

S.S.195 "SULCITANA"

COMPLETAMENTO ITINERARIO CAGLIARI - PULA LOTTO 2
COLLEGAMENTO CON LA S.S 130 E AEROPORTO CAGLIARI ELMAS
DAL Km 21+488,70 AL Km 23+900,00
RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

COD. CA12

PROGETTAZIONE: ANAS – DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTA E RESPONSABILE INTEGRATORE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. M. RASIMELLI
 Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A632

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. D. BONADIES Ing. M. TANZINI
 Ing. P. LOSPENNATO Ing. A. LUCIA
 Ing. S. PELLEGRINI
 Ing. A. POLLI
 Ing. C. CASTELLANO
 Ing. G.N. GUERRINI

IL GEOLOGO

Dott. S. PIAZZOLI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. L. IOVINE

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Ing. M. COGHE

PROTOCOLLO

DATA:

IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:



MANDATARIA



PINI SWISS ENGINEERS SA
 SWISS
 Via Besso 7 - 6900 Lugano - Svizzera

MANDANTE



PINI SWISS ENGINEERS Srl
 ITALIA
 Via Cavour 2 - 22074 Lomazzo (CO) - Italia

MANDANTE

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idrologica

CODICE PROGETTO

PROGETTO:

D	P	C	A	1	2
---	---	---	---	---	---

 LIV. PROG.:

D

 N. PROG.:

2	0	0	1
---	---	---	---

NOME FILE
 T00ID00IDRRE01A.docx

REVISIONE

PAG.

CODICE ELAB.:

T	0	0
---	---	---

I	D	0	0
---	---	---	---

I	D	R
---	---	---

R	E	0	1
---	---	---	---

A

1 di 52

D					
C					
B					
A	PRIMA EMISSIONE	GIUGNO 2020	C. CASTELLANO	A. POLLI	RASIMELLI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 2 di 52</i></p>
---	---

INDICE

<u>1</u>	PREMESSA	3
<u>2</u>	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
<u>3</u>	ANALISI PLUVIOMETRICA	7
3.1	METODOLOGIA	7
3.2	RISULTATI	12
3.3	L'EVENTO ALLUVIONALE DI CAPOTERRA (CA) DEL 22 OTTOBRE 2008	15
<u>4</u>	ANALISI GEOMORFOLOGICA	18
4.1	METODOLOGIA	18
4.2	RISULTATI	21
<u>5</u>	ANALISI IDROLOGICA	23
5.1	METODOLOGIA	23
5.1.1.	Separazione dei deflussi	24
5.1.2.	Meccanismi di formazione del deflusso	28
5.2	DATI UTILIZZATI	31
5.3	RISULTATI	35

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 3 di 52</i></p>
---	---

1 **PREMESSA**

La presente relazione ha l'obiettivo di fornire un quadro completo degli aspetti idrologici di interesse nell'ambito del progetto di sistemazione della strada SS195 Sulcitana nel tratto compreso tra il km 21488 e 23900. L'area di interesse è inquadrata dal punto di vista geografico al Capitolo 2.

Nel Capitolo 3 si sono riportate le metodologie e i principali risultati delle analisi pluviometriche condotte. Il capitolo definisce le altezze pluviometriche attese per diverse durate di pioggia e per diversi tempi di ritorno. Il capitolo riporta inoltre uno specifico approfondimento sull'evento alluvionale verificatosi in zona nell'ottobre 2008. Si sono quindi ottenute le precipitazioni intense di breve durata che devono essere rapidamente allontanate dalla piattaforma stradale al fine di evitare situazioni di allagamento.

L'infrastruttura oggetto della presente progettazione deve inoltre essere protetta dai deflussi originati lungo il versante Ovest e che, per la naturale conformazione del terreno, confluiscono verso l'opera stessa. Si devono quindi verificare gli attraversamenti esistenti e dimensionare quelli di nuova realizzazione al fine di proteggere l'infrastruttura dalle portate incidenti sulla stessa. Al fine di operare le verifiche e i dimensionamenti degli attraversamenti, si è prima proceduto a operare una analisi geomorfologica delle caratteristiche topografiche del terreno al fine di individuare le aree afferenti a ciascun attraversamento. In secondo luogo, sono state condotte le analisi idrologiche necessarie a determinare le portate di progetto attese in corrispondenza di ciascun attraversamento.

Le analisi riportate nella presente relazione forniscono gli elementi di base per i dimensionamenti e le verifiche delle opere idrauliche a protezione dell'opera.

I riferimenti normativi e bibliografici seguiti sono descritti all'interno di ciascun capitolo.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p>File:</p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p>Data: <i>Giugno 2020</i></p> <p>Pag. <i>4 di 52</i></p>
---	---

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'infrastruttura stradale oggetto della presente progettazione rappresenta un tratto della strada SS195 Sulcitana che collega Cagliari e Pula. È localizzata nel Sud della regione Sardegna, all'interno della città metropolitana di Cagliari, come evidenziato in Figura 1.

Il tratto stradale di intervento è collocato dal punto di vista amministrativo nel comune di Sarroch, il cui centro abitato è localizzato in corrispondenza dell'estremità meridionale dell'ambito di intervento, mentre ad Est si può osservare la presenza del vasto stabilimento di raffinazione petrolifera Saras.

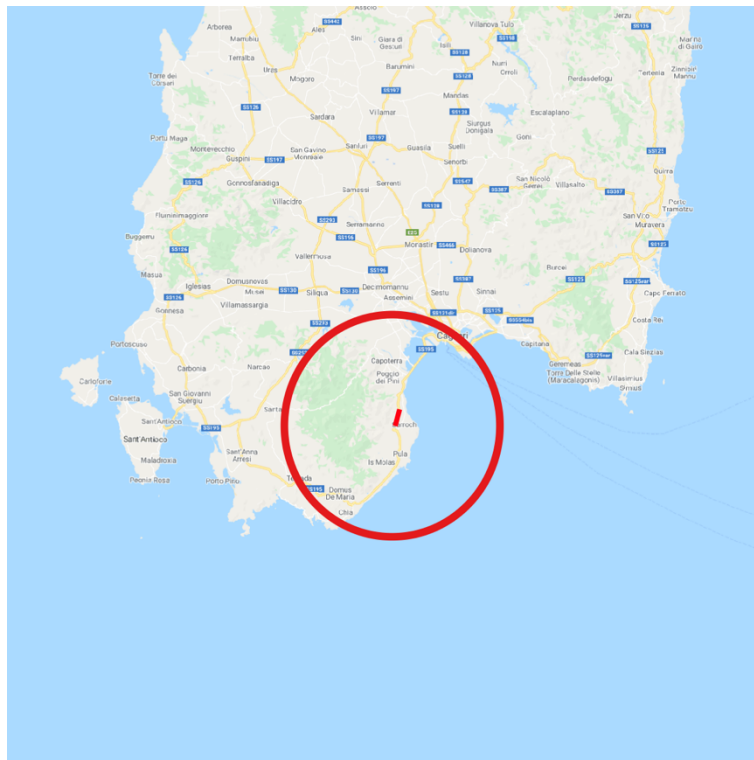


Figura 1 – Inquadramento a larga scala dell'area di intervento.

L'idrografia è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua minori che intercettano l'asse stradale nel tratto di interesse, mentre esternamente allo stesso si osserva la presenza di attraversamenti di corsi d'acqua più importanti, ovvero il Riu di Bacchelina a Nord e il Riu di Pula a Sud. I corsi d'acqua che intercettano l'ambito di intervento sono rii minori a regime torrentizio, spesso completamente asciutti ma capaci di generare deflussi significativi in breve tempo se soggetti a precipitazioni intense.

La conformazione geomorfologica dei bacini imbriferi di tali corsi d'acqua minori è caratterizzata da pendenze elevate per la maggior parte del loro percorso, con tratti vallivi brevi che si sviluppano nei conoidi di deiezione o

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p>File:</p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p>Data: <i>Giugno 2020</i></p> <p>Pag. <i>5 di 52</i></p>
---	---

nelle piane alluvionali. Di conseguenza nelle parti montane si verificano intensi processi erosivi dell'alveo, mentre nei tratti di valle si osservano fenomeni di sovralluvionamento che danno luogo a sezioni poco incise con frequenti fenomeni di instabilità planimetrica anche per portate non particolarmente elevate. Tale fenomeno trova inoltre riscontro nella tessitura dei terreni (come esposto più nel dettaglio nei capitoli seguenti), che evidenzia la presenza di terreni meno coesivi nella parte pianeggiante, con frequenti depositi di materiale altamente permeabile che fungono da materassi filtranti.

La figura che segue riporta un quadro dell'idrografia ufficiale nell'area di intervento. Il reticolo idrografico ufficiale proposto è stato approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 30.07.2015. Il reticolo idrografico di riferimento di regione Sardegna è ricompreso nello "strato04" del DBCTR.

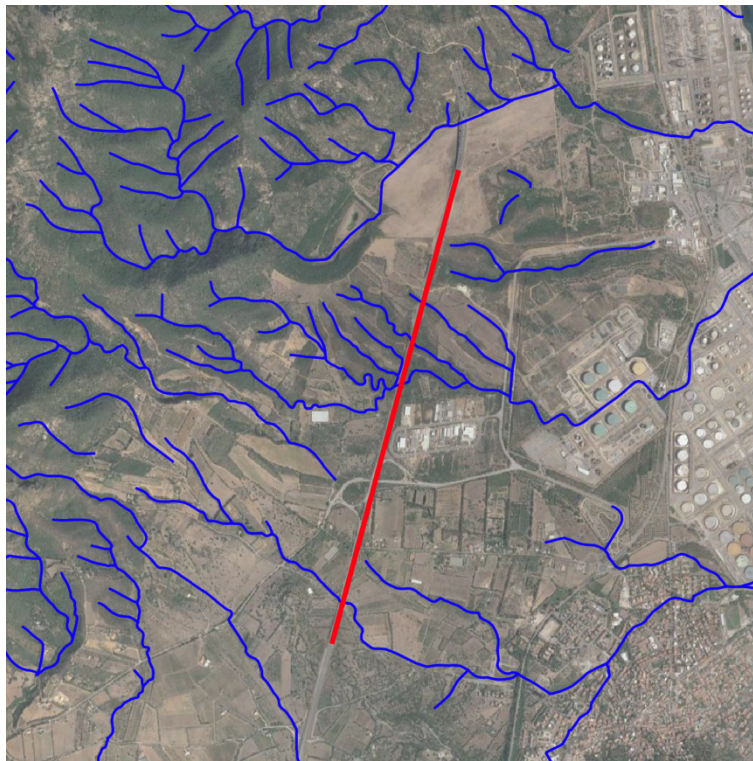


Figura 2 – Inquadramento idrografico dell'area di intervento.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 6 di 52</i></p>
---	---

Tabella 1 - Caratterizzazione delle intersezioni tra il tracciato stradale e il reticolo di riferimento.

Progressiva intersezione [km]	ID bacino	Nome bacino	Tipo reticolo	Stato attraversamento
21959	26		Minore	Nuovo, da realizzare
22159	27		Principale	Nuovo, da realizzare
22349	28	Riu Brillante	Principale	Esistente
22470	29		Principale	Nuovo, da realizzare
22545	30		Principale	Nuovo, da realizzare
22583	31+32	Canale Giaccu	Principale	Esistente, da adeguare
23680	33	Riu s'Acqua de Ferru	Principale	Nuovo, da realizzare
23890	34		Minore	Esistente, da adeguare

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 7 di 52</i></p>
--	---

3 ANALISI PLUVIOMETRICA

Le analisi pluviometriche per la stima delle precipitazioni intense sono state condotte in accordo con quanto riportato nell'ambito dello Studio di Revisione delle Fasce Fluviali del rio San Girolamo (2010) che utilizza le serie storiche disponibili per le stazioni di misura di Capoterra, Is Cannoneris, Pixinamanna e Pula integrate con i pluviogrammi registrati dagli strumenti di misura nel periodo 1988–2008.

Lo studio aggiorna quanto riportato nelle "Linee Guida per l'attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" (agosto 2000) e nel documento "Metodologie di analisi" propedeutico alla predisposizione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF). In tali documenti, è stato possibile stimare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica sulla base di una analisi regionalizzata, condotta sulle precipitazioni intense di breve durata per le circa 200 stazioni con almeno 40 anni di osservazione nel periodo 1922-1980.

3.1 Metodologia

Le curve segnalatrici permettono di stimare l'altezza di precipitazione, in funzione della durata di pioggia per un determinato tempo di ritorno. Tutte le relazioni proposte in letteratura evidenziano la legge fisica in base alla quale l'intensità di pioggia diminuisce con la durata t del fenomeno. Una delle formule più diffuse ha struttura a due parametri:

$$h_T(t) = a t^n$$

che restituisce il valore di precipitazione atteso da un evento di durata t e fissato un tempo di ritorno (o , similmente, una frequenza di accadimento particolarmente ridotta).

Recenti studi sulle precipitazioni in regione Sardegna, come ad esempio Deidda et al. 1997, hanno mostrato che il modello probabilistico Two-Component Extreme Value (TCEV, di Versace et al. 1984) ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche disponibili in regione. Il modello si basa sull'ipotesi che gli eventi estremi siano realizzazioni di fenomeni meteorici differenti, descritti quindi da variabili aleatorie appartenenti a distribuzioni differenti. La prima popolazione comprende gli eventi ordinari più frequenti e meno intensi e costituisce la componente di base del processo mentre la seconda raccoglie gli eventi più rilevanti e rari e costituisce la componente straordinaria. I due differenti meccanismi climatici sono conglobati in un unico processo di tipo poissoniano nel quale la distribuzione del massimo valore annuo di precipitazione è espressa mediante il prodotto di due distribuzioni di Gumbel.

La stima dei parametri della distribuzione TCEV (quattro parametri in totale) può avvenire facendo ricorso a tecniche di regionalizzazione. Secondo tale approccio, originariamente suggerito da Fiorentino e Gabriele (1985), per stimare i valori dei parametri è adottata una regionalizzazione gerarchica basata sul metodo di massima verosimiglianza. Si prevede, ad un primo livello di regionalizzazione, l'identificazione di zone omogenee (ZO) caratterizzate da un coefficiente di asimmetria teorico costante. In secondo luogo, all'interno delle ZO precedentemente

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 8 di 52</i></p>
---	---

individuato, si individuano delle sottozone omogenee (SZO) caratterizzate dall'aver anche il coefficiente di variazione teorico costante. Infine, al terzo livello di regionalizzazione, si prevede la determinazione e la distribuzione sul territorio di una grandezza indice che permetta di mettere in relazione la distribuzione di probabilità alle caratteristiche morfologiche e climatologiche locali.

