

Impianto eolico “Monte Pranu”

Progetto definitivo

Oggetto:

VIL.042 - Relazione idrologica-idraulica con tipologici interventi per il drenaggio delle acque meteoriche

Proponente:



Sardeolica Srl
Sesta Strada Ovest
09068 Uta; ZI Macchiareddu
Italy

Progettista:



Stantec S.p.A.
Centro Direzionale Milano 2, Palazzo Canova
Segrate (Milano)

Rev. N.	Data	Descrizione modifiche	Redatto da	Rivisto da	Approvato da
00	08/09/2023	Prima Emissione	M. Da Ros	D. Mansi	P. Polinelli
01	29/09/2023	Integrati commenti	M. Da Ros	D. Mansi	P. Polinelli
Fase progetto: Definitivo					Formato elaborato: A4

Nome File: **VIL.042.01** - Relazione idrologica-idraulica con tipologici interventi per il drenaggio delle acque meteoriche.docx

Indice

1	PREMESSA	4
1.1	DESCRIZIONE DEL PROPONENTE.....	4
1.2	CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	5
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....	8
3.1	CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI.....	8
3.1.1	UNITÀ IDROGRAFICA OMOGENEA PALMAS	8
4	STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	12
4.1	MODELLO TCEV.....	12
4.2	RISULTATI.....	15
5	STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	17
5.1	INDIVIDUAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI.....	17
5.2	METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE	25
5.2.1	TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	25
5.2.2	ALTEZZA DI PIOGGIA	25
5.3	PIOGGIA NETTA EFFICACE E CURVE NUMBER.....	26
5.4	RISULTATI DELLE ELABORAZIONI.....	30
6	OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	32
6.1	OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO	32
6.1.1	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE IN RILEVATO RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI	33
6.1.2	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE A MEZZA COSTA RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI.....	33
6.1.3	SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE IN TRINCEA RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI	33
6.1.4	CANALETTE E FOSSI DI GUARDIA.....	34
6.1.5	ATTRAVERSAMENTI.....	35
7	CONFRONTO CON IL PAI	40
8	CONCLUSIONI	42

Indice delle figure

Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto eolico Monte Pranu	6
Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Monte Pranu	7
Figura 3-1 Inquadramento idrografico - Stralcio della Tav. 2-Idrografia Superficiale del Piano di Tutela delle Acque (PTA)	8
Figura 4-1 Ripartizione del territorio regionale in tre sottozone omogenee e area di progetto in rosso.....	13
Figura 4-2 Isoiete della pioggia indice al terzo livello di regionalizzazione, area di progetto in rosso.....	14
Figura 4-3: Curve di Possibilità Pluviometrica per l'area di progetto di Monte Pranu	16
Figura 5-1 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP1-VP2	18
Figura 5-2Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP2-VP4	18
Figura 5-3Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP3	19
Figura 5-4 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP5-VP6-VP7.....	19
Figura 5-5Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP8-VP9-VP10.....	20
Figura 5-6 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP1-VP2.....	21
Figura 5-7 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP2-VP4.....	21
Figura 5-8 Inquadramento sotto-bacini critici per la turbina VP3	22
Figura 5-9 Inquadramento sotto-bacini critici per la strada di accesso alle turbine VP5-VP6-VP7	22
Figura 5-10 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP5-VP6-VP7	23
Figura 5-11 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP8-VP9-VP10	23
Figura 5-12 Inquadramento su ortofoto dei sotto-bacini critici per le VP1-VP2-VP3-VP4-VP5-VP6-VP7.....	24
Figura 5-13 Inquadramento su ortofoto dei sotto-bacini critici per le VP5-VP8-VP9-VP10.....	24
Figura 5-14 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP1-VP2	27
Figura 5-15 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP2-VP3	28
Figura 5-16 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbina VP3.....	28
Figura 5-17Analisi Curve Number -sottobacini critici strada accesso turbine VP5-VP6-VP7.....	29
Figura 5-18 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP5-VP6-VP7	29

Figura 5-19 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP8-VP9-VP10	30
Figura 6-1 Fossi di guardia tipici.....	34
Figura 6-2Briglie in legname tipiche	35
Figura 6-3 Attraversamento stradale tipico a mezza costa.....	36
Figura 6-4 Attraversamento stradale tipico in rilevato	36
Figura 6-5 Sezione A-A' tipologico attraversamento.....	37
Figura 6-6 Sezione B-B' tipologico attraversamento	37
Figura 6-7 Particolare Pozzetto in calcestruzzo attraversamento.....	38
Figura 7-1 Confronto PAI -elaborazione progettuale	41

1 PREMESSA

La società Sardeolica S.r.l., d'ora in avanti il proponente, intende realizzare un impianto di produzione di energia elettrica da fonte eolica nella provincia del Sud Sardegna, in agro del comune di Villaperuccio.

L'impianto in questione comprende 10 aerogeneratori, tutti situati nel comune di Villaperuccio. Ogni aerogeneratore è caratterizzato da un'altezza all'hub di 119 m ed un diametro fino a 162 m, arrivando a raggiungere un'altezza massima pari a 200 m. Gli aerogeneratori hanno potenza unitaria fino a 7,2 MW, per 72 MW di potenza totale. L'impianto verrà connesso alla RTN a 150 KV mediante cavidotto a 36 kV, il punto di connessione è ubicato lungo la linea RTN esistente S. Giovanni Suergiu - Villaperuccio.

I progetti del tipo in esame rispondono a finalità di interesse pubblico (riduzione dei gas ad effetto serra, risparmio di fonti fossili scarse ed importate) ed in quanto tali sono indifferibili ed urgenti, come stabilito dalla legge 1° giugno 2002, n. 120, concernente "Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997" e dal D.Lgs. 29 dicembre 2003, n.387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" e s.m.i..

L'utilizzo di fonti rinnovabili comporta infatti beneficio a livello ambientale, in termini di tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) risparmiate e mancate emissioni di gas serra, polveri e inquinanti. Per il progetto in esame si stima una producibilità del parco eolico superiore a 145 GWh/anno (Produzione Media Annuale P50), che consente di risparmiare almeno 27.000 TEP/anno (fonte ARERA: 0,187 TEP/MWh) e di evitare almeno 57.700 ton/anno di emissioni di CO₂ (fonte ISPRA, 2022: 397,6 gCO₂/kWh).

1.1 DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

La Società che presenta il progetto è la Sardeolica S.r.l., con sede legale in VI strada Ovest, Z. I. Macchiareddu 09068 Uta (Cagliari) e sede amministrativa in Milano, c/o Saras S.p.A., Galleria Passarella 2, 20122 – Milano.

La Sardeolica S.r.l., costituita nel 2001, fa parte del Gruppo Saras ed ha come scopo la produzione di energia elettrica, lo studio e la ricerca sulle fonti di energia rinnovabili, la realizzazione e la gestione di impianti atti a sfruttare l'energia proveniente da fonti alternative.

È operativa dal 2005 con un Parco eolico composto da 57 aerogeneratori per una potenza totale installata di 128,4MW limitata a 126 MW, nei comuni di Ulassai e Perdasdefogu. La produzione a regime è di circa 250 GWh/anno, corrispondenti al fabbisogno annuale di circa 85.000 famiglie e a 162.000 tonnellate di emissioni di CO₂ evitate all'anno.

A giugno 2021 è stata completata l'acquisizione del parco eolico di Macchiareddu, battezzato "Amalteja", attraverso la formalizzazione dell'acquisto da parte di Sardeolica delle 2 società proprietarie, Energia Verde S.r.l. ed Energia Alternativa S.r.l. Il parco "Amalteja" ha una potenza complessiva di 45 MW ed è suddiviso nei due impianti di Energia Verde 21 MW (14 turbine) in esercizio dal 2008, e di Energia Alternativa da 24 MW (16 turbine) in esercizio dal 2012.

La produzione dei due parchi eolici è pari a circa 56 GWh/anno e consente di evitare emissioni di CO₂ per circa 36.000 ton/anno, provvedendo al fabbisogno elettrico annuo di circa 40.000 persone.

Sardeolica gestisce direttamente l'esercizio e la manutenzione dei Parchi eolici e assicura i massimi livelli produttivi di energia elettrica, adottando le migliori soluzioni del settore in cui opera, garantendo la salvaguardia della Salute e della Sicurezza sul Lavoro, dell'Ambiente, nonché della Qualità dei propri processi produttivi.

La società ha certificato il proprio Sistema di Gestione secondo gli standard ISO 45001 (Salute e Sicurezza sul Lavoro), ISO 14001 (Ambiente) e ISO 9001 (Qualità) e ISO 50001 (Energia). Inoltre è accreditata EMAS.

1.2 CONTENUTI DELLA RELAZIONE

La presente relazione costituisce la relazione idrologica e idraulica del progetto definitivo.

Il capitolo 2 presenta l'inquadramento territoriale dell'opera.

Nel capitolo 3 viene presentato l'inquadramento idrografico dell'opera in progetto, identificandone i differenti bacini idrografici. Viene fornita una descrizione del bacino interessato.

Il capitolo 4 illustra la metodologia di calcolo per la stima delle curve di possibilità pluviometrica ed i risultati di tale calcolo.

Il capitolo 5 illustra la metodologia di calcolo per la stima delle portate di acque meteoriche da drenare ed i risultati di tale calcolo.

Nel capitolo 6 vengono presentate le opere di progetto finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche.

Infine, nel capitolo 7 viene presentato un confronto tra le gli elementi presenti nel PAI di riferimento e i risultati delle elaborazioni.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito in cui sarà ubicato il parco eolico di nuova costruzione è collocato nel comune di Villaperuccio, nella provincia del Sud Sardegna, in Sardegna.

L'impianto eolico denominato "Monte Pranu" è localizzato a circa 45 km dal capoluogo, a circa 4 km dal centro urbano del comune di Villaperuccio, ed a circa 4 km in direzione ovest e sud rispettivamente dai centri abitati dei comuni di Tratalias e Giba.

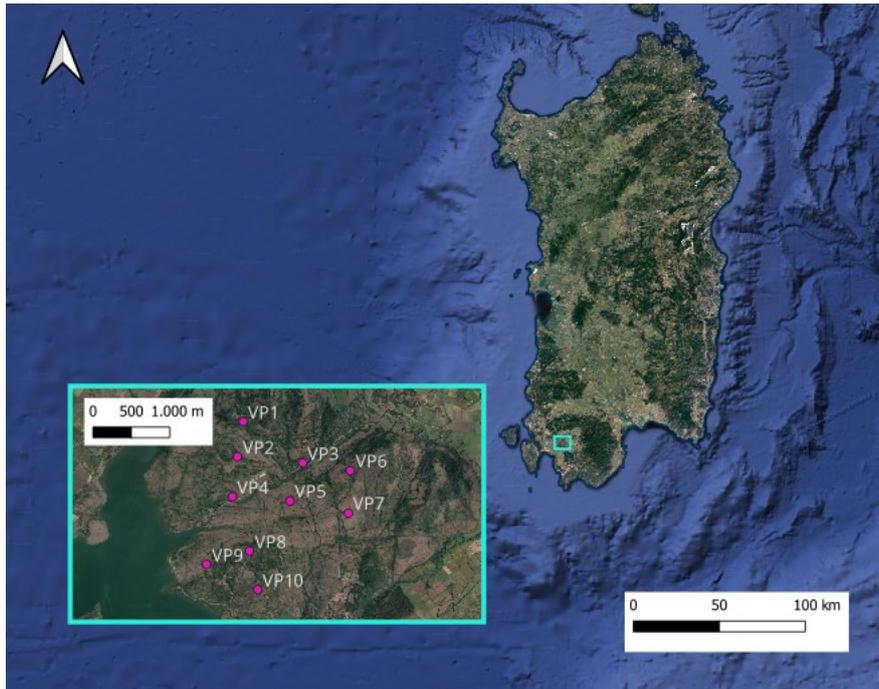


Figura 2-1: Inquadramento territoriale dell'impianto eolico Monte Pranu

L'impianto eolico denominato "Monte Pranu" è situato in una zona prevalentemente collinare non boschiva caratterizzata da un'altitudine media pari a circa 300 m s.l.m., con sporadiche formazioni di arbusti e la presenza di terreni incolti.

Il parco eolico ricade all' interno dei seguenti fogli catastali:

- Fogli 3,4,6,7 nel comune di Villaperuccio

In Figura 2-2 è riportato l'inquadramento territoriale dell'area nel suo stato di fatto e nel suo stato di progetto, con la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.

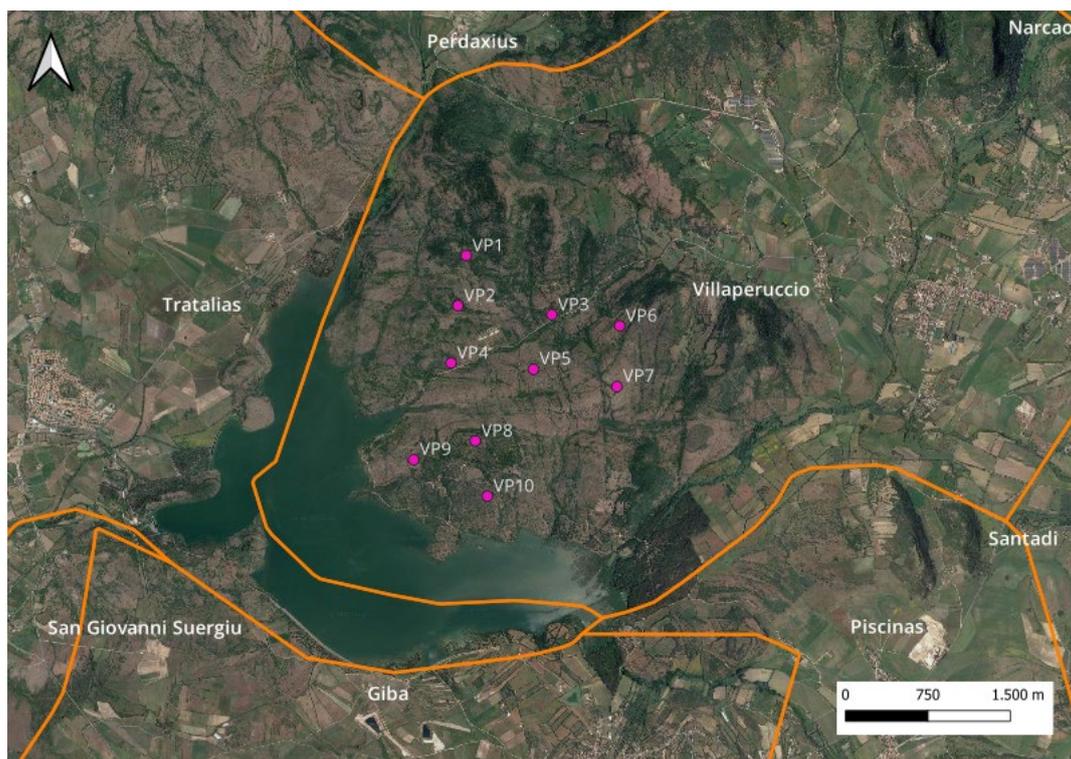


Figura 2-2: Inquadramento su ortofoto dell'area dell'impianto eolico Monte Pranu

Si riporta in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle turbine eoliche di nuova costruzione, in coordinate Gauss-Boaga (EPSG 3003):

Tabella 2-1: Localizzazione geografica degli aerogeneratori di nuova costruzione

ID	Comune	Est	Nord	Quota (slm)
VP1	Villaperuccio	1467281,72	4329642,03	128
VP2	Villaperuccio	1467206,57	4329183,01	103
VP3	Villaperuccio	1468058,81	4329100,03	78
VP4	Villaperuccio	1467142,90	4328657,79	54
VP5	Villaperuccio	1467892,66	4328599,64	79
VP6	Villaperuccio	1468676,6	4328997,54	145
VP7	Villaperuccio	1468651,37	4328441,09	139
VP8	Villaperuccio	1467363,36	4327944,06	115
VP9	Villaperuccio	1466803,48	4327769,96	70
VP10	Villaperuccio	1467473,24	4327437,77	76

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'impianto eolico Greenfield "Monte Pranu" ricade in corrispondenza del bacino idrografico del Rio Palmas.

