

COMMITTENTE



GRV Wind Sardegna 6 s.r.l.
Via Durini, 9 Tel. +39.02.5004315920122
Milano PEC:
grwindsardegna6@legalmail.it

M&M
GRV WIND SARDEGNA 6 S.R.L.

PROGETTISTI

Progettisti:
ing. Mariano Marseglia
ing. Giuseppe Federico Zingarelli

M&M ENGINEERING S.r.l.
Sede Operativa:
Via I Maggio, n.4 Tel./fax +39.0885.791912
Orta Nova (FG) Mail: ing.marianomarseglia@gmail.com

Collaborazioni:
Ing. Giovanna Scuderi
Ing. Dionisio Staffieri



REGIONE AUTONOMA
DELLA SARDEGNA



PROVINCIA
SUD SARDEGNA



COMUNE SELEGAS



COMUNE GESICO



COMUNE MANDAS

PROGETTO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO DENOMINATO "PLANU SERRANTIS" COMPOSTO DA 9 AEROGENERATORI DA 6,6 MW, PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 59,4 MW SITO NEI COMUNI DI SELEGAS, GESICO E MANDAS (SU), CON OPERE DI CONNESSIONE NEI COMUNI DI GUASILA, VILLANOVAFRANCA, VILLAMAR, FURTEI, SANLURI (SU)

ELABORATO

Titolo:

RELAZIONE IDROLOGICA

Tav./Doc.:

GEO-09

Codice elaborato:

EOL-GEO-09

Scala/Formato:

A4

0	Novembre/2022	Prima emissione	M&M	M&M	GRVALUE
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INTERFERENZE DEGLI AEROGENERATORI E DEL CAVIDOTTO CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	4
3. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO	7
4. CONCLUSIONI	22

1. PREMESSA

La seguente relazione è riferita al progetto per la realizzazione di un parco eolico proposto dalla società **GRV Wind Sardegna 6 s.r.l.** con sede legale a Milano, Via Durini, n. 9.

La proposta progettuale è finalizzata alla realizzazione di un impianto eolico per la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile eolica, costituito da 9 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 6,6 MW per una potenza complessiva di 59,4 MW, da realizzarsi nella Provincia del Sud Sardegna, nei territori comunali di Selegas, Gesico e Mandas in cui insistono gli aerogeneratori e parte dell'elettrodotto interrato, mentre nei territori comunali di Guasila, Villanovafranca, Villamar, Furtei, Sanluri ricade la restante parte dell'elettrodotto e la Cabina Utente.

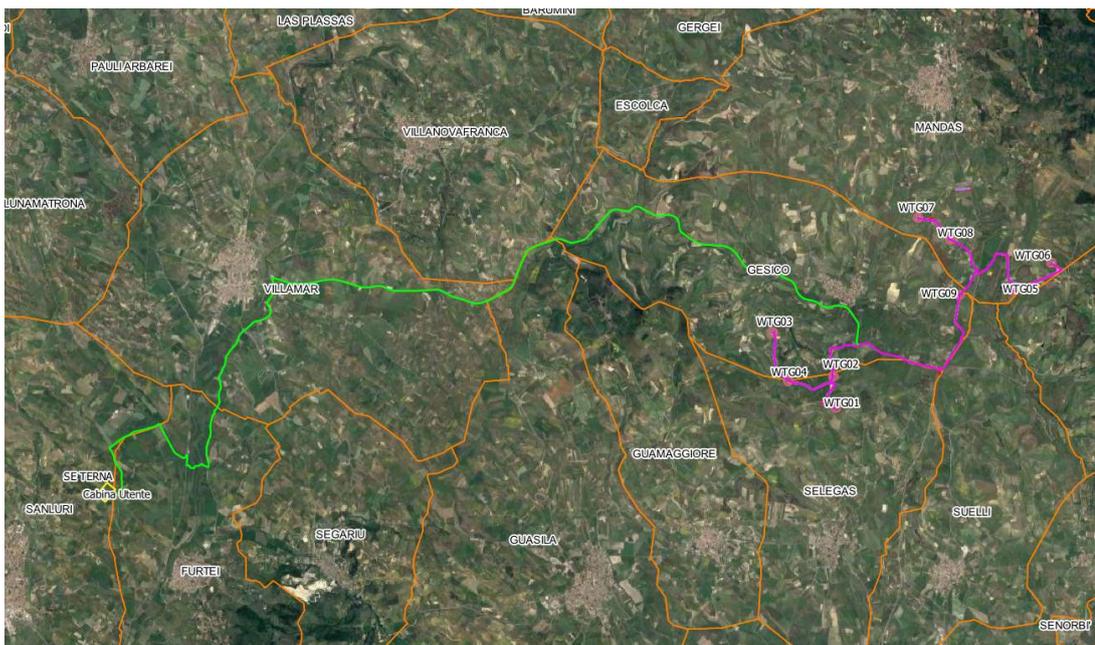
Ai fini della redazione delle Relazioni Idrologica ed Idraulica è stato fatto un accurato sopralluogo al fine di individuare i punti di intersezione del presente impianto eolico, comprensivo dei cavidotti ed aerogeneratori, con il reticolo idrografico.

In particolare, vi è una intersezione con numerosi tratti del reticolo idrografico di diverso ordine gerarchico, secondo il metodo di Horton-Strahler. Gli aerogeneratori sono invece ubicati a notevole distanza dal reticolo idrografico.

Per le intersezioni è stato previsto dapprima un confronto con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) – Aggiornamento 2020. In particolare, sulla base di questi ultimi sono stati definiti alcuni tratti di cavidotto esterno da realizzare in T.O.C.

Per i tratti di reticolo idrografico non perimetrati dal PSFF ma che sono intersecati dal cavidotto è stata effettuata una modellazione di dettaglio che ha previsto dapprima uno studio idrologico volto alla determinazione delle portate al colmo di piena per tempo di ritorno di 200 anni.

Infine, si è proceduto alla modellazione Idraulica (**cf. EOL-GEO-10**) volta a definire l'eventualità di esondazioni di entità rilevante a seguito di eventi meteorici per i diversi tempi di ritorno.



Inquadramento territoriale.