L'applicazione della metodologia TCEV per l'analisi regionalizzata delle precipitazioni intense ha identificato l'esistenza di una unica zona omogenea (primo livello di regionalizzazione) a scala regionale, caratterizzata dalla costanza del coefficiente di asimmetria teorico. Si è evidenziata infatti una variabilità nei valori osservati del coefficiente di asimmetria imputabile ad una semplice variabilità campionaria.

Il secondo livello di regionalizzazione ha invece richiesto la suddivisione del territorio regionale in diverse sottozone omogenee (SZO), in quanto le verifiche sulla costanza del coefficiente di variazione teorico sull'intero territorio regionale hanno suggerito l'inadeguatezza dell'ipotesi formulata. Tramite tecniche di cluster analysis, sono stati identificati dei raggruppamenti di stazioni pluviometriche tali da soddisfare l'ipotesi richiesta. L'analisi condotta è stata inoltre vincolata all'ottenimento di SZO territorialmente continue, a parziale discapito di una maggiore uniformità parametrica. Il risultato della suddivisione del territorio regionale in sottozone omogenee è riportato in Figura 3.

L'analisi regionalizzata permette quindi di riformulare l'equazione che definisce la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica come prodotto tra una curva di crescita K_T , adimensionale e costante all'interno di sottozone omogenee per un fissato tempo di ritorno T , e di una grandezza indice μ sito-specifica.

$$h_T(t) = \mu(t) K_T(t)$$

Dove:

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

$$K_T(t) = a_2 t^{n_2}$$

E quindi:

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

I coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g , la cui distribuzione spaziale all'interno dell'intero territorio regionale è riportata in Figura 4.

$$a_1 = \mu_g / (0.886 \cdot 24^{n_1}) \quad ; \quad n_1 = -0.493 + 0.476 \text{ Log}_{10} \mu_g$$

Per i coefficienti a_2 e n_2 si ricorre invece alle seguenti formulazioni sulla base del tempo di ritorno di interesse.

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 9 di 52

SZO 1 $a_2 = 0,46378 + 1,0386 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,18449 + 0,23032 \text{ Log}_{10} T - 3,3330 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = -1,0563 \cdot 10^{-2} - 7,9034 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau \geq 1$ ora)

SZO 2 $a_2 = 0,44182 + 1,0817 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,18676 + 0,24310 \text{ Log}_{10} T - 3,5453 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = -5,6593 \cdot 10^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau \geq 1$ ora)

SZO 3 $a_2 = 0,41273 + 1,1370 \text{ Log}_{10} T$
 $n_2 = -0,19055 + 0,25937 \text{ Log}_{10} T - 3,8160 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} T)^2$ (per $\tau \leq 1$ ora)
 $n_2 = 1,5878 \cdot 10^{-2} + 7,6250 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} T$ (per $\tau \geq 1$ ora)

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 10 di 52

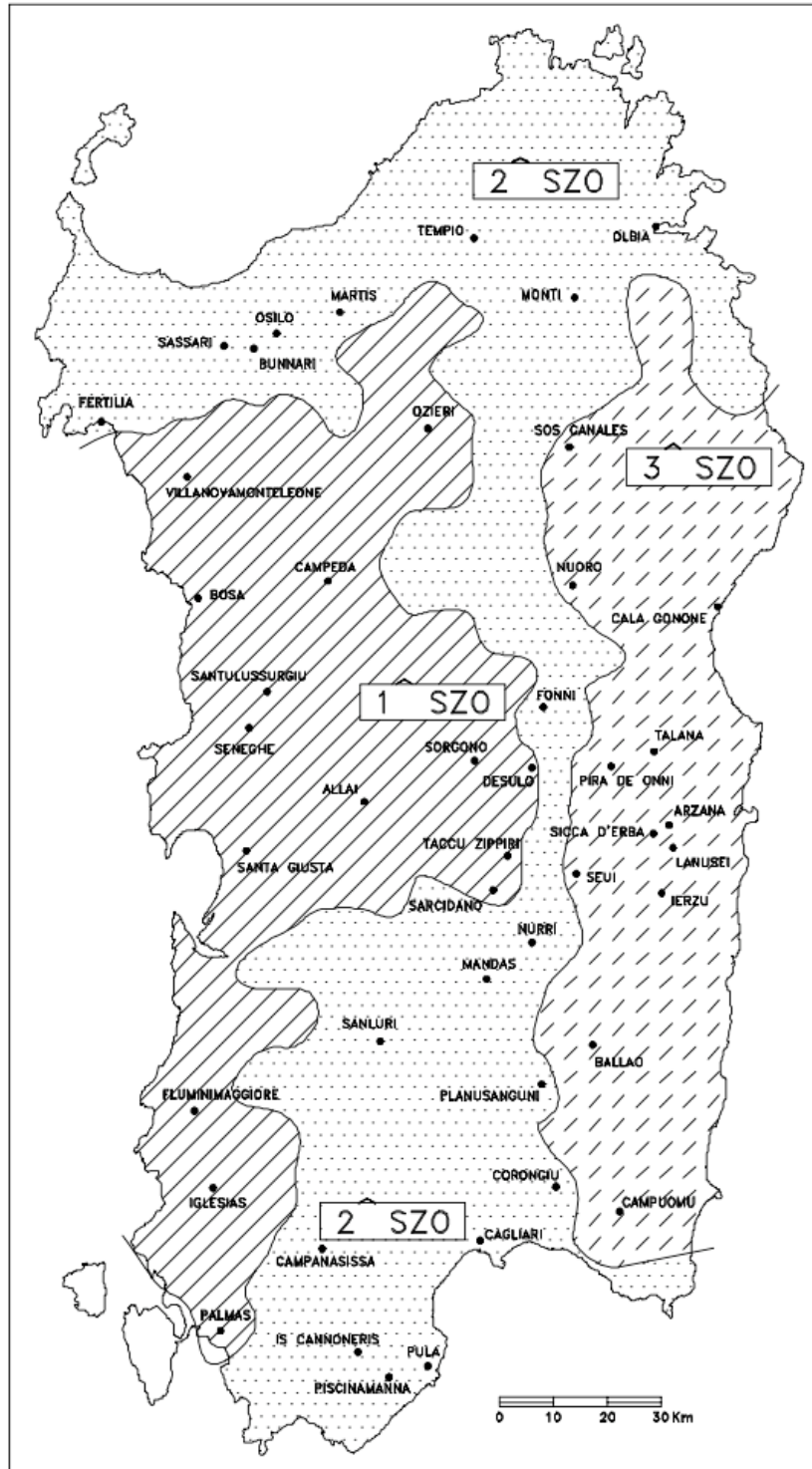


Figura 3 - Sottozone omogenee (SZO) per le piogge brevi e intense in Sardegna (da Deidda ed. al., 1993).

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 11 di 52

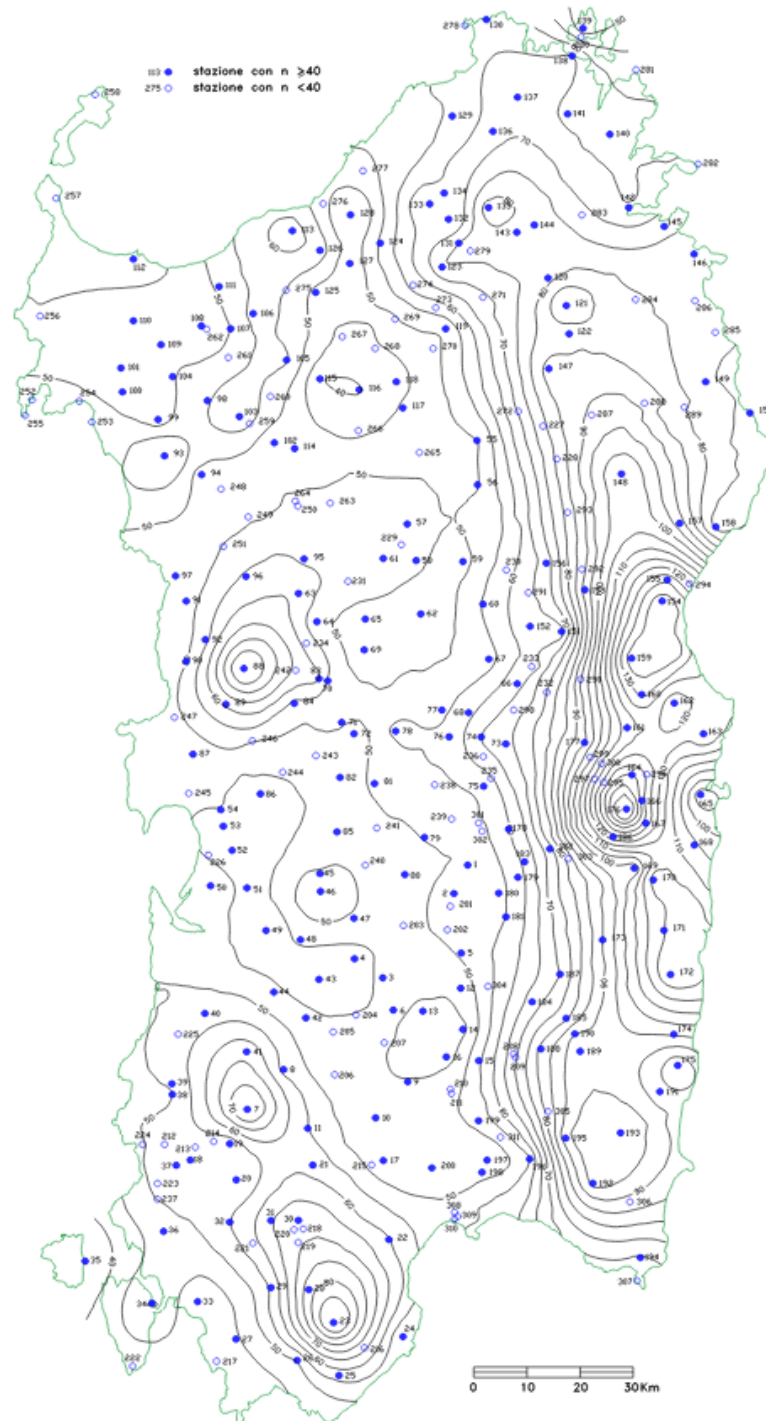


Figura 4 - Distribuzione spaziale dell'altezza media di pioggia giornaliera in Sardegna (da Deidda ed Al., Quad. Ricerca n°9 dell'Università di Cagliari, 1997).

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 12 di 52</i></p>
---	--

I valori ottenuti si basano tuttavia su dati fino al 1980 circa. Recentemente, lo Studio di Revisione delle Fasce Fluviali del rio San Girolamo (2010) ha permesso di aggiornare i valori pluviometrici di riferimento integrando i dati disponibili con le precipitazioni misurate fino al 2008, in modo da inglobare i valori misurati in occasione dell'evento alluvionale di Capoterra dell'ottobre 2008.

3.2 Risultati

L'analisi delle precipitazioni intense si può limitare allo studio delle durate inferiori al giorno, infatti, come sarà poi evidenziato nel seguito, i fenomeni idrologici di interesse per l'ambito di intervento sono contraddistinti da superfici di dimensioni relativamente ridotte, che quindi vengono più facilmente messi in crisi da precipitazioni di breve durata e intensità molto elevata.

L'applicazione delle formule esplicitate al paragrafo precedente, sulla base degli aggiornamenti intervenuti nel 2010, permette quindi di tracciare le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per l'area oggetto dell'intervento. Data la limitata estensione del progetto, se raffrontata alle dimensioni dei fenomeni meteorologici, si ritiene appropriata l'ipotesi di utilizzare le stesse curve di possibilità pluviometrica per l'intero ambito di intervento.

Di seguito, sono riportate, dapprima in formato tabellare e successivamente in grafico, le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 13 di 52</i></p>
---	--

Tabella 2 - Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica.

Parametro	T = 20 anni	T = 25 anni	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
a	59.97	64.85	81.48	101.14	123.33	153.06
n	0.331	0.332	0.337	0.333	0.325	0.317

Tabella 3 - Altezze attese di precipitazione per diversi tempi di ritorno e durate di pioggia.

Durata	Altezza attesa di precipitazione [mm]					
	T = 20 anni	T = 25 anni	T = 50 anni	T = 100 anni	T = 200 anni	T = 500 anni
5 min	26.3	28.4	35.3	44.2	55.0	69.6
10 min	33.1	35.8	44.5	55.7	68.9	86.7
15 min	37.9	40.9	51.1	63.7	78.6	98.6
30 min	47.7	51.5	64.5	80.3	98.5	122.9
45 min	54.5	58.9	74.0	91.9	112.3	139.7
1 ora	60.0	64.9	81.5	101.1	123.3	153.1
2 ore	75.4	81.6	102.9	127.4	154.5	190.7
3 ore	86.3	93.4	118.0	145.8	176.3	216.8
4 ore	94.9	102.8	130.0	160.5	193.5	237.5
5 ore	102.2	110.7	140.2	172.9	208.1	254.9
6 ore	108.5	117.6	149.0	183.7	220.8	270.1
9 ore	124.1	134.5	170.9	210.2	251.9	307.2
12 ore	136.5	148.0	188.3	231.4	276.6	336.5
18 ore	156.1	169.3	215.8	264.8	315.5	382.6
24 ore	171.7	186.3	237.8	291.4	346.4	419.2

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 14 di 52

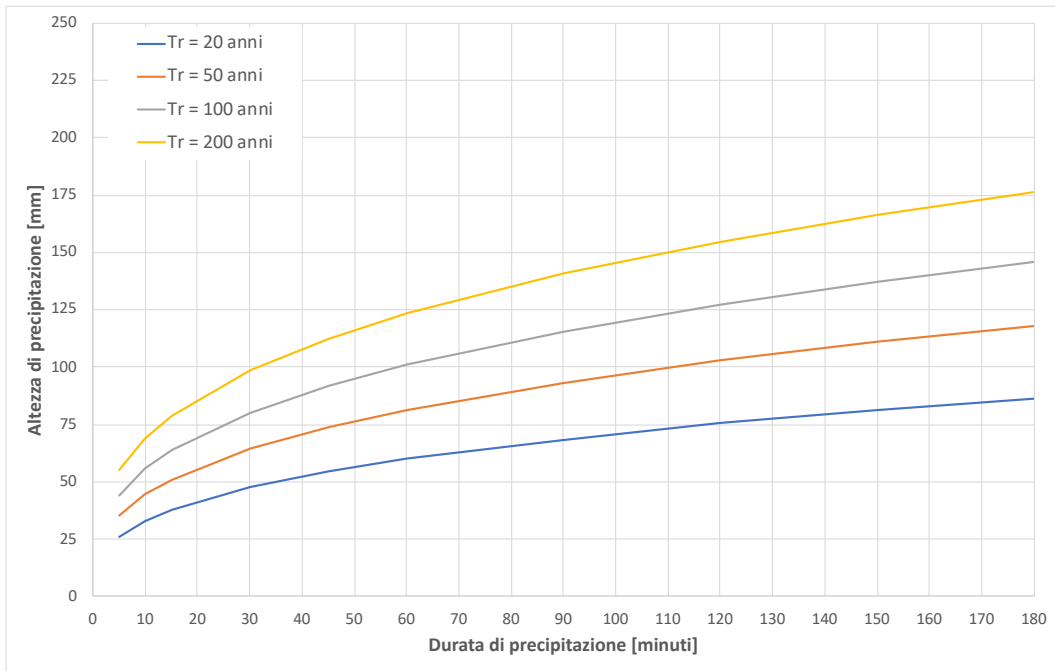


Figura 5 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia inferiori a 1 ora.

