 anni (limite delle aree in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici di piena).

Sui corsi d’acqua secondari è stata definita la sola fascia C o area di inondazione per piena catastrofica, che, tracciata con criteri geomorfologici, rappresenta la regione fluviale potenzialmente oggetto di inondazione nel corso delle piene caratterizzate da un elevato tempo di ritorno (500 anni) e comunque di eccezionale gravità. Nei tratti di intervento tutti i corsi d’acqua interferenti sono interessati dal PSFF, relativamente ad una delimitazione di pericolosità idraulica definita esclusivamente mediante la fascia C geomorfologica.

Quanto detto è riportato nella “*Planimetria delle aree di esondazione del PSFF*” (T00ID00IDRPL02\_A) allegata alla presente relazione.

La perimetrazione presente negli elaborati è stata acquisita direttamente dal sito del Distretto Idrografico della Regione Sardegna.

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### 3. ANALISI IDROLOGICA

#### 3.1 Caratterizzazione fisica e idrografica del bacino

La caratterizzazione fisiografica dei bacini individuati è stata eseguita manualmente mediante le seguenti basi:

- DEM (maglia 10 x 10 m);
- CTR 1:10.000;
- Tavole IGM alla scala 1:25.000;

Per ciascun bacino individuato, sono state valutate le seguenti grandezze:

- **Superficie del bacino  $S$**  [km<sup>2</sup>]: elaborazione GIS; la superficie è calcolata sulla base del DEM, in relazione al poligono chiuso che individua ciascun singolo bacino idrografico;
- **Perimetro del bacino  $P$**  [km]: elaborazione GIS; la linea è calcolata sulla base del DEM, in relazione al poligono chiuso che individua ciascun singolo bacino idrografico;
- **Altitudine massima  $H_{max}$**  [m.s.l.m.], **altitudine minima** (altitudine sezione di chiusura)  **$H_{min}$**  [m.s.l.m.]: elaborazione GIS, direttamente dalla base del DEM, come risultato di un'analisi di tipo statistico (valore minimo e massimo) delle quote altimetriche delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino analizzato;
- **Altitudine media  $H_{media}$**  [m.s.l.m.]: elaborazione numerica direttamente dal DEM, come risultato dell'analisi della curva ipsografica relativa al bacino indagato e riferita alla sezione di chiusura posta in corrispondenza del punto di interferenza del corso d'acqua con l'asse stradale;
- **Pendenza media del bacino  $i_v$**  [%]: elaborazione GIS direttamente dalla base del DEM, come risultato dell'analisi delle pendenze medie delle celle del DEM interne a ciascun poligono rappresentante il bacino idrografico analizzato;
- **Lunghezza dell'asta  $L_{max}$**  [km]: calcolo automatico in GIS della lunghezza dei segmenti rappresentanti i corsi d'acqua digitalizzati, intesa come percorso idraulico più lungo all'interno del bacino idrografico analizzato.

I bacini idrografici individuati sono cinque, di seguito denominati secondo una progressione numerica e rappresentati nella tavola “*Corografia dei bacini idrografici principali*” (T00ID00IDRCO01\_A).

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Questi rappresentano la porzione di territorio che, in seguito alle precipitazioni, genera deflusso attraverso la sezione di chiusura coincidente con il punto di interferenza tra i corsi d’acqua individuati e l’infrastruttura stradale oggetto degli interventi. Tali punti di interferenza, nonché lo sviluppo delle aste fluviali attraverso i bacini idrografici detti, sono rappresentati nella tavola “*Planimetria delle interferenze con il reticolo idrografico*” (T00ID00IDRPL01\_A).

Per ogni bacino sono state valutate le seguenti caratteristiche geomorfologiche dalle quali sono state calcolate le grandezze che descrivono la forma del bacino:

Tabella 3.1 - Caratteristiche dei bacini idrografici

ID. BACINO	Area (km <sup>2</sup> )	Perimetro (km)	Lunghezza asta (km)
<b>B1 – EL.IDR. 108145</b>	0.1	1.7	0.1
<b>B2 – EL.IDR. 108144</b>	0.4	2.4	0.6
<b>B3 – Rio Foxi</b>	19.2	21.5	8.9
<b>B4 – Rio Santu Sestutu</b>	3.6	4.3	1.9
<b>B5 – EL.IDR. 107510</b>	1.3	9.8	1.4

Utilizzando le informazioni di carattere planimetrico, si può caratterizzare la forma del bacino attraverso i seguenti indici:

- **Fattore di circolarità:** esprime la somiglianza con un bacino di forma circolare avente lo stesso perimetro P

$$Rc = \frac{4\pi S}{P^2}$$

- **Fattore di uniformità:** è dato dal rapporto tra il perimetro del bacino e quello di un cerchio di uguale area.

$$Ru = \frac{P}{2\sqrt{\pi S}}$$

- **Fattore di allungamento:** è il rapporto tra il diametro del cerchio di uguale area A e la lunghezza L dell’asta principale.

$$Ra = \frac{2\sqrt{S}}{L\sqrt{\pi}}$$

In Tabella 3.2 si riportano i risultati ottenuti.

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 3.2 - Parametri di forma dei bacini idrografici

ID. BACINO	Rc	Ru	Ra
<b>B1 – EL.IDR. 108145</b>	0.38	1.62	2.35
<b>B2 – EL.IDR. 108144</b>	0.76	1.15	1.06
<b>B3 – Rio Foxi</b>	0.52	1.38	0.55
<b>B4 – Rio Santu Sestutu</b>	2.37	0.65	1.12
<b>B5 – EL.IDR. 107510</b>	0.17	2.43	0.92

Sono stati valutati tutti i parametri altimetrici necessari alla definizione del bacino, quali:

- **Pendenza media dell’asta principale  $s$  [%]**, data dal rapporto tra il dislivello tra sorgente e sezione di chiusura del bacino e la lunghezza dell’asta;
- **Altezza massima e minima del bacino  $H_{max}$  e  $H_{min}$** ;
- **Altezza massima e minima dell’alveo  $h_{max}$  e  $h_{min}$** ;
- **Altezza media del bacino  $H_{media}$** , ricavata dalla curva ipsografica la formula;

$$H_{media} = \frac{\sum_i H_i S_i}{S}$$

Dove:  $S_i$  = superficie del bacino compresa tra due linee di livello contigue

$H_i$ : altitudine media corrispondente

I valori delle grandezze elencate sono riportati nelle Tabelle 3.3 di seguito.

<b>S.S. 554 "Cagliaritana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 "Orientale Sarda" – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 3.3 - Parametri altimetrici

ID. BACINO	B1	B2	B3	B4	B5
Pendenza media dell'asta principale (%)	1.8	2	5	1.3	3.6
Altezza massima del bacino (m s.l.m.)	50	85.4	670.4	159.9	124.8
Altezza minima del bacino (m s.l.m.)	42.4	54.2	52.5	49.6	48.3
Altezza media del bacino (m s.l.m.)	46	69	166	76	72
Altezza massima dell'asta principale (m s.l.m.)	45	66.8	503.9	75	98.6
Altezza minima dell'asta principale (m s.l.m.)	42.4	54.2	52.5	49.6	48.3

Si riporta il profilo altimetrico dell'asta principale di ciascuno dei bacini individuati, riportando in ascisse la distanza progressiva misurata a partire dalla sorgente e sull'asse delle ordinate le corrispondenti quote s.l.m., fatta eccezione per l'asta del Bacino 1, le cui ridotte dimensioni non hanno permesso di ottenere risultati apprezzabili.