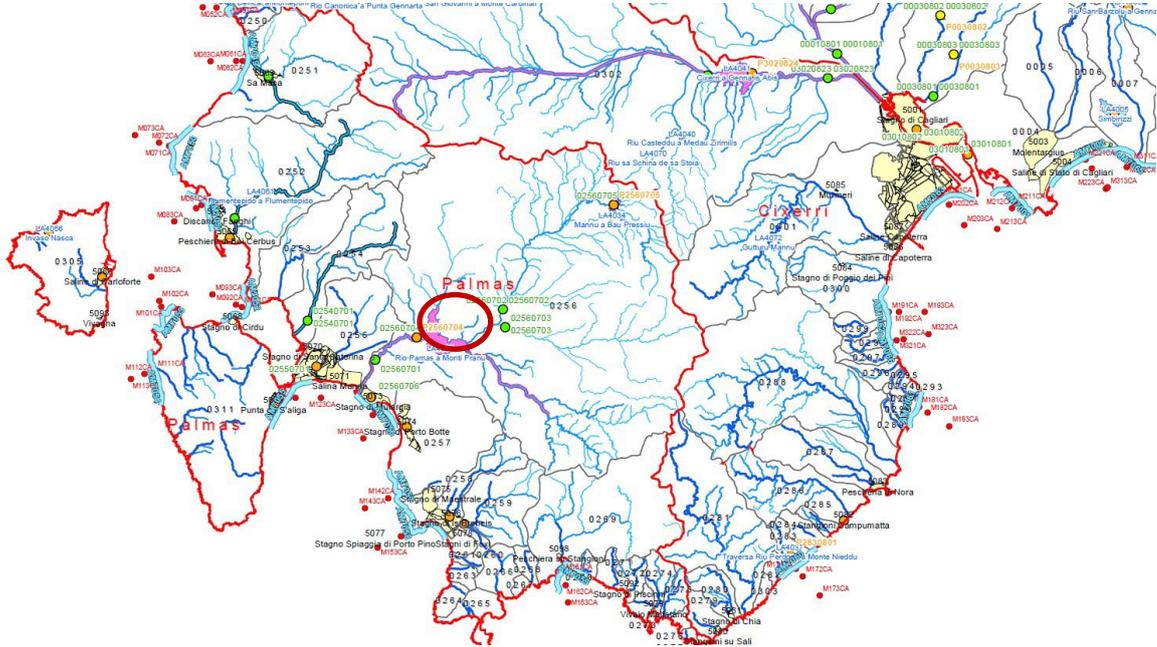


Figura 3-1 Inquadramento idrografico - Stralcio della Tav. 2-Idrografia Superficiale del Piano di Tutela delle Acque (PTA)

Il sopracitato bacino fa parte dell'Unità Idrografica Omogenea (U.I.O) denominata "Palmas".

3.1 CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI

3.1.1 UNITÀ IDROGRAFICA OMOGENEA PALMAS

3.1.1.1 Inquadramento territoriale ed idrografico

L'U.I.O. del Palmas ha un'estensione di circa 1299,60 Km² e comprende oltre al bacino principale del Rio Palmas, i bacini delle due isole di Sant'Antioco e San Pietro e una serie di bacini minori situati nella costa sud-occidentale dell'Isola, tra cui si citano per importanza quelli del Rio Flumentepido, del Riu Sa Masa e del Riu de Leunaxiu.

La U.I.O. è geograficamente delimitata a est dal massiccio del Sulcis e a nord dalla valle del Cixerri e dal massiccio dell'Iglesiente, la parte meridionale e quella occidentale invece, interessano una vasta area costiera. Le quote variano dai 0 m s.l.m nelle aree costiere agli oltre 1000 metri di Monte Is Caravius, Monte Sa Mirra, Monte Nieddu, nel cuore del massiccio del Sulcis.

Il fiume più importante del bacino è il Rio Palmas a cui è afferente una superficie di circa 477 km² ed il suo bacino è complessivamente localizzato nella porzione sudoccidentale della regione, di fronte all'isola di Sant'Antioco: è delimitato a Nord dal Monte Orri, ad Est dal Monte Is Caravius, a Sud da

Punta Sebera e ad Ovest dal Golfo di Palmas. All'altezza dell'abitato di Tratalias, in località Monte Pranu, è stato realizzato uno sbarramento sul fiume principale per la formazione di un invaso le cui acque vengono utilizzate a scopi intersettoriali. A monte di tale invaso il bacino del Rio Palmas si suddivide nei suoi principali sottobacini:

- Rio Mannu di Narcao
- Rio Mannu di Santadi
- Rio di Piscinas
- Rio di Perdaxius

Nel tratto a valle dell'invaso il Rio Palmas scorre con andamento regolare e basse pendenze fino a sfociare nel golfo di Palmas.

3.1.1.2 Morfologia e geomorfologia

La geologia del bacino idrografico è varia e complessa. Nell'area di alimentazione dei corsi d'acqua affiorano rocce della successione cambriana ritenuta la più antica di Italia e costituita dalle seguenti tre formazioni:

1. "Formazione di Nebida": arenarie con lenti calcaree;
2. "Formazione di Gonnese" (il Metallifero): dolomie e calcari;
3. "Formazione di Cabitza": calcari e scisti

Fanno seguito i depositi della trasgressione marina ordoviciana, costituiti da conglomerato. Sopra tali formazioni, si trovano gli scisti di età che va dal Devoniano al Carbonifero, originatesi durante l'orogenesi ercinica. Della stessa età è il batolite granitico, che occupa la parte orientale del bacino.

Il terziario è rappresentato da facies sedimentarie continentali, cioè conglomerati e arenarie con selce e tufiti, alternati a calcari selciosi. Tale formazione è attraversata dalle vulcaniti oligo mioceniche, che possono essere in colate di andesiti o in espansioni ignimbrici di rioliti, riodaciti e daciti.

Infine il Quaternario, costituito da alluvioni terrazzate di ciottoli, sabbie, limi e argille, affioranti nella piana di Narcao.

L'areale in cui si prevede l'installazione dell'impianto eolico è collocato in un contesto morfologico caratterizzato da blandi rilievi con quota massima intorno ai 252 m slm (M. Pisanu), con pendii docilmente degradanti verso Sud/Sud-Est. La geomorfologia del sito si presenta fortemente influenzata dai caratteri litologici, giacitureali e strutturali delle rocce affioranti e verosimilmente dai movimenti tettonici recenti che hanno interessato questa parte dell'isola.

Tuttavia, le caratteristiche dei rilievi “andesitici” del Burdigaliano (areale in studio) si discostano sensibilmente da quelle che caratterizzano le zone in cui affiorano le litologie antiche paleozoiche. Infatti, quest'ultime, presentano in media una altitudine minore e generano piccoli altipiani spianati leggermente pendenti verso sud, con medesima o simile quota.

L'elemento che maggiormente agisce sulla modellazione del paesaggio è in ogni caso il clima tipico di questa zona, determinando quindi un'erosione selettiva tra rocce poco resistenti e quelle decisamente più resistenti come le litologie metamorfiche e vulcaniche, che costituiscono i rilievi circostanti.

Non si osserva la formazione di suoli sviluppati o comunque con spessori considerevoli (maggiori di 1 m) e ricchi in sostanza organica a causa della sostanziale assenza di vegetazione continua e ad alto fusto che accentua l'azione alterante ed erosiva degli elementi esogeni.

Il reticolo fluviale è mediamente gerarchizzato e sovente caratterizzato da impluvi con portate basse e variabili, asciutti per la maggior parte dell'anno con aumento improvviso dei flussi solo in occasioni di fenomeni di precipitazione intensi.

3.1.1.3 Uso del suolo

A livello di U.I.O., l'uso del suolo può essere classificato in 2 macroaree: La prima, costituita da aree di carattere naturale con il 48% occupato da Zone con Vegetazione Arbustiva e dal 9% con Zone Boscate (propaggini occidentali del massiccio del Sulcis), e la seconda, coincidente con le pianure costiere e le aree collinari che è invece caratterizzata da un utilizzo agricolo (24% Seminativi, 4,7% Zone Agricole Eterogenee). Nelle aree attigue all'invaso di Monte Pranu sono presenti anche alcune colture irrigue.

Infine, abbiamo le aree urbanizzate, che occupano circa il 2% dell'intero territorio del bacino del Palmas.

3.1.1.4 Pluviometria e climatologia

La caratterizzazione del clima del territorio del bacino dell'U.I.O. del Palmas è basata sui dati delle stazioni pluviometriche ricadenti all'interno del bacino (Tabella 3-1).

Tabella 3-1 Elenco delle stazioni pluviometriche nell'U.I.O. del Palmas

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m.s.l.m.)	COORDINATE
Santadi	1922-2007	Pluviometro	292	39° 5'29.62"N 8°43'8.23"E
Narcao	1922-2011	Pluviometro	119	39° 9'59.74"N 8°40'37.23"E

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle due stazioni del bacino più vicine al sito di progetto e riportate in Tabella 3-2, desunta dai dati degli annali idrologici.

Tabella 3-2 Piovosità mensile media per le stazioni pluviometriche all'interno dell'U.I.O. del Palmas per gli anni dal 1922 al 2011.

Piovosità mensile media [mm]		
Mese	Stazione di Santadi	Stazione di Narcao
Gennaio	81	79
Febbraio	71	71
Marzo	64	61
Aprile	53	54
Maggio	37	37
Giugno	18	16
Luglio	9	7
Agosto	20	16
Settembre	39	42
Ottobre	74	73
Novembre	91	94
Dicembre	98	97
Annuale Media [mm]	654	648

Considerando i dati relativi al periodo compreso tra il 1922 e il 2011, l'analisi del regime pluviometrico evidenzia come il valore di piovosità media annua sia attorno ai 654-648 mm. I mesi più piovosi sono i mesi di novembre e dicembre dove si sfiorano i 100 mm di pioggia media. I mesi estivi si confermano invece come il periodo più asciutto, soprattutto giugno e luglio, in cui i valori medi delle stazioni di riferimento non salgono sopra i 20 mm mensili. A causa della scarsità di stazioni di rilevamento meteo il dato non è sicuramente rappresentativo per l'intero bacino del Palmas, soprattutto in quanto le due stazioni sono poste ad una distanza di circa 9 km l'una dall'altra. Tuttavia, entrambe le stazioni si trovano molto vicine (8 km) al sito di progetto e possono essere considerate un buon riferimento per le piogge che lo caratterizzano.

Il clima, infine, si presenta statisticamente riconducibile al clima di tipo mediterraneo, come per il resto delle aree costiere e sub-costiere della regione. Con estati lunghe, calde e asciutte ed inverni corti, miti e piovosi.

4 STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Nel presente capitolo si è provveduto a definire la curva di possibilità pluviometrica necessaria alla successiva progettazione delle opere idrauliche per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche.

La procedura di definizione è stata derivata dal progetto VAPI sulla valutazione delle piene in Italia sviluppato dalla linea 1 del gruppo nazionale per la difesa delle catastrofi idrogeologiche del consiglio nazionale delle ricerche. Esso ha l'obiettivo di regionalizzare le piogge intense su tutto il territorio nazionale secondo criteri omogenei. nel caso in esame si è fatto riferimento allo studio condotto nella regione Sardegna: Deidda R., Piga E., Sechi G.M.: "Studio regionale delle massime precipitazioni giornaliere in Sardegna", quaderni di ricerca S.I.T., n.9, Cagliari, 1993.

4.1 MODELLO TCEV

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle portate al colmo e delle piogge di assegnata durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri. Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici, il modello VAPI si fonda sulla legge di distribuzione di probabilità denominata TCEV - Two Component Extreme Value. Tale distribuzione ipotizza che i massimi annuali provengano da una miscela di due popolazioni di eventi: una "ordinaria" e l'altra "straordinaria", rappresentata dai valori campionari più elevati. Essendo i parametri della distribuzione TCEV pari a 4, risulta elevata l'incertezza della stima ottenuta con le serie storiche in genere disponibili la cui dimensione è spesso limitata. Per ridurre questa incertezza si utilizzano procedure di analisi regionale che permettono di stimare alcuni dei parametri sulla base delle serie storiche di aree indicate come zone e sottozone omogenee.

La procedura VAPI. considera tre diversi livelli di regionalizzazione in zone e sottozone omogenee.

Nel primo livello di regionalizzazione è stata verificata l'ipotesi che tutto il territorio insulare costituisca un'unica zona omogenea, caratterizzato dalla costanza dei parametri regionali della distribuzione che assumono così un valore unico per l'intera regione sarda.

Nel secondo livello di regionalizzazione sono state individuate inizialmente quattro differenti zone che si dipartono dal massiccio del Gennargentu, orientativamente nelle quattro direzioni cardinali. Per la zona settentrionale e quella meridionale è stata tuttavia riscontrata la possibilità di consentire, senza eccessive forzature sui criteri di limitrofia, l'aggregazione dei due gruppi. In definitiva, la Sardegna è stata suddivisa in sole tre sottozone omogenee.

Il risultato finale della delimitazione geografica delle sottozone è riportato nella Figura 4-1.

Al terzo livello di regionalizzazione per la stima del parametro di posizione della distribuzione TCEV è stata utilizzata la metodologia che consiste nel valutare la pioggia indice nei siti non osservati sulla

base di una superficie interpolante i valori di precipitazione media rilevati nelle 200 stazioni di base già utilizzate negli altri livelli di regionalizzazione. Questa superficie è facilmente rappresentabile col tracciamento delle relative isoiete, individuate nella Figura 4-2 con una procedura automatica che utilizza i valori puntuali delle sole 200 stazioni con base dati più ampia.