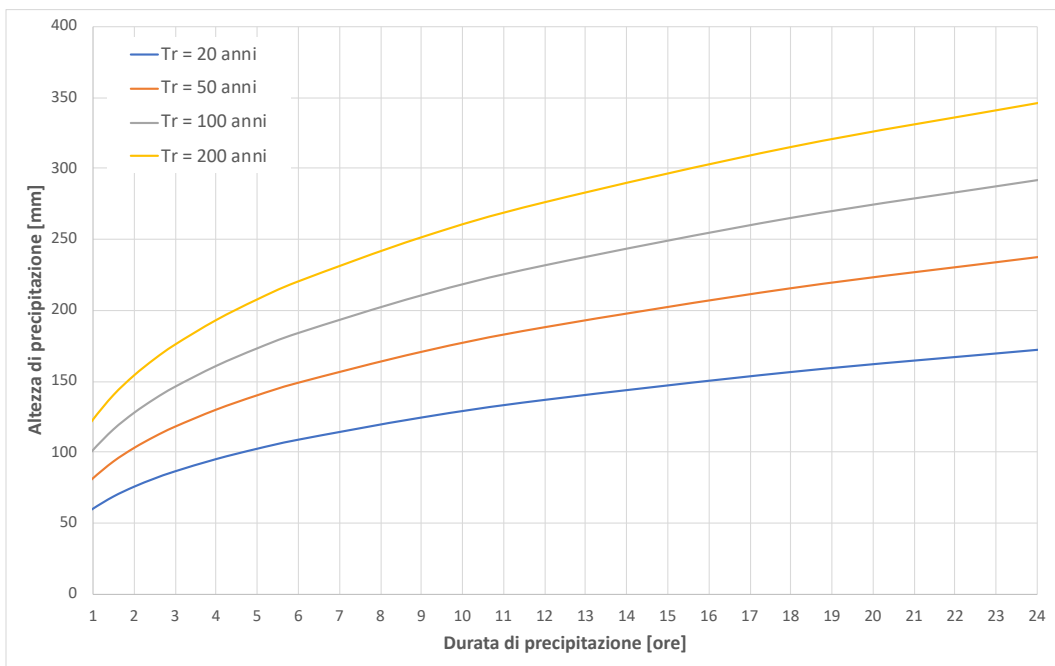


Figura 6 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia superiori a 1 ora.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 15 di 52</i></p>
--	--

3.3 L'evento alluvionale di Capoterra (CA) del 22 ottobre 2008

Il 22 ottobre 2008 l'area di Cagliari è stata investita da precipitazioni di eccezionale intensità che hanno causato esondazioni e problematiche di tipo idraulico nei territori dei comuni di Capoterra e Cagliari. I report e le relazioni che sono state successivamente pubblicate in merito all'evento (ARPAS 2009, regione Sardegna e comune di Capoterra 2009) hanno permesso di stilare un quadro della dinamica del fenomeno alluvionale.

Le precipitazioni di notevole entità hanno avuto origine a causa di una cella temporalesca eccezionalmente estesa che si è formata pochi km a Est di Cagliari nelle prime ore del mattino e si è rapidamente estesa a quasi tutti i territori delle province di Cagliari e di Lanusei-Tortolì. Dopo alcune ore, poi, la cella si è spostata verso Nord-Est, arrivando ad interessare anche la parte orientale della provincia di Nuoro.

Il fenomeno ha portato precipitazioni di eccezionale intensità sull'area ad Est di Cagliari tra le 03 e le 08 GMT (cioè tra le 5:00 e le 10:00 ora locale) e su Gerrei e Ogliastra tra le 07 e le 11 GMT (cioè tra le 9:00 e le 13:00 ora locale). Nelle ore pomeridiane, poi, le piogge sono continuate sulla Sardegna orientale, ma con intensità inferiori rispetto alle aree precedenti.

Di seguito si riportano i dati pluviometrici del 22 ottobre 2008, pubblicati a cura dell'Assessorato LL. PP., Servizio Difesa del Suolo e dell'Agenzia Regionale del Distretto Idrografico della Sardegna, registrati dalle stazioni pluviometriche della Sardegna.

Tabella 4 - Dati pluviometrici in millimetri a scala oraria osservati il giorno 22 ottobre 2008 nell'area di Cagliari.

22 ottobre 2018	CAPOTERRA S. LUCIA	CAPOTERRA - POGGIO DEI PINI	CAGLIARI - BUONCAMMINO	CAGLIARI - PIRRI	DECIMO-MANNU
00:00 – 01:00	0	0	0	0	0
01:00 – 02:00	0	0	0	0	0
02:00 – 03:00	0	0	0	0	0
03:00 – 04:00	1.8	0.6	0	0	0
04:00 – 05:00	8.2	0.8	0	0	0
05:00 – 06:00	28.6	2.6	0	0	2
06:00 – 07:00	71.4	90	1.6	11	0.8
07:00 – 08:00	68.4	148.2	8.8	19	6.4
08:00 – 09:00	80.6	94.2	30.4	80	25.4

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 16 di 52</i></p>
---	--

22 ottobre 2018	CAPOTERRA S. LUCIA	CAPOTERRA - POGGIO DEI PINI	CAGLIARI - BUONCAMMINO	CAGLIARI - PIRRI	DECIMOMANNU
09:00 – 10:00	15.8	34.8	51.2	2.2	26
10:00 – 11:00	1.5	0.8	2.6	0	3
11:00 – 12:00	0	0	0	0	0.2

I dati registrati in occasione dell'evento dai diversi pluviografi dell'area tra i comuni di Cagliari e Capoterra evidenziano altezze di precipitazione molto importanti (in diversi casi si tratta di massimi mai registrati prima). L'area più colpita risulta essere il territorio comunale di Capoterra. Dai grafici riportati nei report sopra citati, è stato possibile stimare i valori massimi di altezza di pioggia cumulata su diverse scale temporali, anche inferiori all'ora, osservati a Capoterra – Poggio dei Pini.

Tabella 5 - Valori massimi di altezza di pioggia cumulata su diverse scale temporali osservati a Capoterra – Poggio dei Pini in occasione dell'evento alluvionale.

Intervallo temporale	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	3 ore
Altezza di pioggia cumulata [mm]	28	50	71	117	178	332

Secondo quanto stimato dai tecnici dell'ARPAS, sulla base di una banca dati che copre il periodo 1932-2008, i cumulati giornalieri misurati a Capoterra-Poggio dei Pini sono i massimi di cui si abbia traccia nella serie pluviometrica di Capoterra. Le stime del tempo di ritorno della pioggia cumulata a scala giornaliera individuano un tempo di ritorno pari a circa 800 anni.

Si è proceduto a riportare i dati massimi osservati alle diverse scale temporali a Capoterra in occasione dell'evento alluvionale del 22 ottobre 2008 (Tabella 5) negli stessi grafici che riportano le curve di possibilità pluviometrica ufficiali per tempi di ritorno di 20 anni, 50 anni, 100 anni e 200 anni.

Il grafico di Figura 7 evidenzia l'eccezionalità dell'evento alluvionale che eccede abbondantemente i valori attesi dalle curve segnalatrici per un tempo di ritorno di 200 anni, pur a seguito dell'aggiornamento di tali curve segnalatrici avvenuto nel 2010.

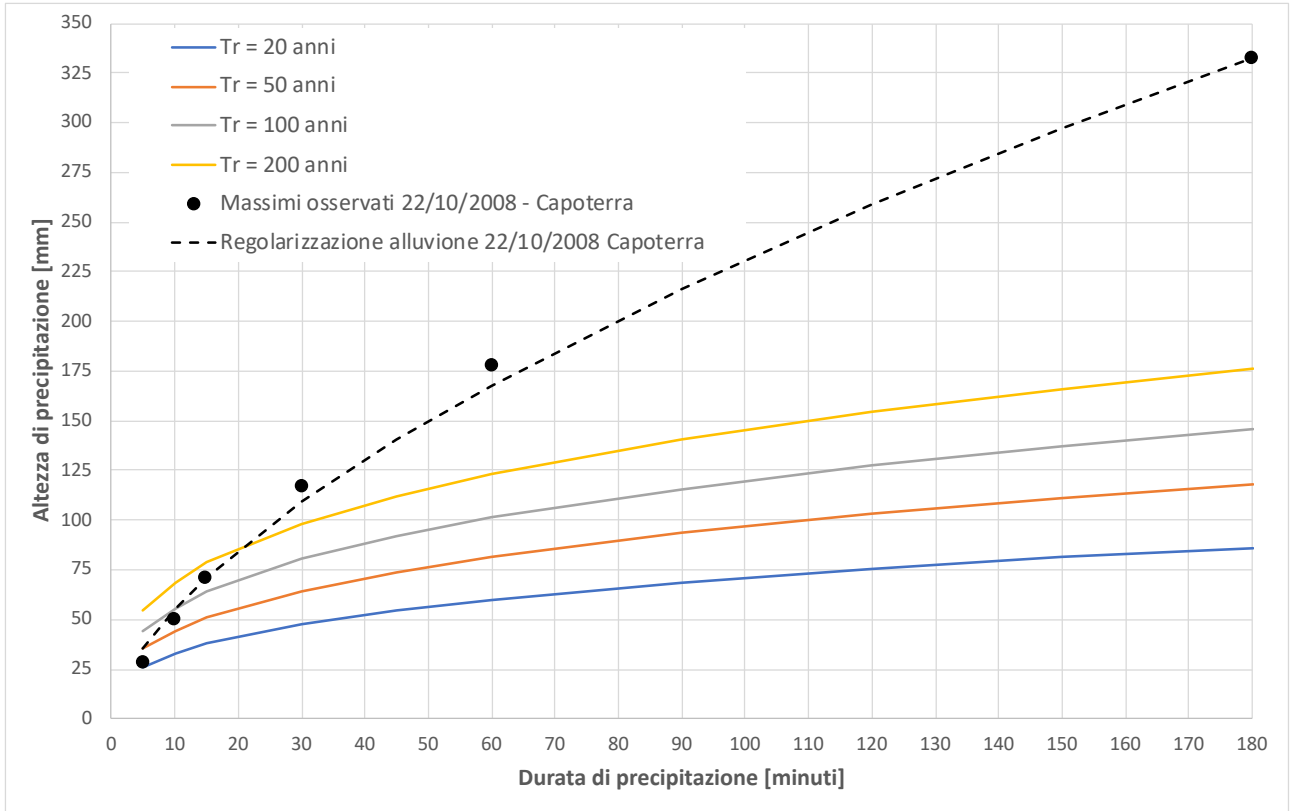


Figura 7 - Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per durate di pioggia fino a 3 ore con evidenziati i massimi di precipitazione cumulata osservati a Capoterra in occasione dell'evento alluvionale del 22 ottobre 2008.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 18 di 52</i></p>
--	--

4 ANALISI GEOMORFOLOGICA

Di seguito sono descritte le analisi geomorfologiche condotte a partire dalla mappa digitale del terreno e che hanno permesso l'individuazione dei bacini idraulici afferenti a ciascuno degli attraversamenti idraulici dell'infrastruttura stradale.

L'individuazione dei bacini idraulici è stata condotta sulla base del reticolo idrografico di riferimento di regione Sardegna, considerando come sezione di chiusura la sezione immediatamente a valle di ciascun attraversamento dell'infrastruttura stradale previsto nello stato di progetto.

4.1 Metodologia

Le mappe digitali del terreno (DTM, Digital Terrain Map) rendono possibile l'analisi obiettiva delle proprietà geomorfologiche in bacini anche di piccola estensione. Le rappresentazioni digitali delle reti idrografiche che le mappe digitali consentono di ottenere sono inoltre di centrale interesse in quanto contengono molte informazioni utili sulle modalità secondo cui il flusso idrologico si organizza e trasferisce massa ed energia verso la sezione di chiusura di un bacino.

Un DTM individua la quota altimetrica in una griglia regolare di elementi (pixel) in cui viene discretizzata un'area. La quota media è in genere ricavata per mezzo di interpolazioni di mappe analogiche tradizionali o da rilievi laser altimetrici. Nel caso presente, la regione Sardegna attraverso il proprio Geoportale mette a disposizione un DTM di lato pari a 1 m dell'intero territorio regionale (Figura 8).

Sulla base degli algoritmi sviluppati dall'Hydrology Research Group della Utah State University (Tarboton et al. 1991), a partire da un DTM è possibile eseguire una serie di operazioni sequenziali che portano al tracciamento in primo luogo delle linee spartiacque tra bacini contigui e, successivamente, alla definizione del reticolo idrografico. Le analisi qui presentate riportano i risultati del primo dei due possibili risultati ottenibili da tali algoritmi geomorfologici, in quanto per il reticolo idrografico si è fatto riferimento a quanto reso disponibile in maniera ufficiale dalla regione Sardegna sempre a mezzo Geoportale.

La delimitazione delle linee spartiacque ha come primo step il calcolo della direzione di drenaggio che compete ad ogni pixel dell'area di interesse. Tale direzione di drenaggio è una tra le 8 direzioni di drenaggio discrete possibili (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO). Successivamente, si procede al calcolo dell'area drenata da ciascun pixel (ossia quella porzione di area del bacino che contribuisce al deflusso che attraversa il pixel considerato): tale valore è una misura di come il flusso si organizza e corrisponde alla portata localmente prodotta da una precipitazione uniforme sul bacino. È possibile quindi distinguere pixel che non ricevono alcun apporto, e che quindi saranno presumibilmente localizzati in corrispondenza di linee spartiacque, e quelli invece che drenano un numero elevato di altri pixel (in altre parole, di superficie a monte) e che quindi avranno alte probabilità di essere pixel canalizzati.