2. INTERFERENZE DEGLI AEROGENERATORI E DEL CAVIDOTTO CON IL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

Si evidenzia che, dall'analisi della cartografia il PAI non ha ancora determinato le aree di pericolosità idraulica. Pertanto si è fatto riferimento all'art. 30ter "Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia" delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI per il quale:

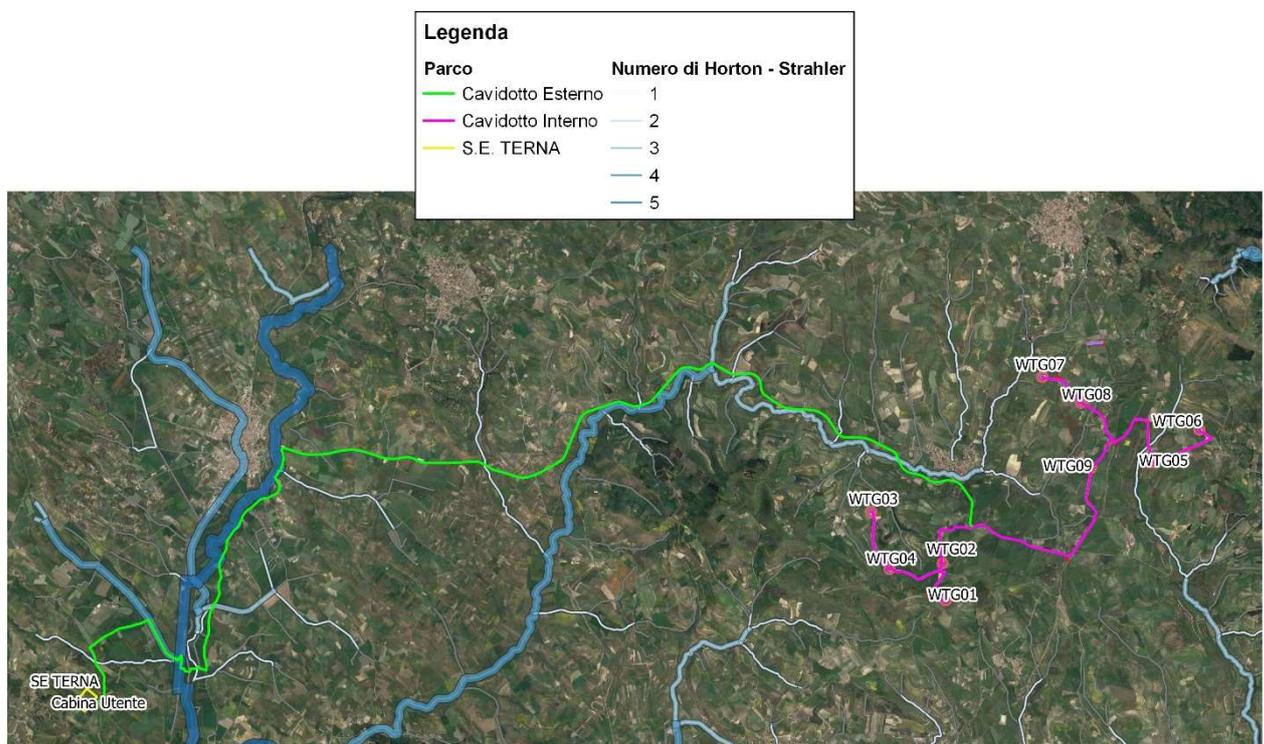
1. *Per i singoli tratti dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico dell'intero territorio regionale per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica, con esclusione dei tratti le cui aree di esondazione sono state determinate con il solo criterio geomorfologico di cui all'articolo 30 bis, quale misura di prima salvaguardia finalizzata alla tutela della pubblica incolumità, è istituita una fascia su entrambi i lati a partire dall'asse, di profondità L variabile in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto:*

Ordine gerarchico (numero di Horton-Strahler)	Profondità L (metri)
1	10
2	25
3	50
4	75
5	100
6	150
7	250
8	400

2. *Per le opere e per gli interventi da realizzare all'interno della fascia di cui al comma 1, i proponenti sono tenuti preliminarmente ad effettuare apposito studio idrologico-idraulico volto a determinare le effettive aree di pericolosità idraulica molto elevata (Hi4), elevata (Hi3), media (Hi2) e moderata (Hi1); tale studio dovrà contemplare i corsi d'acqua interessati nella loro interezza o almeno i tronchi degli stessi idraulicamente significativi in relazione alle opere e agli interventi da realizzare.*
3. *Anche in assenza degli studi di cui al comma 2, nelle aree interne alla fascia di cui al comma 1, sono consentiti gli interventi previsti dall'articolo 27 delle NA.*
4. *Gli studi di cui al comma 2 sono approvati dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino e per le aree a pericolosità idraulica così determinate si applicano le relative norme di salvaguardia di cui all'art. 65, comma 7 del Decreto Legislativo 152/2006.*

5. Per le parti del territorio comunale diverse da quelle che possiedono significativa pericolosità idraulica ai sensi degli articoli 22 e 26 delle NA (quali a titolo esemplificativo le aree edificate, gli agglomerati industriali, commerciali e turistici e le aree con presenza di infrastrutture), gli studi previsti dall'articolo 8, commi 2 e 2bis, possono prescindere dalle analisi idrauliche e confermare le sole aree di pericolosità di prima salvaguardia istituite ai sensi del precedente comma 1.

In particolare, vi sono intersezioni del cavidotto con tratti del reticolo idrografico di ordine gerarchico da 1 a 5, secondo il metodo di Horton-Strahler. Tali tratti del reticolo idrografico fanno parte del sottobacino del "Flumendosa - Campidano - Cixerri".



Intersezioni con il reticolo idrografico con indicazione dei buffer relativi al numero di Horton-Strahler

Inoltre è stato effettuato un confronto con il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) – Aggiornamento 2020. Il PSFF è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, 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.