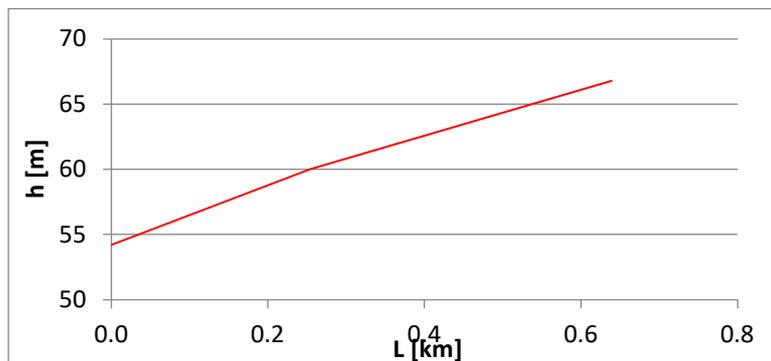


Figura 3.1 - Profilo altimetrico dell'asta principale del Bacino B2

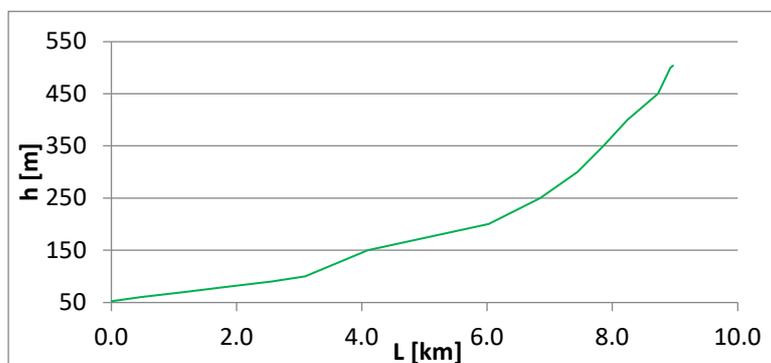


Figura 3.2 - Profilo altimetrico dell'asta principale del Bacino B3

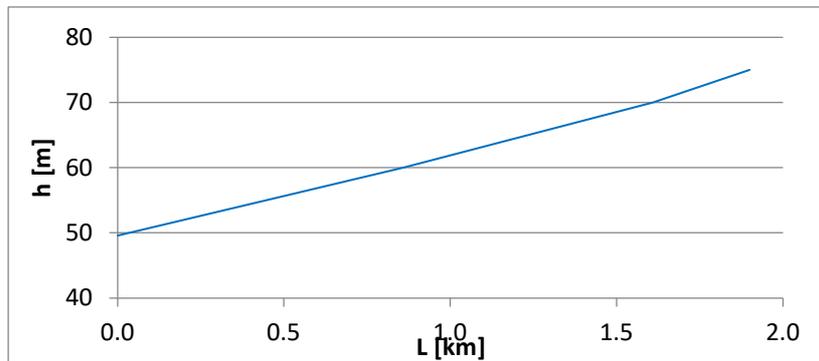


Figura 3.3 - Profilo altimetrico dell'asta principale del Bacino B4

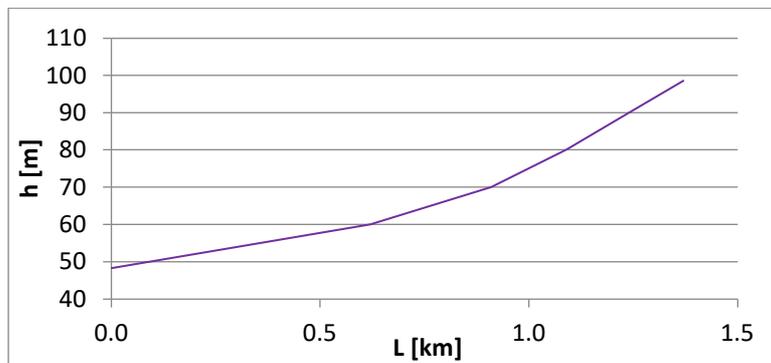


Figura 3.4 - Profilo altimetrico dell'asta principale del Bacino B5

Per ogni bacino idrografico è stata ricostruita la curva ipsografica, in cui i punti del grafico rappresentano la percentuale di bacino che si trova al di sopra della quota considerata.

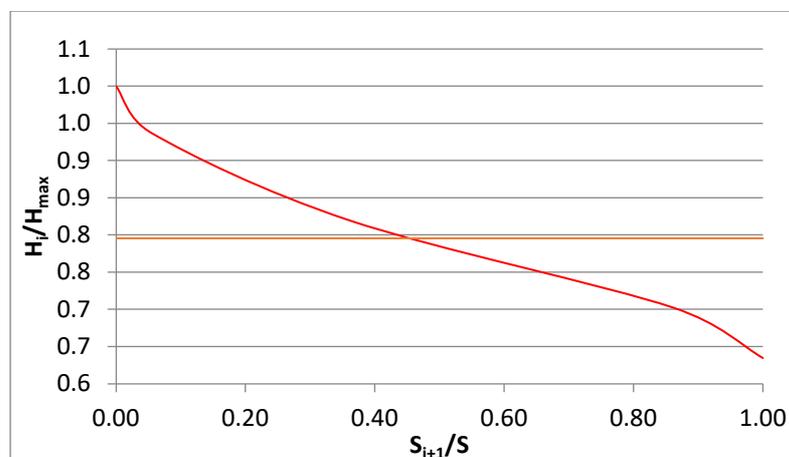


Figura 3.5 - Curva ipsografica relativa al Bacino B2

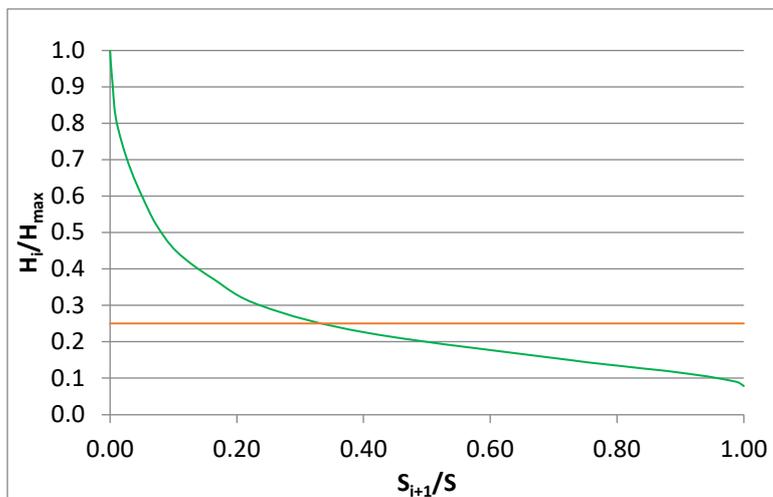


Figura 3.6 - Curva ipsografica relativa al Bacino B3

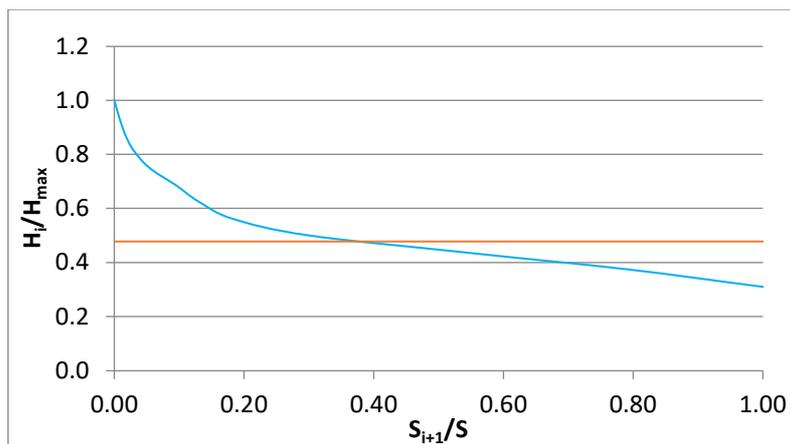


Figura 3.7 - Curva ipsografica relativa al Bacino B4

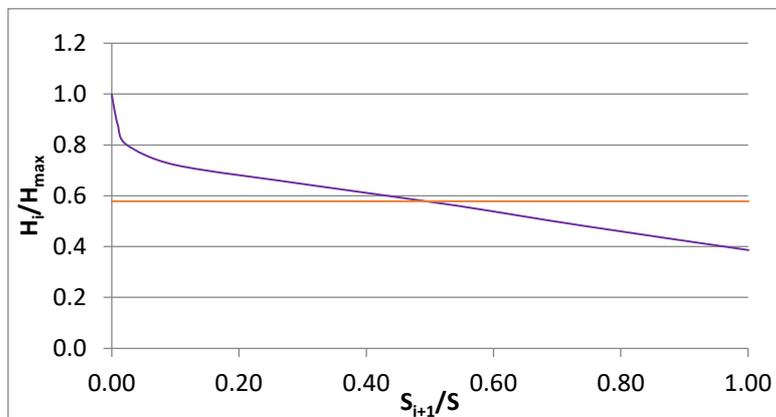


Figura 3.8 - Curva ipsografica relativa al Bacino B5

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### 3.2 Analisi quantitativa del reticolo di drenaggio

Di norma, nell'analisi geomorfologica di un reticolo idrografico, tutti i corsi d'acqua sono considerati come linee, indipendentemente dalla loro larghezza. Pertanto, un reticolo idrografico può essere caratterizzato dal numero, dalla lunghezza e dalla disposizione di tali linee ricavati dalla proiezione del sistema idrografico su di un piano orizzontale. La classificazione dei reticoli si basa sulla definizione di alcune entità geometriche, quali le aste e i nodi. Si indica come nodo o la sorgente del corso d'acqua o una confluenza (nodo di biforcazione) e come asta il tratto di corso d'acqua compreso tra due nodi.

I vari rami fluviali che fanno parte del reticolo idrografico possono essere suddivisi secondo un ordine gerarchico convenzionale. Il metodo utilizzato nel presente studio per la gerarchizzazione è quello di Horton-Strahler, che consiste nell'attribuire a ciascun ramo un numero d'ordine seguendo le seguenti regole:

- le sorgenti rappresentano rami di ordine 1
- la confluenza di due rami di ordine uguale  $\omega$  genera un ramo di ordine  $\omega + 1$
- la confluenza di due rami di ordine diverso genera un ramo di ordine pari al maggiore dei due

L'ordine della rete è assunto pari all'ordine massimo dei rami che lo costituiscono, nel caso specifico il massimo valore ottenuto è  $\Omega = 4$ .