L'individuazione dei siti canalizzati appartenenti alla regione studiata è generalmente ottenuta tramite l'imposizione di soglie topografiche, che rappresentano le portate minime in corrispondenza delle quali si ha l'incisione del

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 19 di 52</i></p>
---	--

sedimento. Esistono inoltre tecniche più complesse per la distinzione dei pixel canalizzati che però non sono state prese in considerazione per tale lavoro, in quanto il principale obiettivo era la determinazione dei bacini afferenti ai singoli attraversamenti di interesse.

Va infine tenuto presente che tali algoritmi nascono per il tracciamento dei bacini e del reticolo idrografico in aree naturali, in cui la direzione del deflusso è univocamente definita dall'andamento delle quote planimetriche. In presenza di urbanizzazione, per quanto di modesta entità nell'area afferente agli attraversamenti dell'infrastruttura stradale, è necessaria una verifica degli output degli algoritmi ed eventualmente una loro correzione.

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 20 di 52

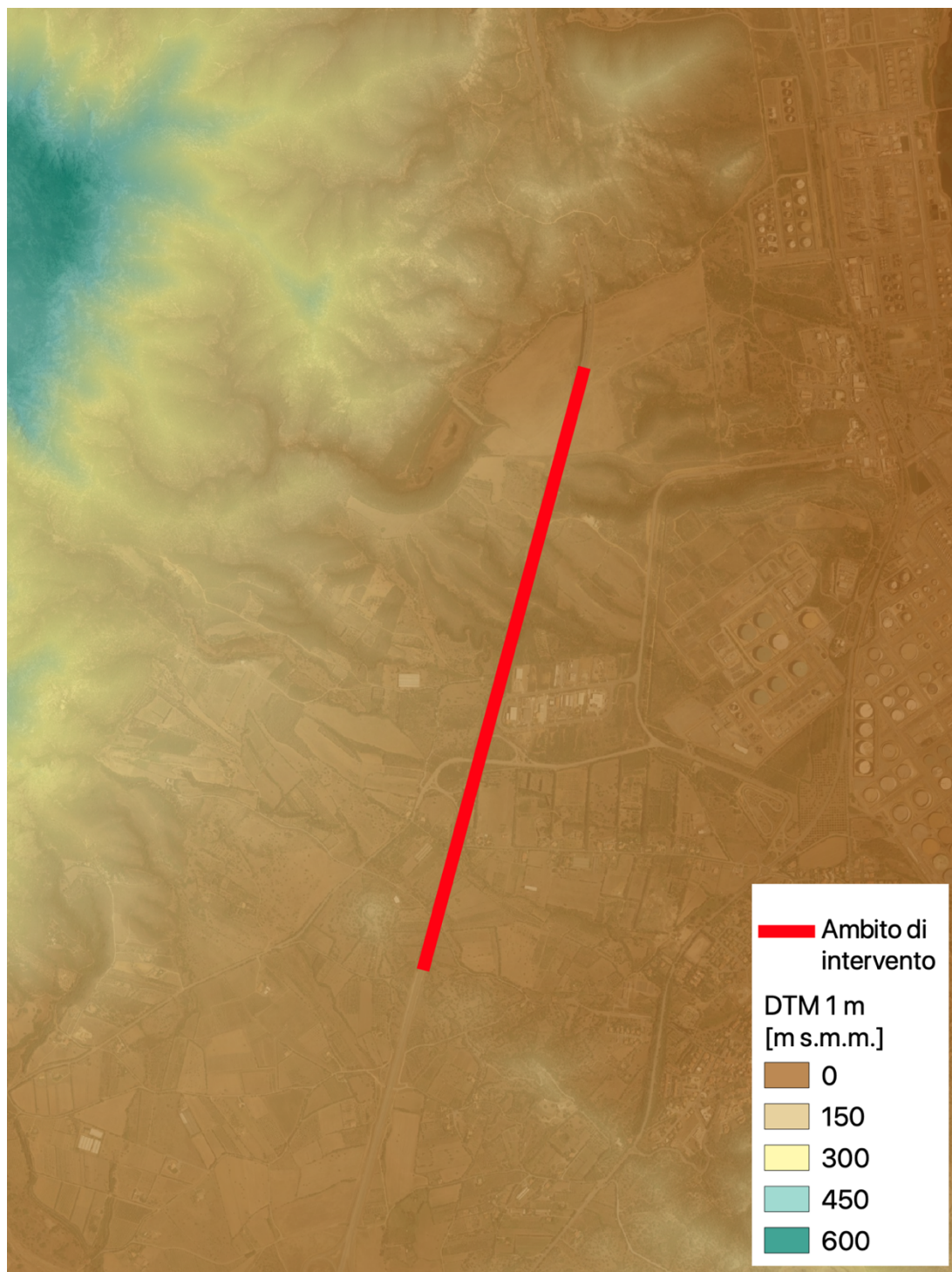


Figura 8 - Mappa digitale del terreno dell'area di intervento (scala 1:25000). Fonte: Geoportale regione Sardegna.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 21 di 52</i></p>
--	--

4.2 Risultati

Il risultato dell'individuazione dei bacini afferenti agli attraversamenti dell'infrastruttura stradale di progetto è mostrato in Figura 9. La Figura individua in rosso il lotto stradale in fase di progettazione.

Si distinguono tre bacini principali, identificati con i numeri 25, 31 e 33, corrispondenti rispettivamente al Riu di Bacchelina, al canale Giaccu e al Riu s'Acqua de Ferru. Il primo di questi interessa solo parzialmente il lotto oggetto del presente intervento e inoltre, nel punto di intersezione con l'infrastruttura stradale, la stessa è sopraelevata rispetto al piano campagna per mezzo del viadotto omonimo. Tale attraversamento comunque è esterno al presente ambito di intervento e non sarà quindi oggetto di apposite valutazioni idrauliche.

Negli maggior parte dei casi si tratta di bacini di ridotte dimensioni che non sono caratterizzati da rete scolante vera e propria, ma a cui comunque sono state associate distinte opere di attraversamento dell'infrastruttura stradale per la canalizzazione dei deflussi superficiali a valle della sede stradale.

In Tabella 6 sono riassunte le principali caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici individuati.

Tabella 6 - Caratteristiche morfologiche dei bacini afferenti agli attraversamenti dell'infrastruttura stradale di progetto

ID bacino	Nome bacino	Area [m ²]	Quota media [m s.m.m.]	Quota max [m s.m.m.]	Pendenza media [%]
25	Riu di Bacchelina	2251334	212.0	590.4	8.05
26		37430	93.8	103.3	5.47
27		49582	102.8	114.6	3.40
28	Riu Brillante	79800	96.7	124.2	4.67
29		36478	89.9	113.1	5.05
30		62734	96.4	132.8	4.49
31	Canale Giaccu	652817	127.4	248.2	5.03
32		1330429	260.5	551.9	9.61
33	Riu s'Acqua de Ferru	813968	172.4	502.8	5.48
34		44943	84.4	103.6	3.68

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 22 di 52

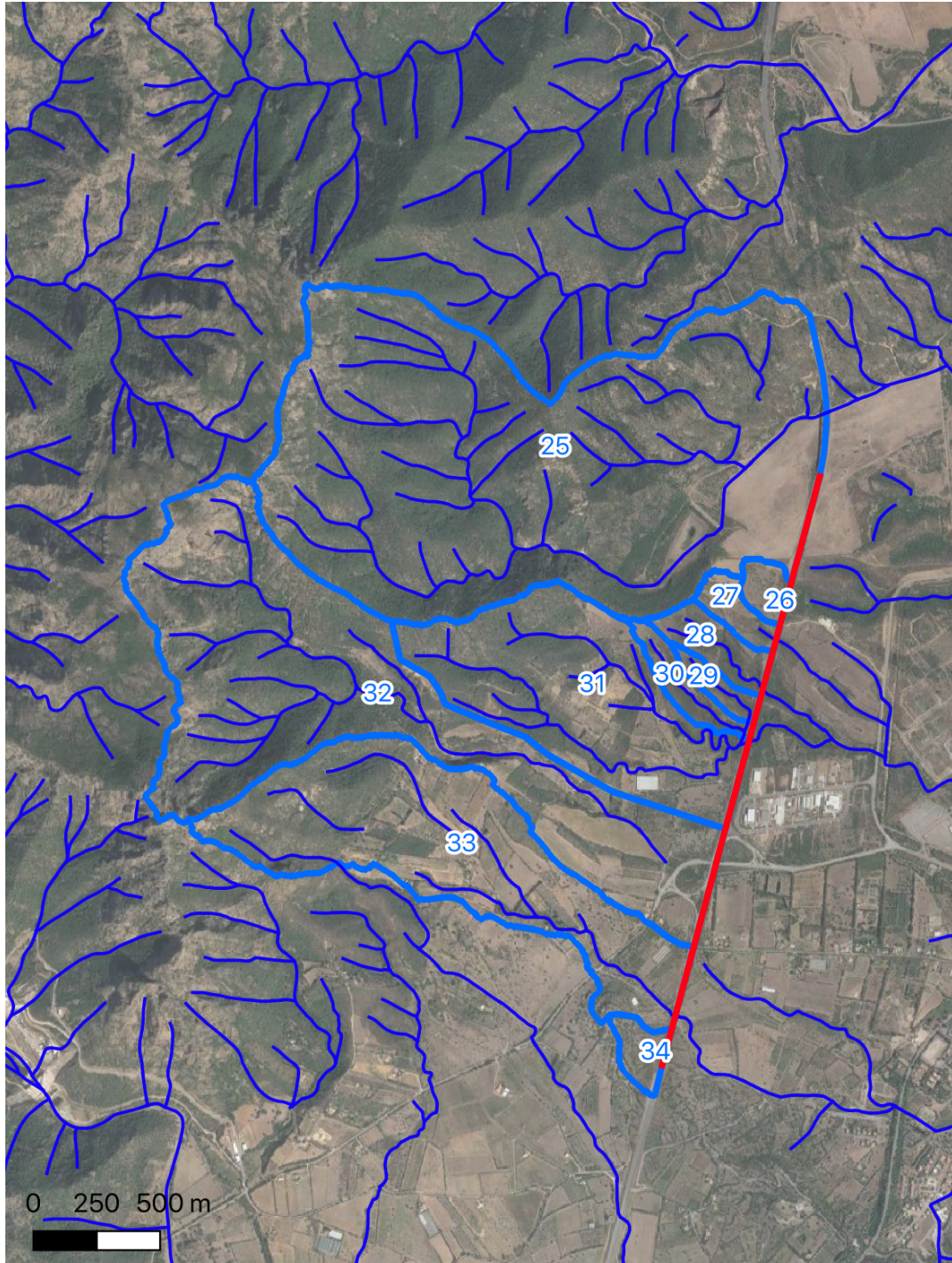


Figura 9 - Individuazione dei bacini afferenti agli attraversamenti dell'infrastruttura stradale di progetto (scala 1:25000)..

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 23 di 52</i></p>
---	--

5 ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo illustra il procedimento seguito per la stima delle portate di piena per ciascuno dei bacini idrografici individuato al capitolo precedente.

La procedura si basa su quanto riportato nel documento "Linee guida per l'attività di individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" e nel documento "Metodologie di analisi" propedeutico alla predisposizione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF).

5.1 Metodologia

I metodi di stima della portata ad assegnata frequenza dipendono da vari fattori, primi fra tutti la disponibilità di dati osservati e la copertura spaziale della rete idrometeorologica. In relazione ai dati disponibili, la letteratura evidenzia diverse metodologie che possono essere raccolti in due grandi sottoinsiemi: la prima è nota sotto la generale definizione di Metodi Diretti; la seconda come Metodi Indiretti, in cui l'aggettivo diretto o indiretto specifica se la portata al colmo in qualunque sezione è ricavata direttamente da valori di portate osservate ovvero indirettamente dalla precipitazione meteorica tramite trasformazione afflussi-deflussi.

Nel territorio regionale è disponibile una analisi regionalizzata delle portate di picco basata sulla distribuzione TCEV (Two Components Extreme Values), già vista nel capitolo di analisi delle precipitazioni. Tale approccio viene comunque considerato affidabile nel caso di bacini idrografici di medie e grandi dimensioni. Le regolarizzazioni statistiche regionalizzate si basano infatti su analisi di dati storici delle portate al colmo registrate da idrometri installati lungo aste fluviali di superficie scolante superiore a 60 km².

I bacini idrografici in esame sono di almeno un ordine di grandezza inferiori come estensione, per cui sono necessarie tecniche differenti per la stima delle portate di piena da essi generate. Tali metodi rientrano nella categoria dei metodi indiretti e prevedono di simulare la trasformazione afflussi-deflussi che avviene a scala di bacino per stimare la portata conseguente ad un determinato evento meteorico, osservato o sintetico.

La trasformazione afflussi-deflussi che avviene all'interno di un bacino è il risultato di complessi processi fisici ed ecologici. I principali processi che determinano la risposta idrologica di un bacino idrografico possono classificarsi come segue:

- processi di intercettazione, infiltrazione e separazione dei deflussi, che avvengono sulla superficie e all'interno del suolo come risultato dell'interazione tra la precipitazione e le dinamiche del contenuto d'acqua del suolo;
- processi di trasporto relativi alle diverse componenti del deflusso, superficiale e sub-superficiale, che hanno luogo all'interno dei versanti (o al di sopra di essi) nei bacini idrografici;
- il trasporto all'interno dei canali della rete di drenaggio (routing) e l'interazione fra i diversi contributi idrologici originati dalle diverse porzioni del bacino danno luogo alla formazione della portata.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 24 di 52</i></p>
---	--

La precipitazione che cade sul bacino può, in prima battuta, essere in parte intercettata dall'apparato fogliare della vegetazione presente nel bacino idrografico e fare poi ritorno direttamente in atmosfera sotto forma di vapore acqueo. Una parte della precipitazione raggiunge invece la superficie, da cui possono innescarsi processi di ruscellamento superficiale o di infiltrazione in profondità in ragione della capacità di infiltrazione del terreno. La precipitazione che si infiltra viene temporaneamente accumulata nel sottosuolo, interessato dall'apparato radicale della vegetazione, dove perciò agisce l'evapotraspirazione, che restituisce in atmosfera parte del contenuto di acqua immagazzinato nel sottosuolo e rappresenta un ulteriore termine di output, oltre alla portata, del bilancio idrologico. L'acqua nel terreno può muoversi trasversalmente fino a raggiungere la rete idrografica o verticalmente verso strati inferiori (ad esempio un acquifero).

Si osservi che l'acqua immagazzinata nel sottosuolo partecipa alla formazione della portata nella rete idrografica, ma con tempi scala sostanzialmente più lunghi rispetto alla componente di deflusso data dal ruscellamento superficiale.