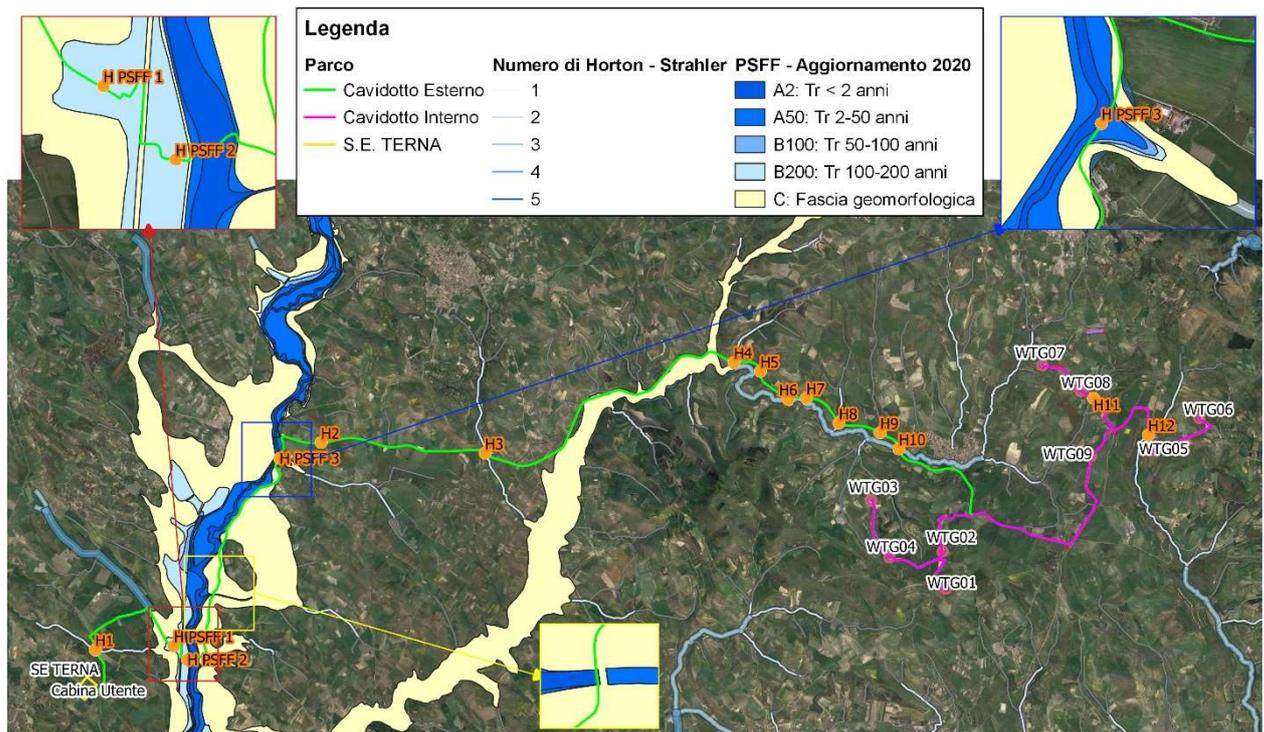
Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la delimitazione

delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali.

In particolare, vi è una intersezione del cavidotto con diversi tratti perimetrati dal PSFF, con particolare riferimento alle Fasce dalla A2 alla B200, con quest'ultima corrispondente a tempo di ritorno 200 anni

Per tali tratti sarà previsto l'attraversamento con Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).



Intersezioni con il PSFF con indicazione dei tratti in T.O.C.

Per i tratti di reticolo idrografico non perimetrati dal PSFF ma che sono intersecati dal cavidotto è stata effettuata una modellazione di dettaglio che ha previsto dapprima uno studio idrologico volto alla determinazione delle portate al colmo di piena per tempo di ritorno di 200 anni.

Maggiori dettagli sulla lunghezza dei tratti in T.O.C. sono forniti nel documento **EOL-GEO-10**.

3. METODO DI STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

Sono valutate le portate al colmo per tempo di ritorno 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".

Viene fatto riferimento, per i bacini con superficie superiore ai 60km², 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 60km², si procede con metodo indiretto mediante applicazione del metodo razionale (in particolare metodo S.C.S.).

Nel caso in cui nella schematizzazione di uno stesso bacino siano presenti sottobacini sia di superficie superiore che inferiore a 60km², si procede ponendo a confronto criticamente i risultati di entrambi i metodi scegliendo i dati di progetto più verosimili.

Inoltre, dove disponibili e significativi, vengono considerati anche i valori delle portate di piena caratteristiche direttamente valutati con analisi statistica delle serie cronologiche delle stazioni di misura. Data la presenza di un numero elevato di serbatoi artificiali lungo il reticolo idrografico regionale è necessario valutare l'influenza degli invasi sui colmi di portata. Essendo la definizione dell'idrogramma di riferimento un'operazione assai complessa e un problema ancora in discussione dal punto di vista scientifico, la cui teoria va ricercata nella definizione di funzioni di frequenza di probabilità condizionata, si fa riferimento a tecniche di stima semplificate, che implicano l'ipotesi di isofrequenza tra portata al colmo e idrogramma di piena, come suggerito nelle "Integrazioni Metodologiche" delle Linee Guida per la Redazione del Progetto di Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, del 2006.

3.1 Metodo SCS per la definizione delle portate al colmo

Per la stima delle portate al colmo dei bacini di superficie inferiore a 60km², si fa riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method, in base ai 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.

Il metodo adotta le seguenti assunzioni:

- la durata D della pioggia netta è inferiore o uguale di 0,133 tc;
- la durata D è minore di 0,2 volte il tempo di crescita dell'onda di piena (tp).

In queste condizioni il valore al colmo della portata risulta:

$$Q_c = 0.28 R_o A / t_p \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

dove:

R_o = volume netto di pioggia per unità di superficie (mm);

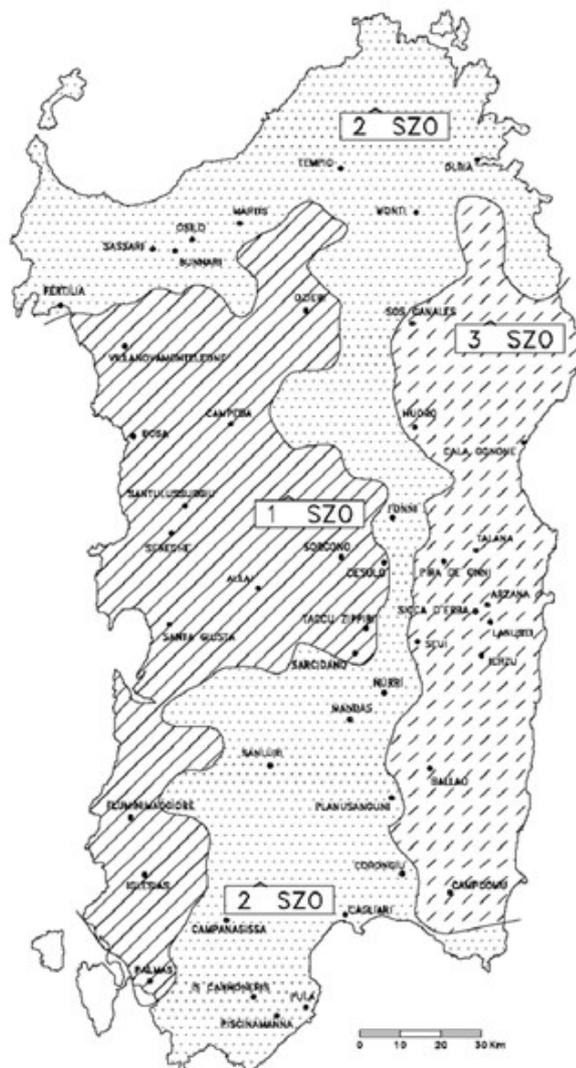
A = superficie del bacino (km²);

t_p = tempo di crescita dell'onda di piena (h).

