

COMUNI DI BITTI, ORUNE E BUDDUSO'
PROVINCE DI NUORO E SASSARI



PROGETTO DEFINITIVO PARCO EOLICO "GOMORETTA"

Elaborato: EP_CIV_R008

Scala : -

Data : 11 dicembre 2017

Relazione idrologico - idraulica

COMMITTENTE :
Siemens Gamesa Renewable Energy Italy S.p.A.

RESPONSABILE TECNICO COMMESSA :
Dott. Ing. Nicola Maria Pepe

COORDINAMENTO :

Bm Studio Tecnico Industriale
Dott. Ing. **Bruno Manca**



N° REVISIONE	Data revisione	Elaborato	Controllato	Approvato	NOTE
Rev.00	11/12/2017	BM	NMPEPE	GMERCURIO/NMPEPE	A4 (210x297mm)

E' vietata la copia anche parziale del presente elaborato

Gruppo di lavoro : Dott.ssa in Arch. Giorgia Campus
Dott.ssa Ing. Barbara Dessi
Dott.ssa Ing. Alessandra Scalas



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E AMBIENTALE	3
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, OROGRAFICO E IDROGRAFICO.....	3
2.2 CARATTERISTICHE DELLA RETE IDROGRAFICA	5
3. ANALISI IDROLOGICA PER LA DEFINIZIONE DELLA PORTATA	7
3.1 APPROCCIO METODOLOGICO	7
3.2 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO DI ALIMENTAZIONE DEL RIO	7
3.3 ANALISI LITOLOGICA E DELLA PERMEABILITÀ DEL BACINO	8
3.4 CARATTERISTICHE VEGETAZIONALI E DELL'USO DEL SUOLO	8
3.5 ANALISI DELL'ACCLIVITÀ DEL BACINO	8
3.6 TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	8
3.7 METODOLOGIA PAI PER LA STIMA DELLE PORTATE AL COLMO.....	11
3.7.1 <i>Metodologie di calcolo</i>	11
4. ELEMENTI PER L'ANALISI IDRAULICA E CONCLUSIONI	15

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva del "Parco Eolico Gomoretta" nei Comuni di Bitti e Orune, Provincia di Nuoro, verranno analizzati in questa relazione le zone del territorio nella quale sono presenti corpi idrici anche di lieve entità e compluvi che possono interferire con la viabilità che verrà realizzata o utilizzata per l'accesso ai terreni in cui saranno ubicati gli aerogeneratori.

La presente relazione costituisce documentazione integrativa ai fini della verifica dell'opera progettata dal punto di vista della sua funzionalità idraulica. Dopo una prima parte di inquadramento territoriale e di descrizione del contesto, l'elaborato contiene l'analisi idrologica finalizzata alla definizione dei valori di portata di verifica e la successiva analisi idraulica, volta a definire le caratteristiche del deflusso in prossimità degli attraversamenti stradali e dei compluvi naturali presenti lungo il territorio.

L'analisi è stata supportata da sopralluoghi tecnici e da un adeguato rilievo topografico di dettaglio delle sezioni trasversali degli attraversamenti presenti.

Il territorio circostante il Parco Eolico si presenta prettamente collinare con dislivelli tra i terreni in cui saranno ubicati gli aerogeneratori e la viabilità principale dell'ordine dei 300 m. I bacini idrografici che alimentano i corpi idrici sono di modeste dimensioni e non sono presenti corsi d'acqua naturali.