Si è indicato:

- $N(\omega)$  il numero di rami di ordine  $\omega$ ;
- $L(\omega)$  la lunghezza totale dei rami di ordine  $\omega$ ;
- $A(\omega)$  l'area drenata dai rami di ordine  $\omega$ , ricavata utilizzando la formula:

$$A(\omega) = \left( \frac{N_{\omega-1}}{N_{\omega}} \right) \cdot A_{\omega-1} + \left( \frac{L_{\omega}}{D} \right)$$

Dove  $D$  è la densità di drenaggio, data dalla formula:

$$D = \frac{(\sum_i L_{\omega} N_{\omega})}{S}$$

La classificazione detta è stata effettuata per i soli reticoli di ordine pari o superiore al secondo, pertanto ne restano esclusi il bacino 1 ed il bacino 4, come di seguito riportato.

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
CA352	Relazione Idrologica	

ID. BACINO	B1	B2	B3	B4	B5
D [km/km <sup>2</sup> ]	-	4.9	13.2	-	3.1

Tabella 3.4 - Densità di drenaggio

Si riportano di seguito i valori dei parametri per ogni bacino:

Bacino B2			
ω	N(ω)	L(ω)	A(ω)
1	2	0.87	0.18
2	1	0.01	0.36

Bacino B3			
ω	N(ω)	L(ω)	A(ω)
22	8.50	0.64	22
5	10.47	3.63	5
2	7.61	9.65	2
1	0.06	19.30	1

Bacino B5			
ω	N(ω)	L(ω)	A(ω)
1	2	1.0	1.07
2	1	1.34	3.57

Tabella 3.5 - Parametri di Strahler dei bacini

Utilizzando i risultati ottenuti dall'analisi di Strahler, si possono valutare i principali parametri di Horton. Il parametro di base è il rapporto di biforcazione  $R_b$  che esprime il rapporto fra il numero di segmenti fluviali di un certo ordine ed il numero dei segmenti dell'ordine immediatamente successivo. Il valore di  $R_b$  varia tipicamente tra 3 e 5:

$$R_b = \left\langle \frac{N_{\omega-1}}{N_{\omega}} \right\rangle$$

Considerando invece la lunghezza media delle aste di un certo ordine si può determinare il rapporto di lunghezza, in genere compreso tra 1.5 e 3:

$$R_l = \left\langle \frac{L_{\omega}}{L_{\omega-1}} \right\rangle$$

In analogia, si definisce il rapporto delle aree come:

$$R_a = \left\langle \frac{A_{\omega}}{A_{\omega-1}} \right\rangle$$

Il coefficiente può assumere un valore compreso fra 3 e 6.

Il simbolo  $\langle \rangle$  rappresenta, per tutti e tre, la media aritmetica.

ID. BACINO	B1	B2	B3	B4	B5
$R_b$	-	2	3	2	-
$R_l$	-	1	2.4	2.7	-
$R_a$	-	2	3.4	3.3	-

Tabella 3.6 - Parametri di Horton relativi ai bacini

Si noti come l'analisi di Horton-Strahler non fornisca risultati per il reticolo idrografico relativo ai bacini 1 e 5, dal momento che risultano formati da aste fluviali isolate di ordine 1.

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### 3.3 Metodo di stima delle portate al colmo

#### 3.3.1 Criteri generali

Sono state valutate le portate al colmo per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni, sulla base di quanto indicato nelle “Linee guida per l’attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”. A queste sono state aggiunte le portate al colmo per tempi di ritorno di 25 anni, utili ai fini dell’analisi idraulica relativa alle scelte progettuali in questione.

Viene fatto riferimento, per i bacini con superficie superiore ai 60 km<sup>2</sup>, al metodo diretto della regionalizzazione VAPI delle portate al colmo per la Sardegna secondo la distribuzione TCEV, riportato nelle sopraccitate Linee guida e descritto in dettaglio nella “Valutazione delle piene in Sardegna” (Cao C., Piga E., Salis M., Sechi G.M. Rapporto Regionale Sardegna, CNR-GNDICI, LINEA 1, Istituto di Idraulica, Università di Cagliari, 1991). Per i bacini con superficie inferiore ai 60 km<sup>2</sup>, si procede con metodo indiretto mediante applicazione del metodo razionale.

Per la stima delle portate al colmo dei bacini di superficie inferiore a 60 km<sup>2</sup>, si fa riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method, si seguito definito SCS, in base ai criteri esposti nel seguito.

Come si evince dalla Tabella 3.1 nessuno dei bacini idrografici definiti presenta una superficie superiore ai 60 km<sup>2</sup>, pertanto la valutazione delle portate al colmo è stata effettuata mediante la metodologia del SCS, così come indicato dalle Linee Guida della Regione Sardegna.

#### 3.3.2 Metodo SCS per la definizione delle portate al colmo

La stima delle portate al colmo con il metodo SCS, si basa sui seguenti criteri

- le precipitazioni intense vengono desunte dalla regionalizzazione VAPI;
- i tempi di corrivazione vengono valutati a partire dai parametri morfometrici definiti come specificato, secondo le espressioni empiriche più rispondenti alle tipologie dei bacini in esame;
- i coefficienti di deflusso derivano dall’analisi secondo il metodo SCS – Curve Number, raffrontato con i dati disponibili da studi pregressi e da eventuali misure idrologiche relative a eventi di piena storici.

Nell’utilizzazione del metodo si è assunta una pioggia di durata pari a quella della pioggia critica, che è stata assunta coincidente con il tempo di corrivazione calcolato come detto.

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		 <b>anas</b> <small>GRUPPO FS ITALIANE</small>
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_c = 0.28 \cdot \frac{R_0 \cdot S}{T_c}$$

dove:  $R_0$  = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

$S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>);

$T_c$  = tempo di corrivazione (h).

Vengono nel seguito descritte le assunzioni e le metodologie di stima di tali parametri.

### *3.3.2.1 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna*

Per la definizione delle precipitazioni è innanzi tutto necessario definire la sottozona omogenea SZO della Regione Sardegna di appartenenza del bacino in esame, secondo la divisione riportata in figura 3.7.

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

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

dove i coef.  $a_1$  e  $n_1$  possono determinarsi in funzione della pioggia indice giornaliera  $\mu_g$ :

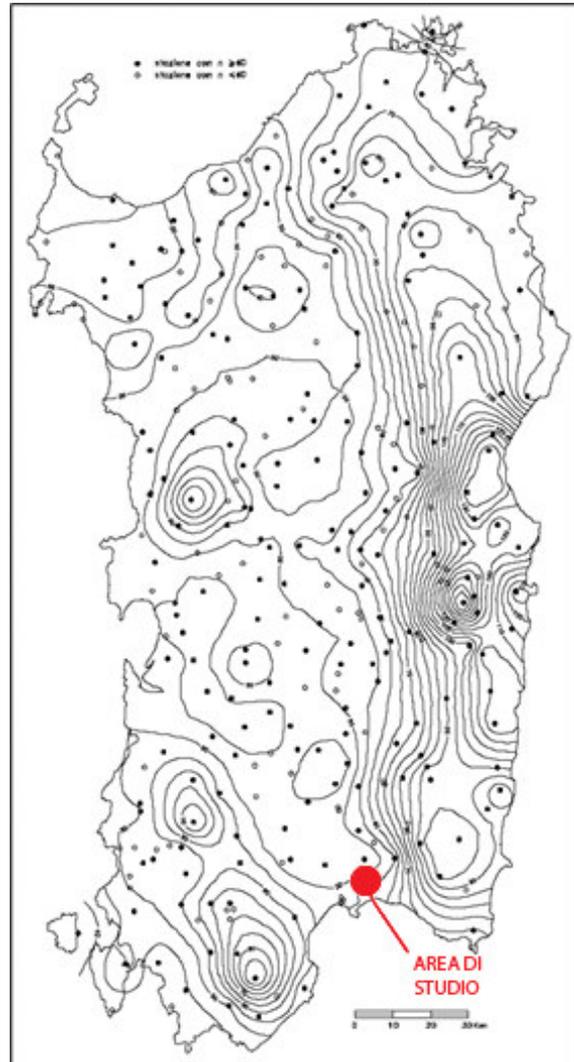
$$a_1 = \mu_g / (0.886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \log \mu_g$$

La pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  viene stimata sulla base della carta delle isoiete riportata in Figura 3.8.

Figura 3.9 - Divisione delle sottozone omogenee SZO della Regione Sardegna

Figura 3.10 - Carta delle isoiete per la pioggia indice giornaliera in mm



L'altezza di pioggia  $h_{Tr}(t)$  di durata  $t$  con assegnato tempo di ritorno  $Tr$  in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice  $\mu(t)$  per un coefficiente di crescita  $K_{Tr}(t)$  dato da:

$$K_{Tr}(t) = a_2 \cdot t^{n_2}$$

Per cui:

$$h_{Tr}(t) = \mu(t) \cdot K_{Tr}(t) = (a_1 \cdot a_2) \cdot t^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti  $a_2$  e  $n_2$  si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti tempi di ritorno  $Tr$  e durate di pioggia  $t$ .