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

3.2 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica in Sardegna e volume netto di pioggia per unità di superficie

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 seguente:



Divisione delle sottozone omogenee SZO della Regione Sardegna.

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

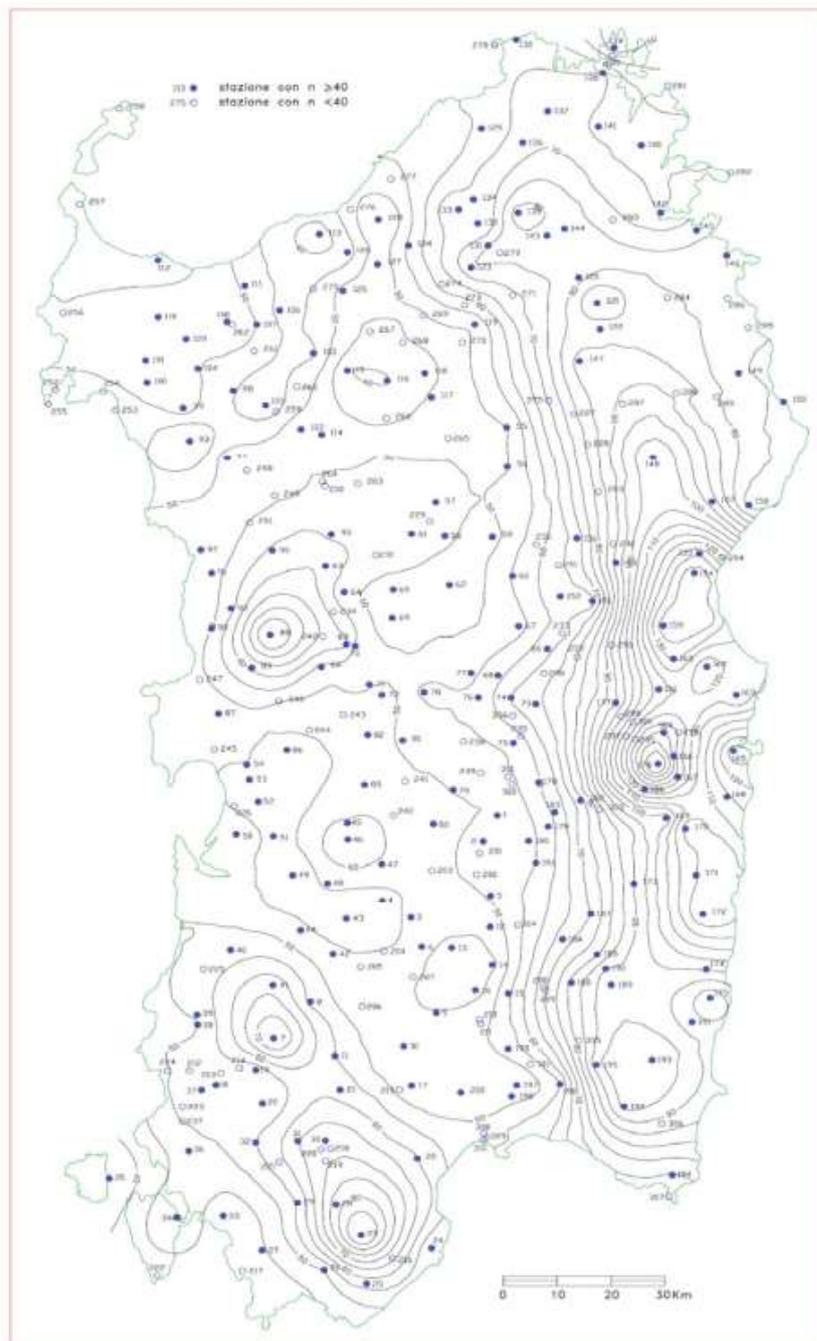
$$\mu(\tau) = a_1 \tau^{n_1}$$

dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g ,

$$a_1 = \mu_g / (0,88624^{n_1})$$

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

La pioggia indice giornaliera μ_g viene stimata sulla base della carta delle isoiete.



Carta delle isoiete per identificare la pioggia indice giornaliera in mm

L'altezza di pioggia $hT(\tau)$ di durata τ con assegnato tempo di ritorno T in anni si ottiene moltiplicando la pioggia indice $\mu(\tau)$ per un coefficiente di crescita $KT(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$:

$$hT(\tau) = \mu(\tau) KT(\tau) = (a_1 a_2) \tau^{(n_1+n_2)}$$

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano con le seguenti relazioni, distinte per sottozona, per differenti T e τ

a) per tempi di ritorno $T \leq 10$ ANNI

SZO 1	$a_2 = 0,66105 + 0,85994 \text{ Log}_{10} T$	
	$n_2 = -1,3558 \cdot 10^{-4} - 1,3660 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$	
SZO 2	$a_2 = 0,64767 + 0,89360 \text{ Log}_{10} T$	
	$n_2 = -6,0189 \cdot 10^{-3} + 3,2950 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} T$	
SZO 3	$a_2 = 0,62408 + 0,95234 \text{ Log}_{10} T$	
	$n_2 = -2,5392 \cdot 10^{-2} + 4,7188 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} T$	

b) per tempi di ritorno $T > 10$ ANNI

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)

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:

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

$$r = 1 - (0,0394 A^{0,354}) d^{(-0,40+0,003832 (4,6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

dove

d è la durata della precipitazione;

A è la superficie del bacino (espressa in km^2).

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 :

$$R_o = (h - 0,2 S)^2 / (h + 0,8 S) \text{ (mm)}$$

dove

h = precipitazione meteorica ragguagliata (mm);

S = valore massimo dell'invaso per infiltrazione (mm). Il valore S è calcolato dall'equazione:

$$S=25((1000/CN) - 10) \quad (\text{mm})$$

3.3 Calcolo del tempo di corrivazione e stima del tempo di crescita dell'onda di piena

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per il calcolo della portata al colmo viene effettuata avvalendosi della formulazione SCS:

$$tc = (((1000 / CN) - 9)^{0.7} \cdot (L \cdot 1000)^{0.8}) / (441 \cdot (ib \cdot 100)^{0.5})$$

dove:

L = la lunghezza dell'asta principale; ib = la pendenza di versante.

I valori del parametro di assorbimento CN da inserire nella formula, vengono determinati facendo riferimento alla carta del CN costruita sulla base delle informazioni sull'uso suolo, la litologia e la permeabilità a disposizione.