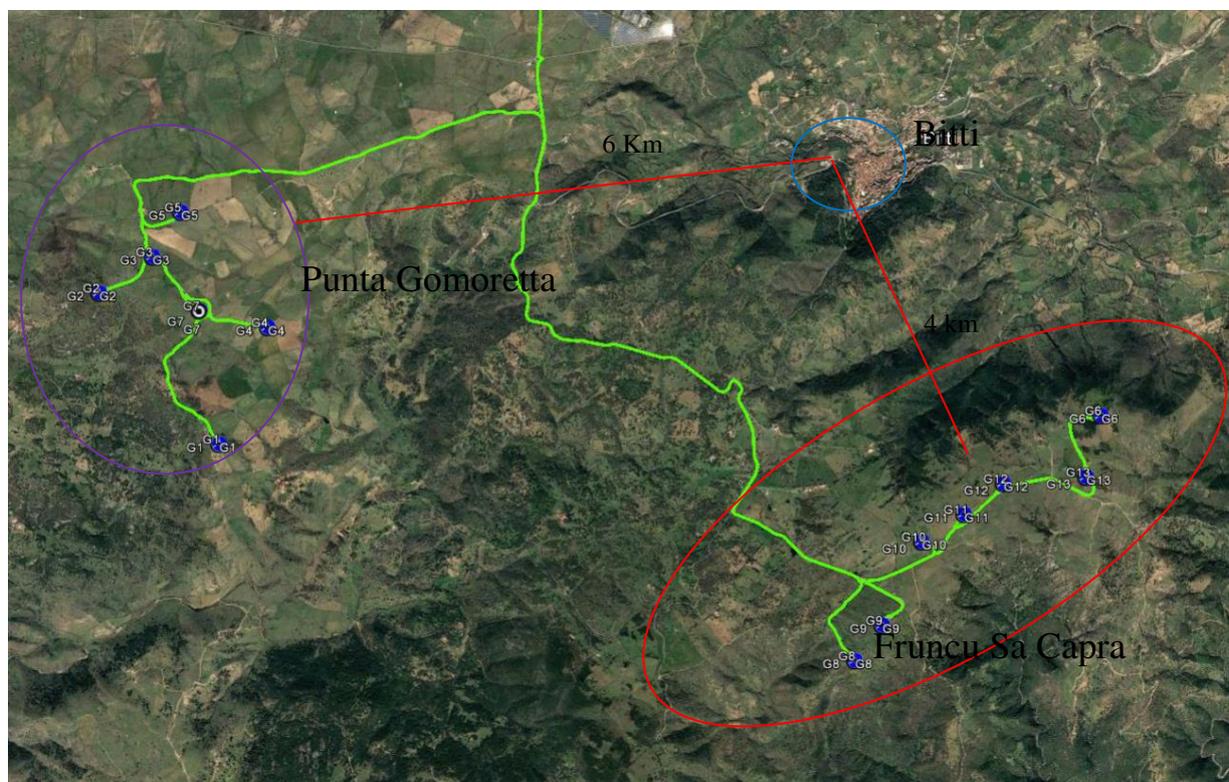


Figura 1 – Inquadramento geografico del Parco Eolico su immagine satellitare

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E AMBIENTALE

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, OROGRAFICO E IDROGRAFICO

L'intervento oggetto dell'analisi idraulica si trova nei territori comunali di Bitti e Orune ed in due distinte zone di accesso al Parco Eolico, in località Punta Gomoretta e Fruncu Sa Capra.

Il massiccio granitico dell'altopiano caratterizza geomorfologicamente buona parte del territorio del Comune di Bitti e dei Comuni limitrofi. Il substrato litologico, risalente all'orogenesi alpina, ha una struttura geologica dominata quantitativamente da materiali intrusivi fortemente acidi, di estrema durezza, di difficile alterabilità, dove l'azione degli agenti atmosferici si rende manifesta solo nei tempi lunghi. L'alta percentuale dei materiali sabbiosi (70/75%) determina le caratteristiche granulometriche, le argille e i materiali limosi costituiscono, in parti pressoché uguali, la restante parte percentuale.

Le caratteristiche pedologiche sono strettamente legate alla natura della roccia madre, ai parametri climatici e alla vegetazione, sinergicamente interagenti. Mentre la natura geologica e i valori climatici rimangono relativamente invariabili, la vegetazione esistente ha subito di continuo l'azione antropica in relazione alle esigenze dell'attività economica. Caratterizzato in passato da un soprassuolo boschivo di *Q. Ilex* (di cui attualmente si riscontrano solo tracce), ad oggi è scomparso a causa degli incendi ricorrenti nella zona e al taglio irrazionalmente condotto. Esso presenta una situazione pedologica ascrivibile alla famiglia dei suoli bruni in stato di più o meno profonda involuzione. Sono presenti i Rankers bruni, Suoli bruni, con profilo (A), C ; A, C; A,(B),C.

I termini a profilo (A), C e A, C sono rappresentati laddove è scomparsa la foresta e costituiscono pertanto stadi di conseguente degradazione. Il profilo ABC è abbastanza rappresentato soprattutto dove il soprassuolo è recentemente scomparso o si trova in via di involuzione. I limiti funzionali di questi terreni sono espressi dalla bassa disponibilità di humus, dalla semplicità del profilo e dalla poca profondità; elementi che si ripercuotono negativamente sulla funzione regimante delle precipitazioni, con predisposizione al ruscellamento soprattutto laddove è accentuata la pendenza e sul regolare sviluppo del ciclo della sostanza organica. L'intervento in parte già attuato mira ad instaurare un equilibrato rapporto tra suolo e vegetazione, bloccando i fattori che ne determinano l'attuale fase di degradazione (incendi, pascolo) e la riattivazione del soprassuolo tramite il recupero delle ceppaie vitali e la piantagione diretta.

