

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	 	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
ELABORAZIONI I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP, 09122 Cagliari (CA) Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		PAGINA 1 di 22

REGIONE SARDEGNA

PROVINCIA DI ORISTANO

IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO

**POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE DI 70,80 MW
COMPRESIVA DI SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO DA 15 MW**



OGGETTO PROGETTO DEFINITIVO OPERE CIVILI	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
---	--

A CURA DI I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA	<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Gianfranco Corda Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Gianluca Melis Ing. Andrea Onnis Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych </td> <td style="vertical-align: top;"> CONTRIBUTI SPECIALISTICI Ing. Antonio Dedoni (acustica) Dott. Vincenzo Ferri (Chiroterofauna) Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia) Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia) Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora) Dott. Maurizio Medda (Fauna) Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia) Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia) Dott. Matteo Tatti (Archeologia) </td> </tr> </table>	GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Gianfranco Corda Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Gianluca Melis Ing. Andrea Onnis Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych	CONTRIBUTI SPECIALISTICI Ing. Antonio Dedoni (acustica) Dott. Vincenzo Ferri (Chiroterofauna) Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia) Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia) Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora) Dott. Maurizio Medda (Fauna) Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia) Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia) Dott. Matteo Tatti (Archeologia)
GRUPPO DI PROGETTAZIONE Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Gianfranco Corda Ing. Paolo Desogus Pian. Terr. Veronica Fais Ing. Gianluca Melis Ing. Andrea Onnis Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych	CONTRIBUTI SPECIALISTICI Ing. Antonio Dedoni (acustica) Dott. Vincenzo Ferri (Chiroterofauna) Dott. Geol. Maria Francesca Lobina (geologia) Agr. Dott. Nat. Nicola Manis (pedologia) Dott. Nat. Francesco Mascia (Flora) Dott. Maurizio Medda (Fauna) Dott.ssa Alice Nozza (Archeologia) Dott. Geol. Mauro Pompei (geologia) Dott. Matteo Tatti (Archeologia)		

Cod. pratica 2022/0301 Nome File: **SR-BP-RC13**_Relazione idrologica e idraulica

0	14/11/2022	Emissione per procedura di VIA	IAT	GF	GF
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEG.	CONTR.	APPR.

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 2 di 22

INDICE

1	PREMESSA	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
2	LEGISLAZIONE E NORME TECNICHE APPLICABILI	7
3	INQUADRAMENTO	8
3.1	Inquadramento PAI	8
3.2	Inquadramento P.S.F.F.	8
3.3	Inquadramento “Cleopatra”	9
3.4	Inquadramento “Piano Gestione Rischio Alluvioni - Piena Scenari 2020 Sardegna”	9
4	DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA	10
4.1	Determinazione dell’altezza di pioggia critica	13
4.2	Determinazione della pioggia ragguagliata	14
4.3	Coefficiente di deflusso	15
5	VERIFICHE IDRAULICHE	17
5.1	Verifica attraversamento 4	17
6	AMMISSIBILITA’ DEGLI INTERVENTI RISPETTO ALLE NORME PAI	19

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 3 di 22

1 INTRODUZIONE

La presente relazione idrologica e idraulica è stata redatta ai fini dell'espletamento delle procedure di VIA e Autorizzazione Unica concernenti la realizzazione del parco eolico da ubicarsi in territorio comunale di Bauladu e Paulilatino (OR) proposto da Sorgenia Renewables S.r.l.

L'impianto sarà composto da n. 9 aerogeneratori riferibili indicativamente al modello Siemens-Gamesa 6.6-170, diametro del rotore di 170 m, nonché da tutte le opere e infrastrutture accessorie funzionali alla costruzione ed esercizio della centrale.

L'intervento ha ottenuto il preventivo di connessione di cui al Codice pratica TERNA n. **202201805** relativo ad una potenza in immissione di 70,8 MW comprensiva di 15 MW di accumulo elettrochimico (BESS). In accordo con la suddetta STMG, l'impianto sarà collegato in antenna a 220 kV sulla sezione a 220 kV di una futura stazione elettrica della RTN a 220 kV da inserire in entra – esce alla linea 220 kV “Codrongianos – Oristano”.

Dalla sovrapposizione del progetto con il reticolo idrografico della Regione Sardegna sono stati rilevati quattro attraversamenti idraulici della viabilità di accesso agli aerogeneratori (nuova o da adeguare), di seguito descritti.