Nel caso dei bacini idrografici oggetto del presente progetto si ritiene che la componente subsuperficiale possa essere trascurata, infatti è la componente di ruscellamento superficiale che determina le portate di picco osservabili in occasione di eventi di piena. Ciò è ulteriormente avvalorato dalla natura dei corsi d'acqua, anche principali, che spesso in assenza di precipitazioni si presentano asciutti e che quindi non beneficiano di rilevanti input dal sottosuolo. La stima delle portate di piena verrà quindi condotta limitatamente alla componente di deflusso superficiale.

Il termine precipitazione netta fa riferimento alla frazione della precipitazione totale che contribuisce a determinare la portata osservata in una certa sezione del bacino idrografico. La frazione netta in questo caso è quindi il risultato di un processo di separazione dei deflussi che avviene in corrispondenza della superficie e che ripartisce la precipitazione totale affluente in una componente di infiltrazione nel terreno e una componente di ruscellamento superficiale.

La forzante meteorica da utilizzare per la stima della portata al colmo è ottenuta dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica calcolate al capitolo apposito secondo l'ipotesi che la frequenza di accadimento della forzante meteorica caratterizzi anche quella della portata al colmo.

5.1.1. Separazione dei deflussi

Per la separazione dei deflussi tra infiltrazione e ruscellamento superficiale, si è fatto riferimento al metodo Curve Number del Soil Conservation Center (SCS-CN).

Tale metodo individua il volume di precipitazione netta (o efficace) Q a partire dall'altezza di precipitazione totale P , in funzione del volume complessivo immagazzinabile nel terreno S . Tutte le variabili sono espresse in mm. Nelle ipotesi del metodo, il deflusso è inizialmente nullo, fino a che l'afflusso meteorico P non raggiunge un valore di soglia pari al 20% del volume immagazzinabile nel terreno S . Dopo tale fase, una parte dell'apporto meteorico si trasforma in pioggia efficace, in proporzione sempre crescente, man mano che l'evento procede.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 25 di 52</i></p>
---	--

Il parametro S è sostituito nella pratica corrente da un indice adimensionale, chiamato Curve Number, che varia tra 0 e 100. Per CN=0 il bacino non produce alcun deflusso ($S=\infty$), mentre per CN=100 risulta del tutto impermeabile ($S=0$), per cui tutta la precipitazione insistente sul bacino si trasforma in precipitazione netta senza dare luogo ad alcun processo di infiltrazione (P e Q si equivalgono identicamente).

Le equazioni del metodo SCS da applicare sono le seguenti:

$$Q = \begin{cases} 0 & P \leq 0.20 S \\ \frac{(P - 0.20 S)^2}{P + 0.80 S} & P > 0.20 S \end{cases} \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

con Q deflusso (o precipitazione efficace) in mm

P precipitazione in mm

S volume immagazzinabile nel terreno in mm

CN Curve Number caratteristico del bacino considerato.

In letteratura sono disponibili numerose indicazioni per la scelta del valore di CN proprio di ciascuna area. Il parametro va scelto tenendo conto delle caratteristiche pedologiche del terreno, dell'uso del suolo e della condizione di umidità iniziale del bacino, prodotta da ulteriori apporti meteorici nei cinque giorni precedenti l'evento.

I valori di CN sono generalmente riferiti a condizioni medie di umidità iniziale del bacino, CN(II), e sono stimati in riferimento a bacini caratterizzati da una pendenza media del 5%. Per tenere in considerazione eventuali difformità rispetto agli assunti di riferimento, occorre correggere i valori tabellati secondo le seguenti formulazioni di origine sperimentale.

Se le condizioni di umidità iniziale del terreno sono diverse da condizioni medie, sono da calcolarsi i coefficienti CN(I) o CN(III) in presenza di bacini idrografici rispettivamente meno saturi o più saturi rispetto alle condizioni standard di umidità iniziale:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)} \quad CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

Si deve inoltre considerare che, in presenza di pendenze topografiche nei bacini maggiori del 5%, la capacità di infiltrazione si riduce rispetto alle condizioni standard. Definita α la pendenza locale del terreno espressa in percentuale decimale (desumibile da modello digitale del terreno), la correzione del valore di CN(II) avviene attraverso la formula di Sharply- Williams

$$CN(II)_\alpha = CN(II) + \frac{CN(III) - CN(II)}{3} * [1 - 2e^{-13.86\alpha}]$$

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 26 di 52</i></p>
---	--

In questo modo il valore di CN viene incrementato mediante l'introduzione di un termine correttivo per tenere in considerazione l'effetto della pendenza locale del terreno producendo effetti apprezzabili in corrispondenza a pendenze locali superiori al 5%. In corrispondenza di pendenze inferiori al 5%, tale correzione si potrebbe trascurare in favore di sicurezza.

Utilizzando il concetto familiare di coefficiente di deflusso Φ , inteso come rapporto tra precipitazione efficace e precipitazione totale, esso dipende dalla tipologia di terreno, per effetto del parametro S, e dall'altezza di precipitazione complessiva P. Il coefficiente di deflusso medio dell'evento Q/P presenta valori crescenti all'aumentare di P. Nelle figure seguenti si riportano alcuni abachi che in funzione del parametro P, da intendersi come altezza di precipitazione cumulata osservata fino a un dato momento, restituiscono rispettivamente la precipitazione efficace totale, il coefficiente di deflusso medio fino a quell'istante e il coefficiente di deflusso marginale o istantaneo, cioè la proporzione di precipitazione efficace che si genera in quello stadio dell'evento.

Metodo Curve Number del Soil Conservation Service
Rapporto tra precipitazione totale e precipitazione efficace

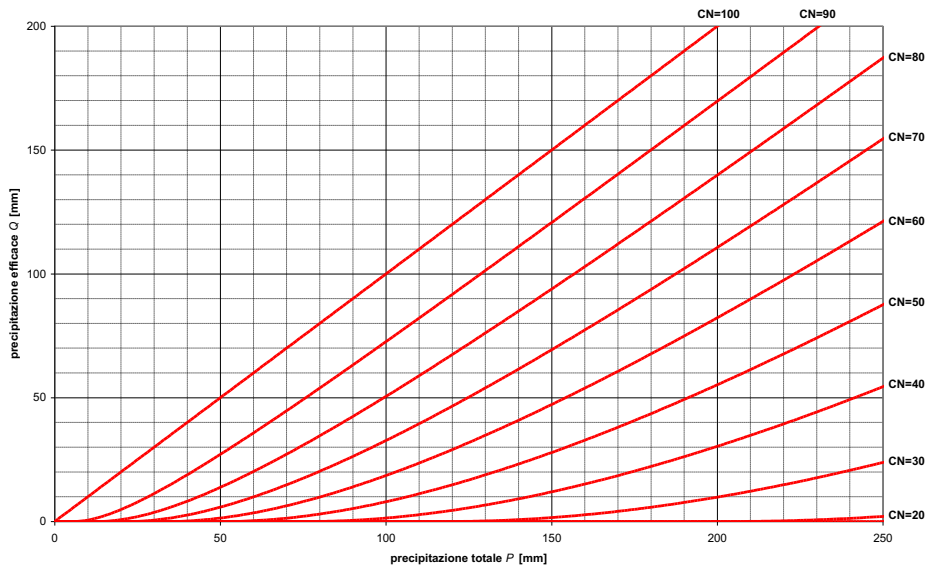


Figura 10 - Valori di precipitazione efficace in funzione della precipitazione totale e del parametro CN secondo il metodo SCS.

Metodo Curve Number del Soil Conservation Service
Variazione del coefficiente di deflusso medio in funzione della precipitazione totale P

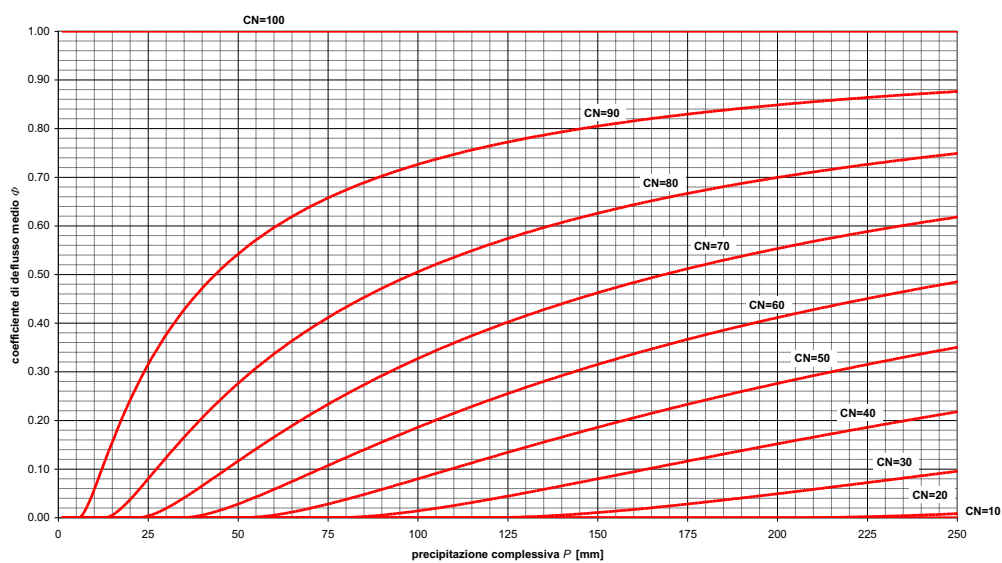


Figura 11 - Valori del coefficiente di deflusso in funzione della precipitazione totale e del parametro CN secondo il metodo SCS.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag.</i> 28 di 52</p>
---	--

5.1.2. Meccanismi di formazione del deflusso

I meccanismi di formazione del deflusso rappresentano quei processi di trasporto relativi alle diverse componenti del deflusso (o precipitazione efficace) che hanno luogo all'interno dei versanti (o al di sopra di essi) nei sottobacini idrografici e terminano al raggiungimento della rete idrografica.

Il concetto alla base della formazione di deflusso a partire da un input di precipitazione efficace è quello dell'idrogramma unitario istantaneo, che rappresenta la portata alla sezione di chiusura di un bacino soggetto a una precipitazione unitaria, uniformemente distribuita e concentrata in un istante temporaneo. Tale grandezza fondamentale nella teoria idrologica prevede che, per impulsi di precipitazione efficace di intensità non unitaria, l'idrogramma che si ottiene è semplicemente un multiplo dell'idrogramma unitario istantaneo. Una ulteriore proprietà fondamentale è che permette di calcolare la risposta totale alla sezione di chiusura di un bacino che viene forzato da impulsi di pioggia consecutivi. L'idrogramma unitario istantaneo opera una sorta di filtro sugli impulsi di precipitazione efficace, e permette così di descrivere, mediamente, il tempo di residenza delle particelle di acqua piovute nel bacino, a seconda del percorso che esse seguono per giungere nel canale.

Nella modellazione idrologica proposta, si è considerato che la frazione di precipitazione al suolo che non riesce ad infiltrarsi subisce infatti una traslazione dal punto di origine verso la rete idrografica. Una volta raggiunta la rete idrografica, la sua intensità iniziale si sarà necessariamente attenuata fungendo l'ampia superficie del versante da bacino di laminazione, seppure temporaneo e per brevi durate.

La stima dell'idrogramma di piena per portata al colmo assegnata viene condotta in ipotesi di forma triangolare dell'idrogramma e volume pari alla precipitazione di durata pari a quella critica e di assegnato tempo di ritorno. Tale metodo è proposto dal Soil Conservation Service ed è schematicamente riassunto in Figura 12.

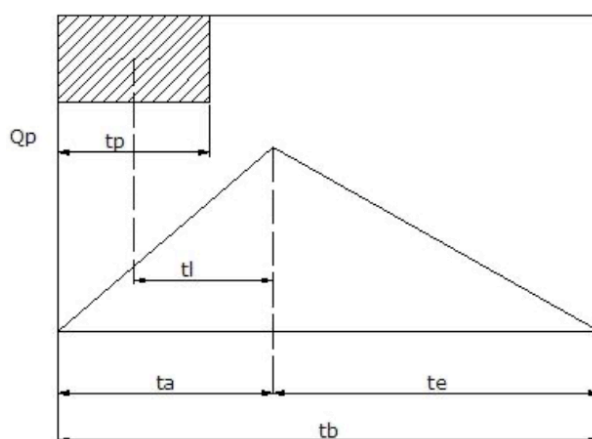


Figura 12 - Idrogramma di forma triangolare proposto dal metodo SCS.

Secondo tale metodo, il volume di precipitazione netta, stimato attraverso le tecniche di separazione dei deflussi illustrate al punto precedente, individua un idrogramma di forma triangolare, caratterizzato da una fase

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 29 di 52</i></p>
---	--

ascendente di durata t_a (crescita) e una fase discendente di durata t_e (esaurimento). La somma $t_b = t_a + t_e$ definisce la durata complessiva dell'evento di piena.

Il volume totale di precipitazione efficace Q rappresenta l'area sottesa dall'idrogramma di piena triangolare, che ha come massimo il valore di portata al colmo Q_p . Si può quindi scrivere:

$$Q = \frac{Q_P}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_P t_b}{2}$$

Da risultati sperimentali, risulta che il volume defluito nella fase crescente dell'idrogramma è pari al 37.5% del volume totale. È quindi possibile stabilire che le durate t_b , t_a e t_e siano tra loro legate dall'espressione:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Si può quindi ottenere:

$$Q_P = 0.208 \frac{Q A}{t_a}$$

dove

- Q_p è la portata massima di piena, espressa in $[m^3/s]$;
- Q è il volume totale di precipitazione netta stimato con le tecniche evidenziate al punto precedente, espresso in $[mm]$;
- A è la superficie del bacino idrografico alla sezione di chiusura di interesse, espressa in $[km^2]$;
- t_a è la durata della fase ascendente dell'evento di piena, espresso in $[ore]$.

La stima della durata della fase ascendente dell'evento di piena può essere condotta, nell'ipotesi di intensità costante della precipitazione durante l'intero evento meteorico (di durata t_p), considerando un tempo di lag (ritardo) medio tra i punti di formazione del deflusso superficiale nel bacino idrografico e la sezione di chiusura di interesse.

$$t_a = 0.5 t_p + t_L$$

Il tempo di lag può essere stimato con la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L^{0.8}}{\sqrt{s}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

Dove:

- L è la lunghezza della rete idrografica all'interno del bacino idrografico, espressa in $[km]$;
- S è la pendenza media all'interno del bacino idrografico, espressa in percentuale $[\%]$.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 30 di 52</i></p>
---	--

- CN è il Curve Number medio all'interno del bacino idrografico [-].

