



IMPIANTO EOLICO E FOTOVOLTAICO "CAMPANEDDA IBRIDO"

COMUNE DI SASSARI

PROPONENTE



Bentusoliana Energie Rinnovabili s.r.l.
Via Cavour, n. 33
07100 SASSARI (SS)

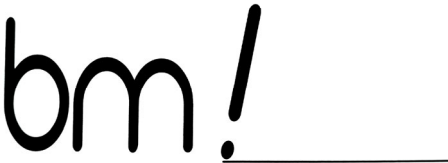
IMPIANTO EOLICO E FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI
ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI - PROGETTO DEFINITIVO

CODICE ELABORATO

OGGETTO:
Relazione asseverata di non significatività del reticolo

PD-R06

COORDINAMENTO



BRUNO MANCA | STUDIO TECNICO DI INGEGNERIA
LOC. RIU IS PIRAS, SN | 09040 SERDIANA (SU)
+39 347 5965654 P.IVA 02926980927
SDI: W7YVJK9 ATTESTATO ENAC N° I.A.PRA.003678
INGERUNOMANCA@GMAIL.COM PEC: BRUNO.MANCA@INGPEC.IU
WWW.BRUNOMANCA.COM WWW.LMBRAS360.COM

Studio Tecnico Dott. Ing Bruno Manca

GRUPPO DI LAVORO S.I.A.

Dott.ssa Geol. Cosima Atzori
FAD SYSTEM Srl
F&F Engineering Srl
Dott. Giulio Casu
Dott.ssa Ing. Ilaria Giovagnorlo
Dott. Giorgio Lai
Dott. Federico Loddio
Dott. Giovanni Lovigu
Dott. Ing Bruno Manca
Dott. Nat. Maurizio Medda
Dott.ssa Geol. Consuelo Nicolo
Dott.ssa Archeol. Marta Pals
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas
Dott. Nat. Fabio Schirru
Dott. Agr. Giuseppe Puggioni
Federica Zaccheddu

REDATTORE

Dott. Ing. Emanuele Daniele Bosco

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE
00	Maggio 2024	Prima emissione

FORMATO
ISO A4 - 297 x 210



COMUNE DI SASSARI

COMUNE DI SASSARI

Regione Sardegna

IMPIANTO EOLICO E AGRI – FOTOVOLTAICO POTENZA NOMINALE 13103,37 Kw IN SASSARI - LOC. "CAMPANEDDA RELAZIONE ASSEVERATA DI NON SIGNIFICATIVITA' DEL RETICOLO

(art. 23 delle NTA del PAI Sardegna)

Progettista Responsabile: **Studio Tecnico Dott. Ing Bruno Manca**

Integrazione Specialistica: **Dott. Ing. Emanuele Daniele Bosco**

INDICE

PREMESSA	3
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	3
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO	3
ANALISI IDROLOGICA	5
ANALISI IDROLOGICA DEGLI ELEMENTI IDRICI NON SIGNIFICATIVI	15
1. BACINO B_1_Nord	15
2. BACINO B_2_Sud	18
CONCLUSIONI.....	21
ALLEGATO A – TAVOLA DEI BACINI DEGLI ELEMENTI IDRICI NON SIGNIFICATIVI	22

PREMESSA

La presente relazione illustra le stime idrologiche e idrauliche utilizzate per dimostrare la non significatività di alcune aste del reticolo idrografico che attraversano l'area oggetto di intervento.

La presente relazione asseverata quindi è prodotta ai sensi del comma 7 bis) dell'articolo 23 ed è da inviare, ai sensi del comma 6 dell'articolo 30 ter, a fini ricognitivi, all'Autorità di Bacino.

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'impianto prevede due sezioni – eolica e fotovoltaica - dedicate alla produzione dell'energia, ed altre destinate alla conversione e trasporto dell'energia. Avrà una potenza complessiva installata di 13,10 MWp collegato con gruppi di conversione DC/AC e trasformazione in BT-MT di tipo 0.8/36kV e consegna alla rete pubblica in AT a 36 kV.

L'impianto fotovoltaico si articola in 5 campi, ciascun campo è dotato di una cabina di trasformazione, mentre i campi 4 e 5 hanno un'unica cabina che funge sia da cabina di trasformazione a 36 kV che da cabina di raccolta degli altri campi e della sezione eolica. La cabina 4-5 di raccolta contiene quindi tutti gli interruttori MT a 36kV che servono per la protezione delle linee provenienti dai campi e dalla turbina eolica. Dalla cabina di raccolta il cavo a 36 kV si collega con la cabina di consegna utente, posta in prossimità dell'impianto. La cabina di consegna utente a 36 kV contiene gli interruttori MT a 36 kV necessari a collegare la cabina stessa allo stallo 36 kV messo a disposizione da Terna S.p.A. nella nuova Stazione Elettrica chiamata Fiume Santo 2.

L'energia prodotta dall'impianto viene raccolta in quadro di potenza a 36 kV posto in un edificio denominato "Cabina di consegna". Il collegamento per il trasferimento di energia tra la suddetta cabina e i terminali a 36 kV della Stazione Elettrica "Fiumesanto 2" del Gestore della RTN avverrà mediante cavo interrato a 36 kV (tensione nominale di esercizio).

Il cavo, di lunghezza pari a 3850 metri, viene posato in parallelismo a strade asfaltate per i seguenti tratti:

- Tratto 1: parallelismo con strada 'Via Campanedda', di estensione pari a circa 819 m.
- Tratto 2: parallelismo con Strada Provinciale "SP 42 dei Due Mari" di estensione pari a circa 2563 m.
- Tratto 3: parallelismo con strada comunale asfaltata, di estensione pari a circa 473 m.

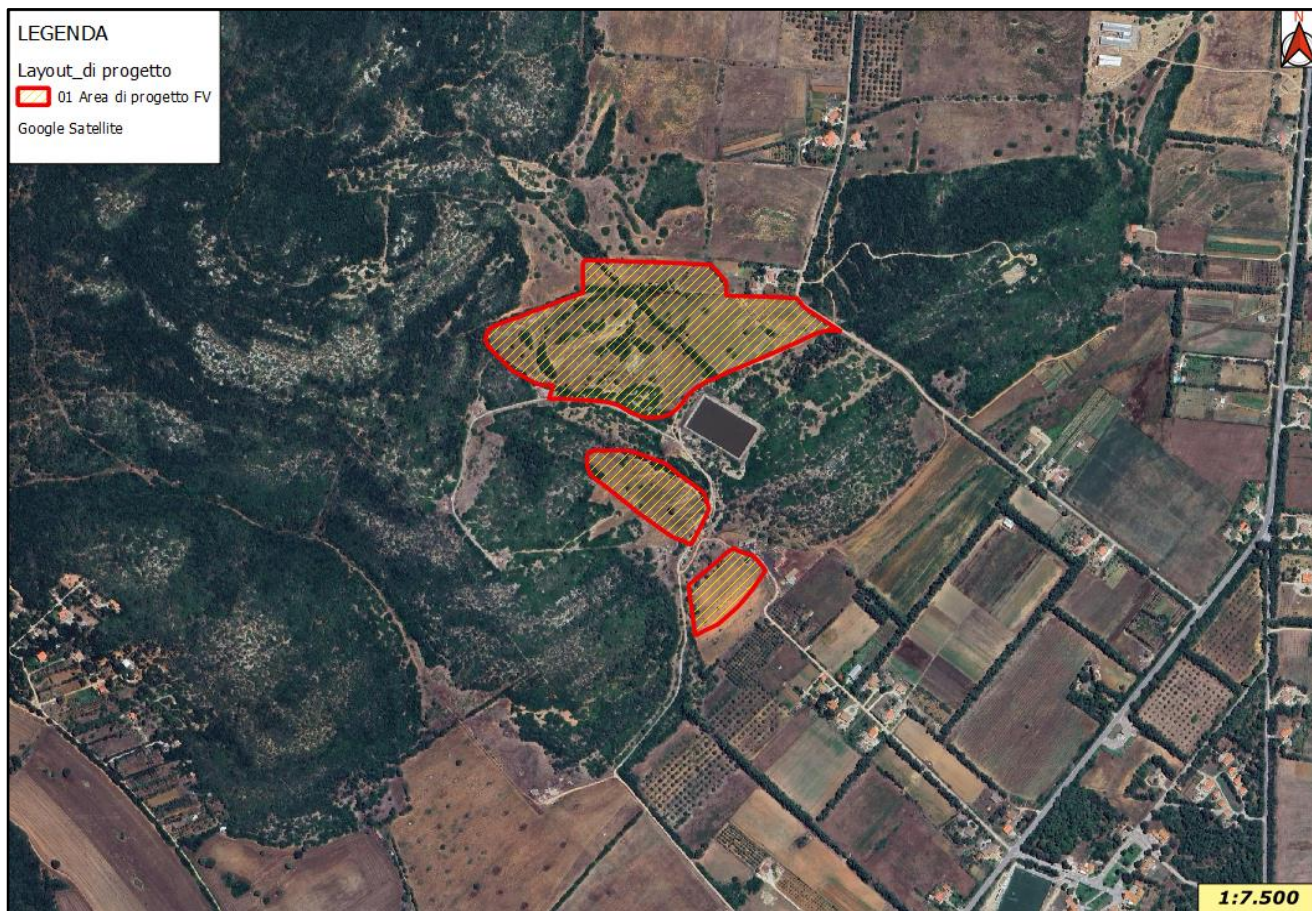
Il tratto è caratterizzato da un solo attraversamento di un'opera fluviale in cui sarà utilizzata una tipologia di posa che prevede i cavi unipolari in tubo interrato, mediante l'uso della tecnica con trivellazione orizzontale controllata (T.O.C). La tecnica T.O.C. permette di posare mediante perforazione del sottosuolo i tubi PEAD, in cui verranno successivamente inserite le terne di cavi unipolari ed i tubi per cavi di telecomunicazione.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO-URBANISTICO