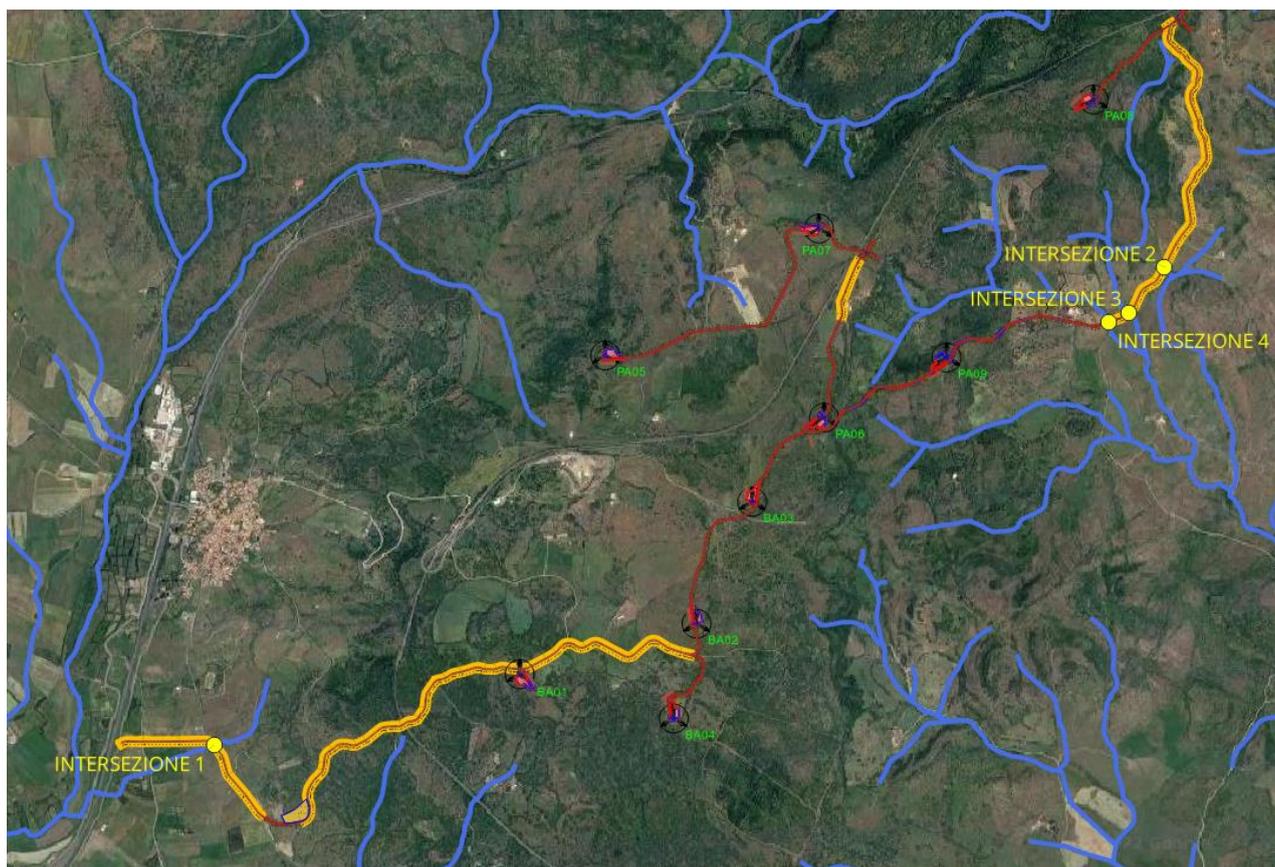


Figura 1.1: Planimetria di progetto su ortofoto con individuazione del reticolo idrografico della Regione Sardegna (in arancione la viabilità di progetto da adeguare, in rosso la viabilità da realizzare)

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 4 di 22

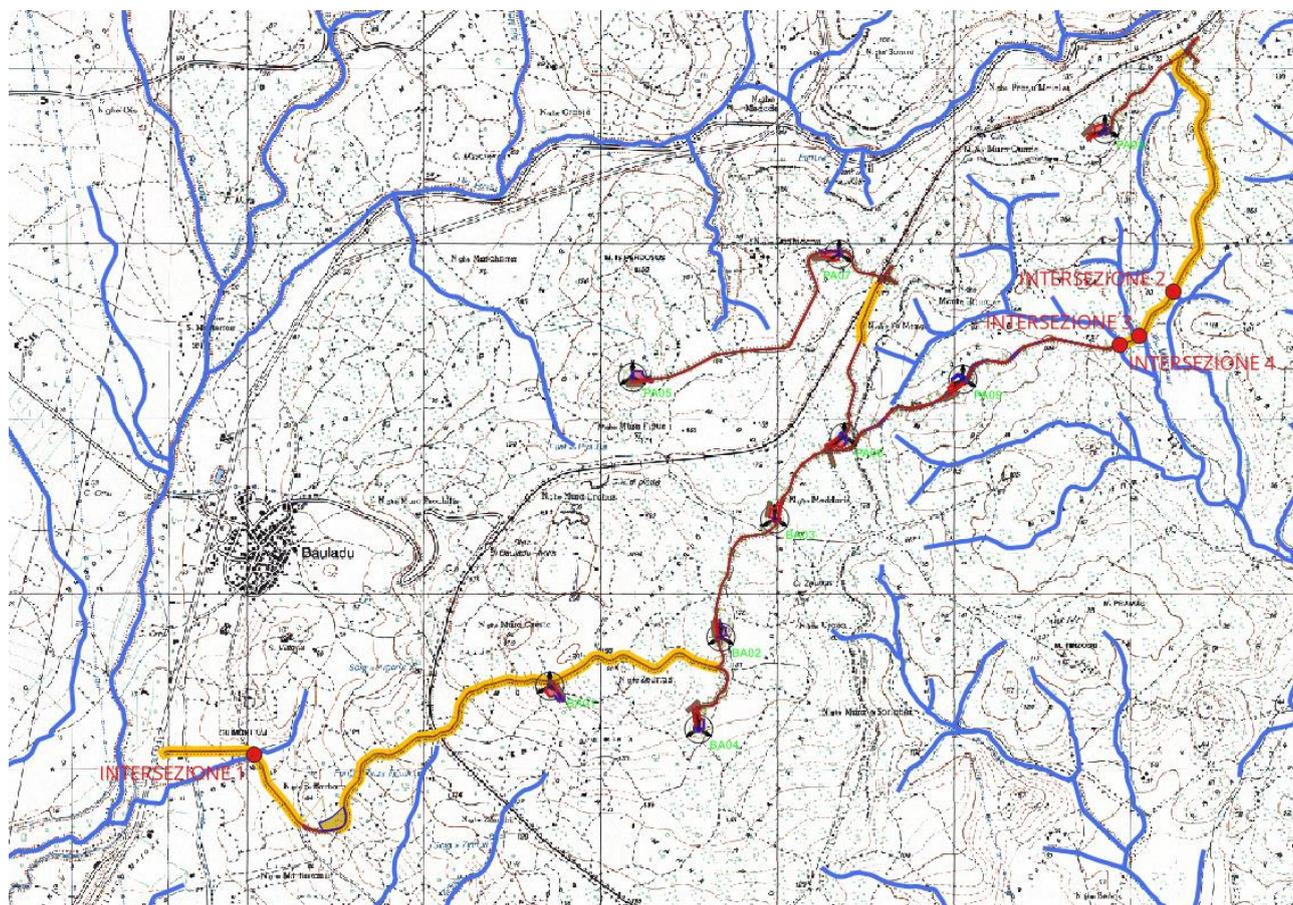


Figura 1.2: Planimetria di progetto su IGM con individuazione del reticolo idrografico della Regione Sardegna (in arancione la viabilità di progetto da adeguare, in rosso la viabilità da realizzare)

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgienarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 5 di 22



Figura 1.3: Planimetria attraversamento 1

Attraversamento 1: Situato nella strada esistente di accesso sul lato est dell'impianto. Non sono previste opere idrauliche in quanto non si andrà ad alterare il regime di deflusso superficiale dell'area.