<b>S.S. 554 "Cagliaritana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 "Orientale Sarda" – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

- Per  $Tr > 10$  anni

$$a_2 = 0.46378 + 1.0386 \log Tr$$

**SZO 1**  $n_2 = -0.18449 + 0.23032 \log Tr - 3.3330 \cdot 10^{-2} (\log Tr)^2$  per  $t \leq 1$  ora  
 $n_2 = -1.0563 \cdot 10^{-2} - 7.9034 \cdot 10^{-3} \log Tr$  per  $t > 1$  ora

---


$$a_2 = 0.44182 + 1.0817 \log Tr$$

**SZO 2**  $n_2 = -0.18676 + 0.24310 \log Tr - 3.5453 \cdot 10^{-2} (\log Tr)^2$  per  $t \leq 1$  ora  
 $n_2 = -5.6593 \cdot 10^{-3} - 4.0872 \cdot 10^{-3} \log Tr$  per  $t > 1$  ora

---


$$a_2 = 0.41273 + 1.1370 \log Tr$$

**SZO 3**  $n_2 = -0.19055 + 0.25937 \log Tr - 3.8160 \cdot 10^{-2} (\log Tr)^2$  per  $t \leq 1$  ora  
 $n_2 = -1.5878 \cdot 10^{-2} - 7.6250 \cdot 10^{-3} \log Tr$  per  $t > 1$  ora

La pioggia ottenuta viene quindi ragguagliata all'area tramite il parametro  $r$ , secondo la formulazione utilizzata nel VAPI, che fa riferimento al Flood Studies Report:

$$r = 1 - (0.0394 \cdot S^0.354) \cdot \Theta_c^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(S)))}$$
 per  $S \leq 20 \text{ km}^2$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot S^0.354) \cdot \Theta_c^{(-0.40+0.003832 \ln(4.6-\ln(S)))}$$
 per  $S > 20 \text{ km}^2$

Dove:  $\Theta_c$  = durata della pioggia critica

$S$  = superficie del bacino in  $\text{km}^2$

Da cui si ottiene l'altezza di pioggia ragguagliata all'area del bacino:

$$h_r = h_{Tr}(t) \cdot r$$

Assumendo che l'invaso per infiltrazione nel suolo in ogni istante sia proporzionale al valore massimo dello stesso e che la precipitazione efficace sia proporzionale all'afflusso meteorico, si ha la seguente equazione (USDA – SCS, 1986) per la definizione del volume netto di pioggia per unità di superficie  $R_o$ , che coincide con la pioggia netta  $h_n$ :

$$R_o = \frac{(h_r - I_a)^2}{h - I_a + S_{POT}} = h_n$$

Dove:  $h_r$  = precipitazione meteorica ragguagliata [mm]

$I_a$  = perdita iniziale [mm]

$S_{POT}$  = capacità di ritenzione potenziale [mm] =  $25.4 ((1000/CN) - 10)$

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### 3.3.3 Stima del tempo di corrivazione

Ai fini di un confronto critico, il tempo di corrivazione relativo a ciascun bacino idrografico indagato è stato calcolato con le seguenti relazioni presenti in letteratura:

<b>Formula di Giandotti</b>	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - H_{\min}}}$	Per tutte le formule precedenti si ha che: $t_c$ = tempo di corrivazione (ore) $A$ = area del bacino $L$ = lunghezza dell'asta principale $H_{\max}$ = quota massima del bacino $H_{\min}$ = quota della sezione di chiusura $h_m$ = quota media del bacino $s$ = pendenza media dell'alveo
<b>Formula di Kirpich</b>	$t_c = 0,066L^{0,77} \cdot s^{-0,385}$	
<b>Formula di Pasini</b>	$t_c = \frac{0,0045}{\sqrt{s}} \sqrt[3]{A \cdot L}$	
<b>Formula di Pezzoli</b>	$t_c = \frac{0,055L}{\sqrt{s}}$	
<b>Formula di Ventura</b>	$t_c = 0,315\sqrt{A}$	
<b>Formula di R. Rosso</b>	$t_c = 1,584 \left( \frac{Rb}{Ra} \right)^{0,55} R_i^{-0,38} \frac{Lc}{Vm}$	

Oltre a queste, sulla base di quanto indicato dalle Linee Guida regionali, la determinazione del valore del tempo di corrivazione per il calcolo della portata al colmo è stata effettuata avvalendosi della formulazione SCS [ore], secondo cui:

$$T_c = 0.571 \cdot \frac{L^{0.8} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{\sqrt{i_v}}$$

Dove:  $L$  = lunghezza dell'asta principale [km]

$i_v$  = pendenza media del bacino [%]

I valori del parametro di assorbimento CN sono stati ricavati secondo la metodologia elaborata dal CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto ed in coordinamento con la Protezione Civile Nazionale.

La carta del CN è costruita sulla base delle informazioni sull'uso del suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione. La procedura prevede inizialmente l'associazione ad ogni tipologia di copertura del territorio di un valore di CN secondo la classificazione riportata in Tabella 3.7.

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 3.7: Valori di Curve Number in funzione delle diverse tipologie di uso del suolo

DESCRIZIONE	CN
1111 - TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E DENSO	95
1112 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO	95
1121 - TESSUTO RESIDENZIALE RADO E NUCLEIFORME	95
1122 - FABBRICATI RURALI	95
1211 - INSEDIAMENTO INDUSTRIALI/ARTIG. E COMM. E SPAZI ANNESSI	95
1212 - INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI SERVIZI	95
1221 - RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI	95
1222 - RETI FERROVIARIE E SPAZI ANNESSI	95
1223 - GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO E SMISTAMENTO MERCI	99
1224 - IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE	95
123 - AREE PORTUALI	95
124 - AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	95
131 - AREE ESTRATTIVE	75
1321 - DISCARICHE	75
1322 - DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO, CIMITERI DI AUTOVEICOLI	75
133 - CANTIERI	95
141 - AREE VERDI URBANE	70
1421 - AREE RICREATIVE E SPORTIVE	95
1422 - AREE ARCHEOLOGICHE	75
143 - CIMITERI	95
2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	60
2112 - PRATI ARTIFICIALI	75
2121 - SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE ORTICOLE A PIENO CAMPO	60
2122 - RISAIE	99
2123 - VIVAI	70
2124 - COLTURE IN SERRA	75
221 - VIGNETI	60
222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	60
223 - OLIVETI	60
231 - PRATI STABILI	75
2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	60
2412 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL VIGNETO	99
2413 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD ALTRE COLTURE PERMANENTI	60
242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	60
243 - AREE PREV. OCCUPATE DA COLTURE AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	70
244 - AREE AGROFORESTALI	70
3111 - BOSCHI DI LATIFOGIE	50
31121 - PIOPPETI SALICETI EUCALITTETI	50
31122 - SUGHERETE	65
31123 - CASTAGNETI DA FRUTTO	50
31124 - ALTRO	50
3121 - BOSCHI DI CONIFERE	70
3122 - CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	70
313 - BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGIE	60
321 - AREE A PASCOLO NATURALE	75
3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	65
3222 - FORMAZIONI DI RIPA NON ARBOREE	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
3232 - GARIGA	65
3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70

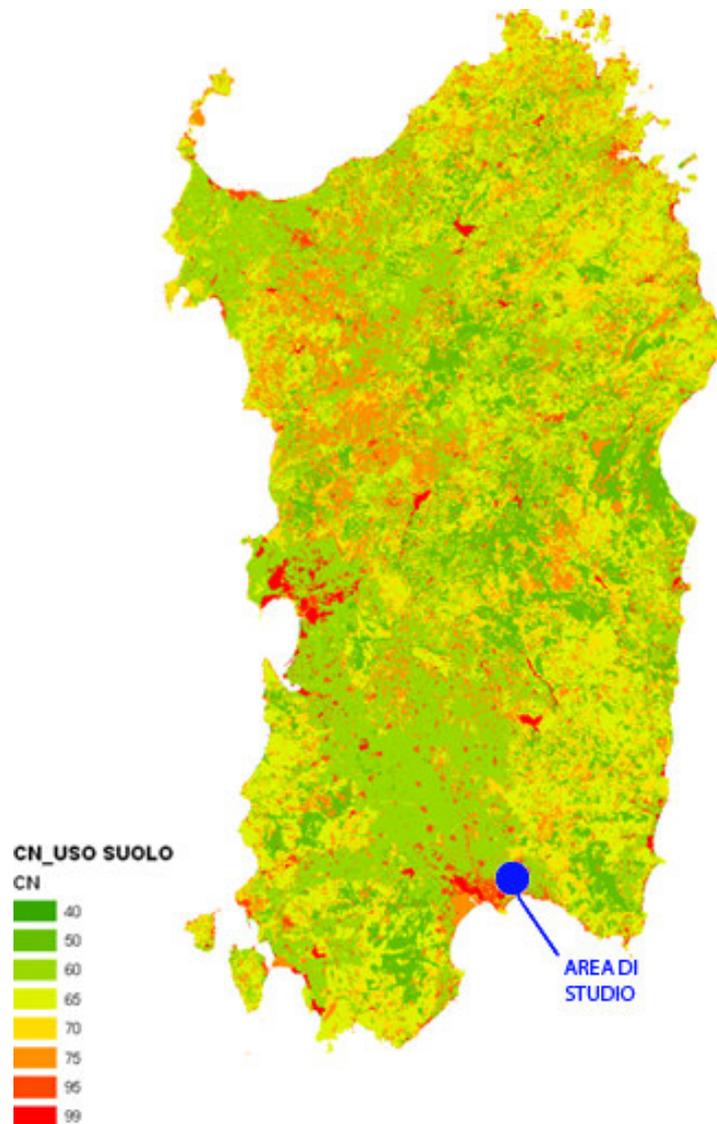
<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