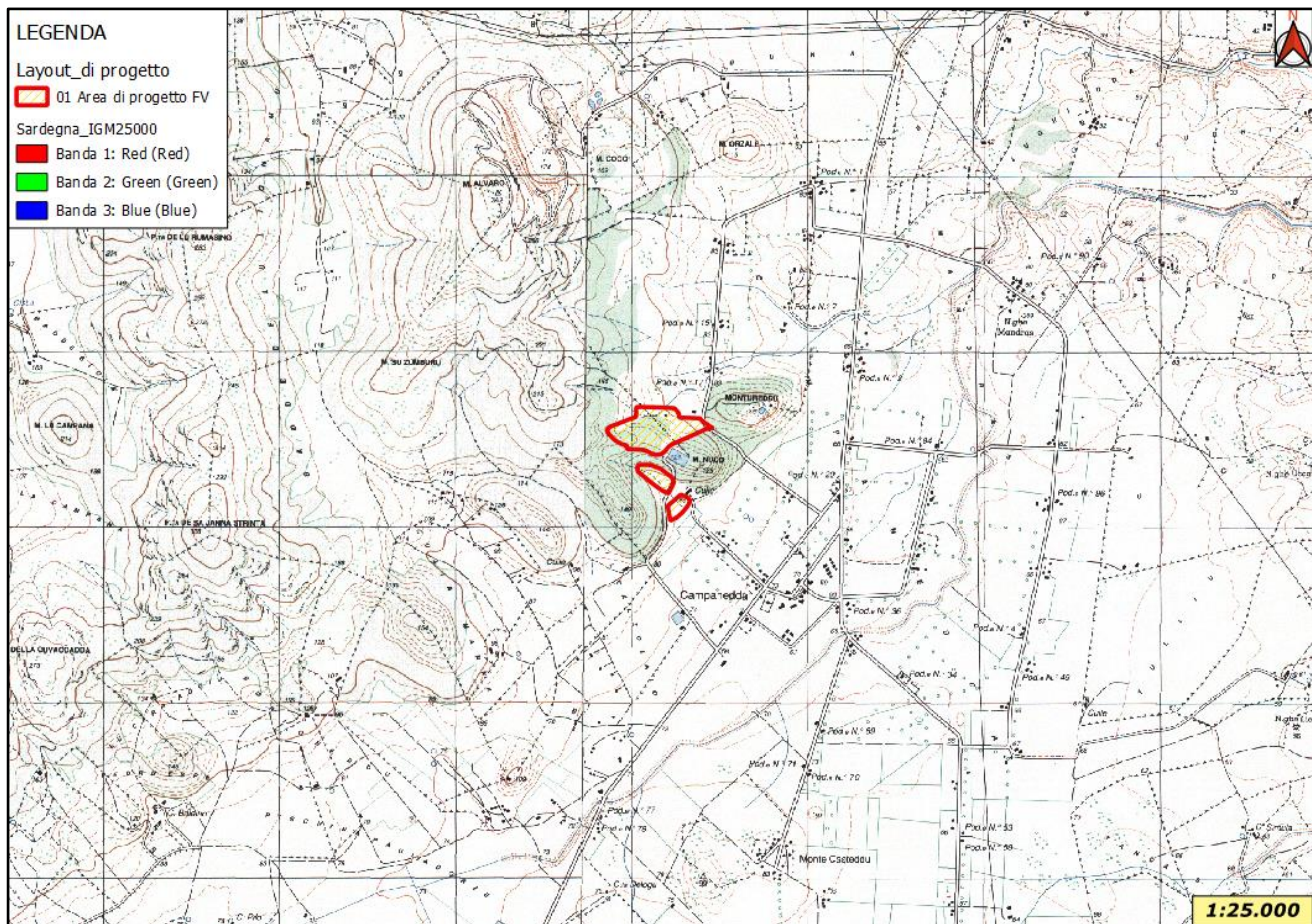
Si prevede di realizzare l'impianto in esame in località Campanedda (SS), all'interno di alcune aree a disposizione dei proponenti, aree ricadenti in zona urbanistica G 4.3.2 ("campi eolici e fotovoltaici esistenti e relative reti") nella quale la destinazione d'uso programmata è compatibile con l'intervento in progetto.

- Foglio **I.G.M.** N. 452 – sez II quadrante denominato "NURRA" alla scala 1:25.000;

ORTOFOTO 2016



IGM



ANALISI IDROLOGICA

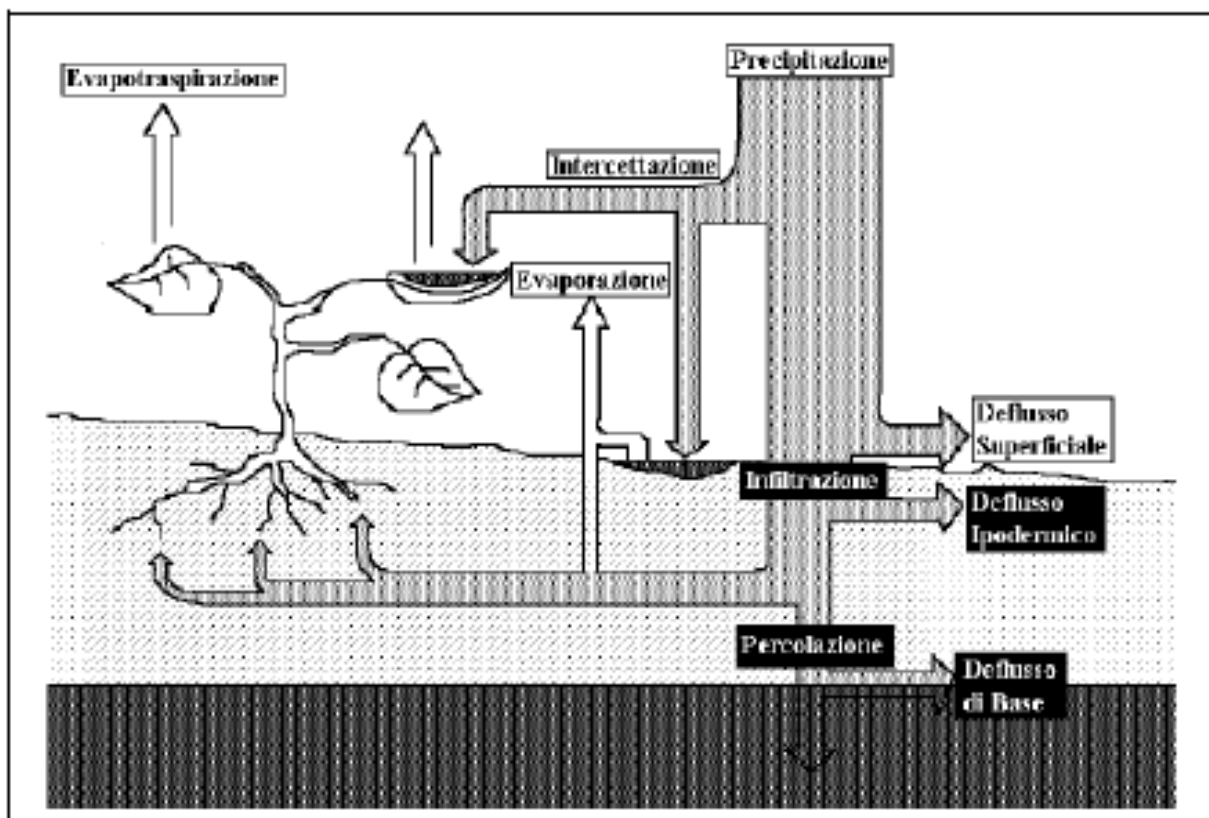
L'area oggetto di studio, sita nel territorio comunale Sassari, è ricompresa all'interno del Bacino unico della Sardegna, più precisamente nel sub bacino n. 3 "Coghinas- Mannu Temo" così come individuato dal P.A.I. Sardegna e dal P.S.F.F.

L'individuazione del sistema idrografico costituisce la base di partenza dello studio idrologico e idraulico.

Nell'analisi idrologica l'ordine di schematizzazione assunto riguarda sia il quadro concettuale che esprime il verificarsi del fenomeno, sia la successiva traduzione modellistica del fenomeno semplificato.

Nel primo caso giova rilevare che la schematizzazione di base per la rappresentazione della trasformazione degli afflussi in deflussi parte dall'individuazione di un processo descrittivo che assume il deflusso come accorpamento negativo delle grandezze facenti parte del bilancio idrico.

In particolare con il concetto di "trasformazione afflussi-deflussi" raggruppa l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso stesso si incanali nella rete idrografica secondo la seguente schematizzazione.