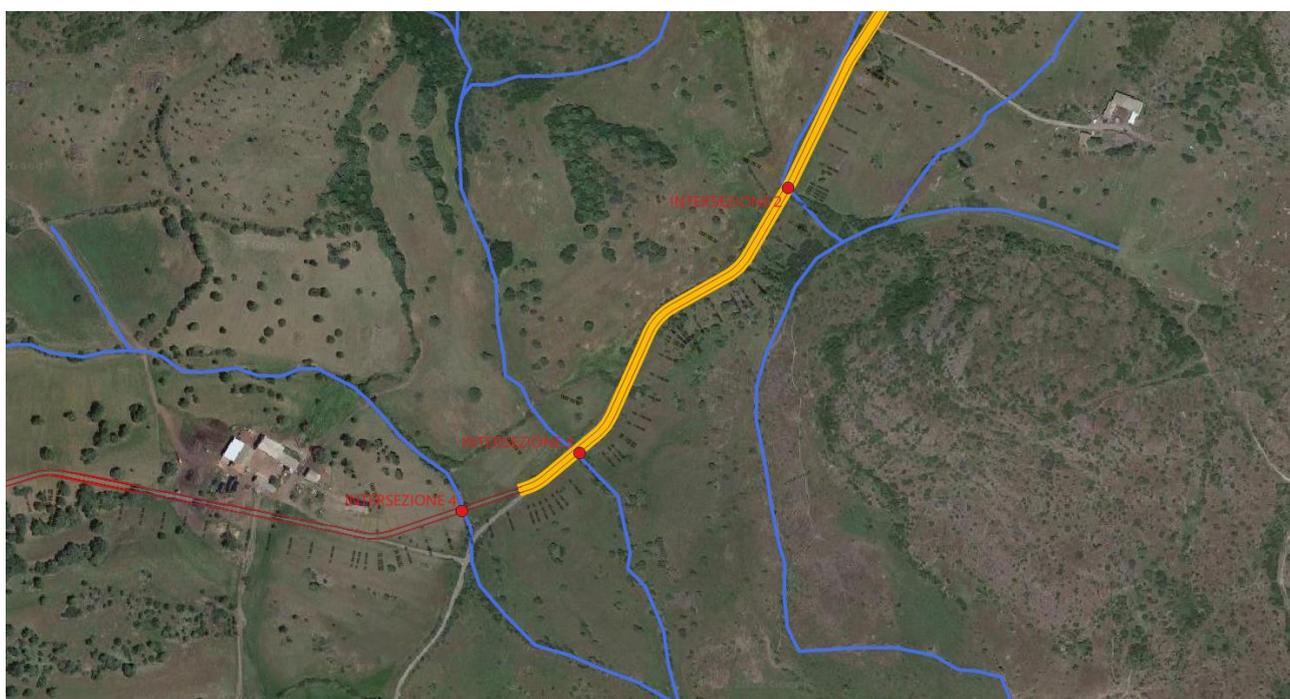


Figura 1.4: Planimetria attraversamenti 2, 3 e 4.

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 6 di 22

Attraversamenti 2 e 3: Situati nella strada esistente di accesso agli aerogeneratori PA06 e PA09. Non sono previste opere idrauliche in quanto non si andrà ad alterare il regime di deflusso superficiale dell'area.

Attraversamento 4: Situato nel nuovo stradello di accesso agli aerogeneratori PA06 e PA09. Nell'attraversamento verrà realizzato un guado.

Dalla sovrapposizione del cavidotto di connessione alla RTN con il reticolo idrografico della Regione Sardegna sono stati individuati due attraversamenti riportati nella Figura 1.5.

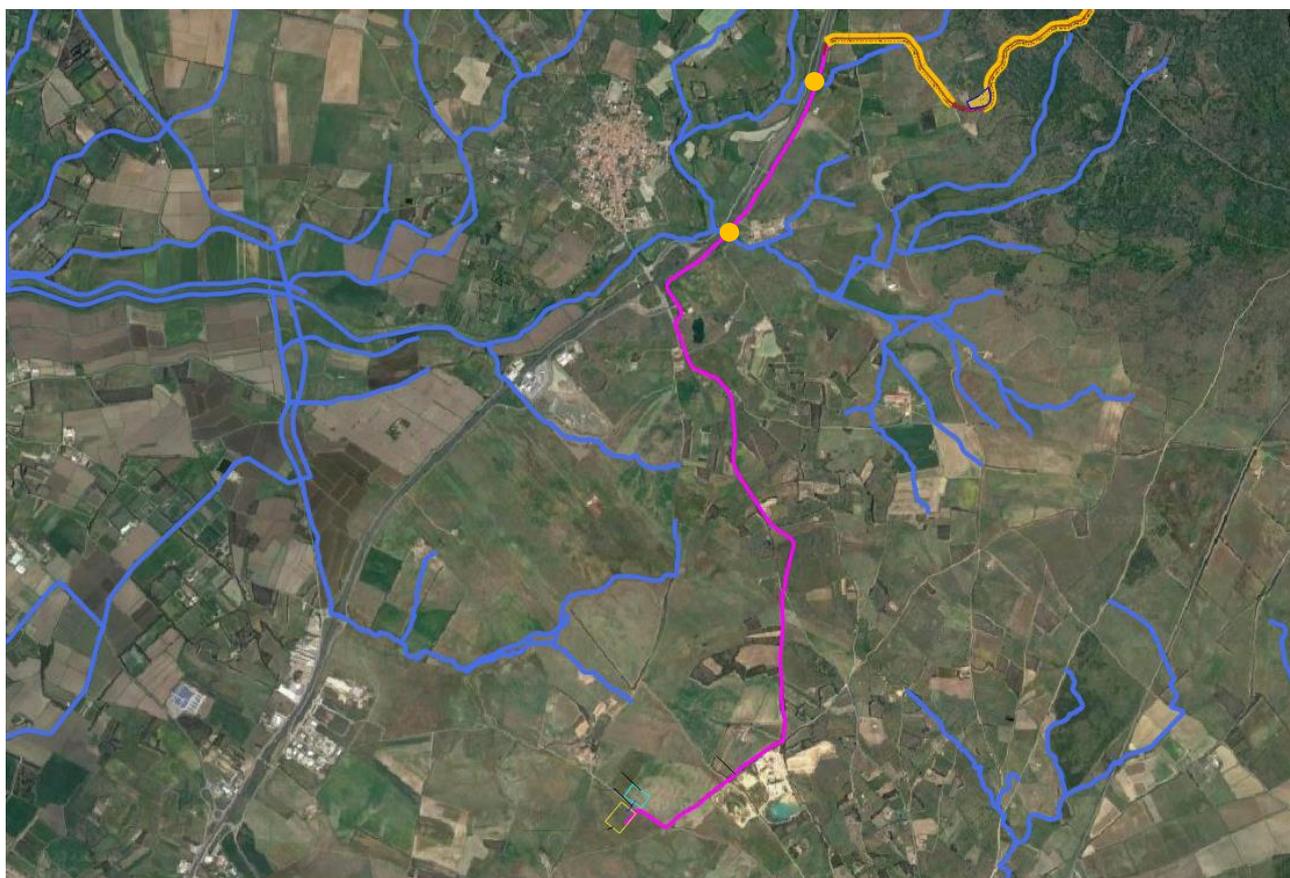


Figura 1.5: Planimetria cavidotti su IGM con individuazione del reticolo idrografico della Regione Sardegna (in magenta è indicato il cavidotto e con un cerchio arancione le intersezioni con il reticolo)