La zona Parco, all'interno della quale verrà ubicato il Parco Eolico; è rappresentata dai terreni a sud, sud-ovest rispetto al centro abitato del comune di Bitti, e lambisce a Sud-Sud-Est i confini comunali di Orune. In questa porzione di territorio sono presenti terreni a prevalente carattere agricolo o di pascolo.

Sono assenti corsi d'acqua naturali e i compluvi generati dalla conformazione collinare del territorio sono alimentati da piccoli bacini imbriferi.

Ottobre 2015 - Settembre 2016

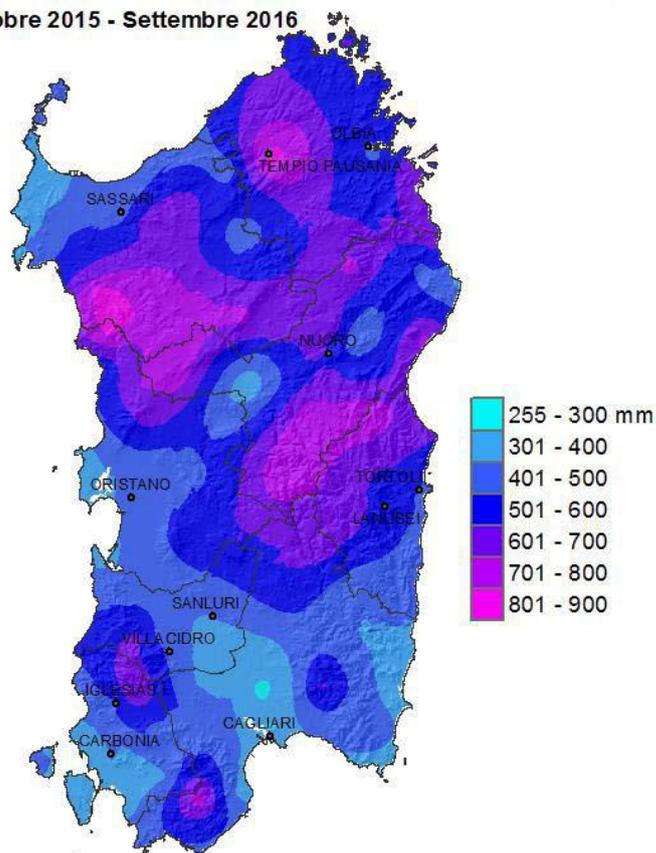


Figura 2: cumulo di precipitazioni in Sardegna da ottobre 2015 a settembre 2016

Per quanto riguarda le precipitazioni si fa riferimento alle elaborazioni dell'ARPA Sardegna del periodo ottobre 2015 – settembre 2016, periodo caratterizzato da piogge distribuite in maniera da seguire l'orografia, combinate ad un andamento decrescente da Nord a Sud.

Come si può vedere nella figura 2, infatti, le piogge cumulate sui dodici mesi mostrano le seguenti caratteristiche: sulle aree pedemontane e montane i cumulati dell'annata sono stati compresi tra i 600mm e i 900mm. Come si può osservare, nel 2015-2016 la soglia dei 1000mm non è stata superata neanche nelle aree montane.

Nei dodici mesi i giorni piovosi sono stati tra 80 e 100 nelle aree montane, più numerosi della media. Poiché, tuttavia, anche nelle aree montane i cumulati annuali sono risultati inferiori alla media, ciò sta a indicare che su queste zone è piovuto spesso, ma con eventi generalmente di modesta entità.

Il trimestre ottobre-dicembre 2015 è stato caratterizzato da piogge progressivamente più deficitarie coll'avanzare della stagione: il mese di ottobre ha avuto delle piogge superiori alla media climatologica sul Nord-Est della Sardegna e in linea colla media climatologica altrove; il mese di novembre ha avuto piogge modeste, quasi ovunque inferiori al 50% della media climatologica; il mese di dicembre non ha quasi avuto piogge, se si eccettua un unico episodio che ha interessato l'Ogliastra.

Il confronto con l'andamento secolare (figura 3) mostra che per il secondo anno consecutivo il trimestre autunnale ha avuto piogge deficitarie. Per trovare con due anni consecutivi con piogge molto modeste e nel trimestre ottobre-dicembre bisogna risalire al 1988-1989.

Se si confrontano i singoli mesi con le rispettive medie climatologiche si osserva, inoltre, che gennaio e aprile hanno avuto piogge deficitarie, marzo ha avuto piogge in linea con la media e febbraio ha avuto piogge molto abbondanti (sino a 3 volte la media in Provincia di Sassari e nelle aree limitrofe). Il deficit pluviometrico di aprile e il surplus di febbraio si sono compensati per cui il quadrimestre gennaio-aprile 2016 risulta sostanzialmente in media rispetto alla climatologia.