La realizzazione di modelli di piena passa necessariamente attraverso ulteriori semplificazioni del fenomeno, trascurando alcune grandezze possono che considerarsi influenti, infatti:

- l'evapotraspirazione risulta essere modesta o nulla in relazione ai deflussi superficiali che assumono importanza preponderante rispetto agli altri;
- i diversi tipi di deflusso (superficiale, ipodermico, profondo o di base) assumono una importanza relativa che varia in funzione del tempo caratteristico di risposta del bacino in esame;
- il deflusso di base, ovvero quello che può ritenersi costante e determinato dalle portate di magra del corso d'acqua, può essere ritenuto costante nell'ambito dell'evento di piena. Tale contributo, risulta in genere essere di uno o più ordini di grandezza inferiore alle portate di piena, e quindi in buona approssimazione trascurabile, così pure il deflusso ipodermico nel caso di un bacino di dimensioni medie o piccole.

La seconda fase consiste nello stabilire le relazioni analitiche intercorrenti tra le caratteristiche

dell'evento meteorico che causa la piena e le modalità con cui avviene la trasformazione afflussi-deflussi.

Il processo di analisi ha avuto le sue prime formulazioni nella metà dell'800 (Mulvany) nella relazione veniva definito il valore della portata al colmo Q per un assegnato periodo di ritorno per effetto di una precipitazione ricadente in un bacino assegnato.

Nella sua formulazione, venivano assunte le seguenti semplificazioni:

- il valore della portata al colmo Q relativo ad un evento meteorico costante, è il maggiore tra tutti i valori di portata definiti per lo stesso bacino e per lo stesso tempo di ritorno T .
- per un preassegnato periodo di ritorno, l'evento meteorico che genera il valore massimo di portata ha una durata pari al tempo di corrivazione;
- che la portata al colmo Q per un evento causata da una precipitazione ragguagliata di intensità costante sia proporzionale all'intensità della precipitazione, alla superficie del bacino e a un coefficiente C legato alle caratteristiche del bacino e al suo grado di impermeabilità.

Il successivo approccio cinematico cui si fa affidamento per la determinazione della portata introduce semplificazioni che tendono a schematizzare il deflusso sempre assumendo delle condizioni che tendono a eliminare le interazioni tra le grandezze che concorrono; in particolare, le ipotesi di base sono:

- il trasferimento della piena sia affidata al trasferimento di massa liquida;
- ogni goccia percorra sempre la stessa traiettoria anche con l'evoluzione del processo di pioggia, e che quindi le linee di corrivazione siano immutabili;
- il tempo di corrivazione, e quindi la velocità di ruscellamento dell'acqua sia immutabile con il livello di saturazione del terreno e con il formarsi del velo idrico superficiale, la velocità della goccia non sia influenzata dal moto delle altre gocce;
- la portata di piena sia data dalla somma delle portate provenienti dalle altre parti di bacino che si presentano alla sezione di chiusura allo stesso istante.

Le ipotesi di cui sopra diventano di fondamentale importanza in relazione al contesto territoriale entro cui si opera, e inducono approssimazioni più o meno rilevanti in base alle forme e caratteristiche dei bacini riferimento.

Entrando nelle specifiche grandezze che influenzano il modello, si rileva che le semplificazioni riguardano sia il grado di precisione della stima dell'intensità di pioggia, della sua distribuzione spaziale, che evidentemente della superficie del bacino ma anche della sua forma, così pure dell'individuazione della pioggia netta, e passa attraverso una modellizzazione della risposta del bacino stesso.

Le considerazioni su esposte, dunque, inducono a ritenere che possa essere accettato un grado di scostamento rispetto alle condizioni che realmente potrebbero verificarsi.

In fase di valutazione delle grandezze su richiamate, sarà opportuno valutare il grado di imprecisione che deriva dalla valutazione dell'intensità di pioggia, dalla sua distribuzione spaziale e dal comportamento del bacino idrografico per quanto attiene il processo di trasformazione afflussi deflussi.

Con l'ausilio di codici specifici per l'idrologia in ambiente GIS è stata dunque eseguita la prima fase di processo dei dati. Successivamente sono stati definiti, per ogni cella, la direzione del flusso, la direzione di massima pendenza, il numero di celle a monte che contribuiscono al flusso, la rete di drenaggio, le aree di drenaggio per ogni segmento idrico, etc., ai fini di ottenere il quadro completo che concorre all'individuazione dei parametri di bacino.

L'intera procedura consente di individuare quindi i principali parametri idrologici, quali la pendenza del bacino, l'asta principale, la lunghezza e pendenza dell'asta principale, la quota massima, minima e la superficie del bacino, la pendenza media.

Il calcolo della portata è stato effettuato conformemente a quanto previsto nelle Linee Guida del PAI. In esse si rileva che, in mancanza di dati osservati, si dovrà far ricorso alle metodologie di calcolo disponibili, che possono essere inquadrare 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, ovvero

indirettamente tramite trasformazione afflussi–deflussi.

Nel caso specifico, la stima della portata di piena ad assegnata frequenza sarà determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e i metodi empirici.

Per l'applicazione dei metodi di cui sopra si dovrà ricorrere all'individuazione dei parametri morfologici dei bacini in studio.

BACINO IDROGRAFICO E PARAMETRI MORFOMETRICI

Intendiamo per bacino idrografico la superficie topografica dalla quale le acque di pioggia, defluendo naturalmente, passano per la sezione di chiusura. Le caratteristiche morfometriche esaminate riguardano le dimensioni planimetriche, il rilievo, la pendenza media del bacino, dell'asta fluviale e il tempo di corrivazione, riferite ai principali bacini idrografici individuati nel territorio comunale che ai sub-bacini utili ai fini delle verifiche del calcolo idraulico.

Le dimensioni planimetriche sono:

- **A** - area o superficie del bacino: superficie della proiezione orizzontale del bacino idrografico chiuso alla sezione del corso d'acqua;
- **P** - perimetro: lunghezza della proiezione orizzontale di tutto il contorno dello spartiacque del bacino idrografico;
- **L** - lunghezza dell'asta (fluviale) principale: lunghezza misurata considerando il "percorso idraulicamente più lungo" partendo dallo spartiacque sino alla sezione di chiusura dell'asta (fluviale) principale, la quale identifica il percorso dei deflussi più importante nel bacino, lungo il quale dovrebbero anche defluire le portate maggiori.

I parametri o i coefficienti più significativi di un bacino relativi alle sue caratteristiche morfometriche sono:

- pendenza media del bacino j_m :

$$j_m = \Delta z * \Sigma l_i / A$$

Δz differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,
 Σl_i sviluppo totale delle curve di livello
 A superficie del bacino

- altitudine media del bacino H_m :

$$H_m = \Sigma S_i z_i / A$$

S_i area compresa tra due curve di livello, differenza di quota tra le curve di livello o anche detta equidistanza tra isoipse,
 z_i sviluppo totale delle curve di livello
 A superficie del bacino

- pendenza media dell'asta (fluviale) principale i_m :

$$\sqrt{i_m} = \frac{L_a}{\sum_k \frac{l_k}{\sqrt{i_k}}}$$

dove l_k e i_k sono la lunghezza e la pendenza del k-esimo tratto elementare dell'asta principale.

Il tracciamento dei bacini è stato fatto in ambiente GIS e integrato con applicativi specializzati per l'elaborazione idrologica. In particolare si è utilizzato il modello digitale del terreno (DEM) costituito da una griglia a maglia quadrata di 10 metri reperibile tramite il geoportale della regione Sardegna.

Il DEM costituisce la base altimetrica su cui individuare la linea di displuvio che delimita il bacino e fornisce la rappresentazione numerica da cui desumere i parametri morfometrici del bacino stesso necessari alle elaborazioni idrologiche.

In particolare il DEM consente, con operazioni semplici, di determinare l'area dei bacini totale e parziali, le quote delle sezioni d'interesse, le altitudini medie, minime e massime.

La carta delle acclività, derivata dal DEM, consente la determinazione della pendenza media del bacino; la struttura di rete assunta, infine, con l'aggiunta della coordinata Z del DEM, consente agevolmente l'individuazione dell'asta principale, con gli attributi di lunghezza e pendenza media, e del suo profilo altimetrico.

STIMA DELLA PORTATA DI PIENA

Come previsto dalle Linee Guida PAI la stima della portata al colmo può essere eseguita con tre metodi differenti:

- 1) metodo "diretto o probabilistico"
- 2) metodo "indiretto o analitico"
- 3) metodo "empirico".

I primi pervengono al valore della portata al colmo in una sezione di interesse a partire dall'analisi di serie storiche osservate di portata; i secondi sfruttano un modello di trasformazione afflussi-deflussi che consente di pervenire alla portata di progetto partendo dall'analisi statistica delle piogge; i metodi empirici, infine, si basano sull'osservazione di valori di portata al colmo che vengono posti in relazione con particolari parametri geomorfologici di bacino.

Non disponendo di serie storiche osservate di portate occorre subito scartare l'ipotesi di ricorrere a metodi di stima diretti che tra l'altro sono stati validati solo per grandi bacini al di sopra di 40-60 km².