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 7 di 22

2 LEGISLAZIONE E NORME TECNICHE APPLICABILI

- Legge 267 del 03/08/1998 “Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia”.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992 Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Legge 18 Maggio 1989, n. 183 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (e successive modificazioni ed integrazioni).
- D.M. LL.PP. n. 47 dell'11/03/1988 recante “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”.
- Legge n. 64 del 02/02/1974 recante “Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- R.D. 25 Luglio 1904, n. 523 – Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. – “Norme in materia ambientale”
- D.M. 17 Gennaio 2018 – Nuove Norme Tecniche per Le Costruzioni
- Art. 24 delle Norme di attuazione del P.A.I., allegato E.
- Artt. n. 4, n. 8 (commi 8, 9, 10 e 11) delle Norme di attuazione del P.A.I..
- Art. 17, comma 6 Legge n. 183 del 19 Maggio 1989, Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale)
- Delibera n. 1 del 31/03/2011 “Predisposizione del complesso di ‘Studi, indagini, elaborazioni attinenti all'ingegneria integrata, necessari alla redazione dello Studio denominato Progetto di Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.
- Delibera n. 1 del 20.06.2013 e n. 1 del 05.12.2013 “Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.
- Delibera n. 2 del 17.12.2015 “Piano Stralcio Delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.)”.

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 8 di 22

3 INQUADRAMENTO

3.1 Inquadramento PAI

Dall'analisi della cartografia contenuta nello studio del "Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (PAI)", redatto ai sensi della legge n. 183/1989 e del decreto-legge n. 180/1998, approvato con Decreto del Presidente della Regione Sardegna n.67 del 10.07.2006, l'area oggetto di intervento non è ricade all'interno della perimetrazione dello studio.

Il cavidotto di connessione interseca la fascia di pericolosità Hi1 del Riu Mannu.

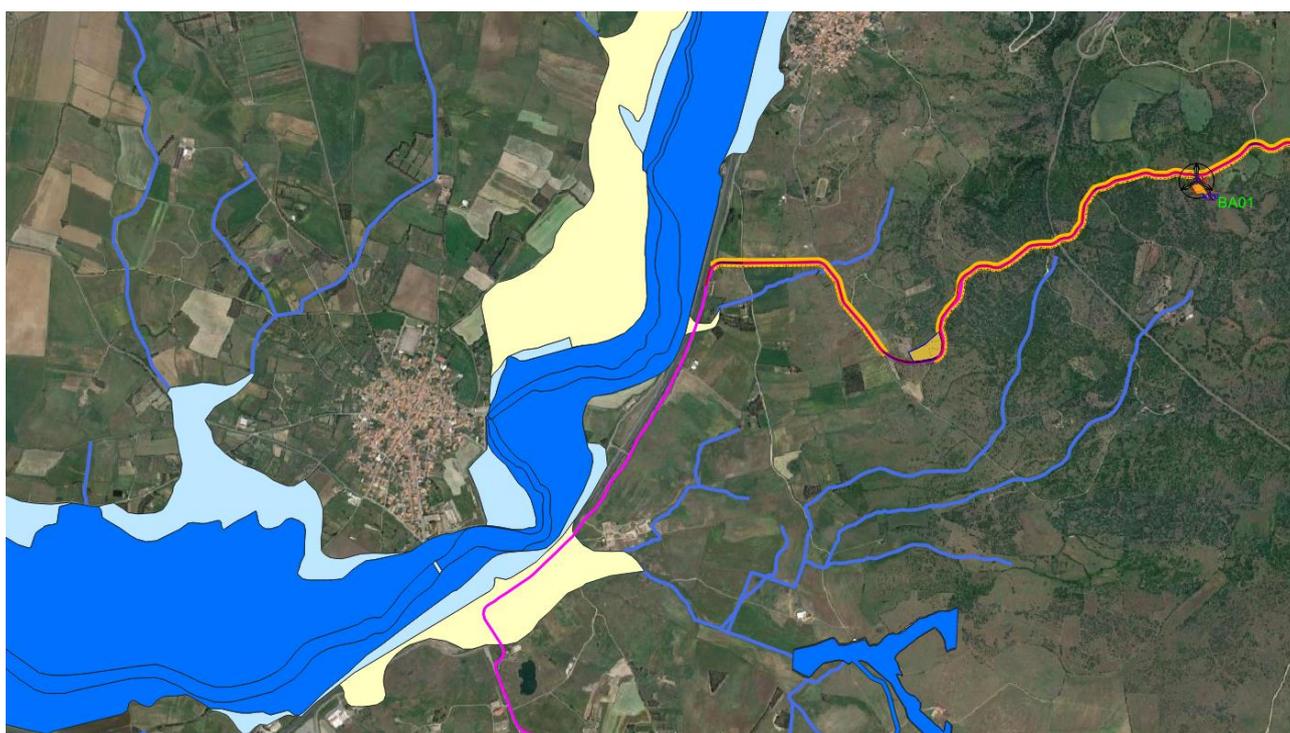


Figura 3.1: Planimetria intersezione cavidotto di collegamento con perimetrazione PAI

3.2 Inquadramento P.S.F.F.

Dall'analisi della cartografia del P.S.F.F. - "Piano Stralcio delle Fasce Fluviali"- attraverso la sovrapposizione delle opere previste è stato possibile individuare le porzioni di territorio comunale interessato da fasce di inondabilità ai differenti tempi di ritorno T_r (2, 50, 100, 200 e 500 anni).

Dall'esame della cartografia relativa alle fasce d'inondabilità emerge che l'area oggetto di intervento non ricade all'interno della perimetrazione delle fasce fluviali.

Il cavidotto di connessione interseca la fascia di pericolosità Hi1 del Riu Mannu.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 9 di 22

3.3 Inquadramento mappatura Ciclone “Cleopatra”

Dall’esame della cartografia relativa alle fasce d’inondabilità emerge che l’area di intervento non ricade all’interno della fascia individuata dalle aree “Cleopatra”.

3.4 Inquadramento “Piano Gestione Rischio Alluvioni - Piena Scenari 2020 Sardegna”

Dall’esame della cartografia relativa alle fasce d’inondabilità emerge che l’area oggetto di intervento non ricade all’interno della perimetrazione PGRA 2020.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 10 di 22

4 DETERMINAZIONE DELLA PORTATA DI PIENA

La portata è stata stimata simulando, mediante un modello deterministico a fondamento cinematico, il processo di trasformazione afflussi-deflussi che avviene nel bacino idrografico.