Rispetto all'andamento secolare il 2016 si colloca all'interno di un lento trend crescente che è in corso da quasi due decenni. La nuova base dati mostra che anche per il quadrimestre gennaio-aprile il ventennio 1920-1940 risultò complessivamente piovoso con un valore eccezionalmente elevato nel 1930.

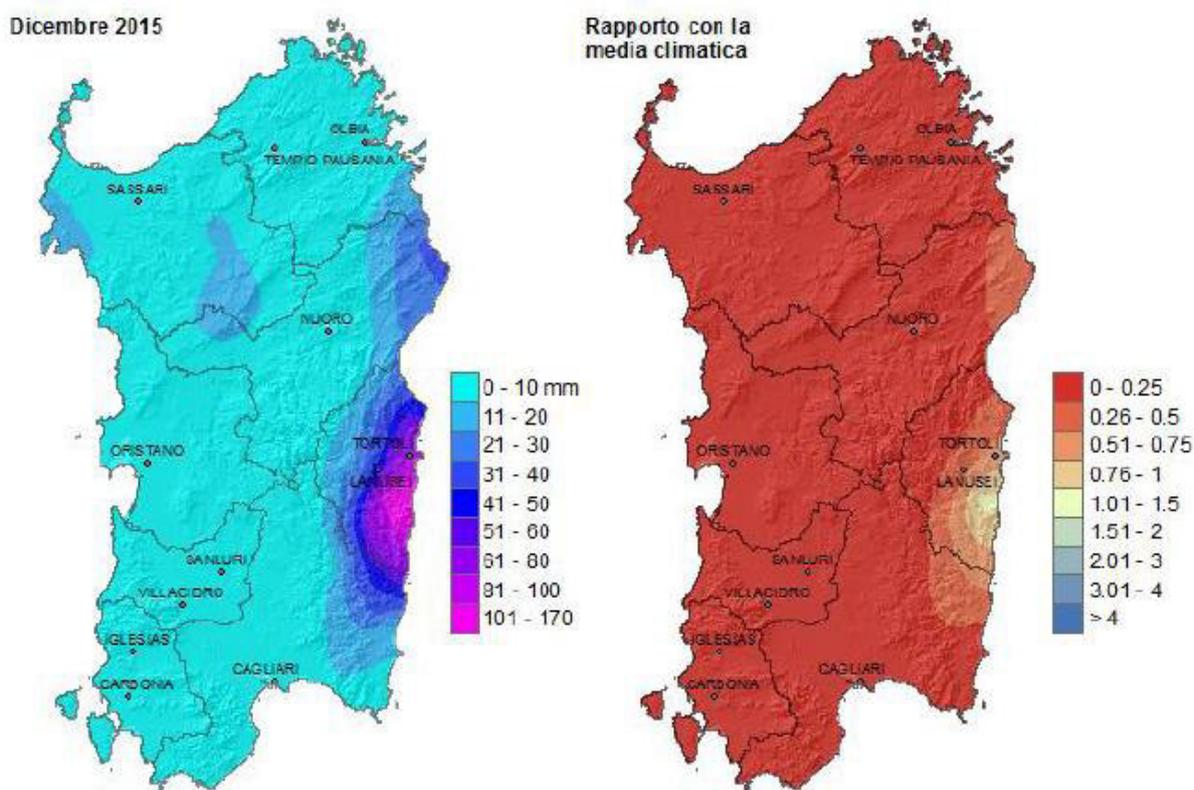


Figure 3: Precipitazioni totali e confronto con l'andamento secolare.

2.2 CARATTERISTICHE DELLA RETE IDROGRAFICA

Lungo il territorio in cui verranno installati gli aerogeneratori non è presente una rete idrografica come definita classicamente. L'andamento collinare comporta, tuttavia, la presenza di vari compluvi e ruscellamento superficiale dai versanti che si innestano lungo le strade interne del Parco. Dalla Figura 1 - immagine satellitare del territorio - si evidenzia l'estensione del Parco e la sostanziale assenza di corpi idrici di entità rilevante al fine dell'analisi idrologica – idraulica.

Con riferimento a quanto espresso in precedenza si procederà ad analizzare i vari compluvi che attraversano le strade interne al Parco, considerando per la progettazione e la verifica idraulica la condizione idraulica più sfavorevole.