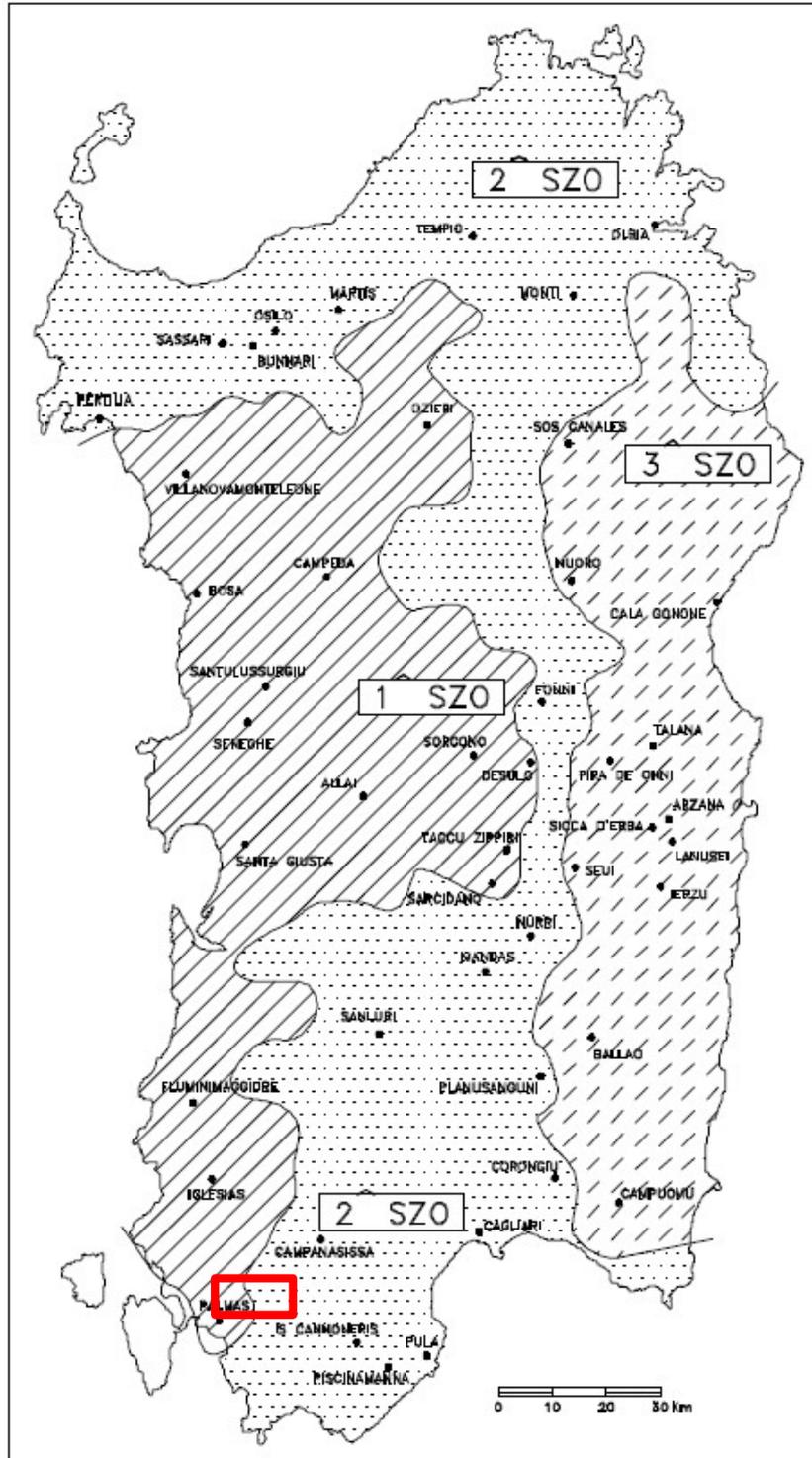


Figura 4-1 Ripartizione del territorio regionale in tre sottozone omogenee e area di progetto in rosso

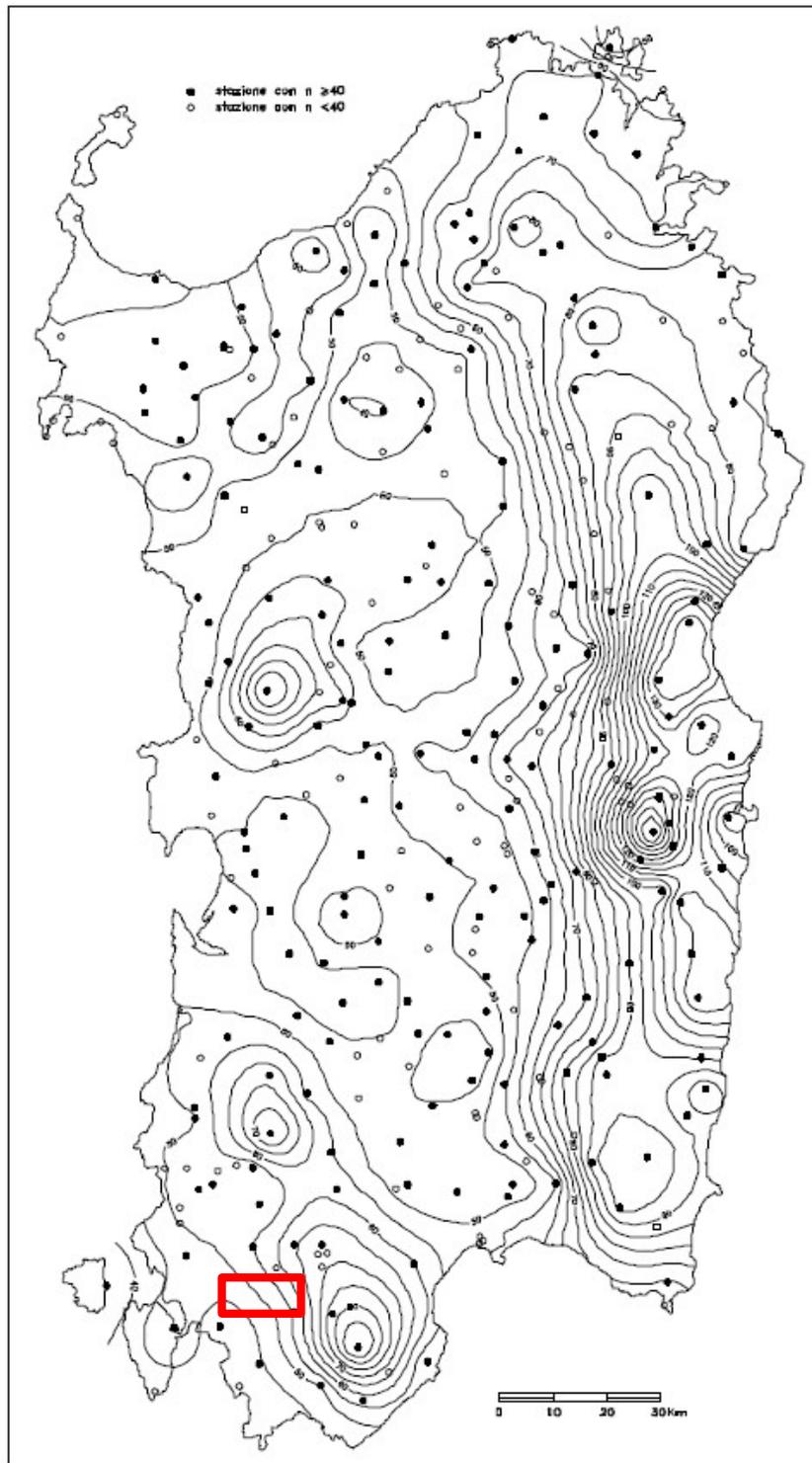


Figura 4-2 Isoiete della pioggia indice al terzo livello di regionalizzazione, area di progetto in rosso

Sono state dunque ottenute le curve segnalatrici di possibilità pluviometriche applicando il modello TCEV, secondo la procedura illustrata di seguito.

Si è proceduto con la determinazione della pioggia indice giornaliera μ_g dalle isoiete della pioggia indice.

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

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

Dove i coefficienti a_1 e n_1 si possono determinare in funzione della pioggia indice giornaliera μ_g con le seguenti formule:

$$a_1 = \mu_g / (0,886 \cdot 24^{n_1})$$

$$n_1 = -0,493 + 0,476 \cdot \log_{10} \mu_g$$

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

Che porta ad ottenere la seguente equazione:

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

dove i coefficienti a_2 e n_2 si determinano per differenti T e τ .

Come visibile in Figura 4-1, l'area di progetto ricade a cavallo di due sottozone omogenee: la SZO1 e la SZO2. Si è deciso di proseguire applicando le equazioni della sola sottozona 2 in quanto quelle che forniscono valori maggiori di altezza di pioggia e quindi più cautelative.

Per tempi di ritorno $T \leq 10$ anni:

- $a_2 = 0,64767 + 0,89360 \log_{10} T$
- $n_2 = -6,018910^{-3} + 3,295010^{-4} \log_{10} T$

Per tempi di ritorno $T > 10$

- $a_2 = 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T$
- $n_2 = -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,545310^{-2} (\log_{10} T)^2$ per $\tau \leq 1$ ora
- $n_2 = -5,659310^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} (\log_{10} T)$ per $\tau \geq 1$ ora

4.2 RISULTATI

Dall'applicazione del modello TCEV l'area di progetto rientra nella sottozona omogenea SZO2. I parametri che ne derivano, delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica, vengono riportati in Tabella 4-1.

Tabella 4-1 Determinazione parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica modello TCEV.

μg (mm)		T<=10		T>10			Tr
50,00					d<= 1 h	d>= 1 h	
a1	n1	a2	n2	a2	n2	n2	
20,69	0,32	1,54	-0,01	-	-	-	10,00
SZO2				1,85	0,07	-0,01	20,00
				1,95	0,08	-0,01	25,00
				2,28	0,12	-0,01	50,00
				2,61	0,16	-0,01	100,00
				2,93	0,19	-0,02	200,00

Di seguito si riportano le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per eventi con tempi di ritorno pari a 10, 20, 25, 50, 100 e 200 anni e durata dell'evento piovoso pari a 1,3,6,12 e 24 ore.

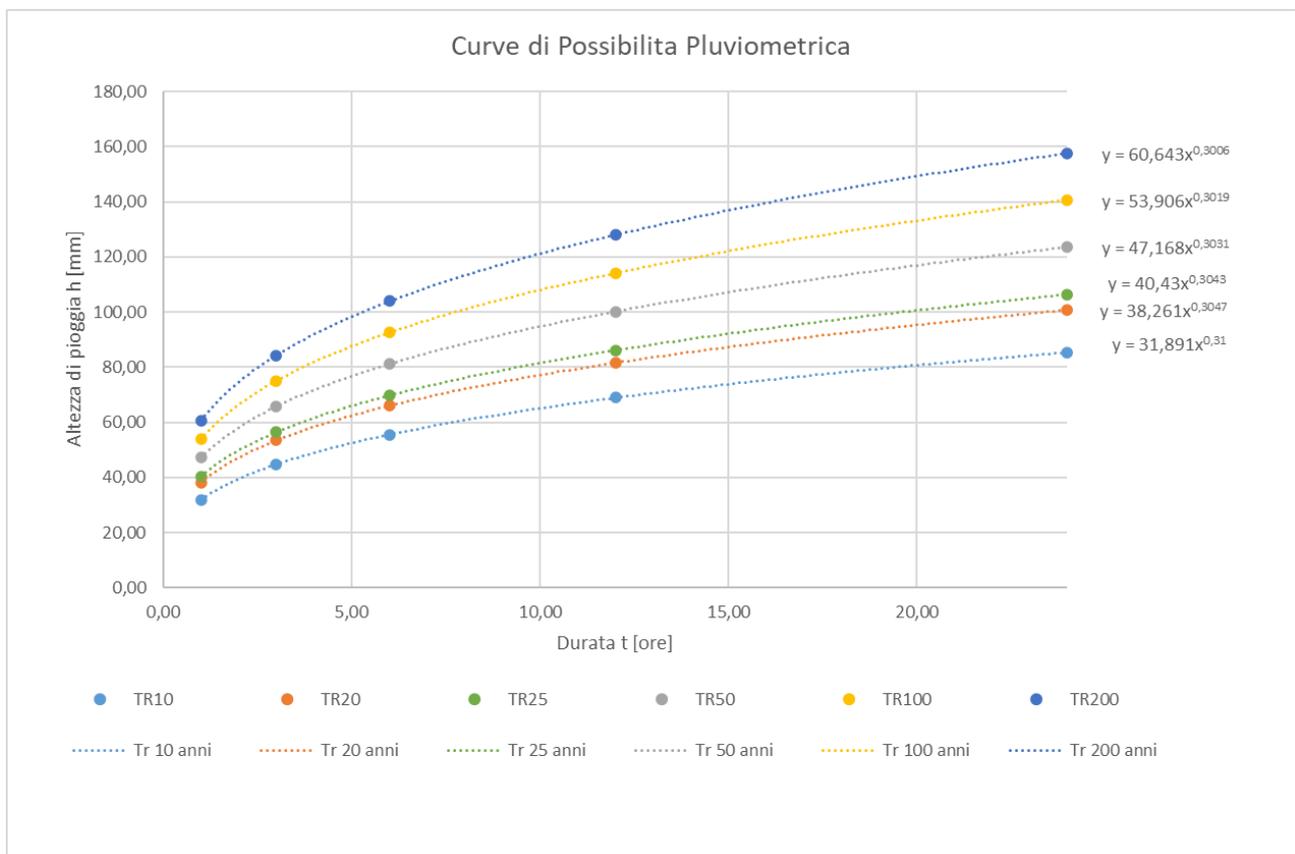


Figura 4-3: Curve di Possibilita Pluviometrica per l'area di progetto di Monte Pranu

5 STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Scopo del presente capitolo è la definizione delle portate di piena corrispondenti a tempi di ritorno di progetto per quanto riguarda i bacini scolanti identificati come critici ai fini della regimazione delle acque per la realizzazione dell'impianto eolico Monte Pranu.

La metodologia identificata per la valutazione della piena di progetto è il metodo razionale e si articola come segue:

- a) Delimitazione dei sottobacini idrografici di interesse sulla base della morfologia del territorio e della nuova viabilità interna d'impianto;
- b) Definizione dei parametri morfologici quali superficie del bacino sotteso, lunghezza e pendenza dell'asta principale, quota massima, minima e media del bacino, copertura vegetale e uso del suolo;
- c) Definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- d) Definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi Capitolo 4);
- e) Analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- f) Calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

5.1 INDIVIDUAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI

L'impianto in progetto è ubicato in un'area prevalentemente collinare tra i 40 e i 230 metri s.l.m., con pendii di blanda acclività, in piccola parte ricoperti da vegetazione a macchia e in larga parte costituiti da terreni spogli adibiti a pascolo o incolti. Il territorio in cui si inseriscono le infrastrutture presenta un reticolo idrico superficiale ramificato, a causa della prevalente componente di deflusso superficiale, rispetto all'infiltrazione, in funzione delle caratteristiche delle formazioni andesitico – basaltiche che in superficie non nascondono fratturazioni e alterazioni da agenti atmosferici. In genere, gli aerogeneratori in progetto, localizzandosi in corrispondenza delle sommità orografiche, non risultano interferenti con alvei torrentizi di particolare grandezza.

Di seguito si propone un inquadramento dell'impianto eolico su DTM e i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.