Le ipotesi di base del metodo sono:

- la formazione della piena è dovuta esclusivamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

La portata di massima piena che scaturisce dalle suddette ipotesi è fornita dalla relazione:

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot \psi \cdot \frac{h_{T_c}}{T_c} \cdot S \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

dove:

- T_c = tempo di corrivazione [ore]
- S = superficie del bacino [km²]
- h_{T_c} = pioggia critica di durata T_c [mm]
- Ψ = coefficiente di deflusso.

Lo ietogramma di progetto per la stima del coefficiente di afflusso è di tipo rettangolare, ovvero l'intensità della pioggia si suppone costante durante tutta la durata dell'evento meteorico. Questa ipotesi è applicabile al regime idrologico della Sardegna poiché le piogge presentano prevalentemente breve durata e alta intensità. Le perdite del bacino nella trasformazione afflussi-deflussi verranno pertanto stimate sotto forma di percentuale dell'afflusso meteorico totale, utilizzando il metodo del Curve Number (CN) sviluppato dal Soil Conservation Service nel 1985, e il coefficiente F assumerà un valore nell'intervallo 0÷1.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali, con un criterio del tutto empirico possono essere classificati i bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di Km², mentre per bacini di maggiori dimensioni fornisce risultati che in genere risultano sovrastimati.

Il tempo di corrivazione t_c può essere stimato utilizzando varie formule esistenti in letteratura, ognuna applicabile in misura maggiore o minore a seconda delle caratteristiche del bacino.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 11 di 22

In fase progettuale verrà adottato il valore di t_c più idoneo in relazione alle caratteristiche morfometriche del tipo di bacino in esame.

Per la determinazione del tempo di corrivazione T_c sono state utilizzate le formule sotto elencate:

- Formule di Ventura:
$$T_c = 0.1272 \left(\frac{S}{i_m} \right)^{\frac{1}{2}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula di Giandotti:
$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula di Viparelli:
$$T_c = \frac{L}{3.6V} \quad [\text{ore}]$$

(dove V è la velocità media di scorrimento è stata imposta pari a 1.5 m/s)

- Formula di Pasini:
$$T_c = \frac{0.108(SL)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}} \quad [\text{ore}]$$

- Formula VAPI
$$T_c = 0.212 S^{0.231} \left(\frac{H_m}{i_m} \right)^{0.289} \quad [\text{ore}]$$

Il bacino con la sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento 4 è individuato nella figura di seguito riportata.

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 12 di 22

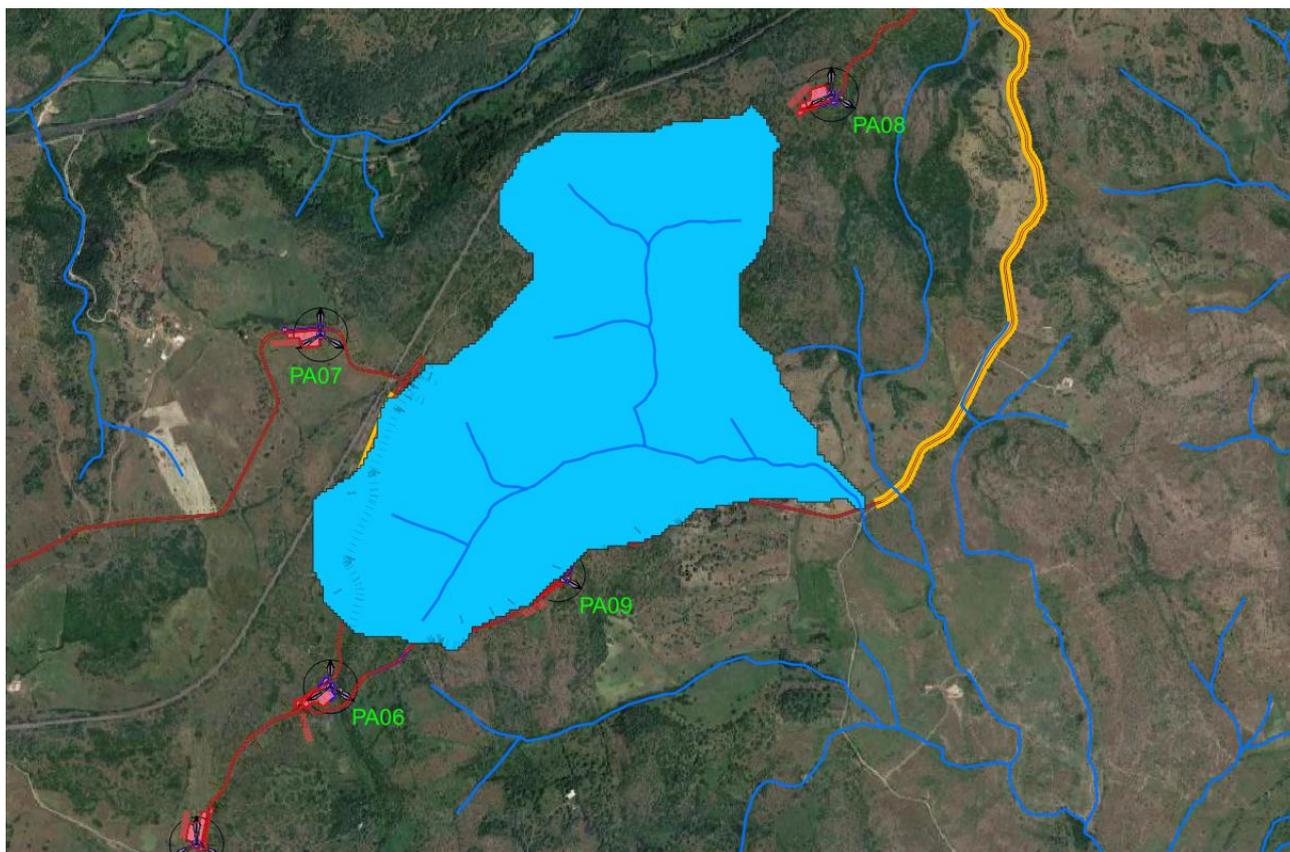


Figura 4.1: Planimetria con individuazione del bacino idrografico dell'attraversamento 4

Le caratteristiche morfologiche del bacino sono di seguito indicate:

Tabella 4.1: Caratteristiche morfologiche dei bacini

CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE			
		ATTRAVERS. 4	
Superficie bacino	S=	1.370	Km ²
Altitudine massima	H _{MAX} =	196.000	m s.l.m.
Altitudine minima	H ₀ =	75.200	m s.l.m.
Altitudine media	H _m =	134.930	m s.l.m.
Pendenza media del bacino drenante	i _{VERSANTE} =	45.000	%
Lunghezza asta principale	L=	1.582	km
Pendenza media dell'asta principale	im=	3.4	%

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgienarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 13 di 22

I valori ricavati pertanto sono i seguenti:

Tabella 4.2: Caratteristiche morfologiche dei bacini

TEMPO DI CORRIVAZIONE		
		ATTRAVERS. 4
SCS	[ore]	0.227
Ventura	[ore]	0.804
Giandotti	[ore]	1.141
Viparelli	[ore]	0.439
Pasini	[ore]	0.755
VAPI	[ore]	2.494

Per la determinazione dell'altezza critica è stato utilizzato il tempo di corrivazione ottenuto dalla formula di Viparelli.