3. ANALISI IDROLOGICA PER LA DEFINIZIONE DELLA PORTATA

3.1 APPROCCIO METODOLOGICO

La definizione della portata idrica costituisce un importante passaggio nella progettazione di opere di regimazione delle acque superficiali e di ruscellamento. Nell'ambito del presente studio sono stati condotti sopralluoghi finalizzati alla definizione delle sezioni topografiche necessarie per le verifiche, nonché al tracciamento del bacino imbrifero alimentatore dei suddetti rii. **Dagli studi effettuati non è stata rilevata alcuna interferenza con le opere in progetto.** Si è riscontrata una forte naturalità dovuta all'assenza di opere di regimazione idrica oltre l'ultima turbina, la WTG G13, del settore 2 in prossimità della strada che procede a sud di essa. Allo stato odierno il ruscellamento causato da un piccolo bacino idrografico comporta una portata che scorre a pelo libero al di sopra della strada rurale, per poi lasciare la strada e procedere verso valle attraverso un impluvio naturale, il quale alimenta nel fondo valle un piccolo corso d'acqua. **Il percorso del ruscellamento non interessa pertanto le opere in progetto.**

3.2 INDIVIDUAZIONE DEL BACINO IMBRIFERO DI ALIMENTAZIONE DEL RIO

Il contributo di portata naturale che scorre attraverso il rio considerato è stato valutato come funzione dell'estensione del bacino imbrifero dello stesso, considerando come sezione di chiusura la strada rurale di attraversamento.

Tale area è stata delimitata utilizzando la base cartografica in scala 1:10.000 e verificata sul territorio. L'estensione del bacino considerato è riportato in Figura 4.

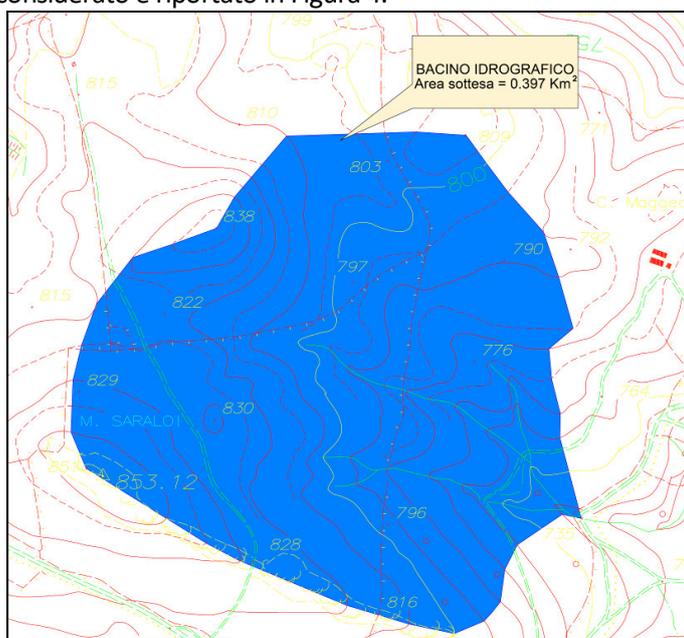


Figura 4 – Delimitazione del bacino.

3.3 ANALISI LITOLOGICA E DELLA PERMEABILITÀ DEL BACINO

I terreni sono inoltre geologicamente formati da filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso micacee, come riportato nella carta tematica geologica presente all'interno del geoportale cartografico della Sardegna.

3.4 CARATTERISTICHE VEGETAZIONALI E DELL'USO DEL SUOLO

La carta tematica dell'uso del suolo è stata dedotta dalla carta tematica dell'uso del suolo aggiornata al 2008 e consultabile attraverso il geoportale cartografico della Regione Sardegna. Con la finalità di assegnare dei valori del Curve Number secondo la classificazione proposta dal Soil Conservation Service, occorre far riferimento alle classi d'uso che presentano uno specifico codice d'identificazione.

I terreni che caratterizzano il bacino imbrifero risultano omogenei e per l'intera superficie l'utilizzo è di tipo seminativo in area non irrigua. L'andamento vegetazionale dove presente è di tipo "macchia mediterranea".

I terreni sono inoltre geologicamente formati da filladi, filladi carboniose, quarziti con subordinate metarenarie quarzoso micacee. La tessitura dei terreni è quindi di tipo sabbioso-ghiaioso con assenza di limi o argille.

Con riferimento a quanto sopra e utilizzando secondo la classificazione proposta dal Soil Conservation Service il valore del Curve Number CN per questa tipologia di suolo è 71.