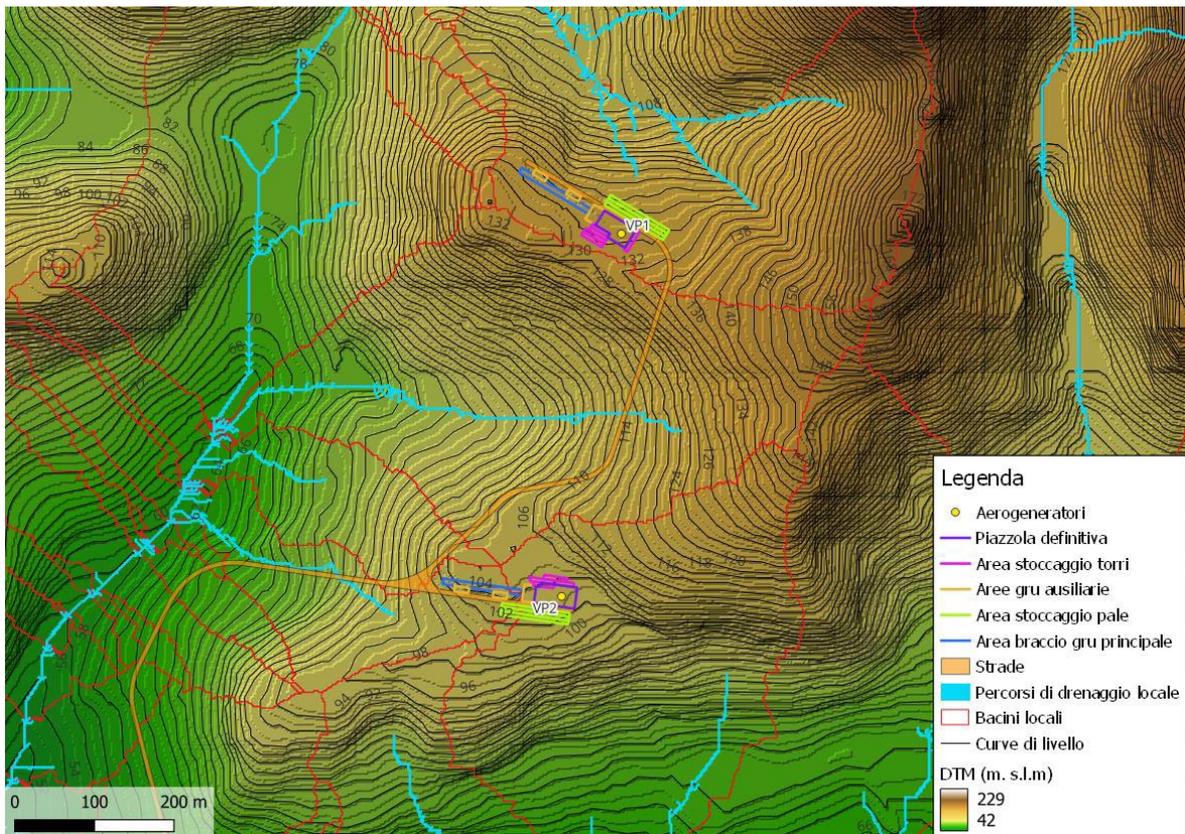


Figura 5-1 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP1-VP2

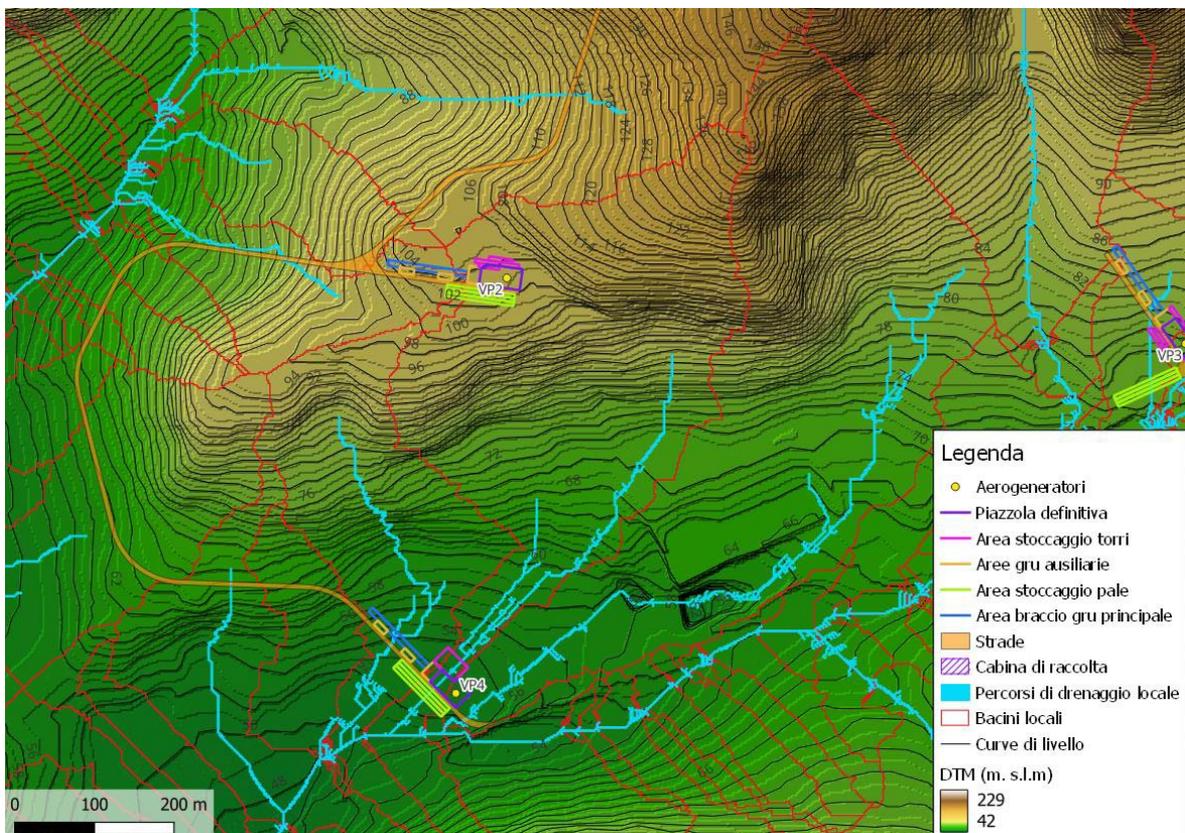


Figura 5-2 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP2-VP4

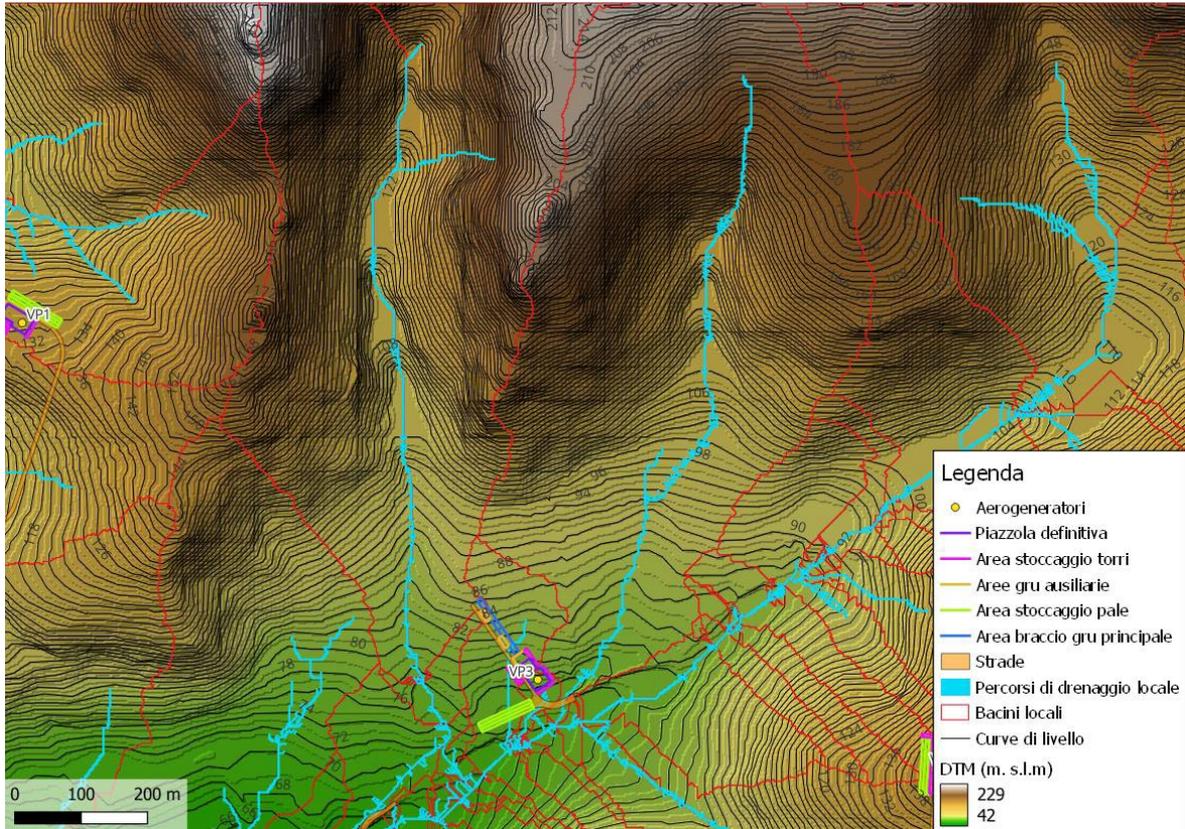


Figura 5-3 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP3

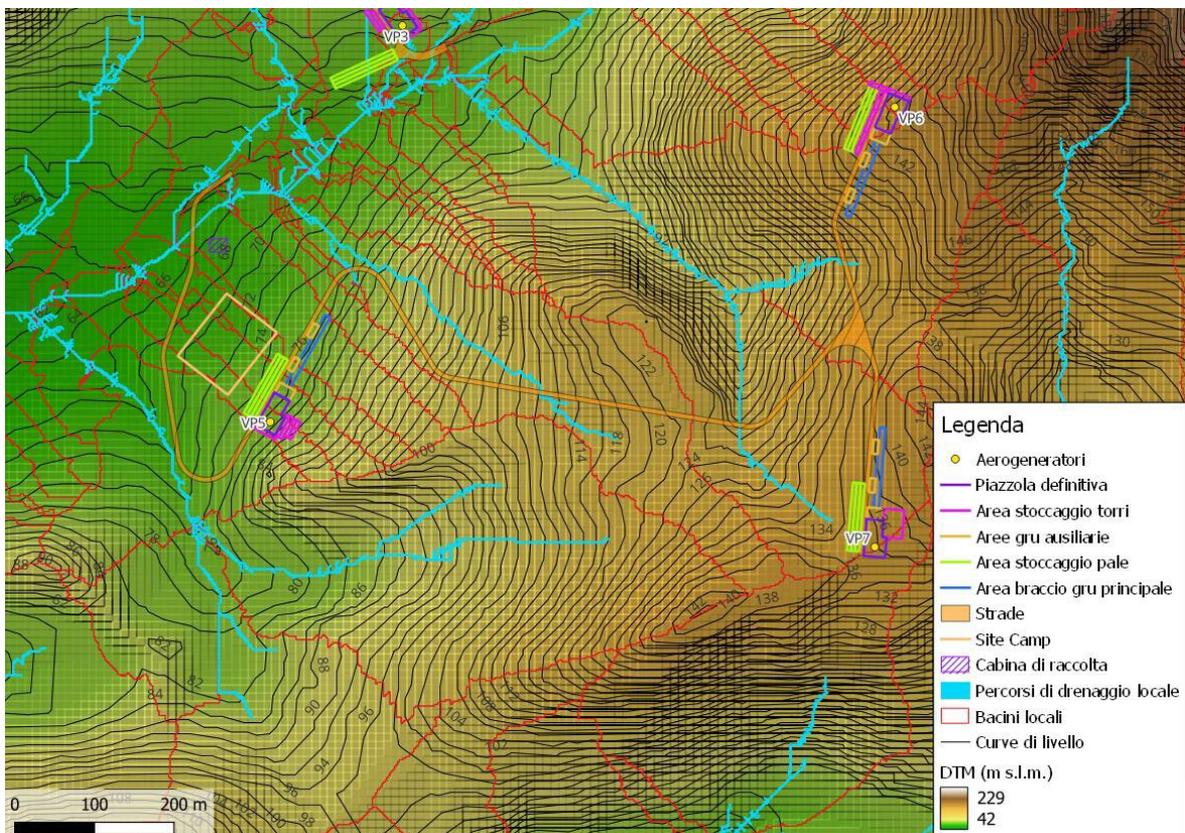


Figura 5-4 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP5-VP6-VP7

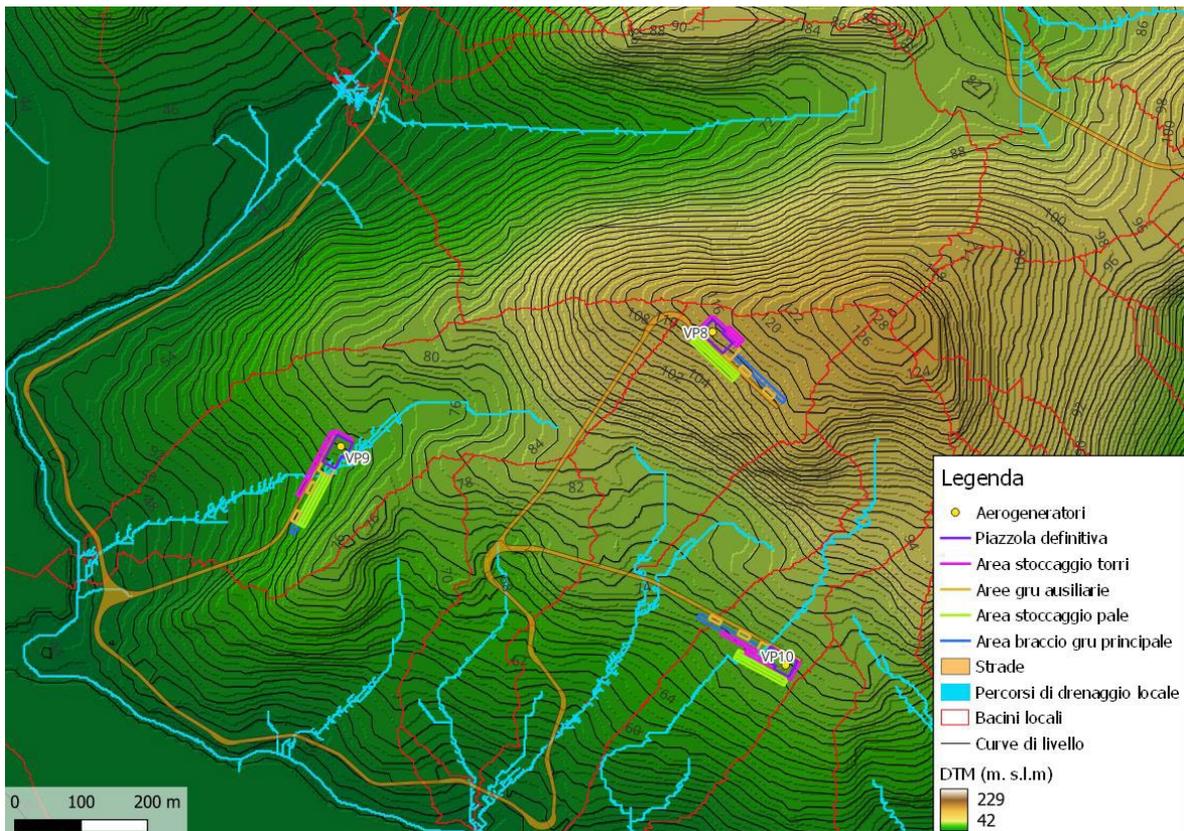


Figura 5-5 Inquadramento su DTM dei sotto-bacini nei dintorni di VP8-VP9-VP10

Al fine di dimensionare correttamente le opere idrauliche di progetto è necessario stimare le massime portate convogliate in corrispondenza della viabilità a servizio degli impianti. Tale stima prevede, in primo luogo, l'individuazione dei sottobacini caratterizzati dall'avere sezioni di chiusura lungo la viabilità di progetto oltre che le maggiori estensioni areali. Si sottolinea che in molti casi, essendo la viabilità di progetto localizzata lungo le linee di displuvio, i bacini che vi conferiscono sono caratterizzati da dimensioni molto limitate e talvolta trascurabili.