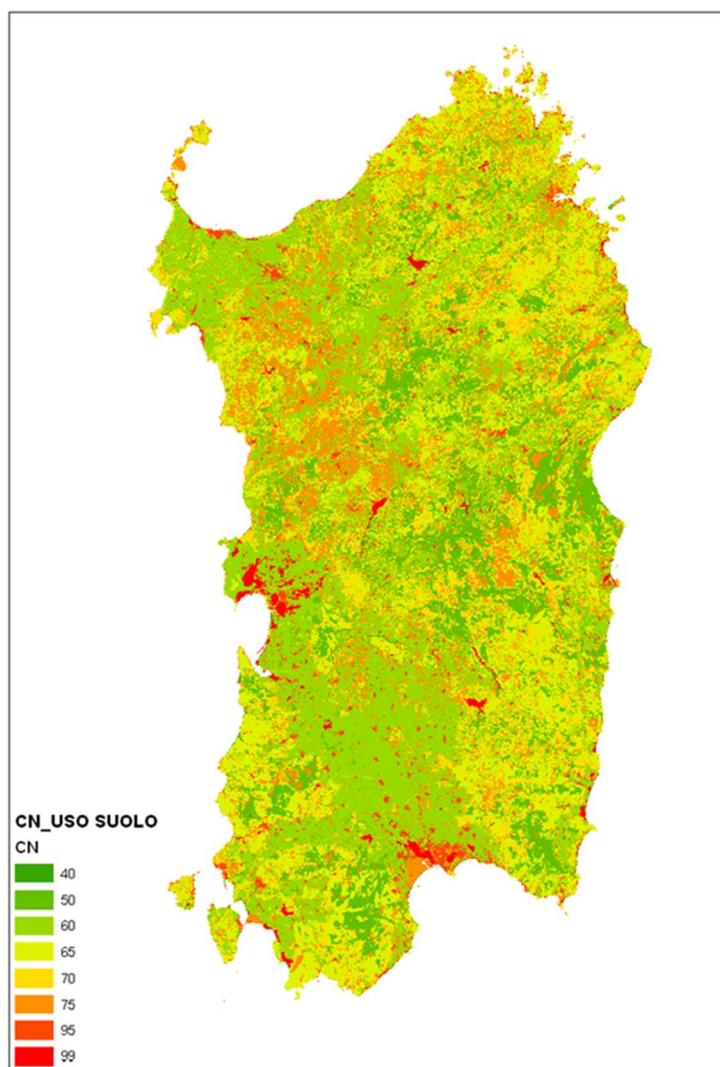
Nello specifico ad ogni tipologia di copertura del territorio è stato assegnato un valore di CN secondo la classificazione riportata in Tabella.

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

Descrizione	CN
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 RIPANON ARBOREE	65
3231 - MACCHIA MEDITERRANEA	65
3232 - GARIGA	65
3241 - AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	70
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

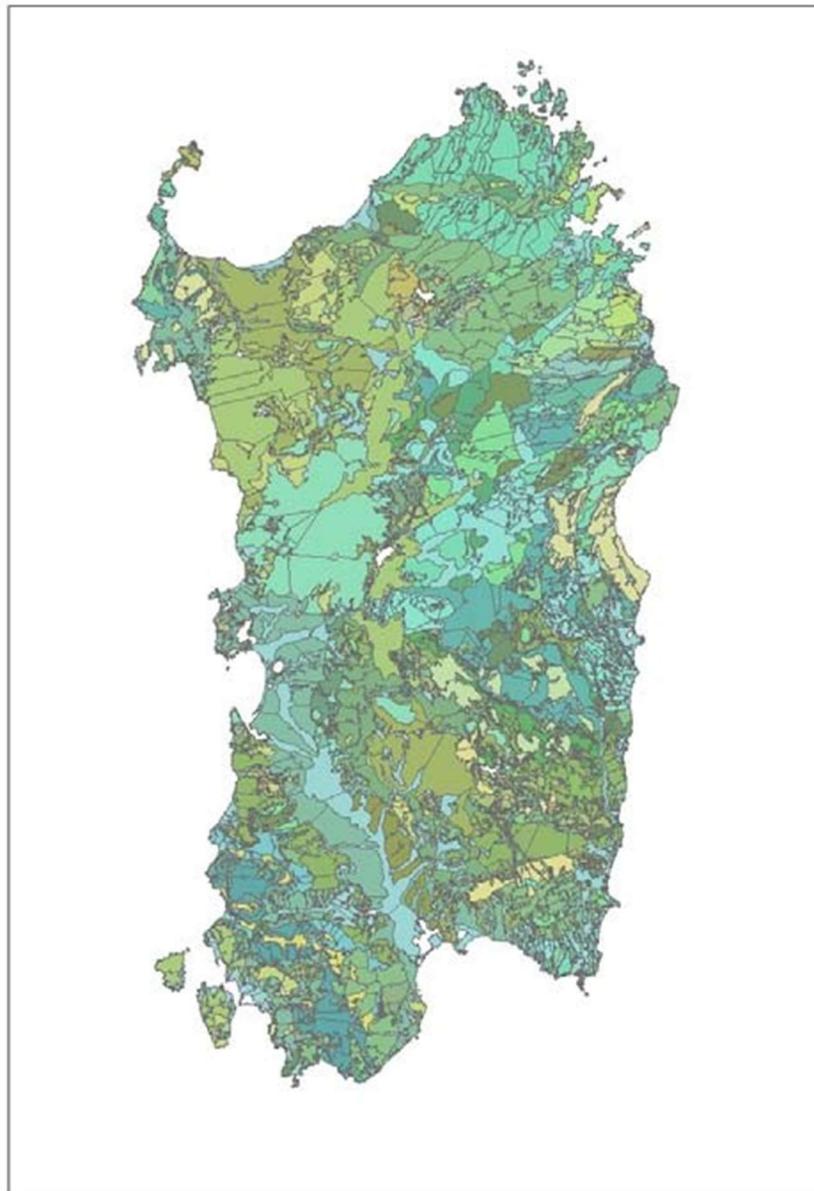
Descrizione	CN
5112 - CANALI E IDROVIE	99
5121 - BACINI NATURALI	99
5122 - BACINI ARTIFICIALI	99
5211 - LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI A PRODUZIONE ITTICA NATURALE	99
5212 - ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E STAGNI COSTIERI	99
522 - ESTUARI E DELTA	99
5231 - AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA NATURALE	99
5232 - ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	99

La carta tematica costruita utilizzando questo tipo di informazione restituisce una visione d'insieme delle diverse risposte del suolo.



Carta del CN in funzione del solo Uso Suolo, sulla base dei dati Carta CORINE

Si è proceduto all'analisi delle informazioni presenti nella Carta geologica resa disponibile dalla Regione Sardegna, al fine di ottenere fattori correttivi per il calcolo definitivo dei valori di CN a scala regionale. Lo strato cartografico presenta più di sessanta diverse classi geologiche.