DESCRIZIONE	CN
3242 - AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	70
3311 - SPIAGGE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3312 - AREE DUNALI NON COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3313 - AREE DUNALI COPERTE DA VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	40
3315 - LETTI DI TORRENTI DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	99
332 - PARETI ROCCIOSE E FALESIE	75
333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA > 5% E< 40%	75
411 - PALUDI INTERNE	99
421 - PALUDI SALMASTRE	99
422 - SALINE	75
423 - ZONE INTERTIDALI	99
5111 - FIUMI, TORRENTI E FOSSI	99
5112 - CANALI E IDROVIE	99
5121 - BACINI NATURALI	99
5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
522 - ESTUARI E DELTA	99
5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99

La carta tematica costruita utilizzando le informazioni riportate sopra restituisce una visione d'insieme delle diverse risposte del suolo secondo l'immagine sotto riportata.

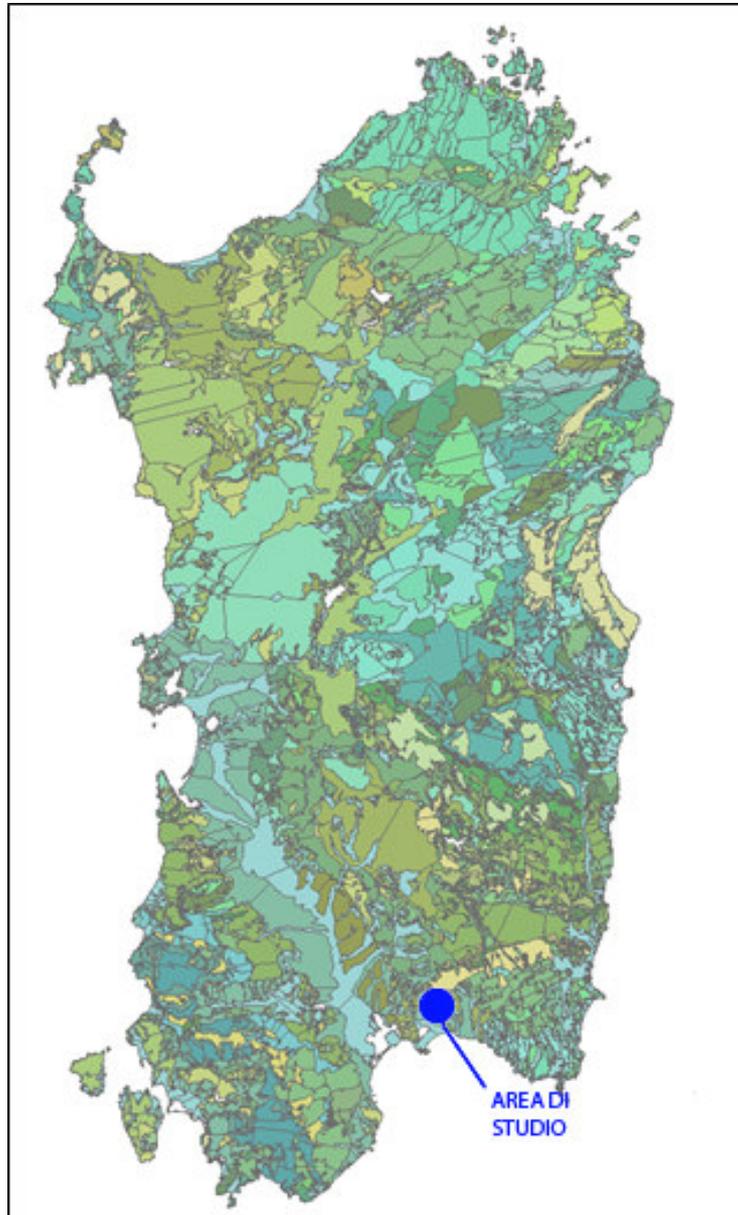
<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Figura 3.11 - Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta Corine



Successivamente, come indicato dalla metodologia CIMA-Protezione Civile Nazionale, si è proceduto ad analizzare le informazioni presenti nella Carta geologica, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale.

Figura 3.12 - Carta geologica della Sardegna



Ogni classe è stata indagata e, in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità proprie, sono stati stimati i coefficienti di variazione del CN da attribuire ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono stato assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15); un coefficiente di variazione pari a -5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione: ne sono un esempio i depositi detritici, come il tipo "Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale"; al contrario un valore del coefficiente di variazione pari a +15 è proprio

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

delle rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili, come il tipo “Metarioliti e Metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; quarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)”.

La tavola dei fattori correttivi al Curve Number che si è infine desunta secondo la metodologia CIMA-Protezione Civile Nazionale, è riportata in forma completa in (Tabella 3.8).

*Tabella 3.8 - Assegnazione dei fattori correttivi al CN per caratteristiche geologiche*

DESCRIZIONE	ΔCN
Alternanza di metarenarie, quarziti e filladi (47b). Metarenarie e filladi a bt (47a). Successioni terrigene prevalentemente attribuite al Cambriano-Ordoviciano inf. e subordinatamente all'Ordoviciano sup. e al Devoniano-Carbonifero inf.)	5
Alternanza di quarziti, metarenarie, metapeliti e metasiltiti, metaconglomerati e brecce; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)	10
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalkalina, talora brecciatati in colate, cupole di ristagno; lave andesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalkalina a	10
Anfiboliti con relitti di paragenesi eclogitiche. (Precambriano)	15
Anfiboliti e anfiboliti ultramafiche con relitti di paragenesi granulitiche. (Precambriano)	15
Arenarie di San Vito e Formazione di Solanas: metarenarie micacee e quarziti alternate a metapeliti e rari metaconglomerati, con piste ed impronte di Meduse e Acritarchi; nella parte alta metapeliti viola, nere e verdastre, quarziti e metaconglomerati	10
Arenarie eoliche wurmiane (2c); Conglomerati, arenarie e biocalcareni di spiaggia (2b); Conglomerati, sabbie, argille più meno cementate (2a).	0
Arenarie marnose, siltiti, calcareniti sublitorali (9d). (Serravalliano med. - sup.) Marne e marne arenacee epibatiali (9c). (Langhiano med. -sup.-Serravalliano inf.) Marne arenacee e siltose, arenarie, conglomerati, calcareniti e sabbie silicee sublitorali	10
Argille rosso violacee, arenarie quarzoso-micacee e conglomerati di piana alluvionale, con intercalazioni di calcari silicizzati. (Permiano sup.-Trias medio p.p) Conglomerati, arenarie, brecce vulcaniche, calcari con selci lacustri e lenti di antra	10
Basalti alcalini e transizionali, trachibasalti, andesiti basaltiche e basalti subalcalini, intercalati, alla base, da depositi di tipo fluvio lacustri (5b). (Pliocene-Pleistocene) Trachiti, trachiti fonolitiche, fonoliti, fonoliti tefritiche e tefriti	10
Conglomerati a matrice argillosa e arenarie di derivazione alluvionale (8d). Calcarivacuolari e brecciatati sopratidali e intertidali; calcari microcristallini di ambiente evaporitico, marne e calcari organogeni sublitorali (8c). (Messiniano) Calcari e ar	0
Conglomerati e arenarie continentali con banchi di selce, tufiti, tufi pomicei (10f). (Burdigagliano) Arenarie, conglomerati, tufiti più o meno arenacee, calcari sublitorali (10e) Calcari selciosi, siltiti, arenarie e conglomerati fluviali con interca	0
Conglomerati, arenarie ed argille derivanti dallo smantellamento di sedimenti miocenici (Formazione di Samassi) (3b); Sabbie carbonatiche e siltiti argillose (3a).	0
Conglomerati, arenarie marnose, marne e calcareniti sublitorali (Plioc. inf.)	0
Dolomie, dolomie marnose e marne con gessi e argille. (Trias sup) Depositi carbonatici di piattaforma: calcari dolomitici e dolomie arenacee, calcari e calcari marnosi con rare intercalazioni gessose, circlitorali e transizionali. (Trias medio)	10
Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Miocene inf. medio)	10
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaistica. (Pliocene-Pleistocene)	10
Filoni principali di porfidi granitici e ammassi di micrograniti, principali filoni aplitici e pegmatitiche. (Carbonifero sup.- Permiano)	10
Filoni principali di quarzo. (Carbonifero sup. Permiano)	10

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		
CA352	<b>Relazione Idrologica</b>	