I sottobacini critici sono illustrati nei seguenti inquadramenti, sia su ortofoto che su DTM.

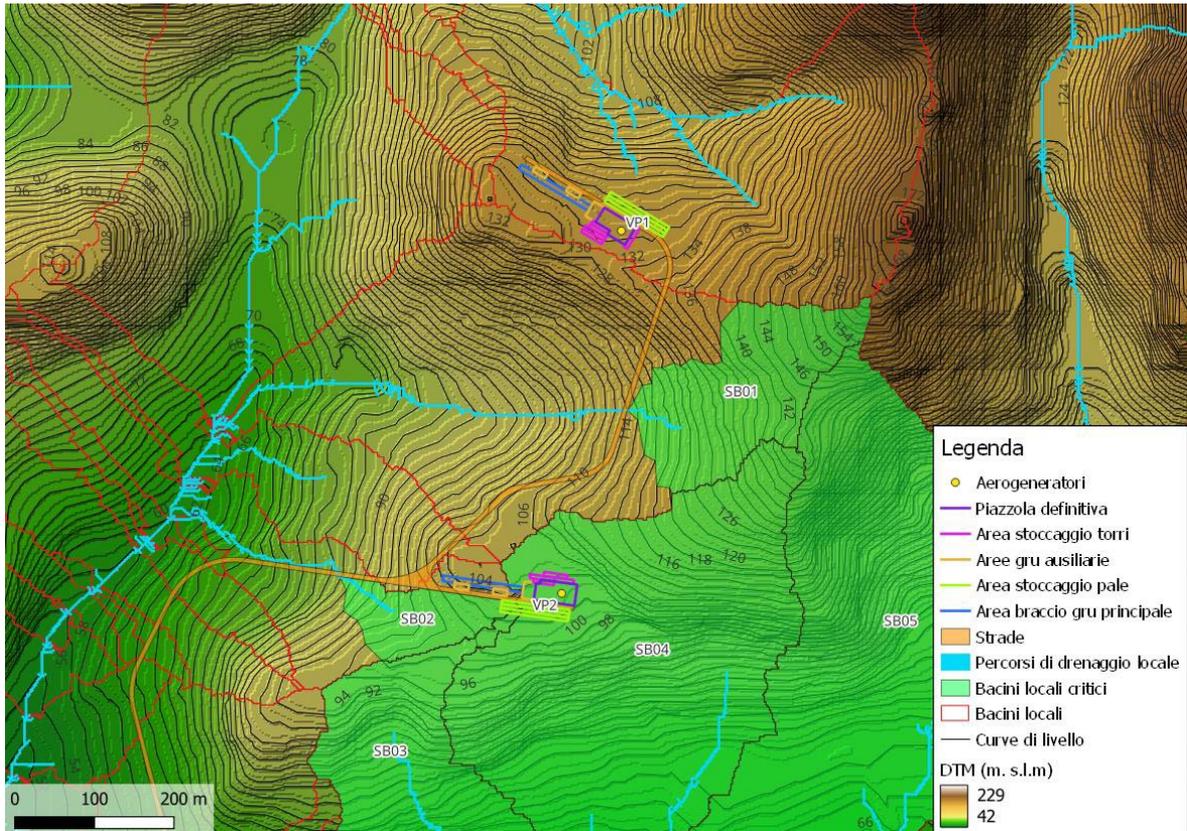


Figura 5-6 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP1-VP2

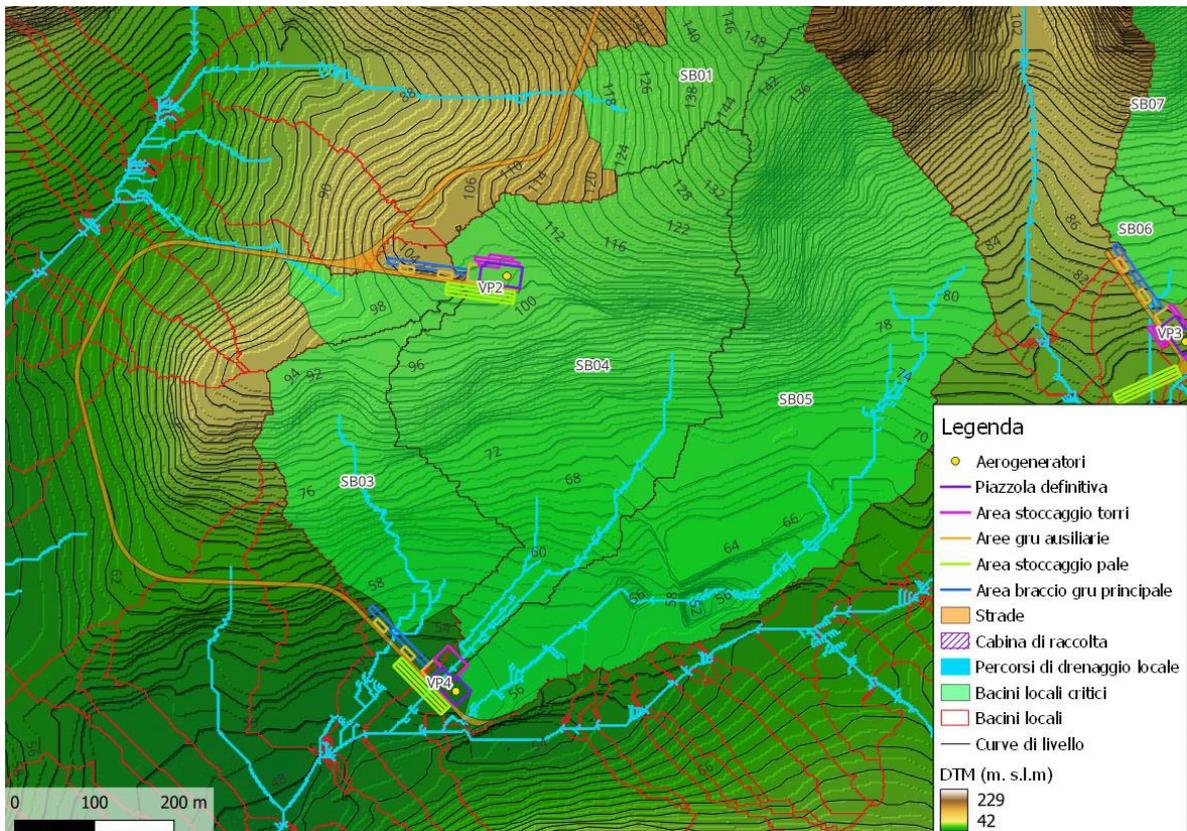


Figura 5-7 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP2-VP4

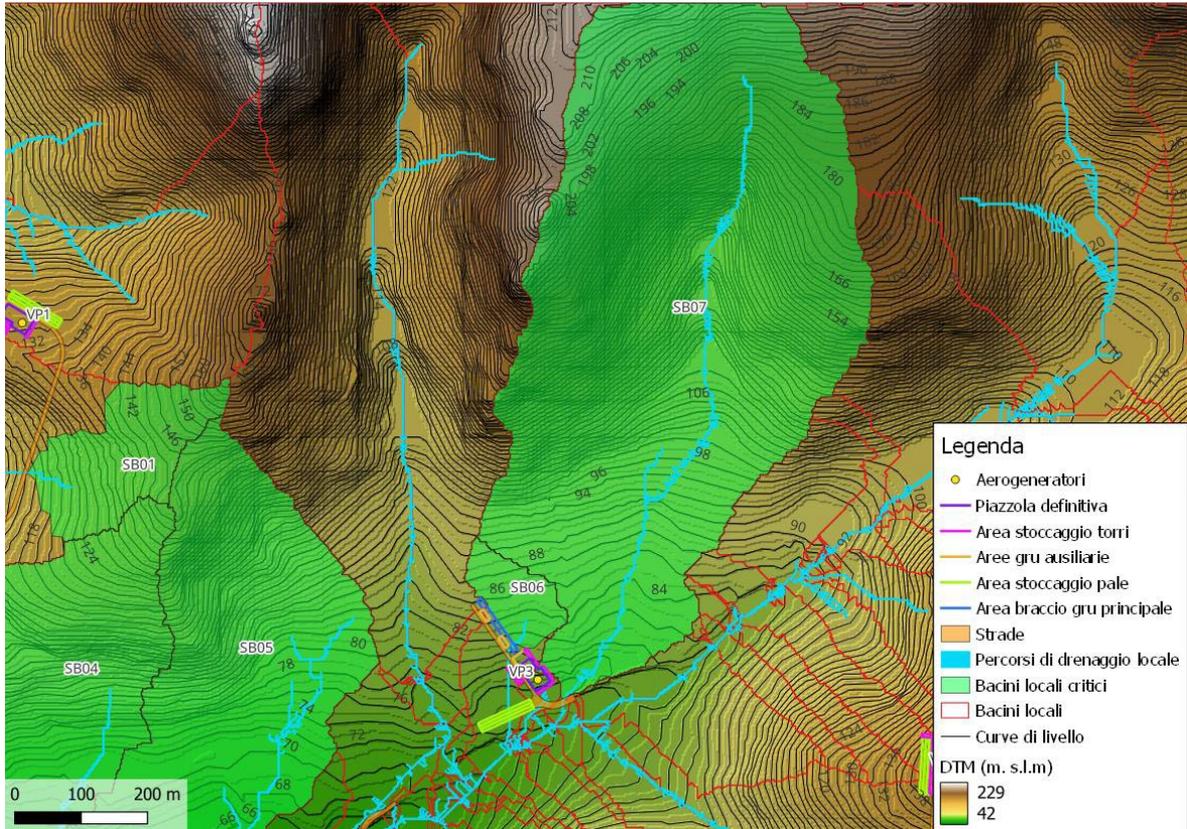


Figura 5-8 Inquadramento sotto-bacini critici per la turbina VP3

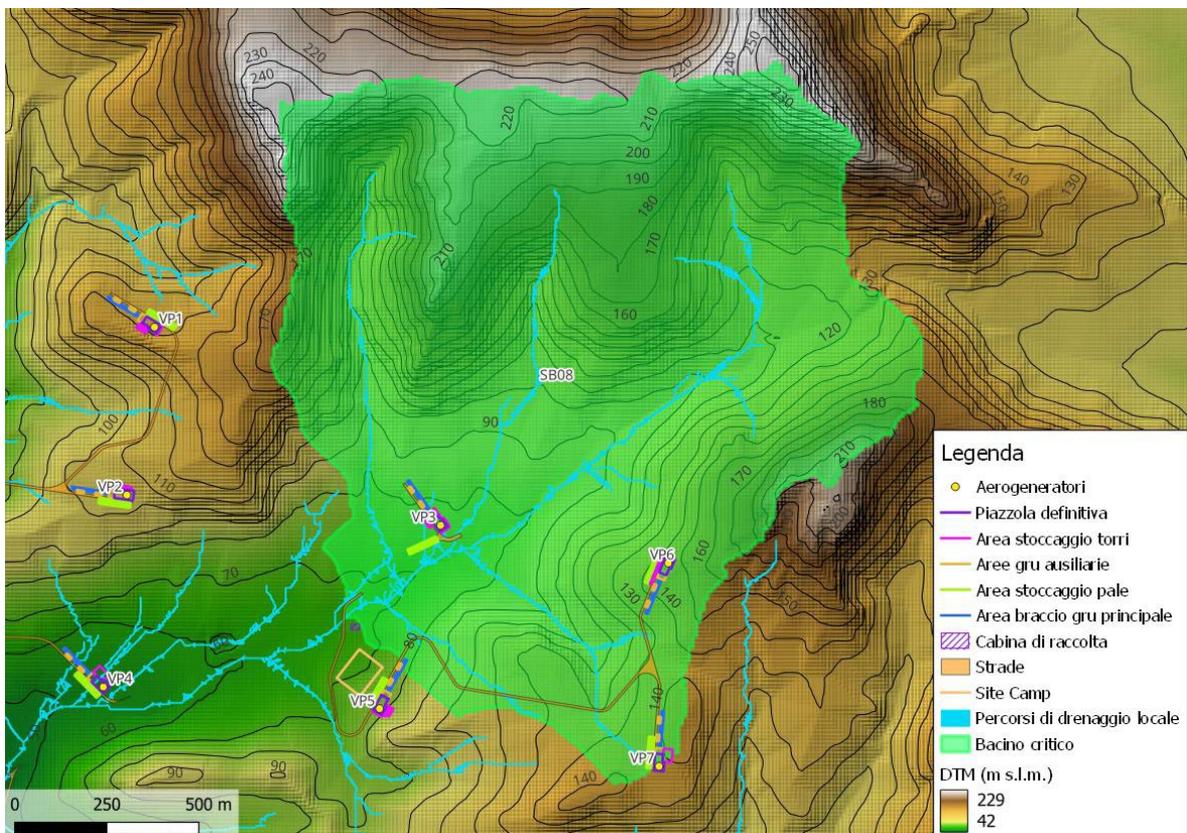


Figura 5-9 Inquadramento sotto-bacini critici per la strada di accesso alle turbine VP5-VP6-VP7