I metodi empirici hanno il difetto di non tenere conto di nessuna analisi statistica, sono legati alla limitata serie di valori osservati e, in genere, danno dei valori di portata decisamente sovrastimati. In tale ottica i metodi indiretti, vista anche la dimensione dei bacini in studio, paiono i più adatti a sopperire alla inconsistenza dei dati osservati e, tra questi, il metodo razionale, basato sulla formula omonima, risulta certamente fra i più utilizzati.

La scelta del modello trasformazione afflussi-deflussi è un aspetto molto importante in quanto determina l'accuratezza dei risultati delle elaborazioni e la corretta interpretazione della dinamica del bacino in esame. Nel caso dei nostri bacini in studio vista la loro dimensione ed essendo contigui, alcune caratteristiche idrologiche sono state considerate omogenee.

Il parametro di riferimento che descrive la risposta idrologica di un terreno in termini di trasformazione degli afflussi (piogge) in deflussi (portate) è detto "contributo specifico di piena" o "coefficiente udometrico" (u), espresso usualmente in [l/s-ha]. La stima di " u " avviene utilizzando dei modelli concettuali semplificati che permettono di ricavare la portata massima che si ha alla sezione di chiusura del bacino a fronte di una precipitazione di assegnata durata e tempo di ritorno.

Tra i vari modelli analitico/concettuali disponibili in letteratura tecnica vi sono tre diversi metodi:

- il Metodo Razionale o Cinematico o del Tempo di Corrivazione, che rappresenta nel contesto italiano la formulazione sicuramente più utilizzata a livello operativo;
- il Metodo dell'Invaso;
- Il Metodo Curve Numbers proposto dal Soil Conservation Service (SCS) americano.

Circa la scelta della distribuzione di probabilità per le piogge (da adottarsi con la formula razionale), gli ultimi sviluppi della letteratura in proposito di eventi estremi in Sardegna hanno mostrato come la distribuzione Two Components Extreme Value, nota come TCEV, si presenti più adatta di quella

Lognormale per interpretare i fenomeni di pioggia brevi e intensi. Il metodo permette di esprimere la massima portata inerente una generica sezione che sottende ad un bacino di area A , in funzione della precipitazione critica ragguagliata che chiameremo $h_{(T)}$. Il metodo trova fondamento dall'ipotesi che il tempo impiegato da una goccia di pioggia per raggiungere la sezione di chiusura del bacino sia una costante che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui questa è caduta; tale intervallo di tempo viene definito come "tempo di corrivazione". La sua importanza deriva dal fatto, che per una precipitazione di durata t_c , tutto il bacino contribuisce al deflusso superficiale, e quindi alla sezione di chiusura si registrerà la massima portata.

IL METODO RAZIONALE BASATO SULLA DISTRIBUZIONE TCEV

La stima della portata di colmo con i metodi indiretti come quello razionale con distribuzione TCEV passa attraverso la valutazione della pioggia critica, cioè della pioggia che determina la portata massima, nell'ipotesi approssimata che il tempo di ritorno di un certo evento di pioggia si possa attribuire anche alla portata che esso genera.

La trasformazione Afflussi-Deflussi che consente di passare dalle precipitazioni alle portate fa ricorso al metodo Cinematico e alla cosiddetta "formula razionale" che calcola la portata di piena in base al fenomeno della corrivazione delle particelle liquide.

Per tale formula la pioggia critica è quella di durata pari alla somma del tempo di corrivazione più il tempo di formazione del deflusso superficiale. Quindi se si indica con Θ la durata critica si ha:

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

T_c il tempo di corrivazione del bacino

t_f il tempo di formazione del deflusso superficiale;

Nota la durata critica Θ la formula razionale definisce la portata al colmo relativa ad un certo tempo di ritorno con la relazione:

$$Q = i_{n,r} [\Theta, T_R, r(\Theta, A)] \cdot A.$$

In modo più esplicito:

$$Q = \frac{\Phi h [\Theta, T_R] r [\Theta, A] A}{\Theta} \quad (1)$$

Essendo

A l'area del bacino in km^2

$h [\Theta, T_R]$ l'altezza di pioggia critica di durata Θ e tempo di ritorno T_R

Φ il coefficiente di deflusso

$r(\Theta, A)$ il fattore di ragguaglio della precipitazione all'area del bacino

$\Theta \equiv T_c + t_f$ durata critica

Posto

$$h_{n,r} [\Theta, T_R, r] = \Phi h [\Theta, T_R] r [\Theta, A]$$

Si può dire che la portata al colmo in una certa sezione che chiude un bacino di area A assegnata e relativa ad un certo tempo di ritorno T_R risulta determinata una volta nota l'altezza di pioggia netta ragguagliata, di durata critica Θ , relativa a quel tempo di ritorno T_R e ragguagliata all'intero bacino (detta **altezza di pioggia critica**).

Si pongono di conseguenza due ordini di problemi:

- Definire la durata critica;
- Determinare l'altezza di pioggia critica.

Il calcolo della durata critica passa attraverso la determinazione del tempo di corrivazione e del tempo di formazione del deflusso.

Per il primo si hanno delle formule empiriche indicate di seguito, per il secondo si procede ad una valutazione per via iterativa.

Circa l'altezza di pioggia critica si procede come indicato nei paragrafi successivi.

TEMPO DI CORRIVAZIONE

Sullo schema concettuale della corrivazione che si basa sul *metodo cinematico* o *metodo della corrivazione*, per la stima delle portate di piena, le ipotesi basilari da tenere in considerazione sono:

- Ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende unicamente dal punto in cui essa è caduta;
- La velocità di una goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre; in realtà sappiamo che la velocità dell'acqua lungo un pendio o un alveo dipende, oltre che dalle caratteristiche della superficie bagnata anche dal tirante idrico; ne consegue che in un bacino si possono avere diversi tempi di corrivazione sia in funzione delle caratteristiche del suolo che in funzione della durata e dell'intensità dell'evento.
- La portata defluente si ottiene sommando le singole portate elementari provenienti dalle diverse aree del bacino che confluiscono alla sezione di chiusura.

La trasformazione afflussi-deflussi è una determinata sequenza di operazioni che permette, conoscendo l'altezza di precipitazione e la durata di un evento meteorico, di ottenere la portata che defluisce per la sezione di chiusura del bacino idrografico.

Fattore da tenere in considerazione è che la velocità dell'acqua si mantiene pressoché costante da monte verso valle, dal momento che, la diminuzione di pendenza è bilanciata dai cambiamenti di larghezza, di profondità e di scabrezza.

Teoricamente, il tempo impiegato da una goccia d'acqua caduta nel punto idraulicamente più lontano, cioè il punto dello spartiacque da cui ha origine l'asta principale della rete idrografica, per raggiungere la sezione di chiusura, prende il nome di tempo di corrivazione.

Il tempo di corrivazione, considerando che è il tempo impiegato da una goccia d'acqua per percorrere l'intera asta fluviale principale, dall'origine sullo spartiacque topografico alla sezione di chiusura, è il maggiore tra quelli di tutti i punti del bacino.

Il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule empiriche, derivate dall'analisi di una gran quantità di casi reali, che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune grandezze caratteristiche del bacino di facile determinazione.

Come prescritto dalle "Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell'art.30 ter, comma 6 delle Norme di attuazione del PAI" per il calcolo in esame si farà riferimento alla formulazione di Viparelli ($V=1$ m/s).

FORMULA DI VIPARELLI

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [\text{ore}]$$

dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

$1-1,5$ è la velocità media della corrente in m/s

DETERMINAZIONE DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

L'altezza di pioggia critica viene calcolata a partire dalla curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione, τ , ad assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno T_R .

Le curve di possibilità pluviometrica disponibili si possono esprimere secondo due differenti distribuzioni probabilistiche:

- distribuzione **Log-Normale** (Sardegna suddivisa in 4 sottozone omogenee)
- distribuzione **TCEV** (Sardegna suddivisa in 3 sottozone omogenee definizione della pioggia indice)

In entrambi i casi, la Sardegna è suddivisa in zone pluviometriche omogenee per le piogge di breve durata. Ciascuna zona, per distribuzione geografica, può rappresentare un distinto regime pluviometrico. Le curve sono state determinate per ciascun gruppo nella forma:

$$h = a \cdot \tau^n$$

dove h rappresenta l'altezza di precipitazione per una durata τ , mentre **a** ed **n** sono i coefficienti caratteristici di ogni gruppo omogeneo, funzione del tempo di ritorno e, nel caso della distribuzione TCEV, della pioggia indice.