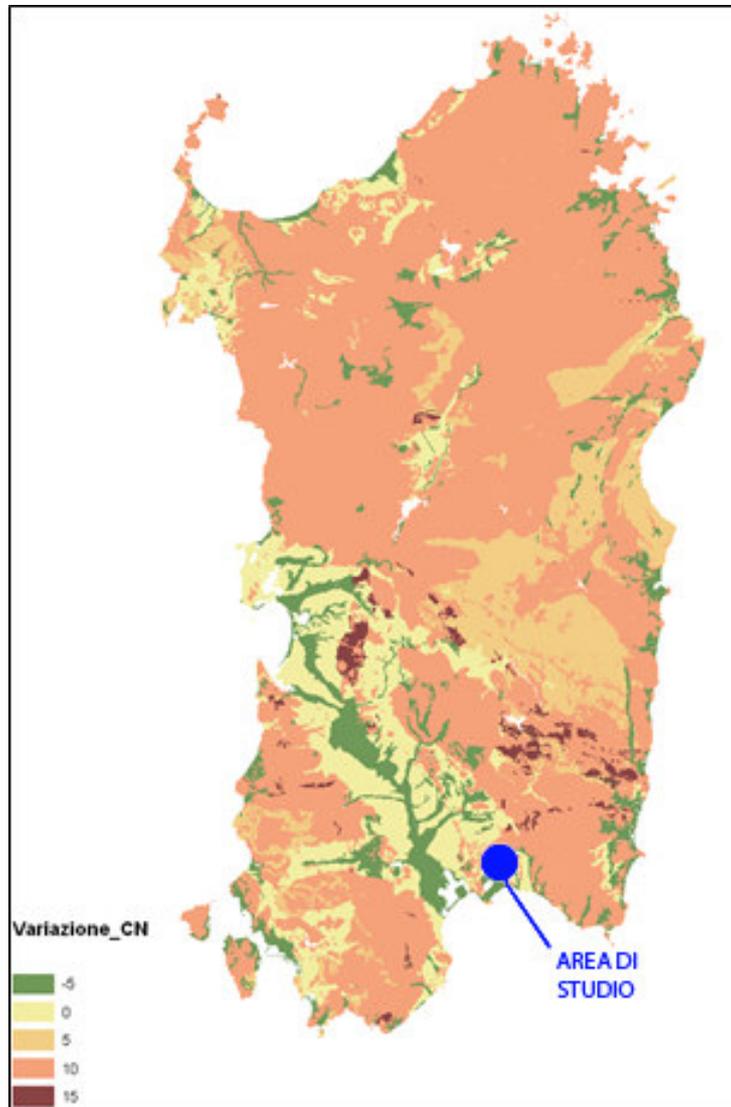
DESCRIZIONE	ΔCN
Formazione di Cabitza: argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari, metasiltiti con rare lenti calcaree. (Cambriano inf.-Ordoviciano)	10
Formazione di Dorgali: dolomie, dolomie arenacee, calcari dolomitici, da litorali a circa litorali; conglomerati, arenarie quarzose, siltiti ed argille fluvio-deltizi con livelli lignitiferi (Dogger-Malm)	5
Formazione di Gonnese (Metallifero Auct.): metacalcari e metadolomie; metadolomie e metacalcaristromatolitici. (Cambriano inf.)	5
Formazione di Nebida (Formazione delle Arenarie Auct.): metarenarie a cemento carbonatico, metadolomie, metacalcari oolitici e micritici; arenarie siltose con rare intercalazioni di calcari (63c). (Cambriano inf.) Filladi e metarenarie, talvolta con i	10
Formazione di Serra Tonnai: metavulcaniti intermedie o raramente basiche, metagrovacche vulcaniche; Formazione di Manixeddu: metaepiclastiti, metaconglomerati a prevalenti elementi di vulcaniti acide. Formazione di M.te Corte Cerbos: metarioliti, metac	5
Ghiaie, sabbie, limi ed argille sabbiose di origine alluvionale, eolica e litorale.	-5
Granitoidi a crd. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granitoidi foliati, principalmente granodioriti tonalitiche fino a tonaliti. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti tonalitiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Granodioriti, monzogranitiche inequigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti a grt. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Leucograniti equigranulari. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Marmi grigi, raramente dolomitici, con alternanze filladiche, localmente fossiliferi. (Devoniano)	5
Metacalcari nodulari. (Devoniano) Metacalcari a graptoliti. (Siluriano-Devoniano inf.)	10
Metacalcari nodulari; sottili alternanze di metacalcari e metasiltiti (49b). (Devoniano inf. medio-Tournaisiano inf.) Marmi talvolta dolomitici e calcescisti (49a). (Devoniano- Carbonifero inf.)	10
Metaconglomerati, metarcosi, metesiltiti, metagrovacche, con intercalazioni di metabasiti alcaline; metacalcareniti e metacalcari fossiliferi spesso silicizzati. (Caradoc-Ashgill)	10
Metagabbri alcalini (45b). (Carbonifero inf.) Filladi scure carboniose, metasiltiti, quarziti nere con rare e sottili intercalazioni di marmi (45a). (Devoniano)	10
Metapeliti scure carboniose, nella parte inferiore livelli di quarziti nere a graptoliti; nelle partesuperiore metacalcari nodulari. (Siluriano inf.-Devoniano inf.)	5
Metapeliti scure carboniose; nella parte inferiore quarziti nere a graptoliti. (Siluriano inf.)	15
Metarenarie, quarziti, filladi, metaconglomerati ad elementi di liditi, olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana e ordoviciano, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow. (Carbonifero inf.)	10
Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presenti quarziti, metarenarie, metaconglomerati poligenici con elementi di metavulcaniti, metaepiclastiti, metagrovacche. (Ordoviciano medio)	15
Metasiltiti e metarenarie con intercalazioni di metavulcaniti basiche e metatufi; metaconglomerati con olistoliti di calcari e dolomie cambriani, metasiltiti e metarenarie rosso-violacee di piana da alluvionale a costiera. (Caradoc-Ashgill)	10
Metavulcaniti acide, intermedie e basiche e metaepiclastiti. (Ordoviciano medio)	10
Micascisti e paragneiss a grt+/-oligoclasio. (Paleozoico)	10
Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silicati di calcio. (Precambriano)	10
Monzograniti equigranulari (28b). Monzograniti inequigranulari (28a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Ortogneiss granodioritici e granitici. (Ordoviciano medio)	10
Ortogneiss granodioritici e monzogranitici. (Precambriano)	10
Ortogneiss granodioritici. (Ordoviciano medio)	15
Paragneiss, micascisti a grt+/-st+/-ky e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia, miloniti di variabile grado metamorfico tra la facies anfibolitica e quella degli scisti verdi. (Paleozoico)	10
Paragneiss, micascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia con sovraimprontati alta temperatura. (Paleozoico)	10
Porfidi grigi: metariodaciti e metadaciti massive, spesso porfiriche, metatufi e metatuffiti; metavulcaniti riolitiche metatuffiti e metaepiclastiti; metaconglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioliti. (Ordoviciano medio)	15

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

DESCRIZIONE	ΔCN
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinità calcalcalina e subordinatamente shoshonitica. (Carbonifero sup.- Permiano)	10
Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbrici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, breccieandesitiche, subordinati espandimenti dacitici; rioliti alcaline in espandimenti ignimbrici. (Carbonifero sup.-Permiano sup.- Trias inf.)	10
Rioliti e riodaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose. (Pliocene)	15
Rioliti, riodaciti, daciti e subordinatamente comenditi, in espandimenti ignimbrici, cupole diristagno e rare colate a cui si associano prodotti freatomagmatici; talora livelli epiclastici intercalati. (Oligocene sup.-Miocene inf. medio)	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, calcari dolomitici, calcarioolitici e calcari bioclastici, sublitorali; alla base marne e calcari marnosi paralici (17b). (Berriasiano-Albiano inf.) Sardegna orientale: depositi carbo	5
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari, marne e calcareniti glauconitiche sublitorali e localmente calcari lacustri (16b). (Cenomaniano-Campaniano) Sardegna orientale: depositi carbonatici di piattaforma: calcari marnosi e	10
Sardegna occidentale: depositi carbonatici di piattaforma: dolomie e calcari dolomitici, calcarioolitici, calcari ad oncoidi, calcari selciferi, calcari micritici, calcari marnosi e marne; alla sommità dolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b)	5
Sardegna orientale: calcari, calcari maenosi e marne argillose sublitorali (14b). Arenarie e conglomerati poligenici più o meno quarzosi fluvio-deltizi (14a). (Ypresiano-Luteziano inf.)	10
Sieniti sodiche. (Carbonifero sup.-Permiano)	10
Sulcis e Trexenta: calcari litorali e transizionali, calcari marnosi, marne e argille continentali e paralico-transizionali con depositi di carbone; alla base sono presenti, arenarie e conglomerati di piana alluvionale. (Paleocene sup.-Eocene inf. m)	0
Tonaliti (33b). Gabbri e masse gabbro-tonalitiche (33a). (Carbonifero sup.-Permiano)	10