4.1 Determinazione dell'altezza di pioggia critica

Per quanto riguarda la determinazione dell'altezza di pioggia critica lorda h_{Tc} da utilizzare per l'applicazione della formula razionale si fa usualmente ricorso alle curve di possibilità pluviometrica ricavate utilizzando la distribuzione TCEV.

La pioggia lorda h viene ricavata dalla nota formula:

$$h(T_p) = a \cdot T_p^n$$

dove:

$$\begin{cases} a = a_1 \cdot a_2 \\ n = n_1 + n_2 \end{cases}$$

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 14 di 22

SZO	Durata ≤ 1 ora	Durata >1 ora
Sottozona 1	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$	$a=0.46420+1.0376*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18488+0.22960*\text{Log}(T)-3.3216*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-1.0469*10^{-2}-7.8505*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 2	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$	$a=0.43797+1.0890*\text{Log}(T)$
	$n=-0.18722+0.24862*\text{Log}(T)-3.36305*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=-6.3887*10^{-3}-4.5420*10^{-3}*\text{Log}(T)$
Sottozona 3	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$	$a=0.40926+1.1441*\text{Log}(T)$
	$n=-0.19060+0.264438*\text{Log}(T)-3.8969*10^{-2}*\text{Log}^2(T)$	$n=1.4929*10^{-2}+7.1973*10^{-3}*\text{Log}(T)$

Tabella 4.3: Curve di possibilità pluviometrica TCEV

I valori di a_1 e n_1 si determinano in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g data dalla media dei massimi annui di precipitazione giornaliera; tali valori sono stati calcolati per diverse zone della Sardegna secondo la carta delle Isoiete.

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0,886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log \mu_g$$

Per quanto riguarda a_2 e n_2 si determinano con relazioni differenti per tempi di ritorno TR maggiori o minori di 10 anni, per durate di pioggia T_p maggiori o minori di 1 ora e a seconda delle 3 sottozone omogenee (SZO) in cui è stata suddivisa la Sardegna¹.

I bacini dei corsi d'acqua che interessano i territori comunali di Bauladu e Paulilatino ricadono nella sottozona SZO 1, dalla tabella sopra riportata le espressioni di a_2 e n_2 per T_p , che nel metodo cinematico è posto pari al T_c , inferiore di 1 ora sono:

per la sottozona 1

$$a_2 = 0,46420 + 1,0376 \log TR$$

$$n_2 = -0,18488 + 0,22960 (\log TR) - 3,3216 * 10^{-2} * \text{Log}^2 (Tr)$$

4.2 Determinazione della pioggia ragguagliata

La determinazione della pioggia ragguagliata è stata condotta secondo la formula proposta dal Department of Environment Water Council (DEWC) nel 1981, applicabile a bacini con area totale 1 [Km²] <A< 100 [Km²], e pertanto applicabile al bacino in esame. È necessaria la stima di un coefficiente r da moltiplicare per l'altezza di pioggia lorda h .

$$r(\tau, A_b) = 1 - f_1 \tau^{-f_2}$$

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 15 di 22

dove

$$f1 = 0.0394 \text{ Ab}^{0.354}$$

$$f2 = 0.4 - 0.0208 (4.6 - \ln \text{ Ab}) \text{ per } \text{ Ab} < 20 \text{ [Km}^2\text{]}$$

Ab è l'area del bacino espressa in [Km²];

τ è la durata della pioggia lorda in ore.

R è il coefficiente di riduzione areale

4.3 Coefficiente di deflusso

Per la stima delle perdite si è applicato il metodo del Curve Number (CN) indicato dal Soil Conservation Service (SCS, 1975, 1985) considerando la condizione più critica di umidità antecedente del suolo, ovvero corrispondente alla condizione AMC (Antecedent Moisture Condition) di tipo III, indicativa di un suolo saturo. La classe di suolo considerata è di tipo C (suolo con piccola capacità di infiltrazione). L'uso suolo è stato ricavato dalla carta regionale d'uso del suolo suddivisa in 72 classi, contenute in 4 livelli gerarchici, secondo l'impostazione della Corine Land Cover, società che ha redatto la carta per la Regione Sardegna.

L'altezza $h_{n,r}$ di pioggia netta è stata pertanto calcolata secondo la seguente relazione (SCS):

$$h_{n,r} = \frac{(h_{l,r}(\tau) - I_a)^2}{h_{l,r}(\tau) - I_a + S}$$

dove l'altezza ragguagliata delle perdite iniziali I_a ed il parametro S , sono forniti, in mm, dalle seguenti espressioni:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad I_a = 0.2S$$

Per il bacino è stato adottato un coefficiente Curve Number pari a 87.70.

COMMITTENTE Sorgenja Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgenjarenewables@sorgenja.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 16 di 22

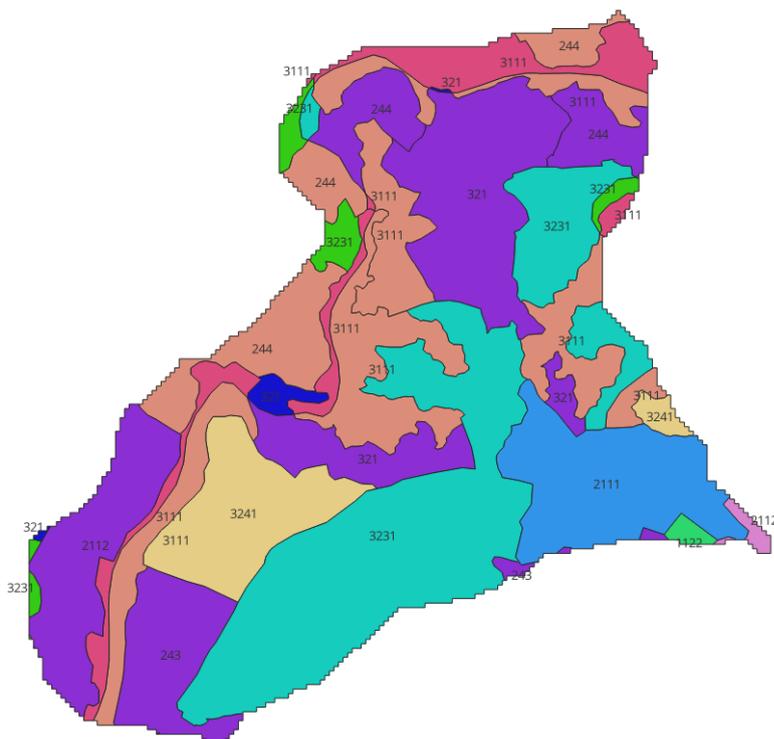


Figura 4.2: Planimetria uso del suolo del bacino idrografico dell'attraversamento 4