3.5 ANALISI DELL'ACCLIVITÀ DEL BACINO

L'analisi dell'acclività, oltre a permettere l'individuazione delle aree a maggiore propensione al dissesto, essendo a parità di condizioni litologiche, geomeccaniche ed idrogeologiche, il fattore dominante per le condizioni di stabilità dei versanti, è sicuramente un elemento fondamentale per lo studio morfologico della rete idrografica al fine di definire la "risposta del bacino" e cioè il legame afflussi - deflussi attraverso la definizione della capacità di invaso della rete idrografica. L'acclività, inoltre, è un parametro importante per valutare i processi di erosione superficiale del suolo che condizionano la definizione del trasporto solido di un corso d'acqua nel periodo di piena.

La pendenza media dell'impluvio è espressa in genere dal rapporto tra la massima differenza di quota e la lunghezza totale dell'asta stessa:

$$i_f = \frac{\Delta h_{\max}}{L}$$

3.6 TEMPO DI CORRIVAZIONE

In molte schematizzazioni delle trasformazioni afflussi-deflussi s'introduce l'ipotesi che il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino scorrendo in superficie sia una costante che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta e dalle caratteristiche morfologiche del bacino.

Pur essendo un'assunzione che presenta notevoli limiti, risulta comunque molto utile nella pratica progettuale in quanto, a prescindere dal metodo scelto per la determinazione della portata di piena, fornisce con calcoli relativamente semplici un'indicazione sul comportamento idrologico del bacino in studio.

Il tempo di corrivazione è il tempo impiegato da una particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura del bacino, per cui ad ogni punto della zona esaminata corrisponde un valore del tempo di corrivazione. Un punto particolare è quello idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, che rappresenta il contributo "ultimo" del deflusso superficiale. Il tempo di corrivazione di questo punto, che è il tempo impiegato da una particella d'acqua per percorrere l'intera superficie del bacino, dall'origine alla sezione di chiusura, e che risulta il maggiore tra quelli dei diversi punti del bacino, prende il nome di tempo di corrivazione del bacino.

Quindi, per il bacino esaminato si può determinare il tempo di corrivazione T_c corrispondente, tenendo conto che dipende da numerosi fattori che possono essere elencati nel modo seguente:

- parametri relativi alla topografia e alle caratteristiche planimetriche dei bacini, come la superficie, la lunghezza e la pendenza dell'asta principale, la larghezza media del bacino, la distanza del baricentro del bacino dal punto idraulicamente più lontano dalla sezione di chiusura, la pendenza media dei versanti;
- parametri che definiscono le caratteristiche della rete idrografica quali la densità della rete, la capacità d'invaso nella rete e in bacini naturali e artificiali, le scabrezze degli alvei;
- parametri relativi alla copertura vegetale che definiscono la maggiore o minore presenza di boschi, pascoli, seminativi o altra destinazione d'uso del suolo;
- parametri relativi alle caratteristiche geologiche e fisiche del suolo quali la permeabilità e la capacità di trattenuta dell'acqua.

Vista la notevole difficoltà nel considerare tutti questi parametri, il tempo di corrivazione si stima in genere utilizzando formule che derivano dall'analisi di molti casi reali e che esprimono il legame mediamente esistente tra il tempo di corrivazione e alcune altre grandezze caratteristiche del bacino e di facile determinazione. Proprio per tale ragione è molto importante operare la scelta delle formulazioni da adottare in relazione al singolo caso reale, in modo da utilizzare quelle che derivano dall'analisi di casi analoghi a quello analizzato.

Le formulazioni comunemente utilizzate sono le seguenti:

- Puglisi
$$T_c = 6 \frac{L^{0,667}}{\Delta H^{0,333}}$$
- Pezzoli
$$T_c = 0,055 \frac{L}{\sqrt{i_f}}$$
- Ventura
$$T_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{i_f}}$$

- Pasini
$$T_c = 0,108 \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{i_f}}$$

- Giandotti
$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{H}}$$

- SCS
$$T_c = \frac{0,00227 \cdot L^{0,8} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0,7}}{\sqrt{i_v}}$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione (ore);
- S = superficie del sottobacino (Km²);
- L = lunghezza dell'asta principale (Km);
- i_f = pendenza caratteristica dell'asta principale (m/m);
- i_v = pendenza caratteristica dei versanti (m/m);
- CN = curve number;
- H = altitudine media del sottobacino riferita alla sezione di chiusura (m);
- ΔH = dislivello dell'asta principale (m).