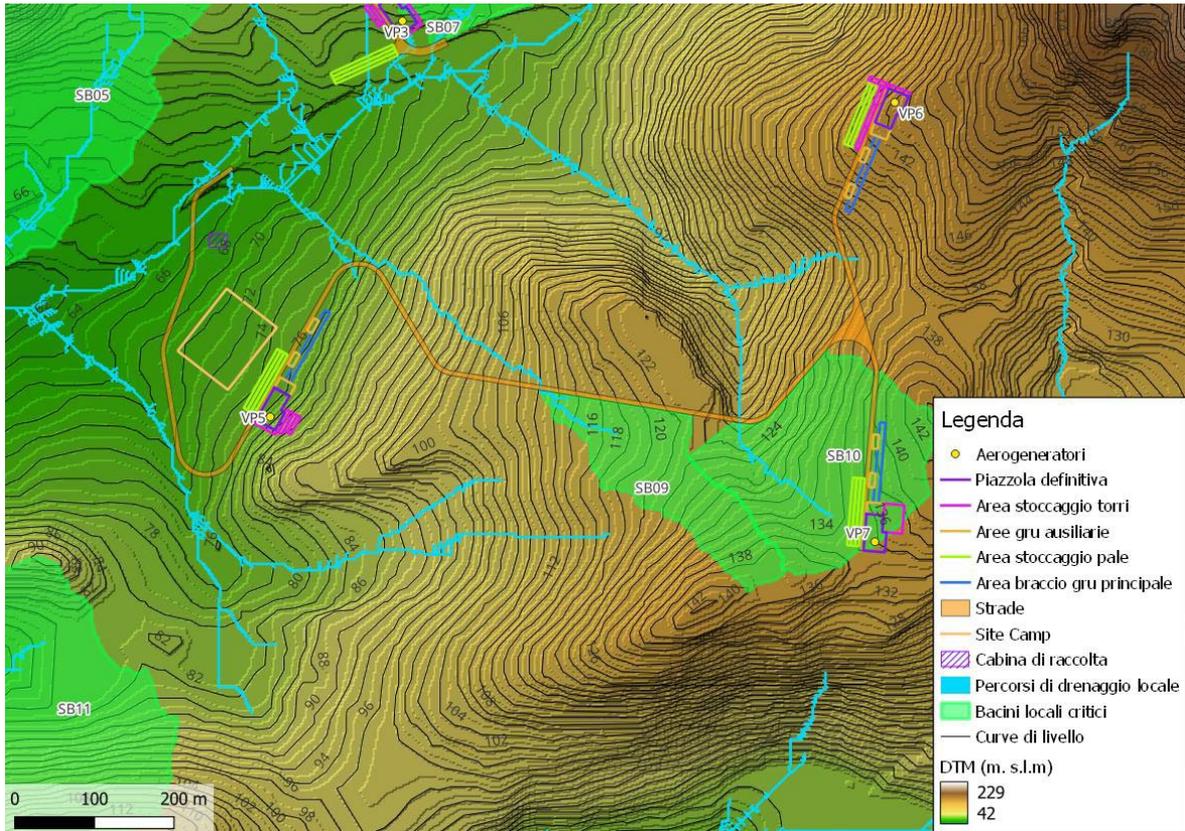


Figura 5-10 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP5-VP6-VP7

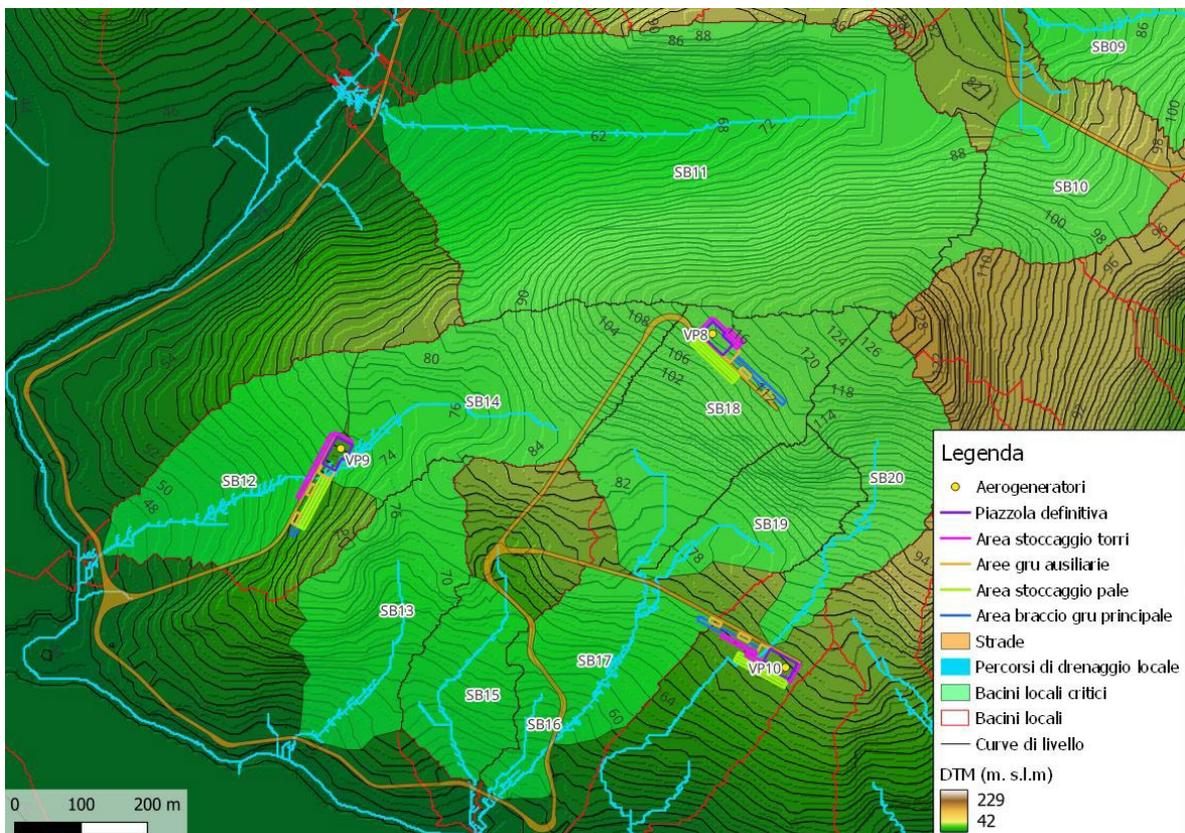


Figura 5-11 Inquadramento sotto-bacini critici per le turbine VP8-VP9-VP10

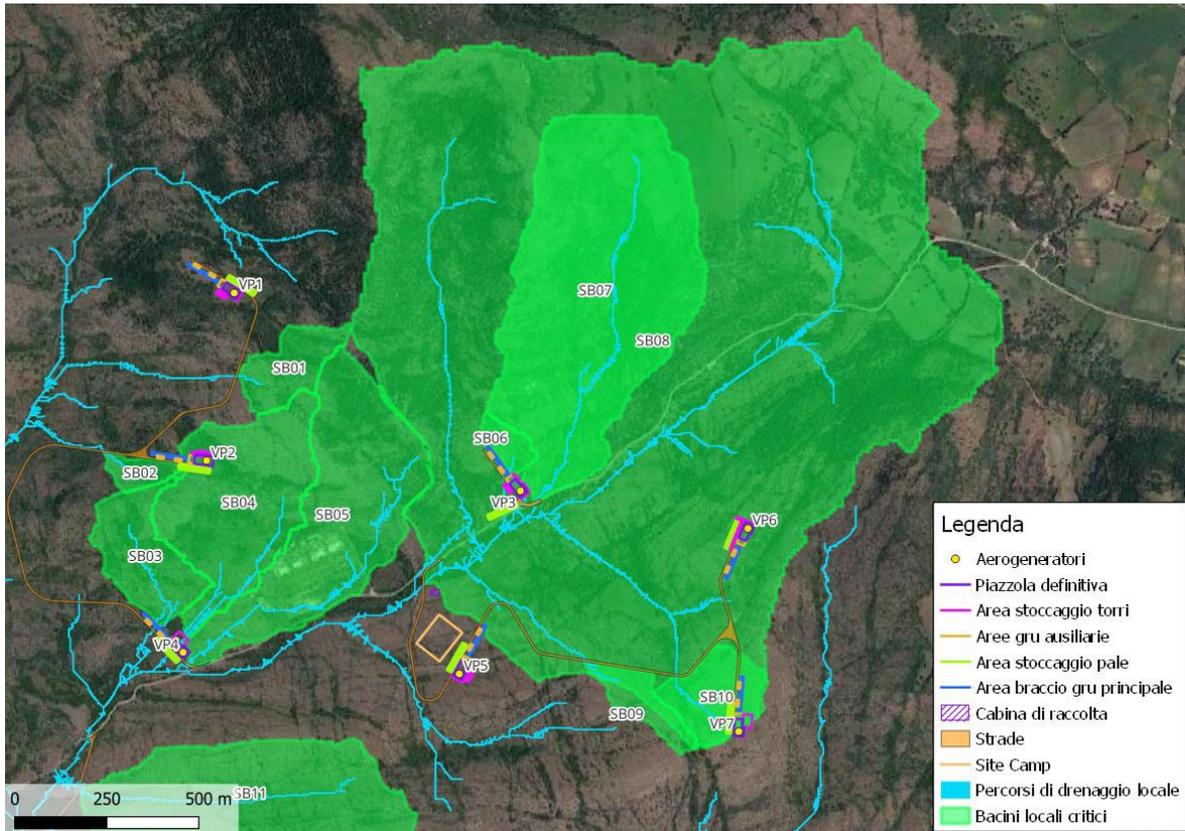


Figura 5-12 Inquadramento su ortofoto dei sotto-bacini critici per le VP1-VP2-VP3-VP4-VP5-VP6-VP7

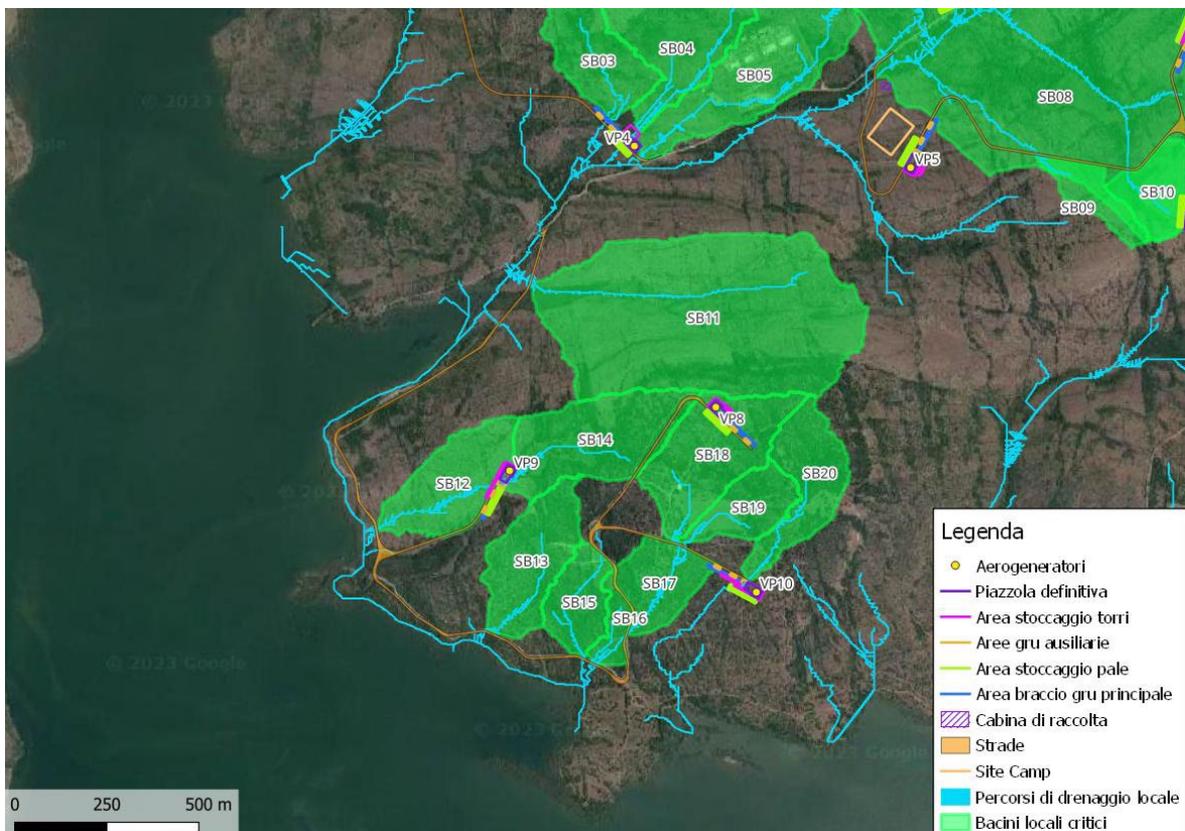


Figura 5-13 Inquadramento su ortofoto dei sotto-bacini critici per le VP5-VP8-VP9-VP10

5.2 METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE

Per il calcolo delle portate meteoriche di afflusso in occasione di eventi limite si è deciso di adottare il metodo razionale di stima, alla cui base vi sono le seguenti assunzioni:

- la massima portata avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- Il picco di portata ha il medesimo tempo di ritorno della precipitazione che lo ha generato;
- la formazione delle piene ed il suo trasferimento lungo il reticolo idrografico avvengono senza la formazione di invasi significativi;
- la portata attesa è espressa dalla formula:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot A}{3,6 \cdot t_c} \text{ in m}^3/\text{s}$$

dove:

- c rappresenta il coefficiente di deflusso del bacino;
- h, l'altezza di massima pioggia per assegnato tempo di ritorno ed una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- A è la superficie del bacino (km²);
- t_c tempo di corrivazione del bacino (h).

5.2.1 TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per bacini con estensione areale inferiore ai 20 km² come nel caso in esame è stata effettuata, in funzione delle caratteristiche geomorfologiche dei bacini, mediante le formule di Pezzoli, Kirpich e Viparelli. Il tempo di corrivazione di progetto è stato poi calcolato come media dei valori ottenuti.

5.2.2 ALTEZZA DI PIOGGIA

L'altezza di pioggia massima per un assegnato tempo di ritorno e durata è ricavabile dalle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica ricavate nel Capitolo 4 del presente elaborato. Assegnato un tempo di ritorno di progetto pari a $T_r = 25$ anni, l'equazione della linea segnalatrice si esprime come:

$$h(t) = 40,43 \cdot t^{0,3043}$$

Tuttavia, tale equazione ricavata mediante il modello VAPI, trova applicazione per eventi meteorici di durata maggiore ad 1 ora. Nel presente caso, trattandosi di piccoli bacini con brevi tempi di corrivazione, l'equazione di calcolo della precipitazione massima per gli eventi di breve durata si esprime:

$$h(t) = 0,208 \cdot h(1) \cdot t^{0,386}$$

in cui t è espresso in minuti.

Tale espressione, disponibile in letteratura, è stata ricavata analizzando i dati forniti nella Tab. V degli Annali Idrologici, relativi alle precipitazioni di breve durata e notevole intensità (Ferreri G. B. e Ferro V. – 1996 – Rainfall intensity-duration-frequency relationship for South Italy. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 95).