Si descrive brevemente la procedura utilizzata per la determinazione delle curve segnalatrici di possibilità climatica valide nelle località esaminata, utilizzando i risultati in (Deidda e Piga, 1998) qui presentati in forma aggiornata. L'altezza di pioggia lorda $h_l(\tau)$ in mm di durata τ in ore e di assegnato tempo di ritorno T in anni è fornita dalla seguente relazione monomia:

$$h_l(\tau) = a \tau^n \quad (2)$$

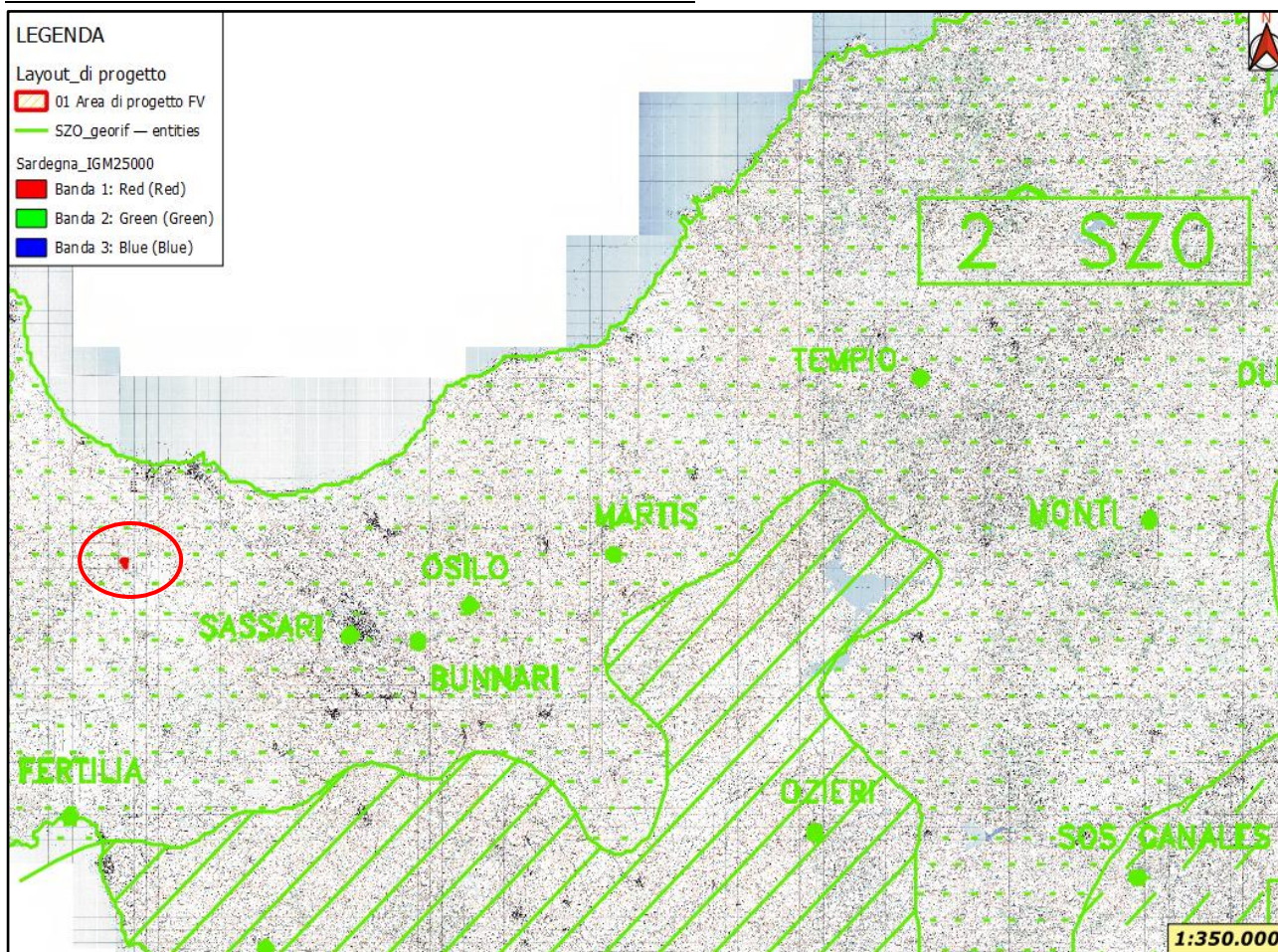
La pioggia indice, definita nella distribuzione TCEV ed elemento tipico della singola stazione pluviometrica, tiene conto dell'altezza di pioggia caduta in 1 ora e consente di rappresentare direttamente le caratteristiche degli eventi meteorici per il territorio in esame; pertanto è l'elemento che permette di scendere più in dettaglio rispetto alla semplice suddivisione in sottozone che caratterizza il metodo basato sulla distribuzione Log-Normale.

Anche in virtù di questo fatto come distribuzione probabilistica delle piogge si è adottata la **TCEV** (Two Component Extreme Value) parametrizzata secondo lo studio condotto da Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica in Sardegna a partire dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense.

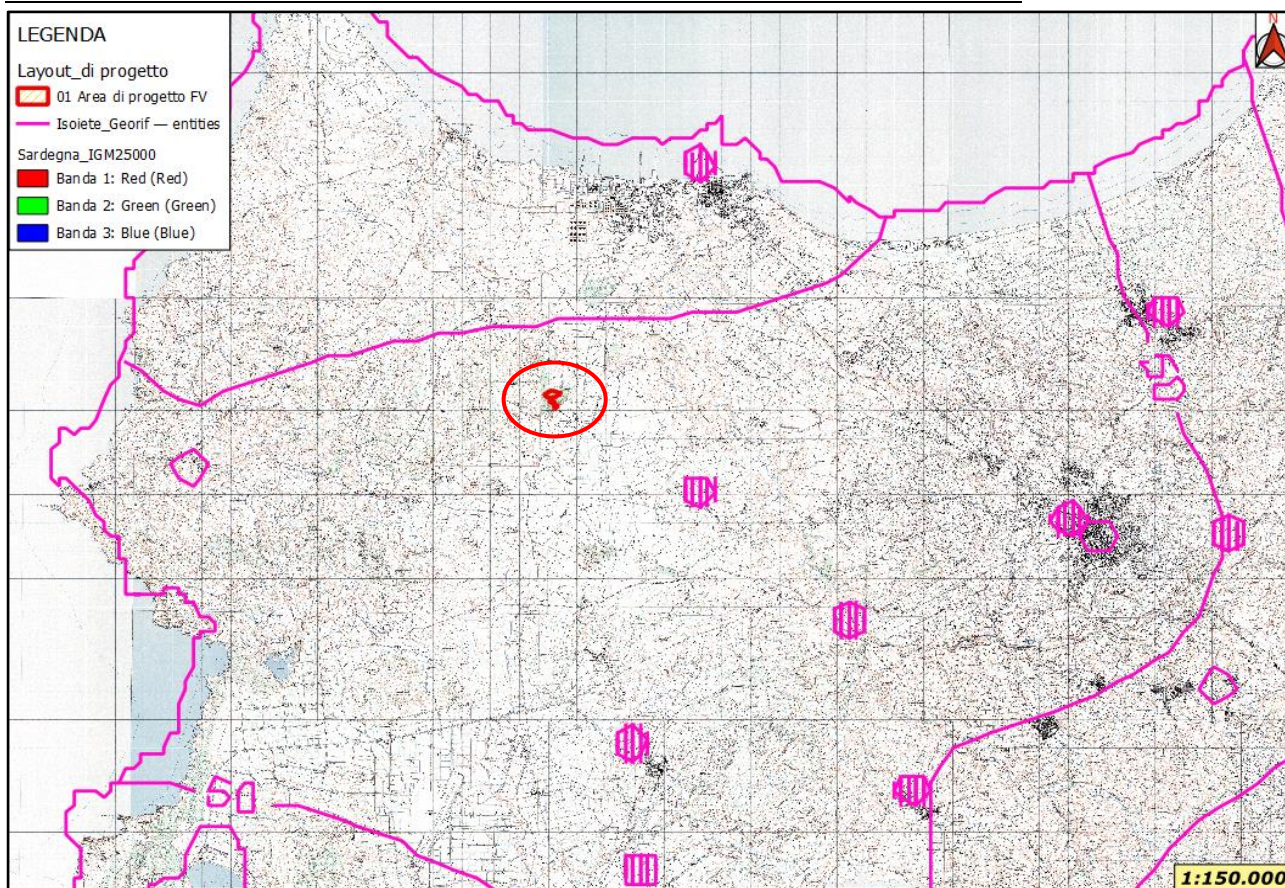
Di seguito si descrive il calcolo per un tempo di ritorno di T anni.

L'applicazione del metodo prevede il calcolo preliminare della pioggia indice giornaliera $\bar{h}(g)$ valutabile per interpolazione dalle isoiete della carta della relativa distribuzione spaziale.

SUDDIVISIONE IN SZO DELLA SARDEGNA - **SZO 2**



CARTA DELLE ISOIETE - REGIONE SARDEGNA- **PIOGGIA INDICE 50 mm**



Dalla pioggia indice giornaliera si ricava la **pioggia indice** o pioggia media di durata τ ,

$$\bar{h}(\tau) = \frac{\bar{h}_g}{0.886 * 24^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))}} * \tau^{(-0.493+0.476 \text{Log}(\bar{h}_g))} \quad (2)$$

In questa relazione la pioggia indice va calcolata assumendo come durata quella critica

$$\Theta \equiv T_c + t_f$$

Il tempo di corrivazione è stato stimato, mentre per il tempo di formazione del deflusso superficiale si procede in modo iterativo con la formula suggerita nelle linee guida PAI:

$$t_f = \frac{I_a}{i(\Theta, r)}$$

Essendo I_a l'assorbimento iniziale (vedi stima delle perdite SCS)
 $i(\Theta, r)$ l'intensità di pioggia ragguagliata di durata critica.