Carta geologica della Sardegna

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

I coefficienti di variazione del Curve Number vengono 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 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)".

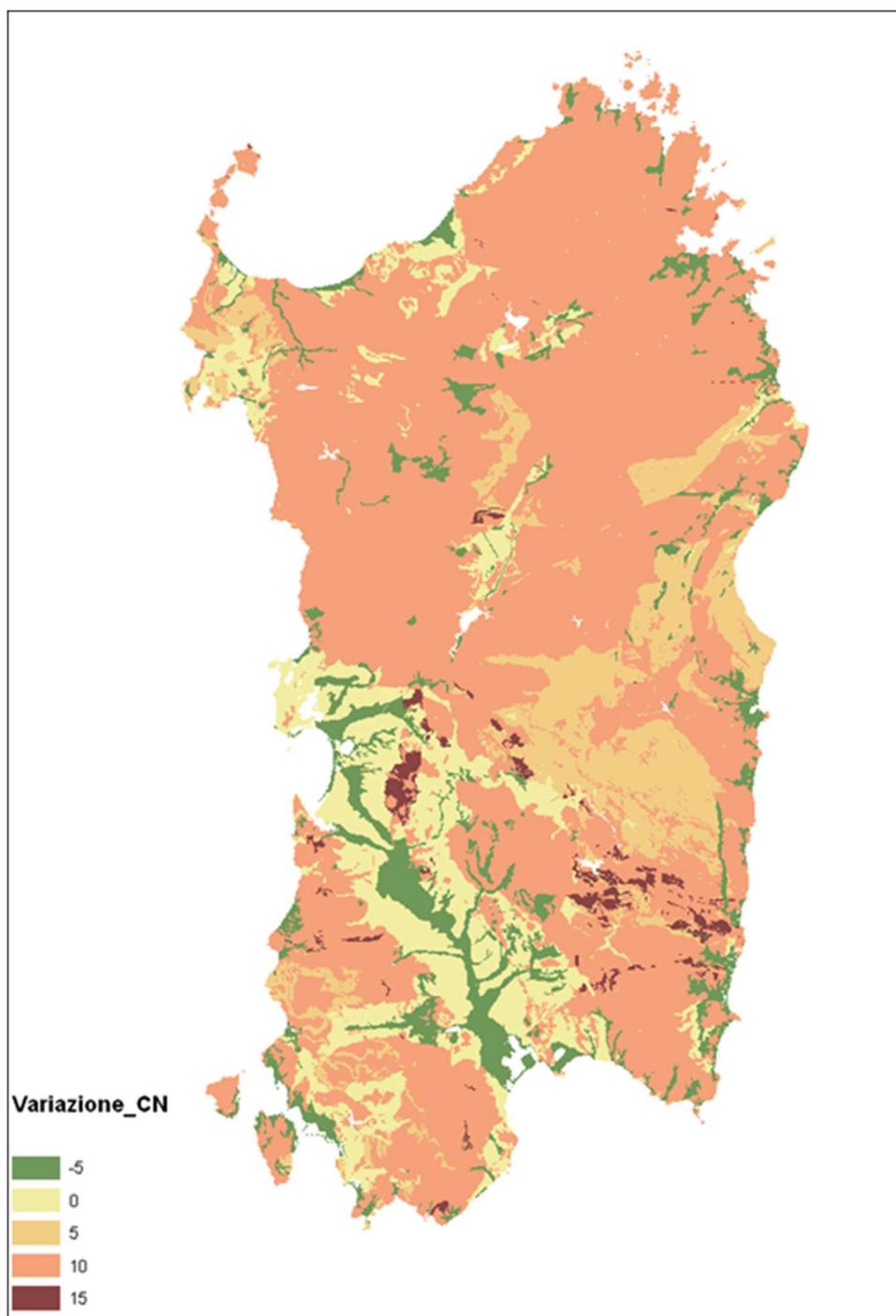
La tavola di variazione del Curve Number che si è infine desunta viene riportata in forma completa di seguito:

	Δ CN
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 breccie; olistoliti e olistostromi della successione siluro-devoniana. (Carbonifero inf.)	10
Andesiti, andesiti basaltiche e rari basalti ad affinità tholeiitica e calcalcina, talora brecciati in colate, cupole di ristagno; laveandesitiche e dacitiche in cupole e filoni; andesiti, basalti andesitici e latiti ad affinità da calcalcina 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 metaconglomerat	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 sublitoral	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, breccie 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 brecciati 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, tufti, tufi pomicei (10f). (Burdigagliano)Arenarie, conglomerati, tufti 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 sedimentimioceni (Formazione di Samassi) (3b); Sabbiecarbonatiche 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, circolitorali e transizionali. (Trias medio)	10
Filoni a composizione prevalentemente basaltica e comenditica. (Oligocene sup.- Mioceneinf. medio)	10
Filoni a composizione trachibasaltica, alcalibasaltica e hawaitica.(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
Formazione di Cabitza: argilloscisti, metarenarie, metacalcari nodulari, metasiltiti con rare lenti calcaree. (Cambriano inf.- Ordoviciano)	10

	Δ CN
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, metarosi, 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; nella parte superiore 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 ordoviciana, e metavulcaniti basiche alcaline, talora a pillow. (Carbonifero inf.)	10
Metarioliti e metariodaciti con fenocristalli da millimetrici a decimetrici di kfs; alla base sono presentiquarziti, 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
Miscascisti e paragneiss a grt +/- oligoclasio. (Paleozoico)	10
Migmatiti leucocratiche, nebuliti, magmatiti, gneiss, talora con lenti a silicati di calcio. (Precambriano)	10

	ΔCN
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. (Paleo-zoico)	10
Paragneiss, micascisti e quarziti in facies anfibolitica di pressione intermedia con sovrainprontadi alta temperatura. (Paleozoico)	10
Porfidi grigi: metariodaciti e metadaciti massive, spesso porfiriche, metatufi e metatufiti; metavulcanitiriolitiche metatufiti e metaepiclastiti; metaconglomerati poligenici grossolani, con clasti di metarioliti. (Ordoviciano medio)	15
Principali corpi filoniani a composizione prevalentemente basaltica ad affinita calcalcalina e subordinatamente shoshonitica.(Carbonifero sup.- Permiano)	10
Rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbricitici e colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave, breccieandesitiche, subordinati espandimenti dacitici; rioliti alcaline in espandimenti ignimbricitici.(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 ignimbricitici, 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 sommitadolomie e calcari dolomitici scuri lacustri (18b	5
Sardegna orientale: calcari, calcari maenosi e marne argillose sublitorali (14b).Arenarie e conglomerati poligenici piu o menoquarzosi 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 sopra riportata è stata realizzata una carta tematica che restituisce visivamente la distribuzione dei fattori correttivi ΔCN .