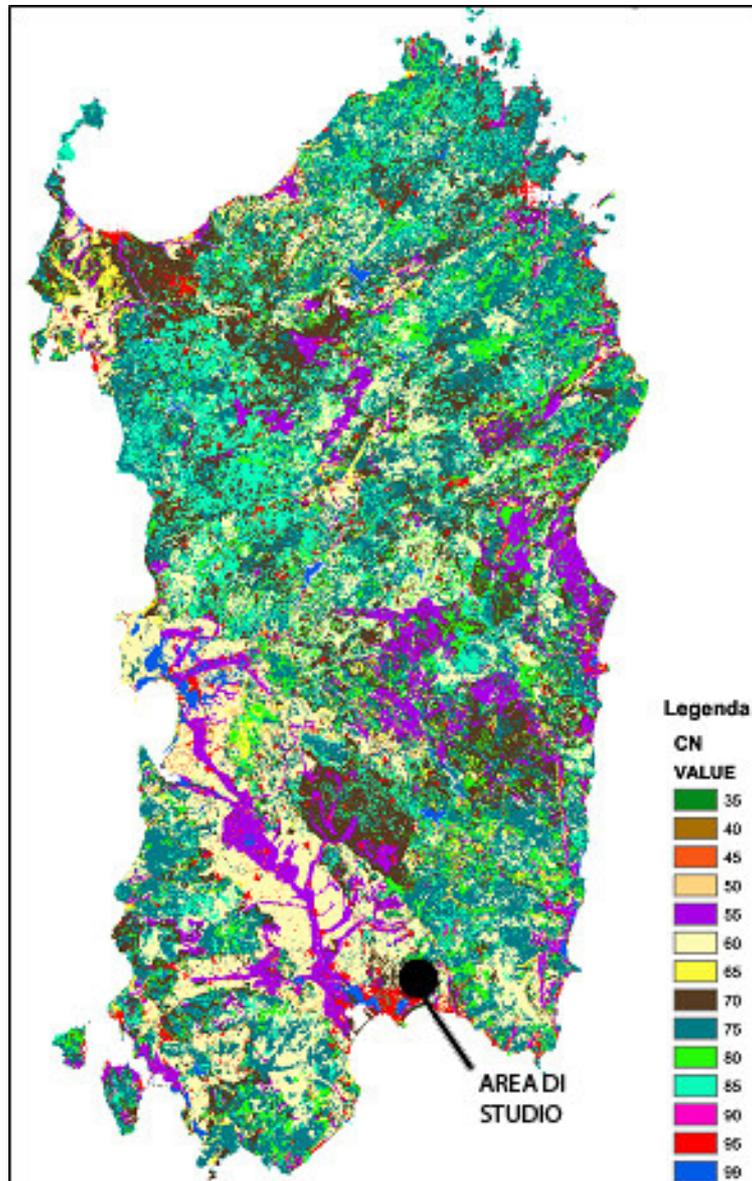
Utilizzando la tabella correttiva, è stata realizzata una carta tematica che restituisce visivamente la distribuzione dei fattori correttivi ΔCN.

Figura 3.13 - Carta di variazione del CN



In tal modo è stato possibile effettuare la correzione dei valori di Curve Number associati alle caratteristiche di uso del suolo (CORINE) con i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche; il prodotto finale è la "Carta del Curve Number per la Regione Sardegna", in formato raster, con maglia 10 X 10 metri.

Figura 3.14 - Carta del CN aggiornato



Infine, un ulteriore incremento del CN avviene per ogni sottobacino nel valutare elevate le condizioni di umidità antecedenti l'evento. Per ogni sottobacino viene quindi incrociato in ambiente GIS il tematismo della carta dei CN con quello della perimetrazione dell'area in esame e definito il valore di CN da utilizzare.

Per quanto detto, per i bacini idrografici esaminati sono risultati i valori del tempo di corrivazione riportati nella seguente tabella:

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 3.9 - Confronto tra tempi di corrivazione

	<b>T<sub>C</sub> (ore)</b>				
	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>
<b>Giandotti</b>	0.94	0.5	3	1.49	0.97
<b>Kirpich</b>	0.01	0.04	0.2	0.10	0.05
<b>Pasini</b>	0.15	0.2	1.7	3.65	0.29
<b>Pezzoli</b>	0.01	0.03	0.2	0.09	0.04
<b>Ventura</b>	0.23	0.3	1.6	4.30	0.31
<b>SCS</b>	0.16	0.3	1.8	3.35	0.37

La stima del tempo di crescita dell’onda di piena è invece ricavata con la seguente formula:

$$T_P = \frac{D}{2} + T_{lag}$$

Dove:  $D$  = durata della pioggia che genera deflusso [h] = 0.133  $T_C$

$T_{lag}$  = intervallo tra il centroide della pioggia ed il colmo = 0.6  $T_C$

### 3.3.4 Valutazione degli idrogrammi di piena

Gli idrogrammi di piena riferiti alla generica sezione di chiusura, posta in corrispondenza del punto di interferenza tra l’asta principale del bacino in esame e l’asse stradale, sono stati ricavati secondo la metodologica SCS. Il metodo adotta le seguenti assunzioni:

- La durata  $D$  della pioggia netta è non superiore a 0.133 volte il tempo di corrivazione  $T_C$
- La durata  $D$  della pioggia netta è minore di 0.2 volte la durata della fase ascendente dell’onda di piena, o tempo di crescita  $T_p$

L’idrogramma detto risulta essere triangolare non simmetrico, con una fase ascendente di durata pari al tempo di accumulo  $T_a$ , più breve rispetto alla fase discendente che presenta una durata pari a 1.67 volte il tempo di accumulo detto.

Il colmo di portata si presenta dopo un tempo di ritardo  $T_{lag}$  a partire dal centroide della pioggia, pari a 0.6 volte il tempo di corrivazione, ossia dopo un tempo pari a 2/3 del  $T_C$  a partire dall’inizio della pioggia.

Secondo il metodo si ha:

$$D = 0.133 T_C$$

$$T_a = D/2 + T_{lag} = 2/3 T_C$$

$$T_{tot} = T_a + T_e = 2.67 T_a$$

<b>S.S. 554 “Cagliaritana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### 3.4 Analisi dei risultati idrologici

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'applicazione dei metodi di stima precedentemente detti per la definizione delle portate al colmo relative ai bacini di interesse.

Ai fini della procedura VAPI la pioggia indice giornaliera è stata assunta pari a 50 mm, estrapolando tale valore dalla carta delle isoiete riferite alla Regione Sardegna e ricadenti nell'area di interesse del presente studio.

I tre bacini indagati risultano come bacini “occidentali” secondo la suddivisione di versante della Regione Sardegna, pertanto sono stati considerati i parametri relativi a tale criterio.

Per quanti riguarda, invece, il metodo SCS il parametro Curve Number è stato calcolato come valore medio sull'intera superficie del generico bacino riferito alle condizioni di umidità del terreno relative alla classe AMC III, utilizzando le informazioni contenute nella “Carta del Curve Number della Regione Sardegna” disponibile in formato digitale sul GeoPortale della Regione.

#### 3.4.1 Portate al colmo (Metodo SCS)

Per la valutazione delle portate al colmo si è utilizzato il metodo SCS, dal momento che la superficie dei bacini idrografici risulta poco estesa e contenuta comunque entro i 60 km<sup>2</sup>. Sulla base della pioggia indice giornaliera sono stati calcolati i parametri:

$$\mu_g = 50 \text{ mm} \qquad a_1 = 20.69 \qquad n_1 = 0.32$$

Per quanto concerne la definizione delle altezze di pioggia, sono stati definiti i parametri  $a_2$  e  $n_2$  delle curve di possibilità pluviometrica normalizzate alla sottozona 2 (SZ02), alla quale appartengono i bacini in esame, e per ciascuno dei tempi di ritorno di riferimento.