Di seguito si riporta la tabella, riassuntiva dei risultati ottenuti col metodo cinematico:

BACINO ATTRAVERSAMENTO 4

Tabella 4.4: Portate di piena Bacino attraversamento 4

Tempo di ritorno	Fratte	Coefficienti metodo TCEV				Pioggia lorda	Pioggia lorda '	Pioggia netta	Coeff. di deflusso	Portata di progetto	contributo unitario
		a1	n1	a2	n2						
[anni]						[mm]	[mm]	[mm]		[m ³ /s]	[m ³ /s]
50	0,980	20,6914	0,3157	2,2271	0,1093	32,489	30,550	9,293	0,304	8,048	5,87
100	0,990	20,6914	0,3157	2,5394	0,1415	36,080	33,926	11,507	0,339	9,965	7,27
200	0,995	20,6914	0,3157	2,8517	0,1676	39,658	37,290	13,831	0,371	11,978	8,74
500	0,998	20,6914	0,3157	3,2647	0,1928	44,466	41,811	17,112	0,409	14,819	10,82

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 17 di 22

5 VERIFICHE IDRAULICHE

La verifica idraulica dei tratti a pelo libero in progetto è stata effettuata utilizzando la formula di Chezy-Bazin che assume la seguente formula:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad \text{dove:}$$

Q = portata (mc/s);

A = sezione bagnata

C = contorno bagnato

R = raggio idraulico = A/C

i = pendenza del collettore

χ = coefficiente di scabrezza calcolato come segue:

$$\chi = ks \cdot R^{1/6} \quad \text{dove:}$$

ks = coefficiente di Strikler.

Nel caso particolare si è adottato un valore del coefficiente di Strikler pari a 50 per i guadi con rivestimento in pietrame.

Le verifiche sono state eseguite con la portata con tempo di ritorno 200 anni.

5.1 Verifica attraversamento 4

L'attraversamento 4 sarà costituito da un guado rivestito in pietra con sezione trapezia. La base è di 14 m e la pendenza delle sponde è di 1 su 3.

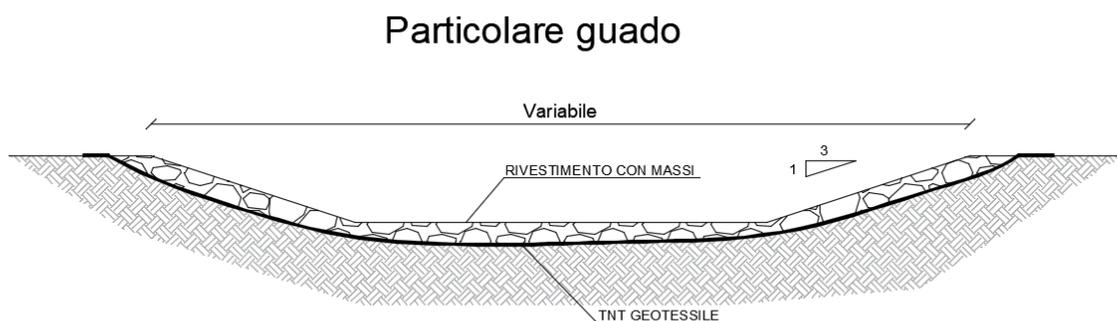
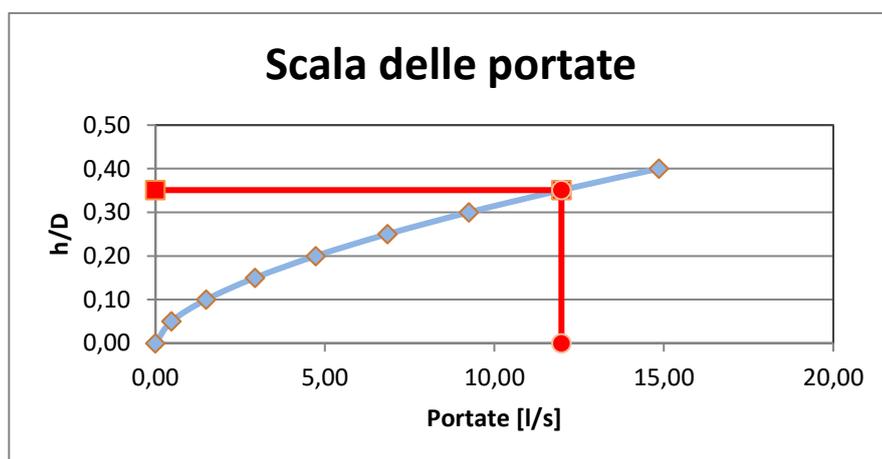


Figura 3: Particolare guado

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 18 di 22

ATTRAVERSAMENTO 4

Materiale	ROCCIA					
BASE [m]	14					
Coefficiente di scabrezza di Strikler [m^{1/3}/s]	50					
Pendenza sponde	0.33333333					
Pendenza [m/m]	0.010					
h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.35	4.96	14.74	0.34	41.69	11.98	2.42



Legenda:

h:	altezza idrica
A:	area bagnata
B:	contorno bagnato
R:	raggio idraulico
χ :	coefficiente scabrezza
Q:	portata
V:	velocità

Scala delle portate

h	A [m ²]	B [m]	R [m]	χ	Q [mc/s]	V [m/s]
0.00	0.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.70	14.11	0.05	30.32	0.47	0.68
0.10	1.40	14.21	0.10	33.99	1.50	1.07
0.15	2.11	14.32	0.15	36.33	2.94	1.39
0.20	2.81	14.42	0.20	38.08	4.73	1.68
0.25	3.52	14.53	0.24	39.48	6.84	1.94
0.30	4.23	14.63	0.29	40.66	9.25	2.19
0.35	4.94	14.74	0.34	41.67	11.92	2.41
0.40	5.65	14.84	0.38	42.57	14.85	2.63

Per una portata di 200 anni si determina un livello idrico, in corrispondenza del guado, pari a 35 cm.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it 	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 19 di 22

6 AMMISSIBILITA' DEGLI INTERVENTI RISPETTO ALLE NORME PAI

In base all'articolo 30 ter delle norme di attuazione del PAI (Identificazione e disciplina delle aree di pericolosità quale misura di prima salvaguardia) ai tratti dei corsi d'acqua del reticolo idrografico della Regione Sardegna per i quali non siano state ancora determinate le aree di pericolosità idraulica è attribuita una pericolosità Hi4, con una larghezza della fascia in funzione dell'ordine gerarchico del singolo tratto.