Definita la pioggia indice si definisce una variabile aleatoria normalizzata:

$$h'(\tau) = \frac{h(\tau)}{\bar{h}(\tau)} = a \tau^n \quad (2)$$

Dove **a** ed **n** sono i parametri della curva normalizzata definiti per le tre sotto zone omogenee della Sardegna (SZO) in funzione del tempo di ritorno per durate minori e maggiori di 1 ora e per tempi di ritorno maggiori o minori di 10 anni con le seguenti formule (per T>10 anni):

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata > 1 ora
Sottozona 1	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$	$a=0.46378+1.0386*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18449+0.23032*\text{Log}(T)-3.3330*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0563*10^{-2}-7.9034*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$	$a=0.44182+1.0817*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18676+0.24310*\text{Log}(T)-3.5453*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-5.6593*10^{-3}-4.0872*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.41273+1.1370*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19055+0.25937*\text{Log}(T)-3.8160*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.5878*10^{-2}+7.6250*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Tabella 1 Parametri della curva normalizzata

Poiché i bacini ricadono interamente in **sottozona 2**, in funzione della durata critica e del tempo di ritorno (maggiori di 10 anni) si possono calcolare i valori di a ed n.

Assumendo T si determinano **a** ed **n** e sostituendo nella (2) si determina il valore della variabile aleatoria normalizzata posto $\tau \equiv \Theta$

$$h'(\tau) = a \tau^n$$

Utilizzando la relazione (2) si perviene infine a determinare l'altezza di pioggia critica relativa ad un dato T:

$$h(\Theta) = h'(\Theta) \bar{h}(\Theta)$$

Quella determinata è la pioggia **lorda** critica h con tempo di ritorno T anni, ma per stimare la portata con la formula 1 occorre la cosiddetta pioggia netta h_{netta} valutata con la formula:

$$h_{netta} = \Phi h = \frac{(h - I)^2}{(h + S - I)}$$

dove:

S (in mm) è l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

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

CN Curve Number

I_a è l'assorbimento iniziale legato ad S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 \cdot S$$

Nel caso in questione, considerato l'uso del suolo e il tipo di suolo e ponendoci nelle condizioni più critiche di AMCIII si determina il CN quindi S, I e $h_{netta} = \Phi h$.

$$\Phi = \frac{h_{netta}}{h}$$

Il coefficiente di deflusso ϕ è il parametro che determina la trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi. Esso è determinato, come il rapporto tra il volume defluito attraverso un'assegnata sezione in un definito intervallo di tempo e il volume meteorico totale precipitato nell'intervallo stesso. Il coefficiente di deflusso è valutato considerando le caratteristiche di permeabilità, e quindi, di utilizzo, delle diverse superfici presenti nell'intero bacino scolante.

Si calcola un coefficiente di ragguglio r per $\tau = \Theta$ con la relazione valida per $A < 20 \text{ km}^2$

$$r = 1 - (0.0394 A^{0.354})^{\tau(-0.40 + 0.0208 \ln(4.6 - \ln(A)))}$$

Introducendo ϕ , h , r , A e Θ nella (1) si ha infine la determinazione della portata Q relativa a quel tempo di ritorno.

Inoltre, dalla carta delle isoiete elaborate della regione Sardegna, risulta che l'area studiata è caratterizzata da un valore di pioggia indice pari a **50 mm**

VALUTAZIONE DEL PARAMETRO CURVE NUMBER

I valori del parametro Curve Number (CN), compreso tra 0 e 100, valutano la capacità di assorbimento dei suoli in funzione delle caratteristiche dell'uso del suolo, la litologia e la permeabilità. Seguendo le procedure proposte dalla RAS, in primis, sulla base dei dati dell'uso del suolo (RAS - Carta Corine) si sono attribuiti i valori del CN(I) alle diverse tipologie di suolo ricadenti nel bacino, in seguito corretti in funzione delle caratteristiche geologiche (ΔCN), ed eseguendo una media pesata rispetto all'area dei diversi valori considerati si ottiene il CN(II); in ultimo, applicando la specifica relazione:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

si è ottenuto il parametro CN corretto.

Lo studio proposto dalla RAS, ha analizzato le diverse classi in considerazione degli aspetti geologici preminenti e delle caratteristiche di permeabilità, cui sono stati attribuiti i coefficienti di variazione (ΔCN) corrispondenti ad ogni tipo litologico.

I coefficienti di variazione del Curve Number sono assunti nell'intervallo di valori (- 5, +15): un coefficiente di variazione pari a - 5 è tipico dei terreni incoerenti ad elevata capacità di infiltrazione, mentre un valore +15 è proprio di rocce con strutture cristalline compatte e poco permeabili.

ANALISI IDROLOGICA DEGLI ELEMENTI IDRICI NON SIGNIFICATIVI**1. BACINO B_1_Nord**

Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo	
SUPERFICIE (kmq)	0.16
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	0.348
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.044
PENDENZA MEDIA BACINO	0.0798
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	129.45
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	90.11
CN III (DA LINEE GUIDA)	95

Tempo di corrivazione – Formula di VIPARELLI (assunto V=1 m/s)

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [ore]$$

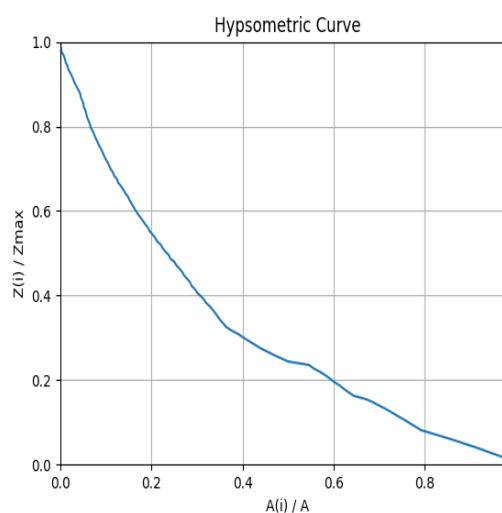
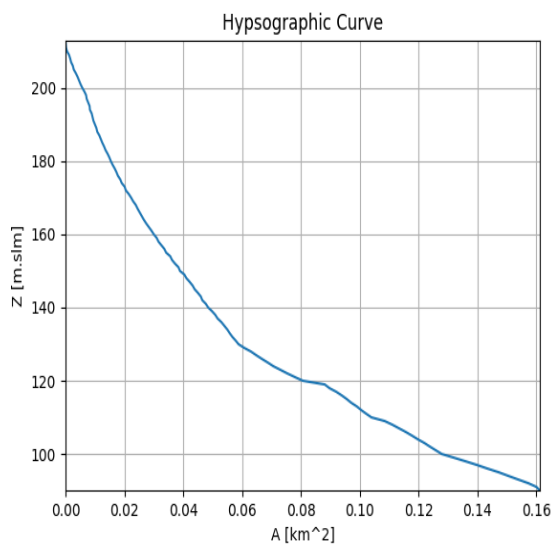
dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

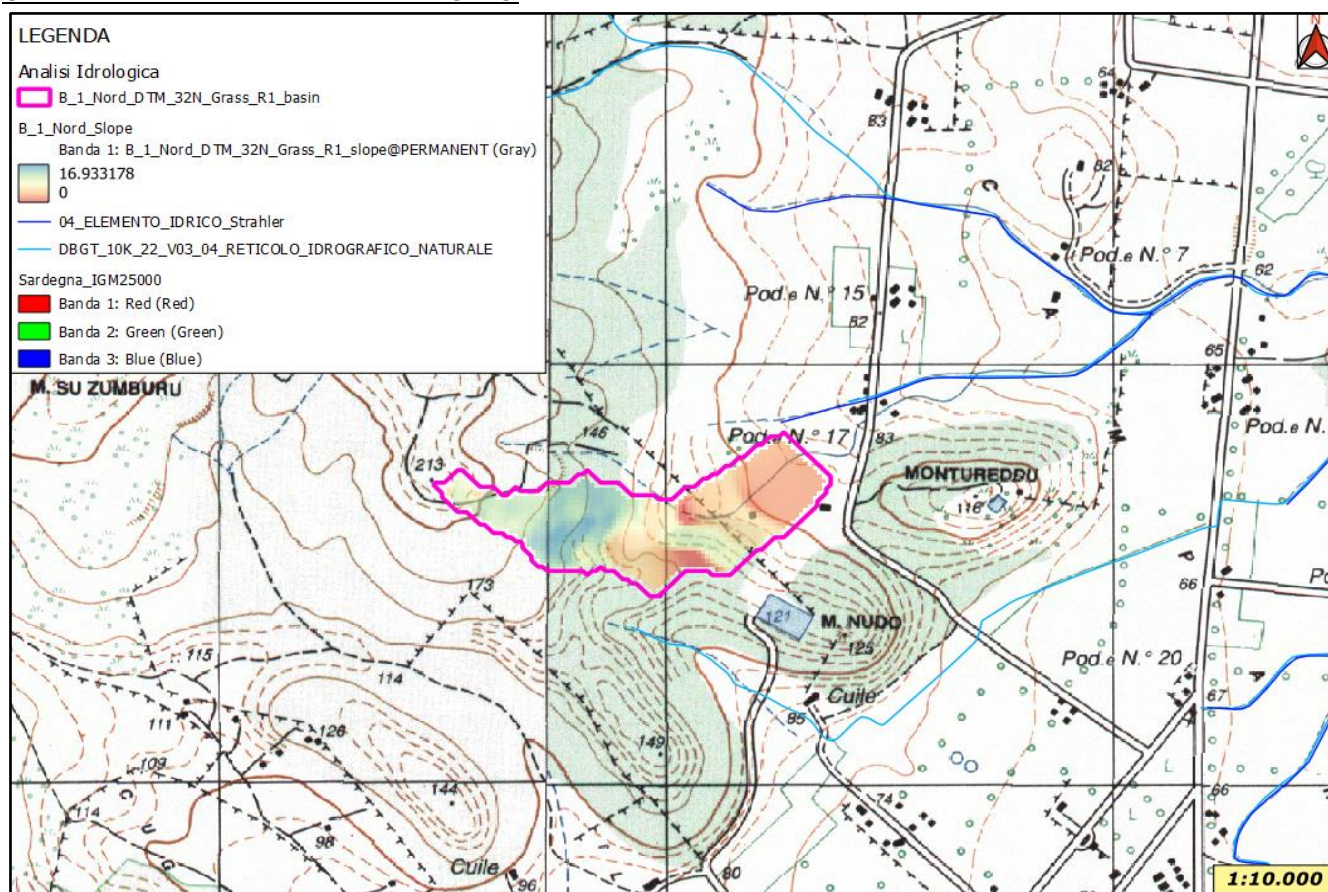
1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

posto V=1.0 m/s si ha:

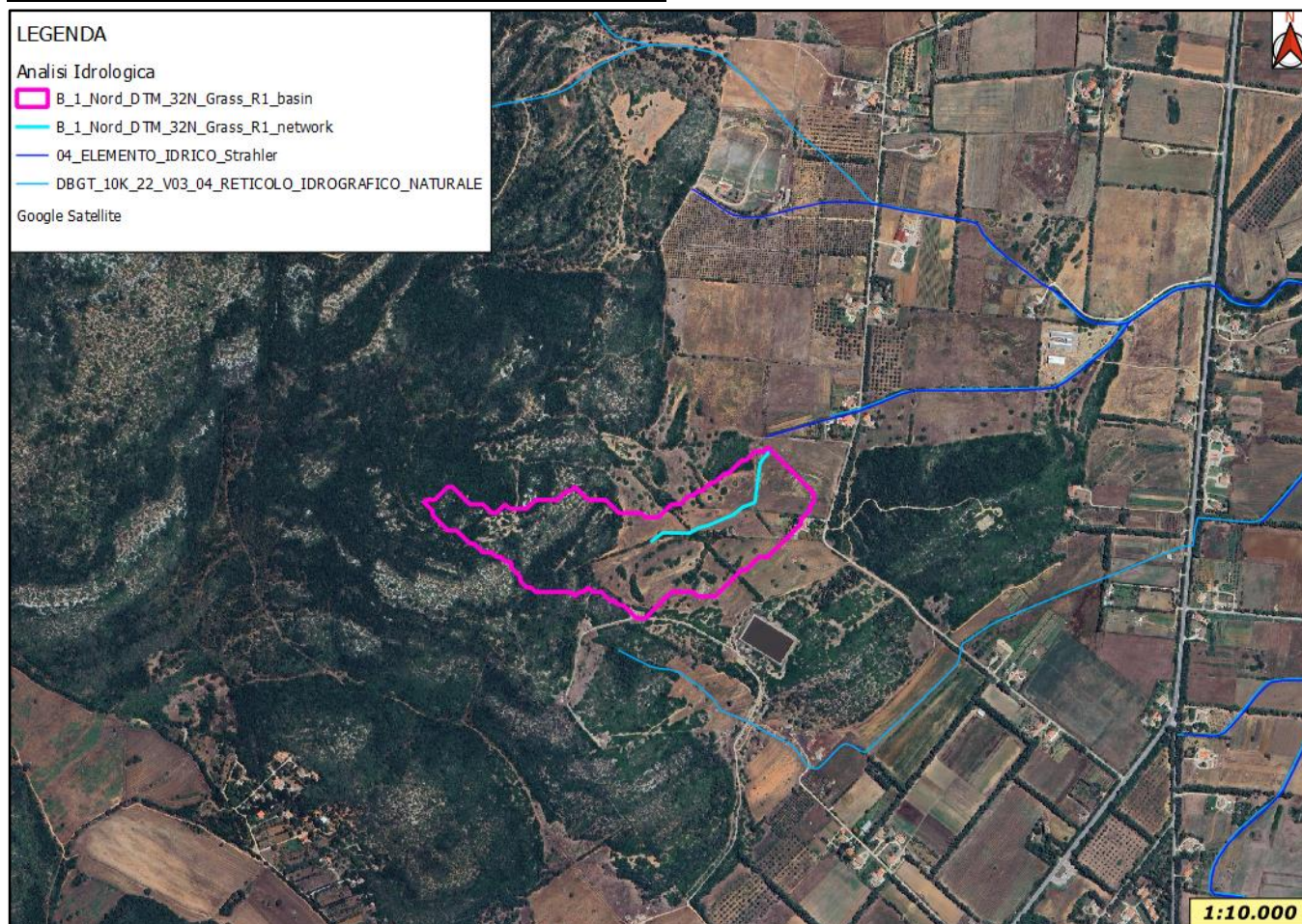
$$TC = 0.097 \text{ ore}$$



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

TABELLA

1

B_1_Nord

d

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO			ASTA FLUVIALE		
AREA	ALTEZZA CHIUSURA	ALTEZZA MEDIA	PENDENZA MEDIA	LUNGHEZZA	PENDENZA
(Kmq)	(m s.l.m.)	(m s.l.m.)		(Km)	
0.160	90.11	129.45	0.0798	0.348	0.0442

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)		T. RITORNO	Tf(*)	Tc+Tf(**)
SCS	0.12	(anni)	(ore)	(ore)
Giandotti	0.42	50	0.0176	0.1143
Pasini	0.20	100	0.0165	0.1132
Viparelli	0.10	200	0.0155	0.1122
Ventura	0.24	500	0.0142	0.1109
V A P I	1.39			
Kirpich	0.10			
VALORE STIMATO	0.10			

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PARAMETRI					
CN AMC III	S	Pa' Sirchia	T C E V hg media	T C E V sotto zona	LOG NORM gruppo
95.0	13.368	0.7	50	2	3

TCEV

Ψ	h(Tc+Tf)	hn	Ψ	h(Tc+Tf)	hn
	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
0.44	17.4	7.7	0.00	0	0
0.46	18.4	8.5	0.00	0	0
0.48	19.4	9.3	0.00	0	0
0.50	20.8	10.5	0.00	0	0

LOG NORMALE

Ψ	h(Tc+Tf)	hn	Ψ	h(Tc+Tf)	hn
	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)
0.44	17.4	7.7	0.00	0	0
0.46	18.4	8.5	0.00	0	0
0.48	19.4	9.3	0.00	0	0
0.50	20.8	10.5	0.00	0	0

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):	50	100	200	500
--------------------------	----	-----	-----	-----

METODI INDIRETTI

T C E V	2.99	3.32	3.67	4.19	(mc/s)
SIRCHIA	6.23	6.23	6.23	6.23	(mc/s)
SIRCHIA MODIFICATO	4.80	5.54	6.29	7.29	(mc/s)
LOG NORMALE	0.00	0.00	0.00	0.00	(mc/s)
PORTATA DI PROGETTO	2.99	3.32	3.67	4.19	(mc/s)

2. BACINO B_2_Sud

Si riporta in tabella la sintesi dei parametri esprimanti le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Bacino di calcolo	
SUPERFICIE (kmq)	0.36
LUNGHEZZA ASTA PRINCIPALE (Km)	1.95
PENDENZA MEDIA ASTA PRINCIPALE	0.055
PENDENZA MEDIA BACINO	0.088
ALTITUDINE MEDIA (m slm)	103.4
ALTITUDINE SEZIONE TERMINALE (m slm)	69.9
CN III (DA LINEE GUIDA)	95

Tempo di corrivazione – Formula di VIPARELLI (assunto V=1 m/s)

$$T_c = \frac{L}{(1 \div 1,5) \cdot 3,6} \quad [\text{ore}]$$

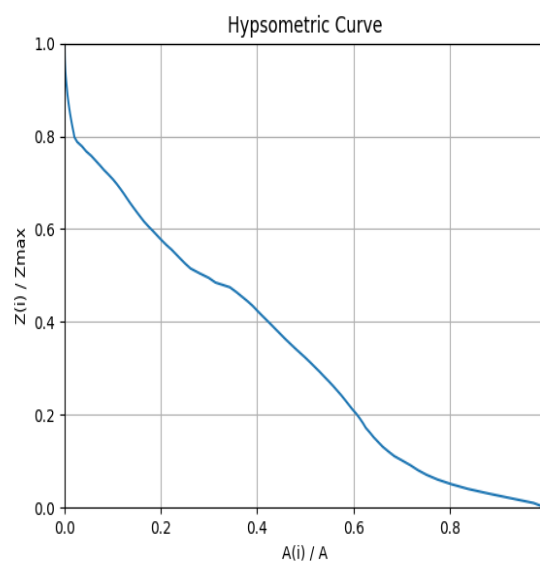
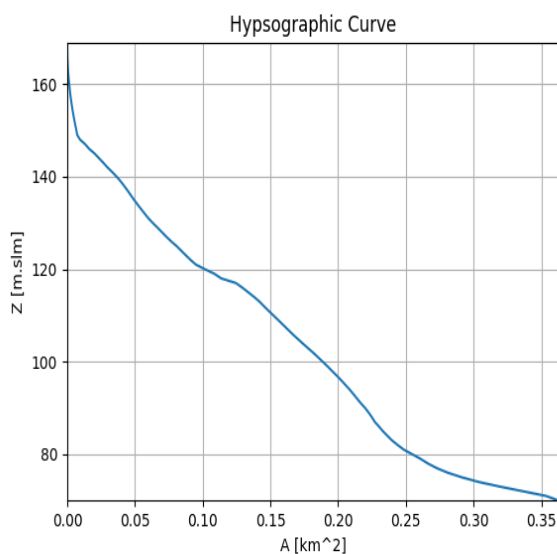
dove :