Il tempo di pioggia da considerare per la massimizzazione delle portate, in accordo con il metodo cinematico, è pari al tempo di corrivazione del bacino idrografico che può essere considerato come un multiplo del tempo di lag stimato con la formula di Mockus:

$$t_L = 0.6 t_C$$

L'approccio descritto permette quindi, a partire dalla quantificazione del volume totale di precipitazione netta, di individuare la portata massima secondo l'ipotesi di idrogramma di forma triangolare.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 31 di 52</i></p>
--	--

5.2 Dati utilizzati

Il parametro CN per ciascun bacino è stato calcolato come media pesata dei valori caratteristici delle diverse aree, identificate secondo i dati ufficiali messi a disposizione che di seguito vengono presentati.

Per quanto riguarda la natura del suolo, il Soil Conservation Service (SCS) ha classificato i tipi di suolo in quattro gruppi:

- Gruppo A: suoli aventi scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla, ghiaie profonde molto permeabili. Hanno capacità di infiltrazione molto elevata.
- Gruppo B: suoli aventi moderata potenzialità di deflusso. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi rispetto al Gruppo A e con maggiore aliquota di argilla e limo. La capacità di infiltrazione è sempre elevata, anche in condizioni di saturazione.
- Gruppo C: suoli aventi potenzialità di deflusso moderatamente alta. Suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e collodi. La capacità di infiltrazione è scarsa.
- Gruppo D: suoli con potenzialità di deflusso molto elevata. Argille con elevata capacità di rigonfiamento, suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie. La capacità di infiltrazione a saturazione è scarsa.

La Figura 13 illustra la tipologia dei suoli presenti nell'area di interesse. Si distingue chiaramente la presenza di terreni tendenzialmente impermeabili, appartenenti al Gruppo D, nella parte a monte dei bacini idrografici individuati. Spostandosi verso la sede stradale oggetto del presente progetto, evidenziata in rosso in Figura, si trovano terreni appartenenti al Gruppo A, caratterizzati quindi dalla maggiore propensione all'infiltrazione.

Per quanto riguarda la tipologia di uso del suolo. Si è nuovamente fatto riferimento a fonti ufficiali elaborate da regione Sardegna. La distribuzione degli utilizzi di suolo è mostrata in Figura 14. Si osserva la prevalenza, nei bacini idrografici di interesse, di usi del suolo naturali, con prevalenza di ambienti con vegetazione arbustiva/erbacea in evoluzione, aree boscate.

La combinazione di tipologia di suolo e uso del suolo ha dato origine alla mappa dei Curve Number sull'intero territorio regionale presentata in Figura 15.

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 32 di 52

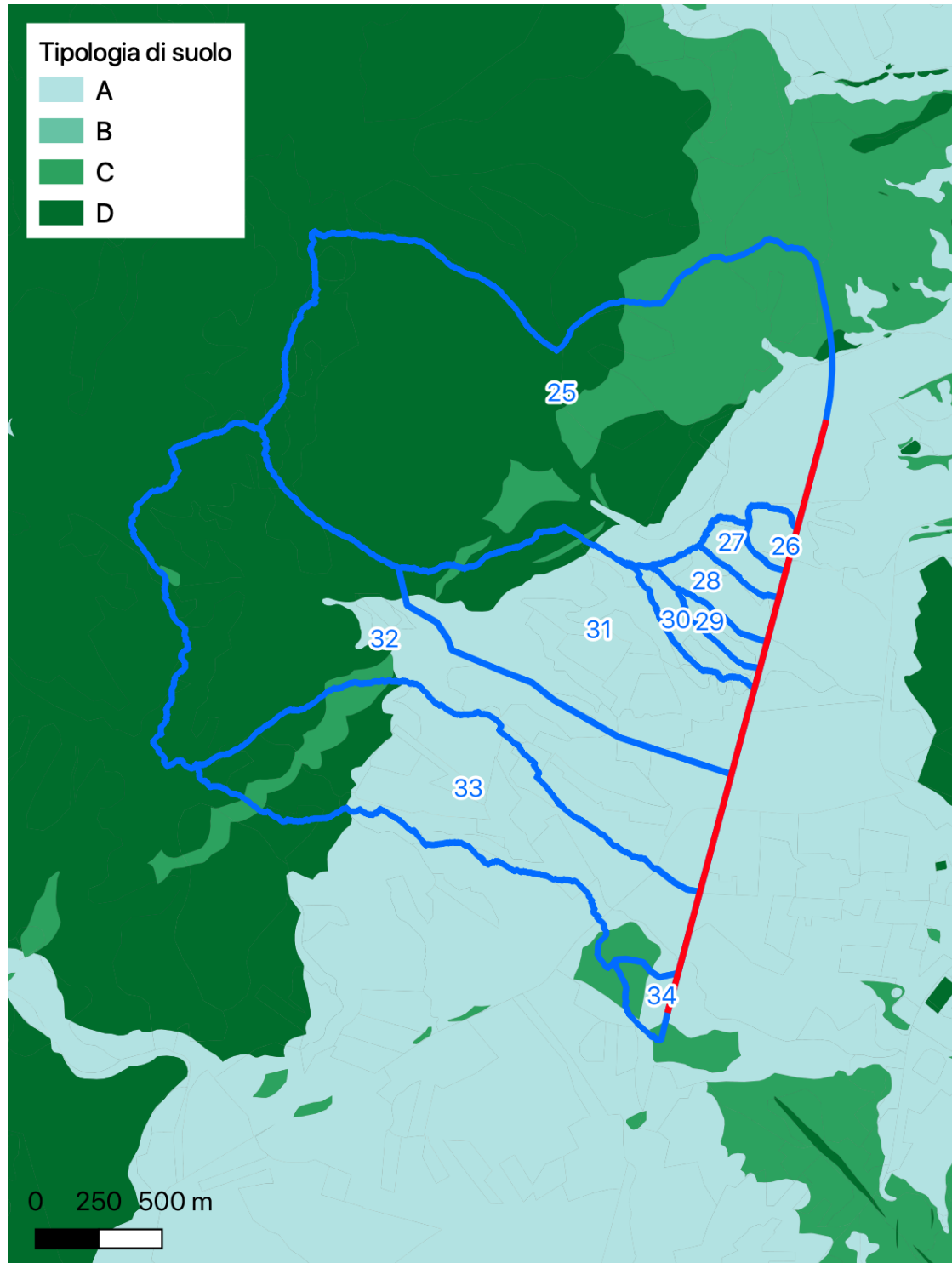


Figura 13 - Tipologia di suoli nell'area di interesse. (Fonte: regione Sardegna)

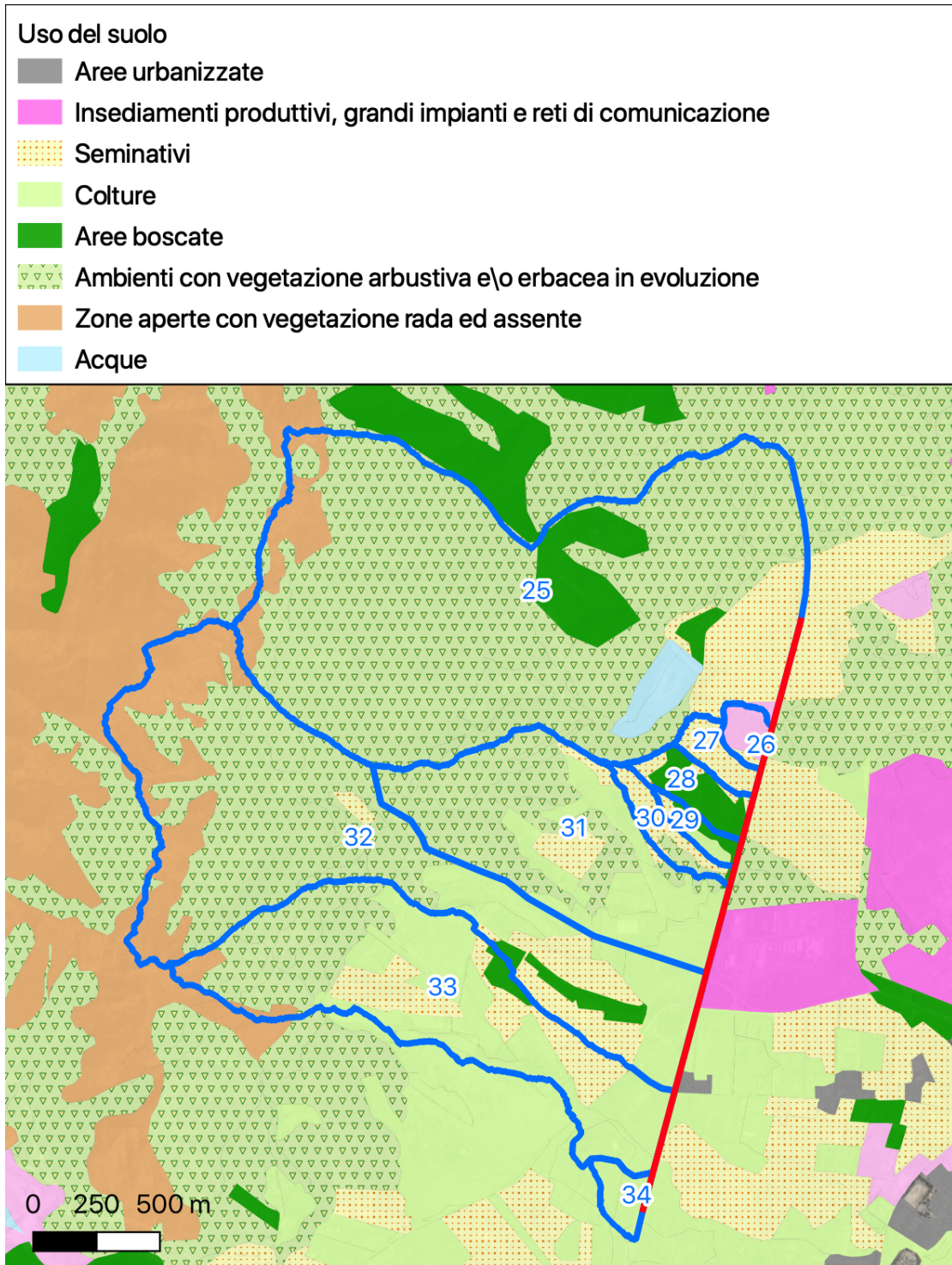


Figura 14 - Uso del suolo nell'area di interesse. (Fonte: regione Sardegna)

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 34 di 52

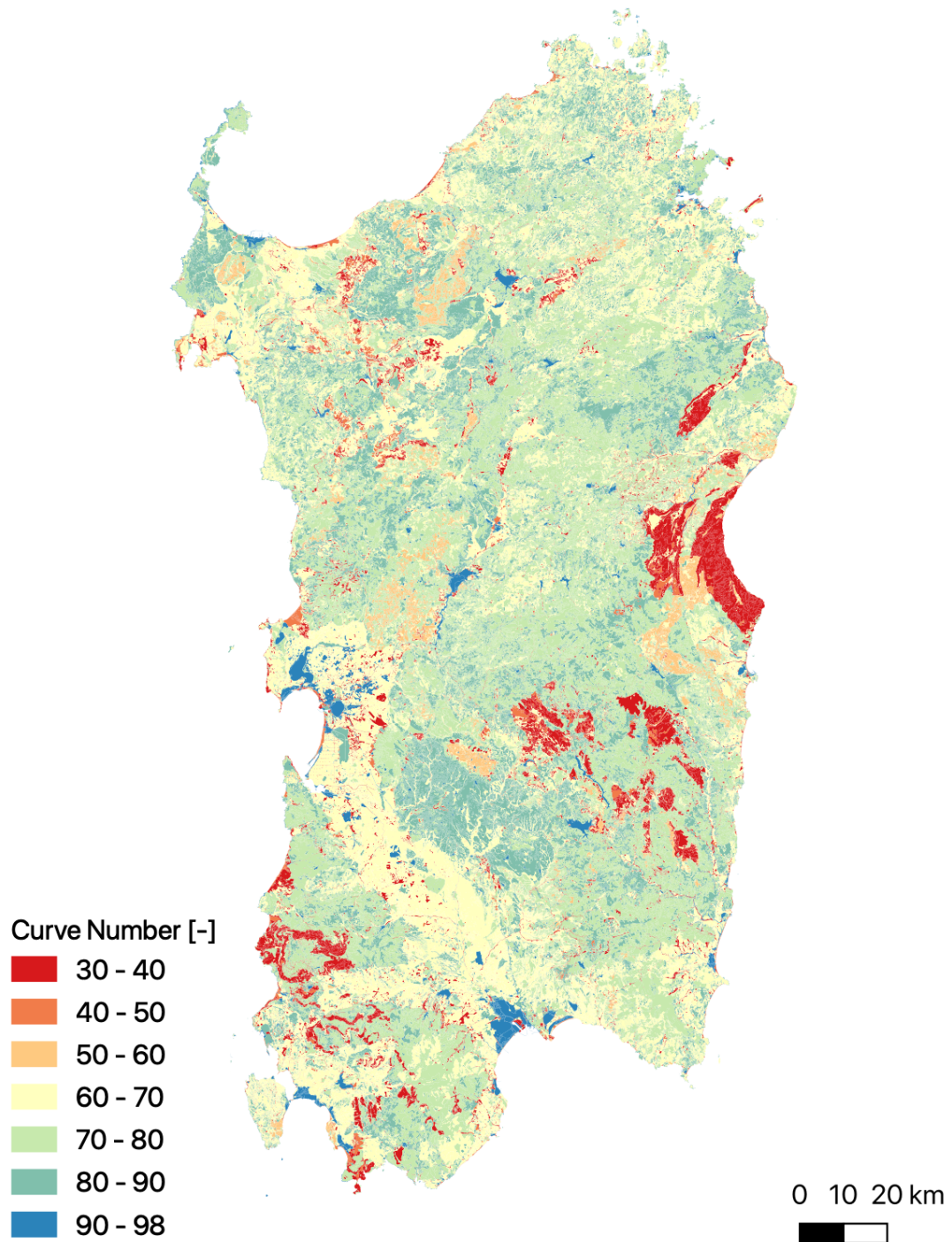


Figura 15 - Mappa dei Curve Number sull'intero territorio regionale. (Fonte: regione Sardegna)

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 35 di 52</i></p>
---	--

5.3 Risultati

Di seguito si riporta in formato tabellare alcune statistiche che mettono in luce la composizione dei bacini idrografici in termini di tipologia di suolo (Tabella 7), utilizzo del suolo (Tabella 8, Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11).

Tabella 7 - Tipologia dei suoli all'interno dei bacini idrografici di interesse.