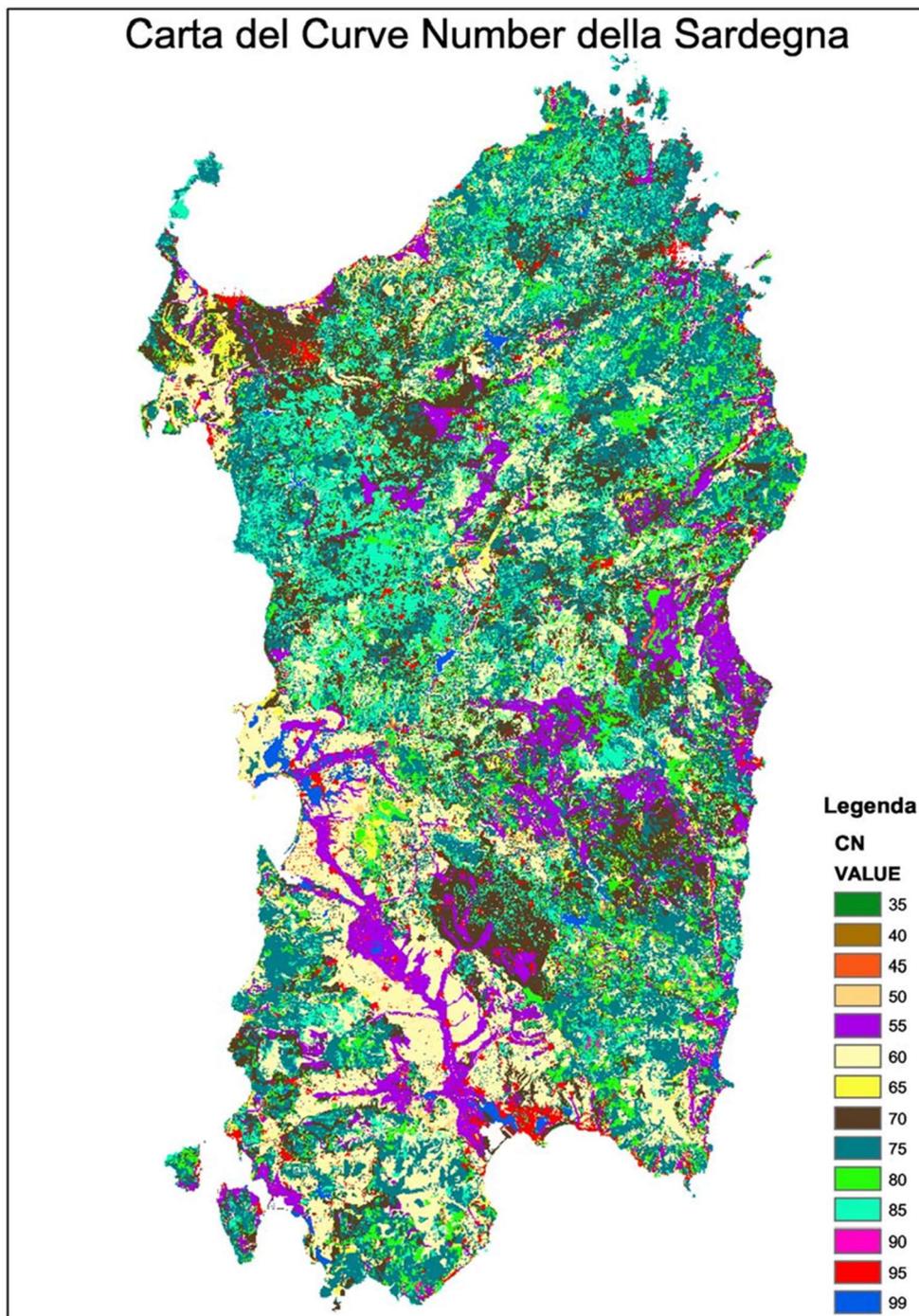
Carta di variazione del CN derivante dalla stima di permeabilità del terreno desunto dalla carta geologica

In ultima istanza i valori di Curve Number associati attraverso le caratteristiche dell'uso del suolo (CORINE) sono stati corretti considerando i fattori di variazione derivanti dall'analisi delle informazioni geologiche.

Nel procedimento di calcolo GIS è stata imposta la somma algebrica tra i codici di CN elaborati per il solo uso suolo ed i termini correttivi Δ CN.

Il prodotto finale è la “Carta del Curve Number per la Regione Sardegna” in formato raster con maglia 10 X 10 metri.

Dalle analisi svolte, l'informazione fornita dalla carta di permeabilità risulta essere coerente con l'interpretazione delle classi geologiche.



Carta del Curve Number per la Regione Sardegna

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

$$tp = D/2 + tlag$$

dove:

D = durata della pioggia (h);

tlag = intervallo di tempo tra il centroide della pioggia e il colmo (h).

Si assume quindi

$$D = 0,133 \text{ tc}; \text{ tlag} = 0,6 \text{ tc}$$

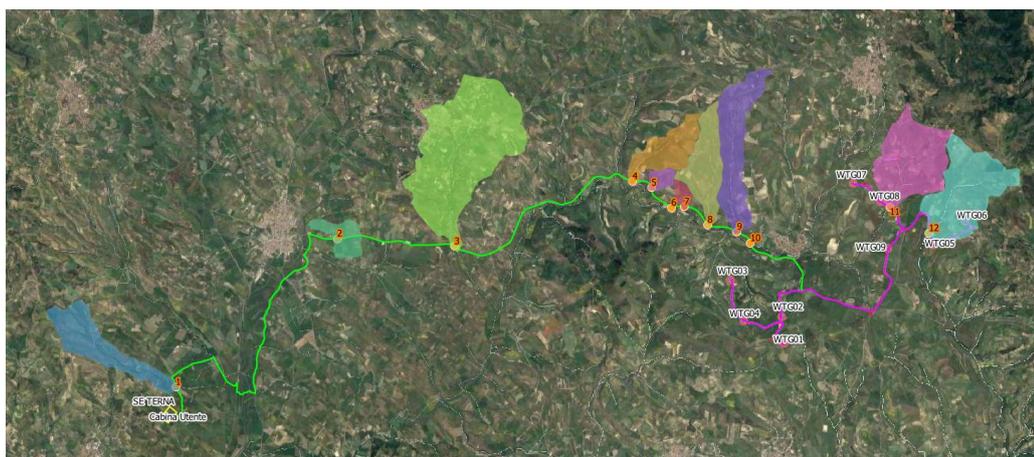
$$tp = 0,133 / 2 \text{ tc} + 0,6 \text{ tc}$$