Con riferimento alla valutazione di ammissibilità rispetto alle NTA del PAI delle opere in progetto interferenti con il reticolo idrografico regionale è di interesse, in particolare, quanto prescritto all'art. 27 comma 3 delle NTA relativamente alla realizzazione di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico. La viabilità di servizio dell'impianto e gli elettrodotti di vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto, in quanto opere connesse alla prevista centrale di produzione di energia rinnovabile, possono ricondursi, infatti, ad opere di interesse pubblico, giacché necessarie per l'utilizzazione di beni (in questo caso l'energia rinnovabile prodotta) da parte della collettività.

Tale principio è stato sancito per la prima volta nell'art. 1 comma 4 della Legge 9 gennaio 1991 (Norme in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia), dove si stabilisce che l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile (che nella suddetta legge nazionale sono individuate come: sole, vento, energia idraulica, risorse geotermiche, maree, moto ondoso e trasformazione di rifiuti organici o di prodotti vegetali) è considerato di pubblico interesse e di pubblica utilità e le opere relative sono equiparate alle opere dichiarate indifferibili e urgenti ai fini dell'applicazione delle leggi sulle opere pubbliche.

Con tali presupposti, le opere in progetto risultano riconducibili alle categorie di intervento, ascrivibili alle tipologie di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico espressamente consentite dal PAI nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata (comma 3), come specificato nel seguente prospetto esplicativo.

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 20 di 22

Categoria di opere ammesse dalle NTA del PAI nelle aree a pericolosità idraulica molto elevata (art. 27 c. 3 NTA)	Opera in progetto corrispondente	Presupposti di ammissibilità delle opere
1) interventi di manutenzione straordinaria; (comma b)	Interventi di rifacimento/consolidamento della pavimentazione stradale della viabilità esistente.	<p>In assenza di una definizione normativa per gli interventi di manutenzione straordinaria delle opere stradali (ndr. la definizione riportata all'art. 1 del D.P.R. 380/2001 – Testo unico Edilizia e riferibile esclusivamente agli edifici) può utilmente farsi riferimento alla Deliberazione dell'Autorità di Vigilanza sui contratti pubblici n. 414 del 12/12/2001 legge 109/94 Articoli 2 - Codici 2.2.2 (Fonte Massimario atti ANAC prima dell'entrata in vigore del D.P.R. 163/2006, portale istituzionale www.avcp.it) .</p> <p>In base a tale deliberazione, l'attività di manutenzione identifica tutte quelle attività volte ad assicurare il mantenimento dell'efficienza di determinati beni o impianti senza alterarne la destinazione e le caratteristiche strutturali, soprattutto i volumi e le superfici: gli interventi di manutenzione ordinaria riguardano le attività dirette a riparare o a integrare le opere esistenti ed a garantire la funzionalità degli impianti, mentre gli interventi di manutenzione straordinaria riguardano le attività di sostituzione o di rinnovo che incidono su parti strutturali di opere esistenti, sempre senza alterarne la destinazione.</p>

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 21 di 22

<p>2) interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili e siano dichiarati essenziali; (comma e)</p>	<p>Ampliamento di strade rurali esistenti funzionali a consentire l'accesso dei mezzi d'opera presso i siti di installazione degli aerogeneratori.</p>	<p>Gli interventi di collegamento degli aerogeneratori con la viabilità sono non delocalizzabili, avendo un percorso obbligato all'interno delle aree in cui si applicano le NTA del PAI per la diffusa presenza di aree vincolate ed in relazione a fattori morfologici che, necessariamente, hanno orientato le scelte progettuali verso soluzioni a minore impatto.</p> <p>Al fine di consentire l'accesso dei mezzi speciali di trasporto della componentistica delle macchine eoliche e delle gru per il montaggio degli aerogeneratori non sono oggettivamente individuabili alternative tecniche ed economicamente sostenibili alla presenza di una viabilità di servizio; opera questa da utilizzarsi anche ai fini delle operazioni di manutenzione ordinaria e successiva dismissione dell'impianto.</p> <p>In relazione al requisito dell'essenzialità va rilevato come, secondo la corrente interpretazione del diritto, devono ricondursi a servizi pubblici essenziali le prestazioni di rilevante interesse pubblico e generale, destinate alla collettività da soggetti pubblici (Stato, Regioni, Città metropolitane, Province, Comuni, altri enti) o privati; esse sono indefettibili e garantite dallo stesso Stato.</p> <p>L'espressione ricorre, infatti, in materia di disciplina dal diritto di sciopero relativo a tali servizi, all'art. 1 della legge 12 giugno 1990 n. 146. Sotto questo profilo è chiarito in tale legge che l'approvvigionamento di energia può ricondursi a tale fattispecie.</p>
--	--	---

COMMITTENTE Sorgenia Renewables S.r.l. Via Algardi, 4 - 20148 Milano (MI) sorgeniarenewables@sorgenia.it	OGGETTO IMPIANTO EOLICO NEI COMUNI DI BAULADU E PAULILATINO	COD. ELABORATO SR-BP-RC13
 iat CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	TITOLO RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	PAGINA 22 di 22

<p>3) le nuove infrastrutture a rete o puntuali previste dagli strumenti di pianificazione territoriale e dichiarate essenziali e non altrimenti localizzabili; nel caso di condotte e di cavidotti, non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica di cui all'articolo 24 delle presenti norme a condizione che, con apposita relazione asseverata del tecnico incaricato venga dimostrato che gli scavi siano effettuati a profondità limitata ed a sezione ristretta, comunque compatibilmente con le situazioni locali di pericolosità idraulica;</p> <p>(comma g)</p>	<p>Posa nuovo cavidotto di connessione alla RTN e di distribuzione interna.</p>	<p>Gli interventi di posa del nuovo cavidotto di connessione alla RTN e di distribuzione interna presentano un percorso obbligato in quanto vincolati alla viabilità esistente ed in progetto, dai fattori morfologici della zona e dalla diffusa presenza di aree vincolate.</p> <p>La posa di elettrodotti di vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto, in quanto opere connesse alla prevista centrale di produzione di energia rinnovabile, possono ricondursi, ad opere di interesse pubblico, giacché necessarie per l'utilizzazione di beni (in questo caso l'energia rinnovabile prodotta) da parte della collettività.</p>
---	---	--