ID bacino	Nome bacino	Area totale [km ²]	Suoli A Area [%]	Suoli C Area [%]	Suoli D Area [%]
25	Riu di Bacchelina	2.25	14%	23%	63%
26		0.04	100%	0%	0%
27		0.05	100%	0%	0%
28	Riu Brillante	0.08	100%	0%	0%
29		0.04	100%	0%	0%
30		0.06	100%	0%	0%
31	Canale Giaccu	0.65	83%	1%	15%
32		1.33	38%	1%	61%
33	Riu s'Acqua de Ferru	0.81	66%	11%	22%
34		0.04	52%	48%	0%

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p>File:</p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p>Data: <i>Giugno 2020</i></p> <p>Pag. <i>36 di 52</i></p>
---	--

Tabella 8 - Uso dei suoli all'interno dei bacini idrografici di interesse (bacino 25).

ID bacino	Uso del suolo	Area [km ²]
25	1321 - DISCARICHE	0.006
	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.175
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.010
	3111 - BOSCO DI LATIFOGIE	0.154
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.018
	3221 - CESPUGLIETI ED ARBUSTETI	0.062
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	1.515
	3232 - GARIGA	0.144
	333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA >5% E <40%	0.102
	5122 - BACINI ARTIFICIALI	0.064
	Totale complessivo	2.251

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 37 di 52</i></p>
---	--

Tabella 9 - Uso dei suoli all'interno dei bacini idrografici di interesse (bacini 26-29).

ID bacino	Uso del suolo	Area [km ²]
26	1321 - DISCARICHE	0.032
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.005
	Totale complessivo	0.037
	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.006
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.041
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.002
	Totale complessivo	0.050
28	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.001
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.017
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.062
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.001
	Totale complessivo	0.080
29	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.010
	223 - OLIVETI	0.010
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.016
	Totale complessivo	0.036

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 38 di 52</i></p>
---	--

Tabella 10 - Uso dei suoli all'interno dei bacini idrografici di interesse (bacino 30-31).

ID bacino	Uso del suolo	Area [km ²]
30	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.004
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.042
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.002
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.014
	Totale complessivo	0.063
31	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.047
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.005
	222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0.068
	223 - OLIVETI	0.040
	2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	0.053
	242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.033
	243 - AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0.003
	244 - AREE AGROFORESTALI	0.051
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.311
	3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	0.042
Totale complessivo	0.653	

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p>Relazione Idrologica</p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag.</i> 39 di 52</p>
--	--

Tabella 11 - Uso dei suoli all'interno dei bacini idrografici di interesse (bacino 32-33).

ID bacino	Uso del suolo	Area [km ²]
32	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.141
	222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0.013
	242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.078
	243 - AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0.069
	244 - AREE AGROFORESTALI	0.059
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.041
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.588
	3232 - GARIGA	0.048
	3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	0.015
	333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA >5% E <40%	0.279
	Totale complessivo	1.330
33	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.088
	2112 - PRATI ARTIFICIALI	0.067
	221 - VIGNETI	0.041
	222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0.079
	223 - OLIVETI	0.021
	2411 - COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE ALL'OLIVO	0.012
	242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.175
	244 - AREE AGROFORESTALI	0.048
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.017
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.155

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 40 di 52</i></p>
---	--

ID bacino	Usò del suolo	Area [km ²]
32	2111 - SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	0.141
	222 - FRUTTETI E FRUTTI MINORI	0.013
	242 - SISTEMI COLTURALI E PARTICELLARI COMPLESSI	0.078
	243 - AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI SPAZI NATURALI IMPORTANTI	0.069
	244 - AREE AGROFORESTALI	0.059
	31121 - PIOPPETI, SALICETI, EUCALITTETI ECC. ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	0.041
	3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	0.588
	3232 - GARIGA	0.048
	3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	0.015
	333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA >5% E <40%	0.279
	Totale complessivo	1.330
	3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	0.081
	333 - AREE CON VEGETAZIONE RADA >5% E <40%	0.029
	Totale complessivo	0.814
34	244 - AREE AGROFORESTALI	0.045
	Totale complessivo	0.045

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 41 di 52</i></p>
---	--

Sulla base delle informazioni provenienti dal portale cartografico ufficiali di regione Sardegna, si è provveduto a calcolare i Curve Number nell'area di interesse secondo diverse combinazioni possibili. Il tematismo ufficiale riporta la distribuzione dei CN(II) nel territorio regionale, considerando le condizioni locali di tipologia e uso del suolo, e facendo riferimento a condizioni standard di umidità iniziale del terreno. Inoltre, i CN di riferimento sono stimati sulla base di una pendenza standard del 5%, che deve essere corretta sulla base delle pendenze locali. Tale correzione, come ricordato nel paragrafo metodologico, aumenta il grado di impermeabilità dei terreni più pendenti.

Per un quadro completo delle casistiche che si possano verificare al momento dell'arrivo di un evento meteorico intenso, si è provveduto in primo luogo a valutare il Curve Number in condizioni di umidità del terreno elevate, CN(III). È stata inoltre considerata l'influenza che la pendenza locale ha sul valore di CN, in condizioni di umidità standard ed elevate. Di seguito si riportano le distribuzioni spaziali dei valori di CN(II), CN(III), CN(II) corretto con la pendenza e CN(III) corretto con la pendenza. Ciò al fine di ricercare la combinazione che massimizza il grado di impermeabilità nei bacini idrografici e massimizzare quindi la stima delle portate al colmo.

Tabella 12 – Curve Number medi nei bacini idrografici di interesse (il pedice "s" fa riferimento ai valori corretti con la pendenza locale). Sono evidenziati in grassetto i valori massimi.

ID bacino	Nome bacino	CN(II)	CNs(II)	CN(III)	CNs(III)
25	Riu di Bacchelina	73.7	74.0	86.1	86.1
26		74.7	74.0	87.1	86.7
27		65.9	63.9	81.4	80.0
28	Riu Brillante	43.0	41.8	62.2	61.0
29		52.5	51.5	70.4	69.5
30		59.1	57.8	75.6	74.6
31	Canale Giaccu	55.0	54.1	72.3	71.5
32		71.0	70.9	83.8	83.6
33	Riu s'Acqua de Ferru	67.2	66.0	81.9	81.0
34		71.1	69.1	84.8	83.4

Il valore massimo del CN medio calcolato su ciascun bacino idrografico corrisponde al CN(III) non corretto con la pendenza.

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 42 di 52

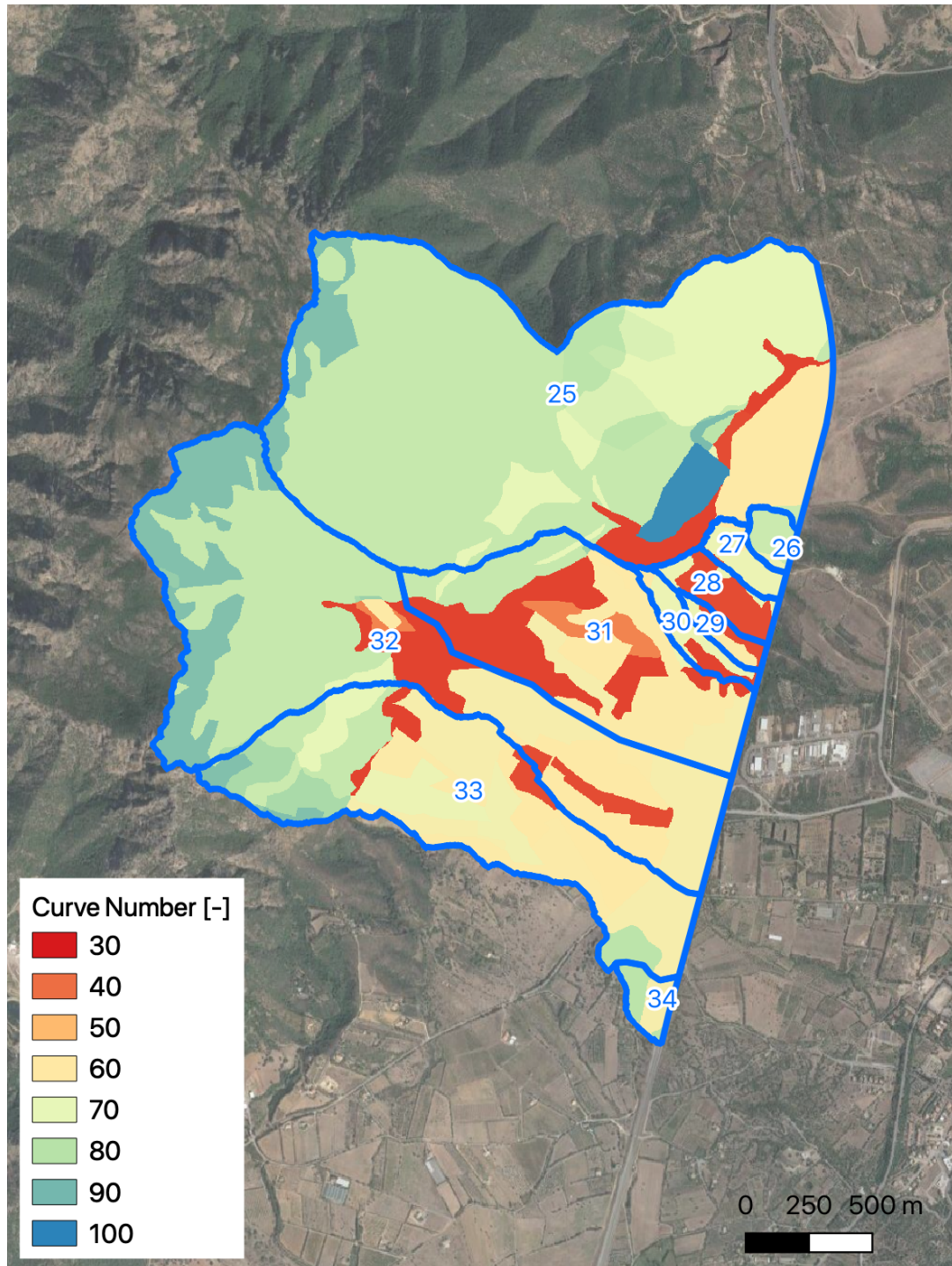


Figura 16 - Mappa dei CN(II) nel territorio di interesse. (Fonte: regione Sardegna).

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 43 di 52

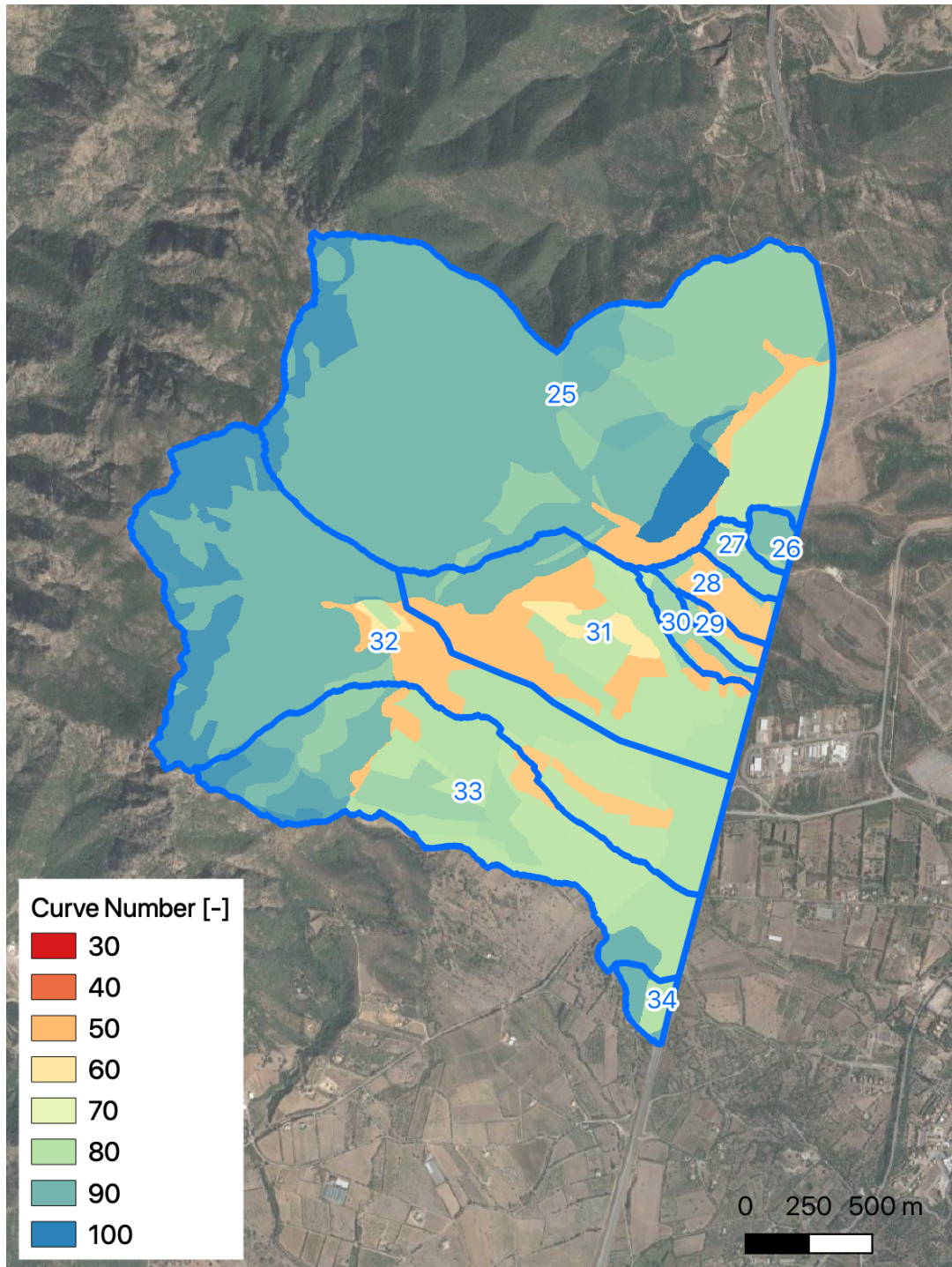


Figura 17 - Mappa dei CN(III) nel territorio di interesse.