5.3 PIOGGIA NETTA EFFICACE E CURVE NUMBER

Il bilancio idrologico relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stato stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che la altezza di pioggia netta (efficace) I_{eff} risulta legata all'altezza di pioggia lorda I_l (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$I_{eff} = I_l - I_a$$

Per la stima di I_a viene usata la seguente relazione:

$$I_a = 0,2 \cdot S$$

In questa espressione S è il massimo volume specifico di acqua che il terreno può trattenere in condizione di saturazione ed I_a è la cosiddetta perdita iniziale, vale a dire quel valore limite di altezza di pioggia che il terreno può trattenere nella fase iniziale del fenomeno senza che si abbia creazione di deflusso.

La valutazione del valore di S può invece essere ricondotta a quella dell'indice CN (Curve Number), cui esso risulta legato dalla relazione:

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

L'indice CN è un numero adimensionale, compreso fra 0 e 100, funzione della permeabilità della litologia superficiale, dell'uso del suolo e del grado di saturazione del terreno prima dell'evento meteorico.

Il Soil Conservation Service (SCS) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di prolungato adacquamento, ha classificato i vari tipo di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D):

- Gruppo A - Scarsa potenzialità di deflusso: comprende forti spessori di sabbia con scarsissimo limo e argilla; anche forti spessori di ghiaie profonde, molto permeabili.
- Gruppo B – Potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte degli strati sabbiosi meno spessi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
- Gruppo C – Potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Gruppo D - Potenzialità di deflusso molto elevata: comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

Nel caso in esame si è svolta un'analisi dei Curve Number coinvolti nel sito in progetto tramite una sovrapposizione dei sottobacini critici e le informazioni su tipologia di suolo e permeabilità messe a disposizione dalla regione Sardegna nel geoportale. Nelle seguenti immagini vengono riportati degli stralci cartografici riguardanti i Curve Number utilizzati per il calcolo del deflusso dei bacini critici evidenziati.

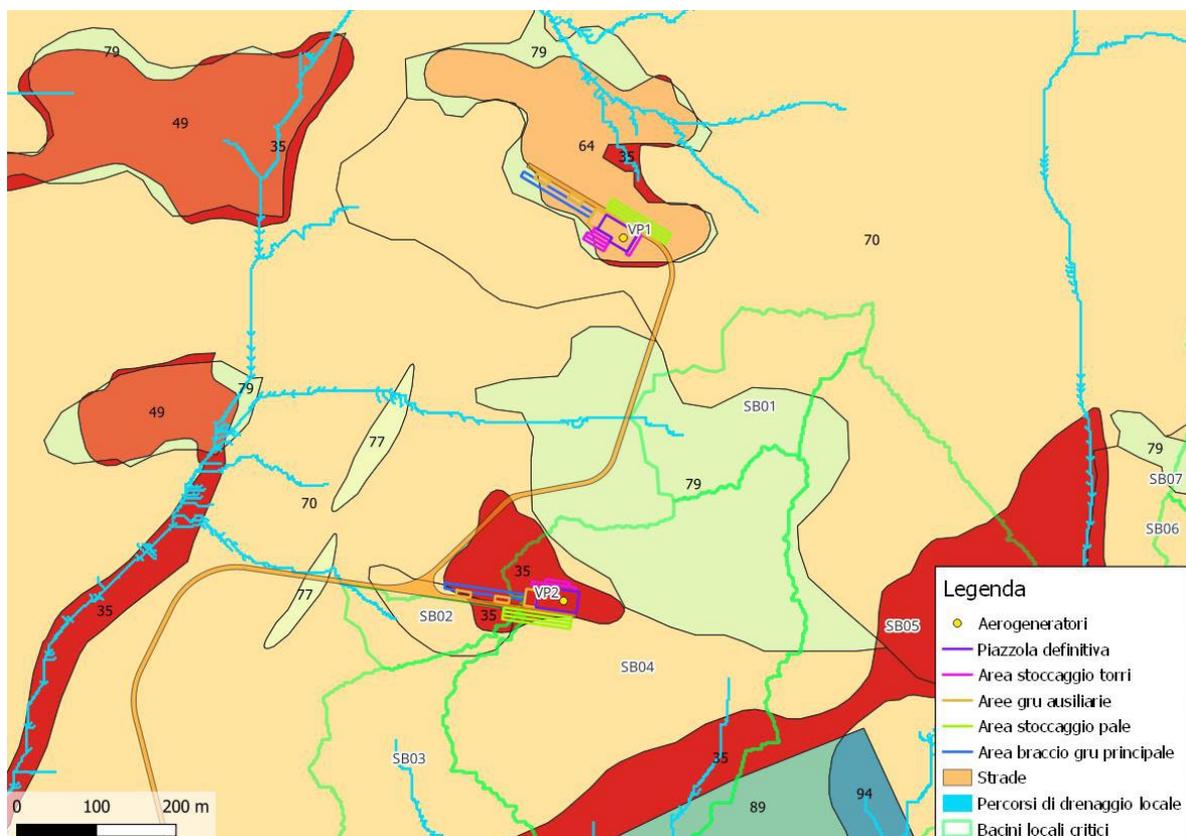


Figura 5-14 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP1-VP2

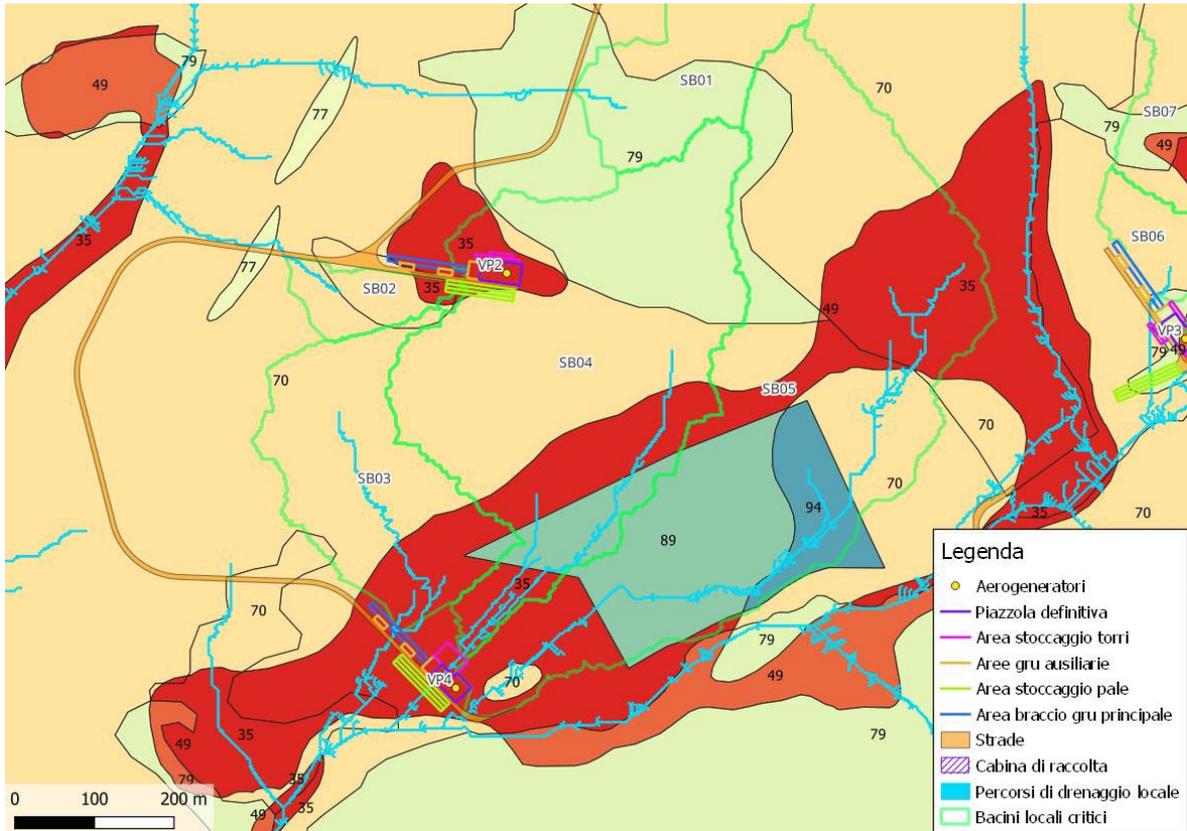


Figura 5-15 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP2-VP3

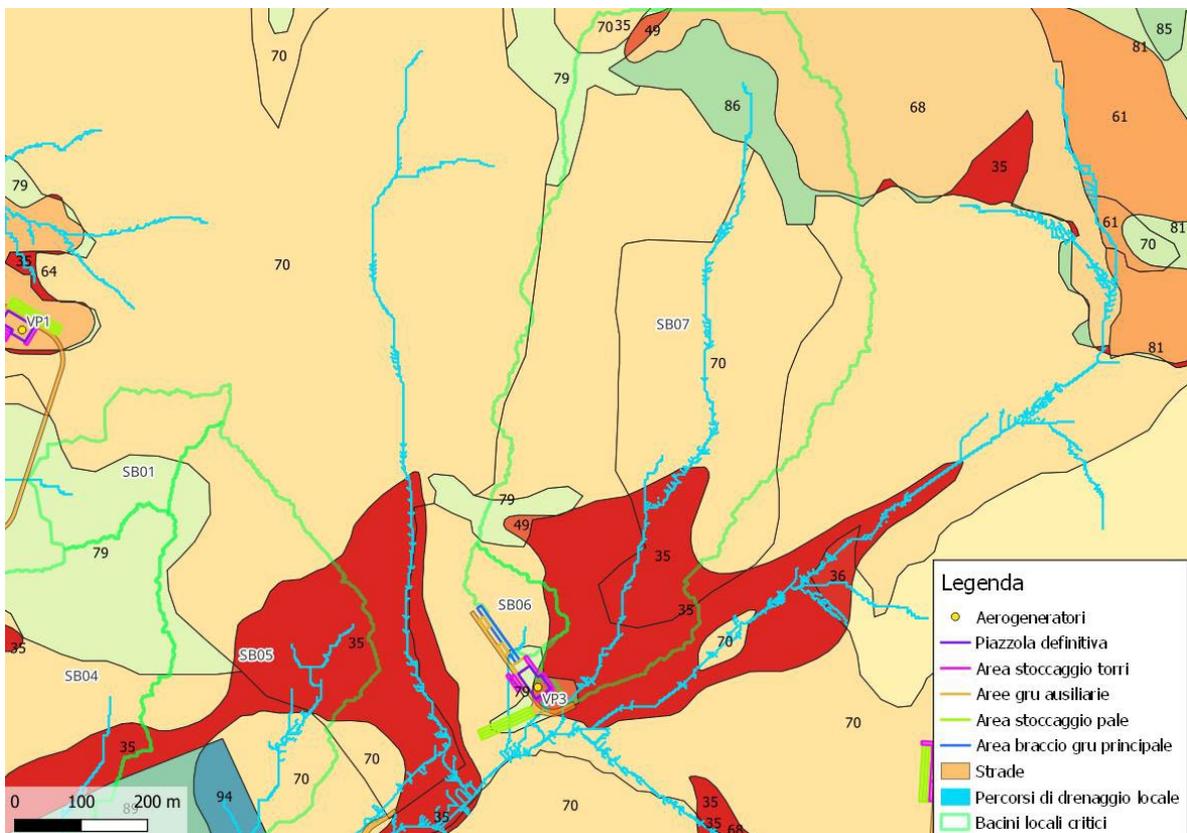


Figura 5-16 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbina VP3

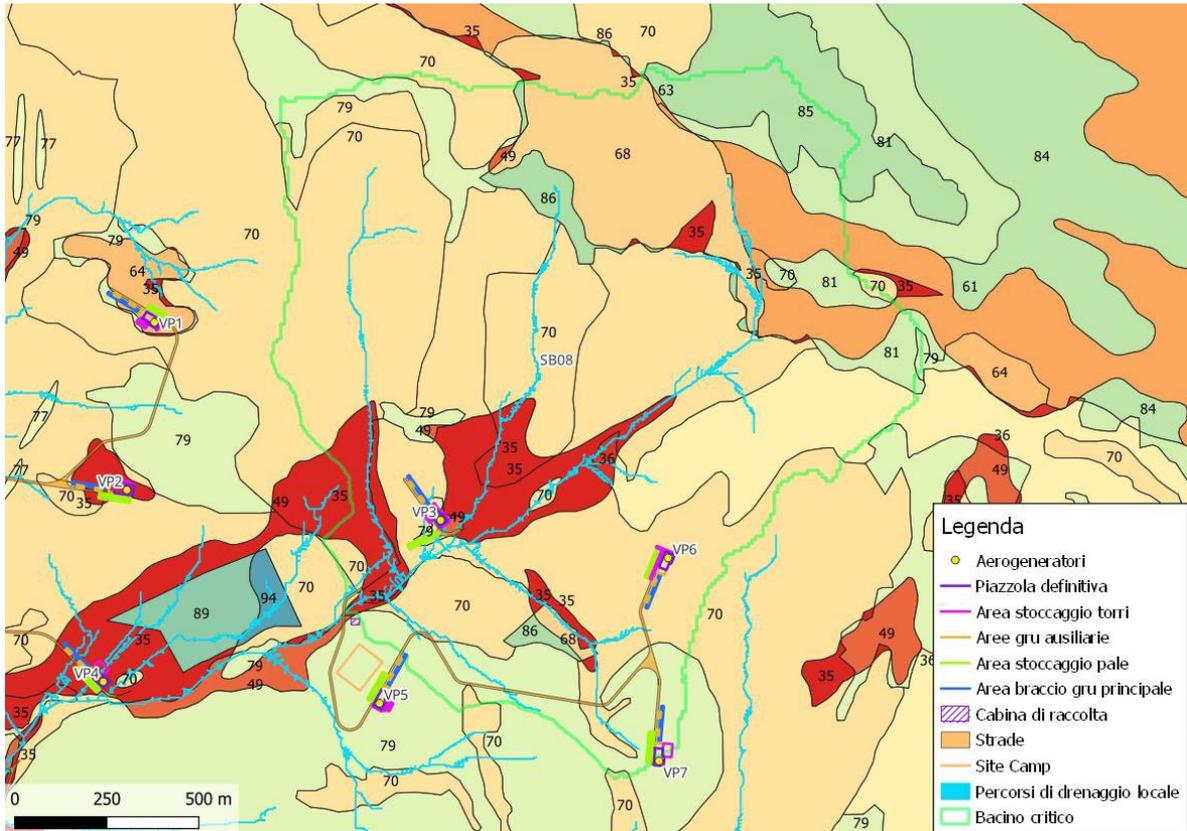


Figura 5-17 Analisi Curve Number - sottobacini critici strada accesso turbine VP5-VP6-VP7