Tabella 3.10 - Parametri  $a$  ed  $n$  della CSPP relativi alla SZ02

Tr = 25		Tr = 50		Tr = 100		Tr = 200		Tr = 500		
$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	
1.95	0.08	2.28	0.12	2.61	0.16	2.93	0.18	3.36	0.21	<i>Per t ≤ 1 h</i>
$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	$a_2$	$n_2$	
1.95	-0.01	2.28	-0.01	2.61	-0.01	2.93	-0.02	3.36	-0.02	<i>Per t &gt; 1 h</i>

Si è quindi proceduto al calcolo dei seguenti parametri:

<b>S.S. 554 “Cagliariatana”</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 Ex S.S. 125 “Orientale Sarda” – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554		 <b>anas</b> GRUPPO FS ITALIANE
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

Tabella 3.11 - Parametri di calcolo per i Bacini 2 e 3

BACINO	$T_c = \Theta_c$ (ore)	$\mu(\Theta_c)$	r	CN	$I_a$ (mm)	$S_{POT}$ (mm)	$\Theta_c$ (ore)
<b>B1</b>	0.2	12	0.97	83	10	51.2	0.2
<b>B2</b>	0.3	14	0.96	85	9	44.8	0.3
<b>B3</b>	1.8	25	0.91	86	8	41.3	1.8
<b>B4</b>	0.9	20	0.94	83	10	51.2	0.9
<b>B5</b>	0.6	20	0.95	82	11	55.8	0.6

Sono state quindi calcolati i coefficienti probabilistici di crescita considerando la durata della pioggia critica coincidente con il tempo di corrivazione, ponendosi quindi nella condizione più sfavorevole ai fini del deflusso. Infine, è stata valutata la pioggia netta ragguagliata per i diversi tempi di ritorno, ossia la pioggia che contribuisce al deflusso attraverso la sezione di chiusura, sulla base di cui si è calcolata la portata al colmo per i bacini analizzati.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

ID. BACINO		$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]				
		Tr = 25	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 200	Tr = 500
<b>B1 – EL.IDR. 108145</b>	$h_{ragg}$ [mm]	19	21	23	24	26
	$K_{Tr}(\Theta_c)$	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3
	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]	<b>0.33</b>	<b>0.45</b>	<b>0.58</b>	<b>0.72</b>	<b>0.93</b>
	$q$ [m <sup>3</sup> /s·kmq]	3.65	4.93	6.29	7.82	10.19
<b>B2 – EL.IDR. 108144</b>	$h_{ragg}$ [mm]	25	28	31	33	37
	$K_{Tr}(\Theta_c)$	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6
	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]	<b>2.1</b>	<b>2.8</b>	<b>3.5</b>	<b>4.3</b>	<b>5.4</b>
	$q$ [m <sup>3</sup> /s·kmq]	5.93	7.81	9.81	11.94	15.05
<b>B3 – Rio Foxi</b>	$h_{ragg}$ [mm]	44	52	59	66	76
	$K_{Tr}(\Theta_c)$	1.9	2.3	2.6	2.9	3.3
	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]	<b>73.4</b>	<b>97.1</b>	<b>122.2</b>	<b>148.3</b>	<b>183.9</b>
	$q$ [m <sup>3</sup> /s·kmq]	3.83	5.07	6.37	7.73	9.59
<b>B4 – Rio Santu Sestutu</b>	$h_{ragg}$ [mm]	36	42	47	53	61
	$K_{Tr}(\Theta_c)$	1.9	2.2	2.6	2.9	3.3
	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]	<b>14.5</b>	<b>20.2</b>	<b>26.5</b>	<b>33.1</b>	<b>42.5</b>
	$q$ [m <sup>3</sup> /s·kmq]	4.07	5.67	7.42	9.29	11.91
<b>B5 – EL.IDR. 107510</b>	$h_{ragg}$ [mm]	32	36	41	45	51
	$K_{Tr}(\Theta_c)$	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0
	$Q_c$ [m <sup>3</sup> /s]	<b>4.7</b>	<b>6.7</b>	<b>8.8</b>	<b>11.1</b>	<b>14.4</b>
	$q$ [m <sup>3</sup> /s·kmq]	3.67	5.18	6.83	8.61	11.17

Tabella 3.12 - Risultati dell'analisi idrologica

<b>S.S. 554 "Cagliaritana"</b> Adeguamento al tipo B dal km 12+000 al km 18+000 <i>Ex S.S. 125 "Orientale Sarda" – Connessione tra la S.S. 554 e la nuova S.S 554</i>		
<b>CA352</b>	<b>Relazione Idrologica</b>	

### **3.4.2 Idrogrammi di piena**

Si riportano di seguito gli idrogrammi di piena calcolati per i tre bacini idrografici.

Figura 3.15 - Idrogramma SCS per il Bacino B1 – El. Idr. 108145

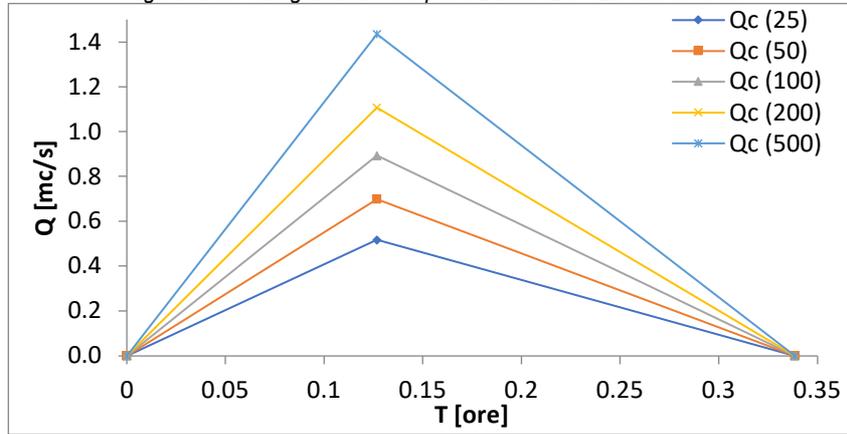


Figura 3.16 - Idrogramma SCS per il Bacino B2 – El. Idr. 108144

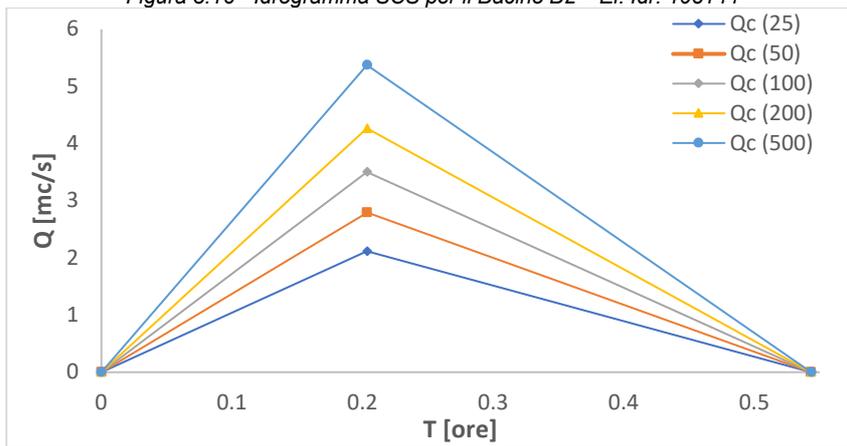
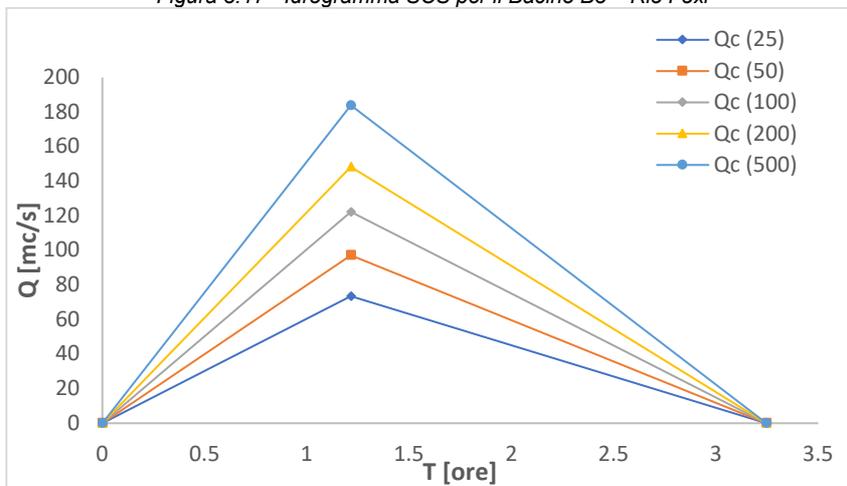
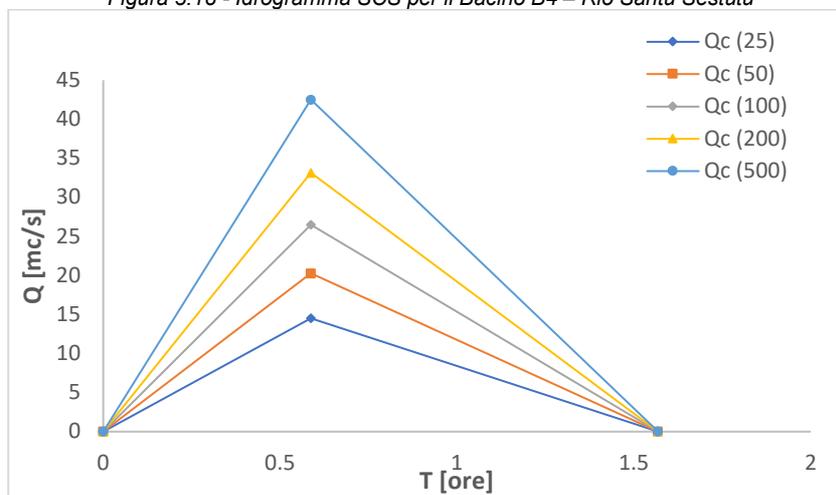


Figura 3.17 - Idrogramma SCS per il Bacino B3 – Rio Foxi



*Figura 3.18 - Idrogramma SCS per il Bacino B4 – Rio Santu Sestutu*



*Figura 3.19 - Idrogramma SCS per il Bacino B5 – El. Idr. 107510*