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 44 di 52

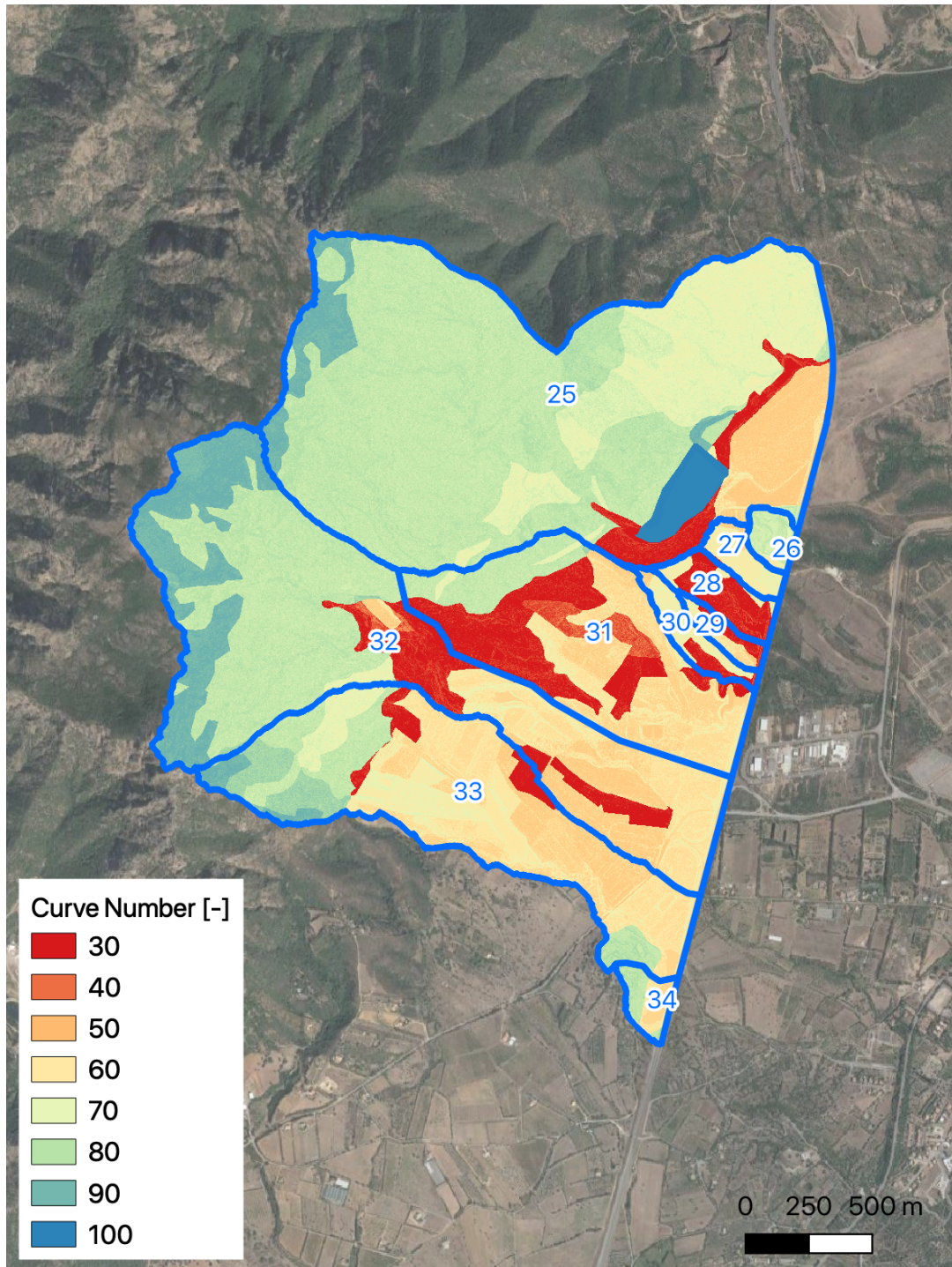


Figura 18 - Mappa dei CN(II) corretti sulla base della pendenza locale nel territorio di interesse.

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 45 di 52

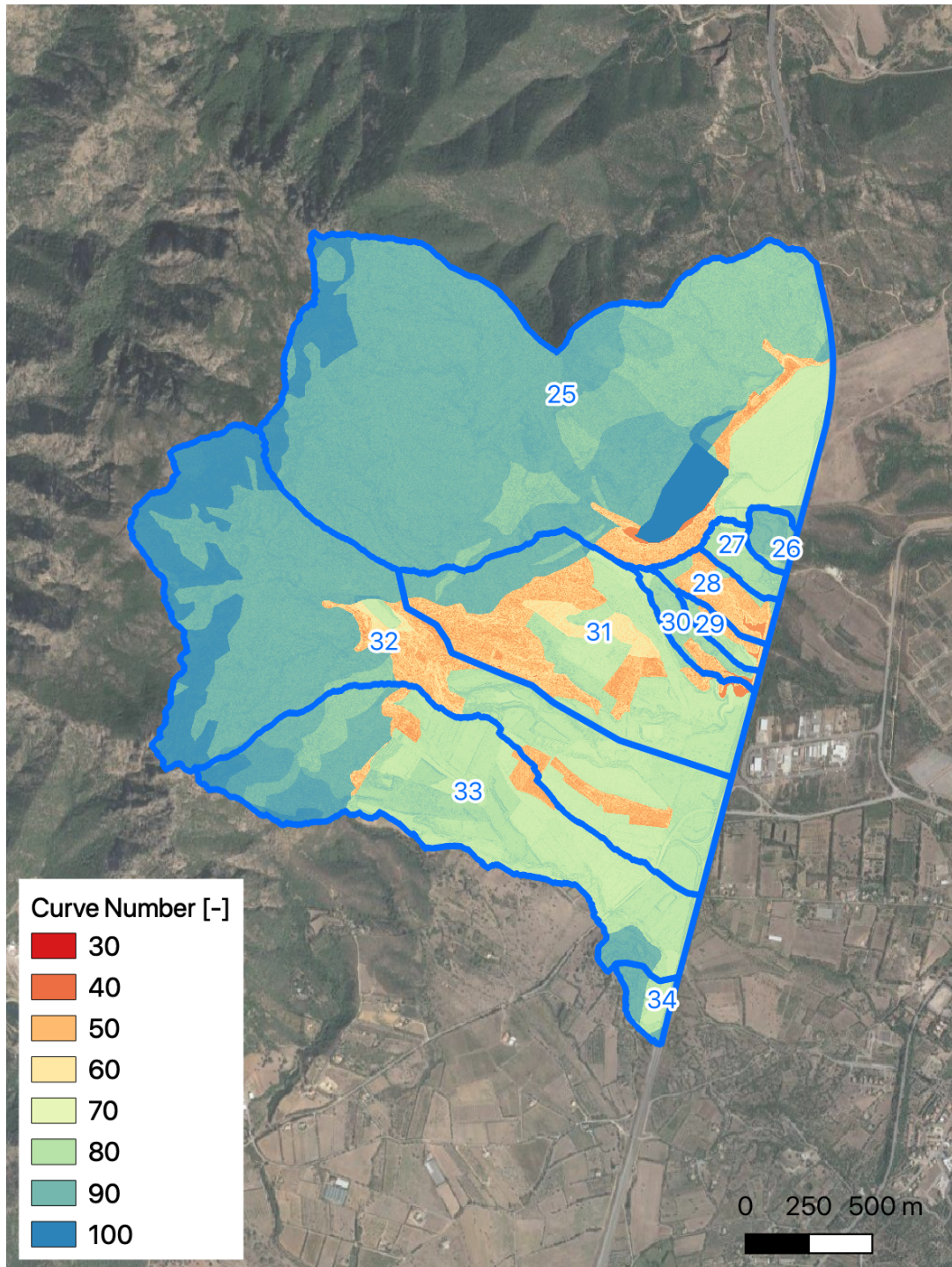


Figura 19 - Mappa dei CN(III) corretti sulla base della pendenza locale nel territorio di interesse.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 46 di 52</i></p>
---	--

I risultati finora ottenuti permettono di poter simulare il meccanismo di separazione dei deflussi che consente di determinare il contributo efficace di una precipitazione forzante i bacini idrografici di interesse.

Per giungere alla stima delle portate di piena attese su ciascuno degli attraversamenti della SS195 oggetto del presente progetto, è necessario introdurre alcuni parametri che consentano di riprodurre l'idrogramma triangolare secondo la teoria del metodo SCS. I parametri da definire sono:

- Tempo di lag, (formula di Mockus);
- Tempo di pioggia che, in accordo con la teoria del metodo cinematico (o razionale) deve essere posto pari al tempo di corrivazione specifico di ciascun bacino idrografico.

La stima del tempo di lag attraverso la formula di Mockus richiede la definizione di:

- Lunghezza della rete idrografica all'interno del bacino idrografico, espressa in [km];
- Pendenza media all'interno del bacino idrografico, espressa in percentuale [%].
- Curve Number medio all'interno del bacino idrografico [-].

Le elaborazioni condotte finora permettono di poter già disporre dei valori di pendenza media e di CN medio (scelto in base alla combinazione che massimizza le portate attese). Per quanto riguarda la lunghezza della rete idrografica, si è fatto riferimento, dove possibile, al dato ufficiale cartografico messo a disposizione da regione Sardegna. Laddove questo non fosse possibile, si è proceduto ad una stima della lunghezza di rete sulla base delle mappe di area contribuente valutate con gli algoritmi geomorfologici descritti al Capitolo 4. Di seguito, si riportano in formato tabellare i parametri considerati e il risultato dei calcoli per la stima dei tempi di lag e di corrivazione di ciascun bacino idrografico.

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 47 di 52</i></p>
---	--

Tabella 13 - Stima dei tempi di lag e di corrivazione. (*: lunghezza stimata)

ID bacino	Nome bacino	Lunghezza rete [m]	Pendenza media [%]	CN(III) [-]	Tempo di lag [min]	Tempo di corrivazione [min]
25	Riu di Bacchelina	2983	8.05	86.1	34	57
26		252*	5.47	87.1	6	9
27		65	3.40	81.4	3	5
28	Riu Brillante	487	4.67	62.2	21	35
29		400	5.05	70.4	14	23
30		539	4.49	75.6	16	27
31	Canale Giaccu	1654	5.03	72.3	31	52
32		2670	9.61	83.8	57	94
33	Riu s'Acqua de Ferru	1261	5.48	81.9	24	40
34		94*	3.68	84.8	3	6

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i></p> <p><i>T00ID00IDRRE01A.docx</i></p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 48 di 52</i></p>
---	--

Si ottiene quindi la stima delle portate di picco riassunta nelle tabelle che seguono. Si sono considerati diversi tempi di ritorno della forzante meteorica: 50 anni, 100 anni, 200 anni e 500 anni.

Tabella 14 - Stima delle portate di piena per tempi di ritorno pari a 50 anni.

ID bacino	Nome bacino	Area totale [km ²]	Altezza totale di pioggia [mm]	Altezza netta di pioggia [mm]	Portata di piena attesa [m ³ /s]	Portata di piena specifica [l/s/ha]
25	Riu di Bacchelina	2.25	79.9	45.6	20.554	91.3
26		0.04	43.3	17.5	0.808	215.8
27		0.05	34.7	6.6	0.778	157.0
28	Riu Brillante	0.08	67.9	7.2	0.186	23.3
29		0.04	59.2	9.9	0.176	48.4
30		0.06	62.3	16.5	0.434	69.3
31	Canale Giaccu	0.65	77.6	21.7	3.098	47.4
32		1.33	94.9	54.0	8.648	65.0
33	Riu s'Acqua de Ferru	0.81	70.9	30.8	7.165	88.0
34		0.04	36.5	10.2	0.946	210.5

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 49 di 52</i></p>
---	--

Tabella 15 - Stima delle portate di piena per tempi di ritorno pari a 100 anni.

ID bacino	Nome bacino	Area totale [km ²]	Altezza totale di pioggia [mm]	Altezza netta di pioggia [mm]	Portata di piena attesa [m ³ /s]	Portata di piena specifica [l/s/ha]
25	Riu di Bacchelina	2.25	99.2	62.7	28.272	125.6
26		0.04	54.1	25.8	1.195	319.3
27		0.05	43.5	11.4	1.339	270.1
28	Riu Brillante	0.08	84.5	13.9	0.359	45.0
29		0.04	73.7	17.2	0.307	84.3
30		0.06	77.5	26.1	0.689	109.9
31	Canale Giaccu	0.65	96.3	33.9	4.840	74.1
32		1.33	117.5	74.1	11.867	89.2
33	Riu s'Acqua de Ferru	0.81	88.2	44.6	10.358	127.3
34		0.04	45.7	16.3	1.503	334.4

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data: Giugno 2020</i></p> <p><i>Pag. 50 di 52</i></p>
---	--

Tabella 16 - Stima delle portate di piena per tempi di ritorno pari a 200 anni.

ID bacino	Nome bacino	Area totale [km ²]	Altezza totale di pioggia [mm]	Altezza netta di pioggia [mm]	Portata di piena attesa [m ³ /s]	Portata di piena specifica [l/s/ha]
25	Riu di Bacchelina	2.25	121.1	82.7	37.294	165.7
26		0.04	67.0	36.5	1.688	451.0
27		0.05	54.2	18.0	2.127	429.0
28	Riu Brillante	0.08	103.5	23.3	0.602	75.5
29		0.04	90.6	27.2	0.486	133.1
30		0.06	95.1	38.6	1.018	162.3
31	Canale Giaccu	0.65	117.6	49.2	7.032	107.7
32		1.33	142.8	97.2	15.575	117.1
33	Riu s'Acqua de Ferru	0.81	107.9	61.2	14.231	174.8
34		0.04	56.8	24.4	2.250	500.5

<p>ANAS S.p.A.</p> <p>S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2</p> <p>RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p> <p>T00ID00IDRRE01A</p> <p><i>Relazione Idrologica</i></p>	<p><i>File:</i> T00ID00IDRRE01A.docx</p> <p><i>Data:</i> Giugno 2020</p> <p><i>Pag. 51 di 52</i></p>
---	--

Tabella 17 - Stima delle portate di piena per tempi di ritorno pari a 500 anni.

ID bacino	Nome bacino	Area totale [km ²]	Altezza totale di pioggia [mm]	Altezza netta di pioggia [mm]	Portata di piena attesa [m ³ /s]	Portata di piena specifica [l/s/ha]
25	Riu di Bacchelina	2.25	150.3	110.2	49.691	220.7
26		0.04	84.4	51.7	2.392	639.0
27		0.05	68.6	28.3	3.334	672.5
28	Riu Brillante	0.08	129.0	38.2	0.988	123.9
29		0.04	113.3	42.5	0.758	207.9
30		0.06	118.8	56.9	1.502	239.3
31	Canale Giaccu	0.65	146.1	71.6	10.223	156.6
32		1.33	176.6	128.9	20.658	155.3
33	Riu s'Acqua de Ferru	0.81	134.3	84.6	19.673	241.7
34		0.04	71.9	36.3	3.353	746.1

ANAS S.p.A.

S.S. 195 "Sulcitana" completamento itinerario Cagliari-Pula; Collegamento con la
S.S. 130 e l'Aeroporto di Cagliari Elmas - Lotto 2

RELAZIONE ARCHEOLOGICA E PROGETTAZIONE DEFINITIVA

PROGETTO DEFINITIVO

T00ID00IDRRE01A

Relazione Idrologica

File:

T00ID00IDRRE01A.docx

Data: Giugno 2020

Pag. 52 di 52