Per il calcolo del tempo di corrivazione dell'area scolante in esame sono state utilizzate le formulazioni di Giandotti, Pezzoli, Ventura, Pasini e SCS method. Tralasciando i due valori estremi ottenuti con Giandotti e SCS method si sono considerati per il calcolo del tempo di corrivazione le restanti formulazioni. Per l'utilizzo delle precedenti formule, è necessario determinare i parametri morfologici del bacino. I valori utilizzati per il calcolo sono riassunti nella Tabella 1

Tabella 1 – Parametri morfologici del bacino per il calcolo del tempo di corrivazione

Bacino	S Km ²	L Km	ΔH m	i_f m/m	i_v m/m
Area scolante	0.397	0.698	86	0.123	0.123

Nella Tabella 2 sono riportati i valori dei tempi di corrivazione, espressi in ore, calcolati con le formule sopra elencate. Vista la semplicità del bacino si è deciso in via cautelativa di fare coincidere le due pendenze caratteristiche.

Tabella 2 – Tempi di corrivazione del bacino

Bacino	SCS	Pezzoli	Ventura	Pasini	Giandotti
--------	-----	---------	---------	--------	-----------

Area scolante	0.011	0.109	0.228	0.201	0.68
---------------	-------	-------	-------	-------	------

Il valore del tempo di corrivazione che verrà utilizzato per il calcolo della portata di progetto risulta essere il valore medio tra le tre formulazioni considerate attendibili.

Il tempo di corrivazione per il bacino imbrifero in esame sarà quindi $T_c = 0.18$ h pari a circa 11 minuti.

3.7 METODOLOGIA PAI PER LA STIMA DELLE PORTATE AL COLMO

Secondo quanto indicato nelle "Linee guida per l'individuazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" (Regione Autonoma della Sardegna, Assessorato Lavori Pubblici: "Attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia" - DL. 180 e Legge 267 del 3-08-1998) valide per il territorio regionale, 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 (Kottegoda e Rosso,1997; Moisello, 1998).

Nel caso della Sardegna, la consistenza dei dati di portata disponibili, unitamente alla frequente necessità di dover stimare le portate in sezioni non osservate, suggerisce che la stima della portata di piena ad assegnata frequenza in ciascuna sezione idrologica debba essere determinata attraverso il confronto critico tra metodologie dirette, indirette e metodi empirici e studi specialistici locali, metodologie che dovranno essere confrontate con i dati osservati ove disponibili .

3.7.1 Metodologie di calcolo

La stima delle portate di piena, necessaria per la determinazione del parametro progettuale di dimensionamento dell'opera, è stata effettuata seguendo le indicazioni derivanti dalle linee guida del PAI regionale, che distingue tra i diversi metodi quelli diretti, indiretti ed empirici.

- i metodi diretti calcolano il valore della portata al colmo in una sezione di interesse a partire dall'analisi di serie storiche osservate;
- i metodi indiretti utilizzano un modello di trasformazione afflussi – deflussi che consente di determinare la portata di progetto tramite un'analisi statistica delle piogge;
- i metodi empirici pongono in relazione i valori di portata al colmo con i parametri geomorfologici del bacino;

Poiché il bacino in esame ha dimensioni ridotte (0,397 km² di superficie; H_m 787 m), si rendono inapplicabili i metodi di stima diretti. Il metodo diretto di distribuzione di probabilità TCEV, basato su una stima regionalizzata dei parametri della distribuzione (bacini occidentali e orientali), fornisce delle portate di colmo

per i diversi tempi di ritorno in funzione dell'area di bacini comunque superiori ai 60 km². Tale approccio risulta quindi inapplicabile al bacino di interesse.

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

La formula utilizzata è quella classica del metodo razionale

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

in cui la portata al colmo relativa ad un certo tempo di ritorno risulta determinata una volta nota l'intensità di pioggia netta ragguagliata $i_{n,r} [\Theta, T_R, r]$ di durata critica Θ relativa ad un determinato tempo di ritorno.

L'intensità 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 , e di una assegnata frequenza di accadimento o periodo di ritorno.

Circa la distribuzione probabilistica delle piogge si fa riferimento allo studio di Deidda e Piga sulle curve di possibilità climatica ottenute dall'analisi dei massimi annui delle piogge brevi e intense interpretati con la distribuzione TCEV (Two Component Extreme Value).

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

Si ricava la pioggia indice o pioggia media di durata τ , $\bar{h}(\tau)$ che dipende dalla pioggia media giornaliera; infine si esprime l'equazione della curva di possibilità pluviometrica che consente di ottenere la pioggia lorda di durata τ in funzione del tempo di ritorno come:

$$h_l(\tau, T_r) = \bar{h}(\tau) = a\tau^n \text{ (mm)}$$

dove a ed n sono stati valutati, in funzione del tempo di ritorno e della sottozona omogenea.

In particolare nel caso in studio risulta:

$$\bar{h}(g) = 75 \text{ mm}$$

mentre a ed n sono stati valutati, in funzione del tempo di ritorno, tenendo conto che l'intero bacino considerato ricade nella sottozona omogenea III della distribuzione TCEV e che i tempi di ritorno di interesse sono superiori al limite fissato di 10 anni.