3.4 Calcolo della portata al colmo di piena

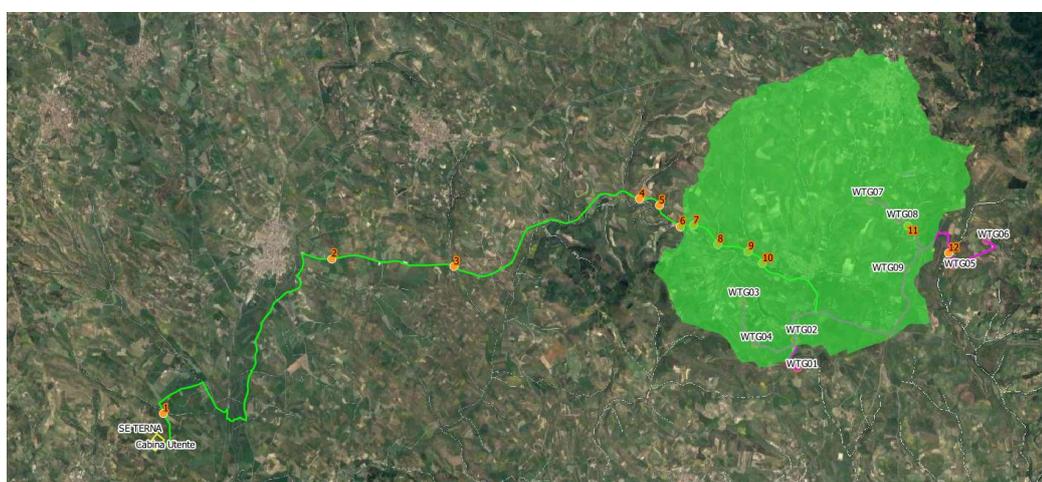
Di seguito si riporta, in forma tabellare, il calcolo della portata avente tempo di ritorno 200 anni. Si evidenzia che:

- I bacini hanno dimensioni inferiori a 60 km², per cui si può fare riferimento alla formula empirica del Soil Conservation Service Method.
- Per il Curve Number si è considerato il valore medio sui bacini.
- Per il calcolo di a_2 e n_2 si è considerata la sottozona SZO 2, in cui ricade l'area in esame, per tempo di ritorno maggiore di 10 anni.

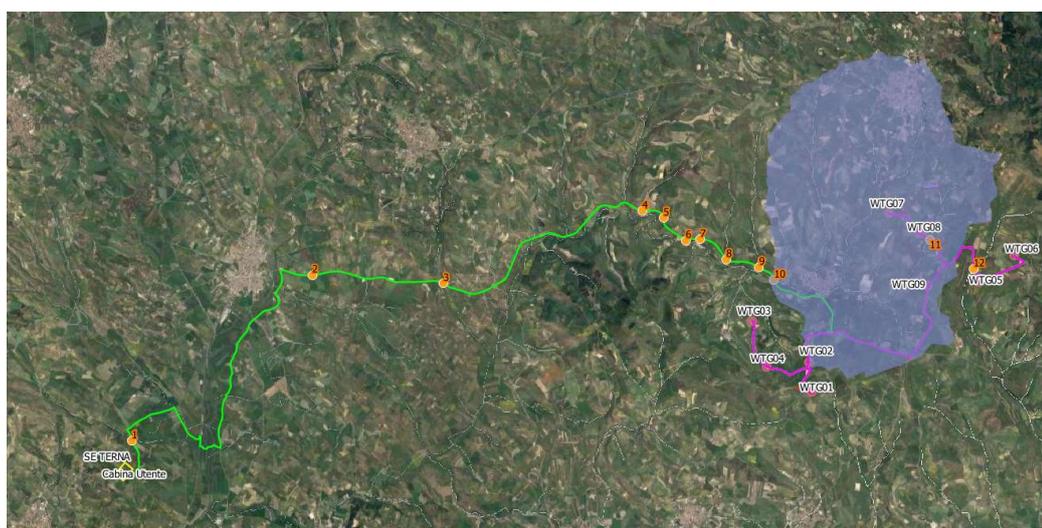
Pioggia indice (mm)		50											
a1		20.69											
n1		0.32											
Caratteristiche bacino N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A (km²)	2.162	0.768	7.017	1.461	0.305	38.152	0.223	1.824	2.643	26.656	3.101	3.382	
L (km)	2.75	1.22	4.3	2.16	0.77	8.98	0.47	1.97	3.44	6.68	1.49	2.18	
H_m (m)	160.5	122.5	236.9	281.9	288.3	347.7	279.2	293.1	329.1	359.1	384.0	421.2	
H_{max}	196	132.4	295	343.3	347	448.1	308.6	327.7	388.3	448.1	408.1	455.1	
H_{min}	125	112.5	178.7	220.5	229.6	247.2	249.7	258.5	269.9	270	359.9	387.2	
i_a	2.6%	1.6%	2.7%	5.7%	15.2%	2.2%	12.5%	3.5%	3.4%	2.7%	3.2%	3.1%	
CN	80.38	63.33	76.46	76.34	76.21	77.90	81.09	76.46	76.57	77.57	76.67	75.84	
tc (ore)	1.89	2.00	2.98	1.19	0.32	5.65	0.20	1.40	2.20	4.13	1.16	1.64	
tp = 0,133 / 2 tc + 0,6 tc	1.17	1.23	1.81	0.77	0.40	3.40	0.45	0.89	1.35	2.49	0.75	1.02	
hT(τ)	73.45	74.68	84.18	63.86	34.22	102.07	27.38	67.08	76.86	92.86	63.39	70.37	
Ro	30.68	16.93	35.57	20.76	4.17	51.19	3.24	23.05	30.16	43.39	20.68	24.87	
Qc	15.22	2.87	36.64	10.58	0.86	149.24	0.43	12.70	15.84	120.60	22.53	21.83	



Bacini idrografici da 1 a 12, esclusi 6 e 10.



Bacino idrografico 6.



Bacino idrografico 10.

4. CONCLUSIONI

Sulla base della portata al colmo di piena per i diversi tempi di ritorno, definite nel presente studio idrologico, sono state seguite dalle modellazioni e valutazioni idrauliche dei rami di rete idrografica potenzialmente soggette a criticità, ed il tutto è stato svolto in condizioni di moto stazionario. Per lo svolgimento della modellazione idraulica è stato utilizzato il software HEC-RAS River Analysis System. I risultati dello studio idraulico sono descritti nel documento **EOL-GEO-10**.