L è la lunghezza dell'asta principale in km

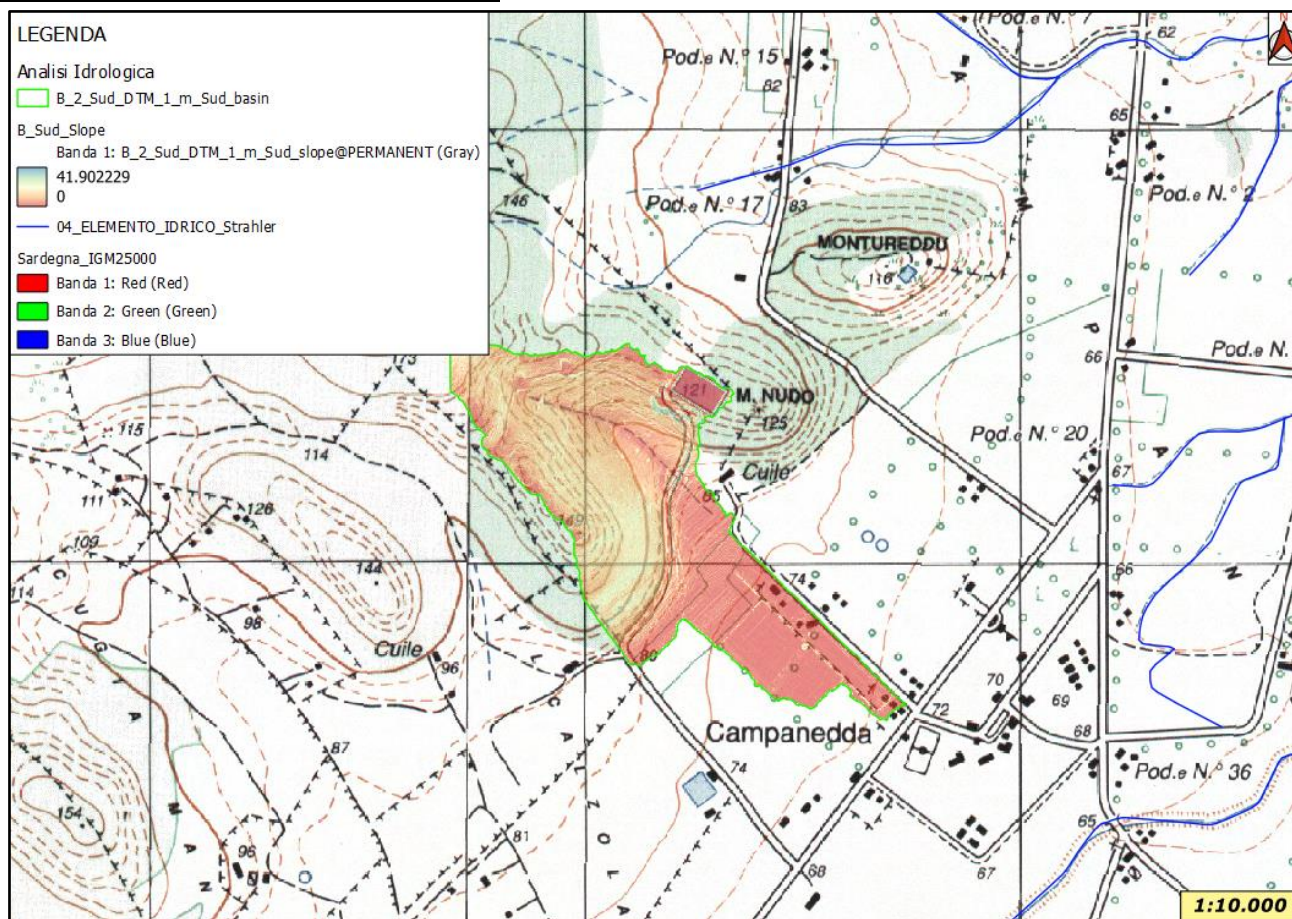
1-1,5 è la velocità media della corrente in m/s

posto V=1.0 m/s si ha:

$TC = 0.54 \text{ ore}$



CARTA DELLE PENDENZE DEL BACINO



CARTA DEL RETICOLO IDROGRAFICO DEL BACINO



Portate

Utilizzando come tempo di corrivazione quanto sopra indicato ed avendo come **pioggia indice giornaliera di 50 mm**, si ottiene infine:

TABELLA

2

B_2_Sud

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

BACINO

AREA

ALTEZZA CHIUSURA

ALTEZZA MEDIA

PENDENZA MEDIA

LUNGHEZZA

PENDENZA

(Kmq)

(m s.l.m.)

(m s.l.m.)

(Km)

0.360

69.9

103.4

0.0880

1.95

0.0550

ASTA FLUVIALE

PARAMETRI

CN
AMC III

S

Pa'
Sirchia

T C E V
hg media

T C E V
sotto zona

LOG NORM
gruppo

(mm)

95.0

13.368

0.7

50

2

3

TEMPI DI CORRIVAZIONE

(ore)

SCS

0.44

Giandotti

1.15

Pasini

0.41

Viparelli

0.54

Ventura

0.33

V A P I

1.48

Kirpich

0.34

VALORE STIMATO

0.54

T. RITORNO

Tf(*)

Tc+Tf(**)

(anni)

(ore)

(ore)

50

0.0434

0.5851

100

0.0385

0.5802

200

0.0346

0.5763

500

0.0305

0.5722

TCEV

LOG NORMALE

Ψ

h(Tc+Tf)

hn

Ψ

h(Tc+Tf)

hn

(mm)

(mm)

(mm)

(mm)

0.66

36.0

23.8

0.00

0

0

0.69

40.3

27.7

0.00

0

0

0.71

44.5

31.7

0.00

0

0

0.74

50.1

37.0

0.00

0

0

(*) tempo di formazione del deflusso superficiale

(**) durata di pioggia critica somma dei tempi di corrivazione e di formazione del deflusso sup.

PORTATE DI PIENA

TEMPI DI RITORNO (anni):

50

100

200

500

METODI INDIRETTI

T C E V

4.07

4.78

5.50

6.46

SIRCHIA

12.86

12.86

12.86

12.86

SIRCHIA MODIFICATO

9.90

11.45

12.99

15.05

LOG NORMALE

0.00

0.00

0.00

0.00

PORTATA DI PROGETTO

4.07

4.78

5.50

6.46

CONCLUSIONI

Visti i risultati sopra riportati, si può dunque affermare che il reticolo esaminato rientra tra quelli classificabili come “**non significativi**”.

Infatti, rispetta integralmente quanto previsto al punto 2.3 lettera “A” delle “*Linee guida e indicazioni metodologiche per la corretta individuazione e rappresentazione cartografica del reticolo idrografico ai sensi dell’art.30 ter, comma 6 delle Norme di attuazione del PAI*”, che si riporta di seguito:

- A. *Bacini della zona occidentale idrologicamente omogenea delle Linee Guida del PAI La condizione di non significatività, che consente la esclusione di un elemento già presente nello shp o la non inclusione di un elemento presente nella sola cartografia IGM 25-VS, è data dalla contestuale presenza delle seguenti caratteristiche, costituite da un bacino di superficie inferiore a 0,50 kmq e portate bicentennali inferiori a 7 mc/s da calcolare alla sezione di confluenza dell’elemento di valle e con tempo di corrivazione fornito dalla formula di Viparelli ($V=1$ m/s), con utilizzo del metodo TCEV/SCS con CN(III) non inferiore a 95.*

Per i TR 200 infatti le portate analizzate **non superano i 5.50 m³/s.**

Concludendo, per quanto sopra detto e in applicazione dell’art. 23 comma 7bis delle NTA del PAI che recita che “In relazione alla progettazione di singoli interventi, non è richiesto alcuno studio di compatibilità idraulica qualora l’intervento interessi elementi idrici non significativi del reticolo idrografico né ricada in area di pericolosità derivante da esondazione di altri elementi del reticolo idrografico, a condizione che i progetti siano corredati da una relazione asseverata redatta dai tecnici di cui al comma 3, lett. a), dell’articolo. 24, da inviare, ai sensi del comma 6 dell’articolo 30 ter, a fini ricognitivi, all’Autorità di Bacino” **per l’intervento in oggetto non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica.**

ALLEGATO A – TAVOLA DEI BACINI DEGLI ELEMENTI IDRICI NON SIGNIFICATIVI