Tenendo conto dell'estensione del bacino non appare corretto applicare alla pioggia lorda, valutata con la precedente formula, un coefficiente riduttivo di ragguaglio areale, si porrà pertanto pari a 1 il coefficiente di ragguaglio r e si assumerà la pioggia lorda puntuale dedotta dalle curva di possibilità come pioggia su tutta l'area del bacino:

$$h_{l,r}(\tau, T_r) = h_l(\tau, T_r)$$

Per passare dalla pioggia lorda a quella netta si deve stimare la quota parte di pioggia che si perde nel bacino per infiltrazione, immagazzinamento e altri fenomeni. La stima delle perdite può essere fatta utilizzando il metodo del Curve Number (Soil Conservation Services) che, attraverso l'attribuzione di un numero indice detto CN dipendente dall'uso e dal tipo di suolo, consente di determinare il coefficiente di deflusso e la pioggia netta in base all'espressione

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

dove h_{lorda} è la pioggia stimata per assegnata distribuzione di probabilità, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione

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

e I è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I = 0.2S$$

Tenendo conto che il bacino in studio è piuttosto piccolo e fortemente pendente con vaste aree a carattere prettamente agricolo o terreni di pascolo si assume un valore $CN(III) = 76$.

Per definire l'evento critico di progetto occorre specificarne la durata Θ per poi assumere, come richiede il metodo Razionale, $\tau = \Theta$; Θ è data dalla somma del tempo di corrivazione più il tempo necessario per colmare i volumi di perdita iniziale detto anche tempo di formazione del ruscellamento superficiale t_f .

$$t_f = I_a / i_{l,r}(\tau)$$

Si considera trascurabile il tempo di formazione, in quanto le dimensioni del bacino sono di modeste dimensioni, in maniera tali da porsi in condizioni cautelative.

Si è assunto un CN pari a 76 e un tempo di corrivazione T_c pari a 11 minuti.

Si è proceduto poi ad ottenere l'intensità di pioggia netta che è stata moltiplicata per la superficie totale del bacino permettendo di calcolare in definitiva i seguenti valori di portata per i tempi di ritorno assegnati:

$$Q_{50} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_{100} = 0.40 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_{200} = 0.59 \text{ m}^3/\text{s} \quad Q_{500} = 0.92 \text{ m}^3/\text{s}$$

Infine il calcolo della portata con il metodo empirico di Sirchia-Fassò si basa sulla seguente relazione empirica che interpreta la curva inviluppo dei massimi di piena; nota la superficie A si ricava il valore del contributo unitario di piena, q, secondo le espressioni:

$$q = 207 A^{-0.6} \quad \text{m}^3/\text{s.Km}^2 \quad \text{per } 21 \text{ Km}^2 \leq A < 1000 \text{ Km}^2$$
$$q = 45.8 A^{-0.106} \quad \text{m}^3/\text{s.Km}^2 \quad \text{per } A < 21 \text{ Km}^2$$

La portata di piena al colmo (Sirchia-Fassò) risulta pertanto pari a:

$$Q_p = \psi S q \quad \text{m}^3/\text{s}$$

con ψ coefficiente variabile fra 0.2 e 1 secondo le valutazioni espresse dagli Autori per le diverse zone idrografica della regione. Il termine q assume un valore pari a

$$46.99 \text{ m}^3/\text{s/km}^2$$

Tale relazione, tuttavia, dipende in maniera marcata ed univoca dal coefficiente empirico e dalla superficie del bacino. Inoltre essa non permette di giungere alla determinazione delle portate per differenti tempi di ritorno. Per l'analisi delle portate per differenti tempi di ritorno, pertanto, tale formulazione non è stata presa in considerazione.

4. ELEMENTI PER L'ANALISI IDRAULICA E CONCLUSIONI

Le elaborazioni eseguite nei paragrafi precedenti, hanno permesso di individuare la portata di progetto che può essere utilizzata per definire le caratteristiche geometriche delle opere idrauliche che dovrebbero essere utilizzate per fornire la continuità idraulica in corrispondenza del rilevato stradale lungo il rio Nucheddu in caso di attraversamenti.

Come detto in premessa tuttavia nessuna opera di progetto andrà ad interferire col Rio Nucheddu e pertanto lo studio non riporterà a seguire i dimensionamenti idraulici che diversamente sarebbe stato opportuno calcolare. Si può concludere che non ci sono aste fluviali o comunque reticolo idrografico con cui l'opera in progetto interferisca.