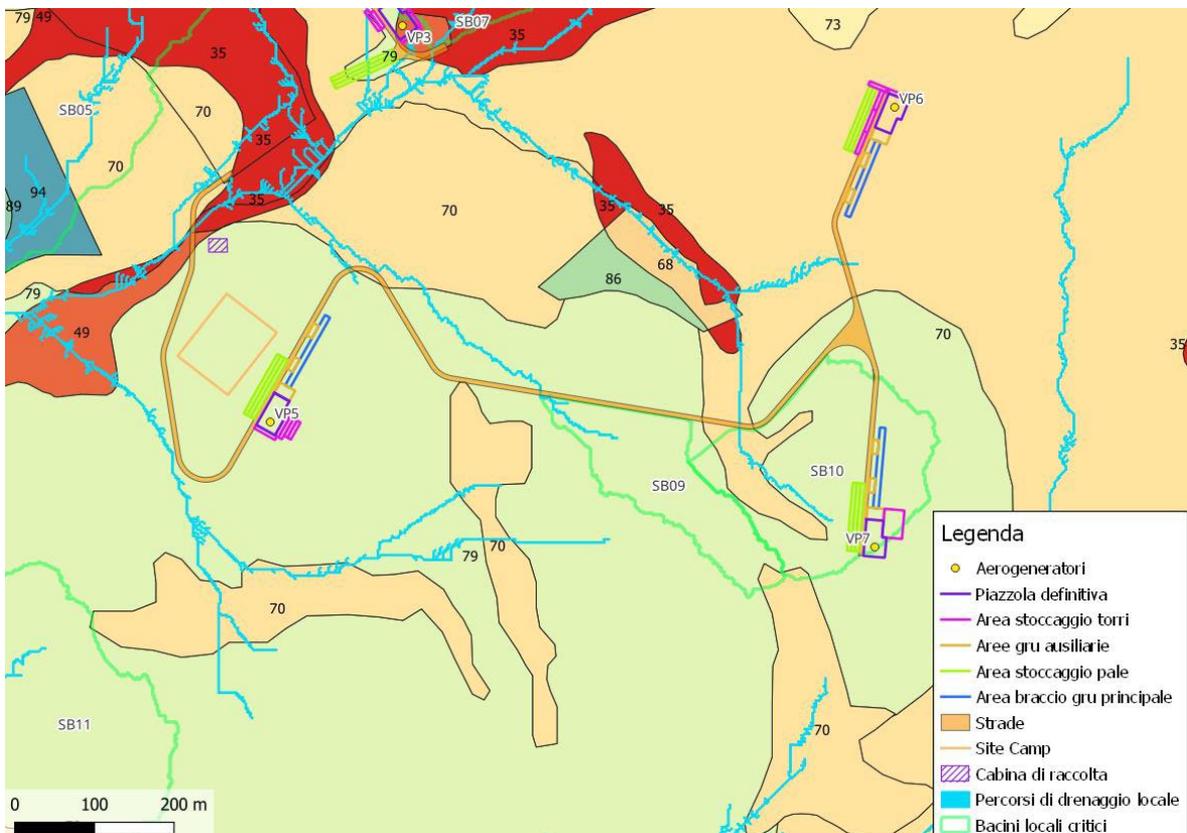


Figura 5-18 Analisi Curve Number - sottobacini critici turbine VP5-VP6-VP7

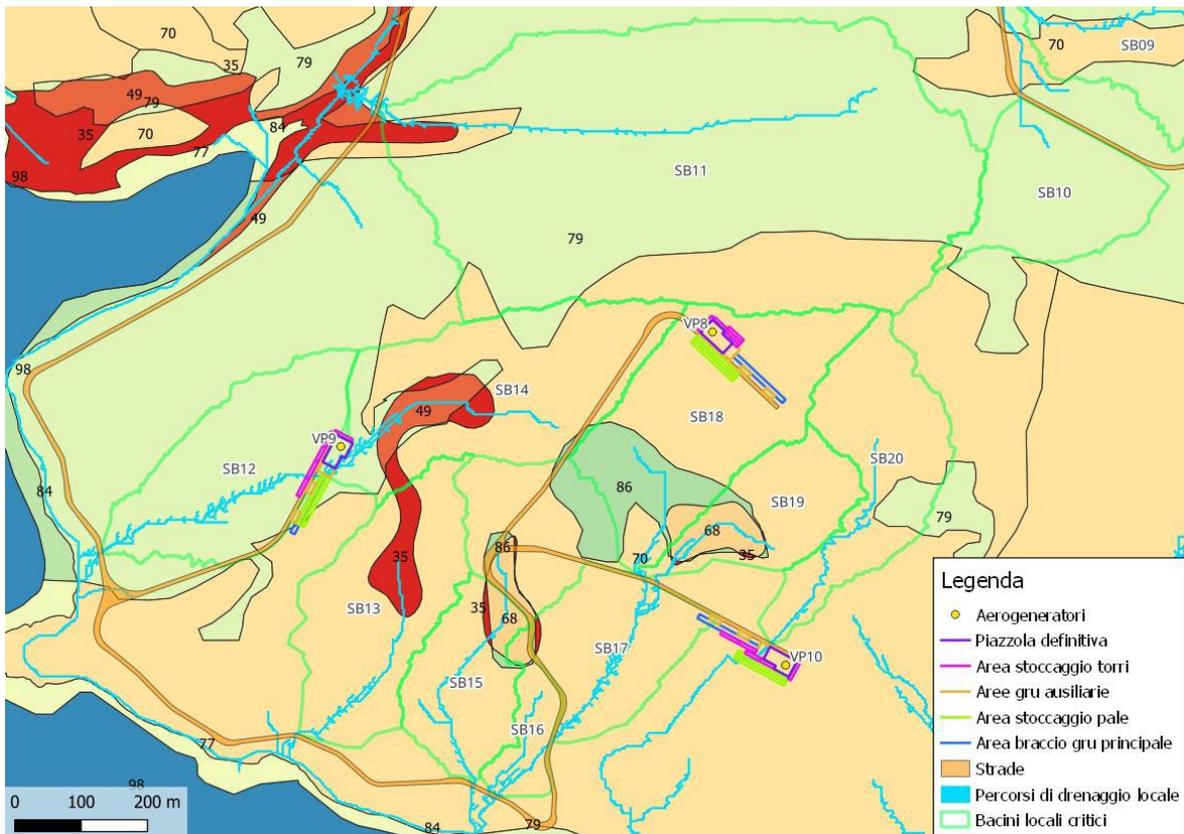


Figura 5-19 Analisi Curve Number -sottobacini critici turbine VP8-VP9-VP10

Al fine della definizione di un CN univoco per ogni bacino è stata calcolata la media pesata sull'area dei valori ottenuti tramite suddetta sovrapposizione. I valori di CN ottenuti sono riportati al paragrafo 5.4.

Infine, una volta calcolata la pioggia netta (efficace alla formazione dell'onda di piena teorica), il coefficiente di deflusso "c", è stato stimato come rapporto tra la pioggia netta e la pioggia totale.

5.4 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Di seguito sono riportati i valori delle portate meteoriche per tempo di ritorno pari a 10 anni associate ai sottobacini identificati come contribuenti in termini di impatto idraulico sulle opere di progetto dell'impianto eolico di Monte Pranu.

Tabella 5-1 Esiti di valutazione delle portate meteoriche relative alle opere in progetto.

ID	A [km ²]	L [km]	i [-]	tc [h]	h(tc,25y)[mm]	CN	Q [m ³ /s]
SB1	0,040	0,08	0,13	0,016	8,30	75	0,701
SB2	0,014	0,09	0,11	0,018	8,63	66	0,556
SB3	0,067	0,38	0,08	0,076	15,11	62	0,446
SB4	0,166	0,52	0,06	0,109	17,36	66	0,282
SB5	0,214	0,98	0,03	0,192	21,61	66	0,041

ID	A [km ²]	L [km]	i [-]	tc [h]	h(tc,25y)[mm]	CN	Q [m ³ /s]
SB6	0,014	0,05	0,09	0,011	7,08	66	1,142
SB7	0,404	1,06	0,11	0,125	18,28	66	0,478
SB8	2,338	1,85	0,04	0,393	28,49	69	0,363
SB9	0,027	0,12	0,07	0,028	10,30	79	0,042
SB10	0,051	0,18	0,08	0,038	11,58	78	0,041
SB11	0,329	0,78	0,04	0,199	21,92	77	0,249
SB12	0,069	0,37	0,06	0,089	16,07	79	0,019
SB13	0,070	0,35	0,06	0,075	15,04	66	0,283
SB14	0,095	0,41	0,04	0,109	17,34	68	0,092
SB15	0,039	0,35	0,06	0,083	15,64	69	0,057
SB16	0,016	0,19	0,07	0,045	12,34	70	0,089
SB17	0,045	0,28	0,07	0,062	13,97	70	0,129
SB18	0,091	0,25	0,04	0,077	15,16	73	0,040
SB19	0,038	0,25	0,03	0,081	15,47	70	0,053
SB20	0,061	0,42	0,08	0,083	15,63	71	0,058

Le portate così individuate vengono utilizzate per il pre-dimensionamento delle opere di collettamento e scarico ai recapiti finali. In fase successiva sarà cura del progettista dimensionare e verificare nel dettaglio le opere proposte, e in caso di necessità scaturite dal rilievo di dettaglio, proporre di nuove.

6 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Al fine di garantire la longevità della viabilità, delle piazzole e delle opere arginali e di trincea sarà di particolare importanza gestire correttamente la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche attraverso un congruo ed efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle stesse.

Gli interventi da realizzarsi nell'area in esame sono stati sviluppati secondo tre differenti linee di obiettivi:

- Mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrologico-idraulico" preesistenti agli interventi per la realizzazione dell'impianto eolico in progetto;
- Regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco in progetto, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le infrastrutture del parco eolico.
- Conservazione per quanto possibile degli attuali siti di recapito delle acque meteoriche, costituiti dalle scarpate e dai versanti del sistema orografico nel quale sono inserite le opere di progetto; si tratta di distribuire le portate che già attualmente fluiscono lungo i versanti in tempo di pioggia e si raccolgono nelle vallette incise mantenendo l'impostazione di distribuzione diffusa, evitando il collettamento di portate importanti lontano dagli attuali sistemi di recapito, evitando quindi di creare situazioni di sovraccarico idraulico in aree o siti che attualmente non ricevono tali portate. A tal fine si prevede di creare sistemi diffusi di sfioro laterale lungo le scarpate già attualmente oggetto di scorrimento delle portate meteoriche, conservando l'equilibrio con una sostanziale invarianza idraulica.

Le opere di regimazione e smaltimento sono state definite a partire dal DTM – Modello Digitale del Terreno dell'area in esame e dalla progettazione della viabilità del parco, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi interferenti con le opere in progetto e le caratteristiche planimetriche ed altimetriche della nuova viabilità interna all'impianto.

6.1 OPERE IDRAULICHE IN PROGETTO

Questo paragrafo illustra le opere idrauliche che verranno implementate per una adeguata gestione dei deflussi superficiali.

6.1.1 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE IN RILEVATO RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI

È previsto di scaricare le acque meteoriche delle piattaforme stradali nelle tratte che correranno in rilevato mediante scarico lungo le scarpate nei terreni limitrofi, mantenendo l'attuale sistema di ruscellamento superficiale senza modificare l'assetto idrografico del territorio.

6.1.2 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE A MEZZA COSTA RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI

È previsto di scaricare le acque meteoriche delle piattaforme stradali nelle tratte che correranno a mezza costa di pendii montani e/o collinari lungo le scarpate poste a valle nei terreni limitrofi.

A tal fine in corrispondenza delle intersezioni tra le scarpate di monte e il corpo stradale saranno realizzate canalette di drenaggio che correranno parallelamente al corpo stradale stesso, intercettando in tal modo le acque provenienti dai terreni posti a quota superiore.

Con cadenza di alcune decine di metri lungo le canalette saranno realizzate camerette di caduta e condotte trasversali interrato di sottopasso del corpo stradale che scaricheranno in camerette di ricezione poste lungo le scarpate di valle; tali camerette saranno dotate di soglie di sfioro tali da distribuire le portate allo scarico su più metri, in modo da evitare scarichi puntiformi.

In questo modo si manterrà sostanzialmente l'attuale sistema di smaltimento senza modificare il comportamento idraulico del territorio.

6.1.3 SMALTIMENTO DELLE ACQUE DRENATE NELLE TRATTE IN TRINCEA RISPETTO ALLO STATO ATTUALE DEI SUOLI

È previsto di scaricare le acque meteoriche delle piattaforme stradali nelle tratte che saranno realizzate in trincea lungo le attuali linee di flusso dell'orografia nelle quali sono inserite le opere.

A tal fine saranno realizzate canaline interne alle scarpate delle trincee che consentiranno di drenare le acque provenienti sia dalle scarpate stesse che dalle piattaforme stradali.

Le acque saranno convogliate seguendo le linee di pendenza dei corpi stradali fino a raggiungere le tratte correnti o a quota del piano campagna esistente e/o le tratte in rilevato.

In corrispondenza di queste tratte si provvederà a convogliare e scaricare le acque lungo i versanti orografici del territorio con le medesime tecniche illustrate nei punti precedenti.

Si utilizzeranno canalette laterali aventi anche funzione di soglie di sfioro laterali, al fine di distribuire le portate in arrivo in modo distribuito, rispettando le attuali modalità orografico/territoriali e senza aggravare situazioni locali con incrementi dei deflussi esistenti.

6.1.4 CANALETTE E FOSSI DI GUARDIA

Nelle tratte in cui non è possibile lo scarico diretto laterale (tratte in rilevato) e fino al raggiungimento di scarpate adeguate allo sfioro laterale, è previsto l'impiego di quattro tipologie di canalette/ fossi di guardia correnti a lato dei corpi stradali a seconda delle caratteristiche di portata e pendenza di ciascun tratto stradale. In particolare:

- Fosso di guardia di tipo 1 per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $i \leq 6,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 1P per $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $6,00\% < i \leq 11,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 2 per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $i \leq 6,00\%$;
- Fosso di guardia di tipo 2P per $Q > 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e $6,00\% < i \leq 11,00\%$.

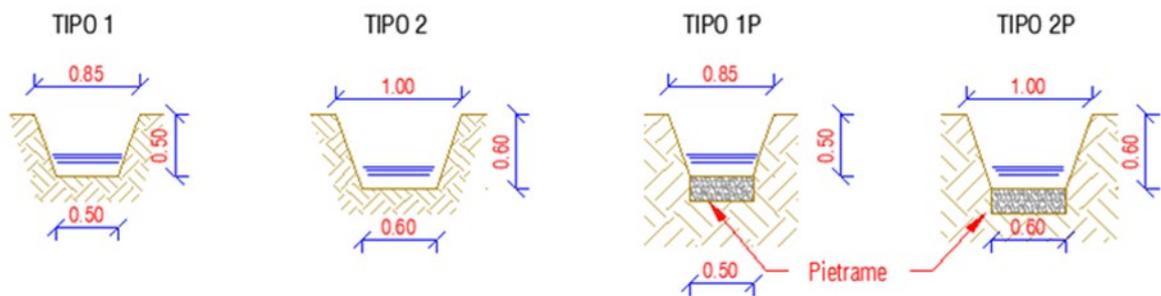


Figura 6-1 Fossi di guardia tipici

I fossi di guardia di tipo -P presentano il fondo rivestito in pietrame di media pezzatura in modo da ridurre l'azione erosiva delle acque meteoriche intercettate.

Nei tratti caratterizzati da pendenze superiori all'11%, i fossi di guardia presentano briglie in legname, fondo e all'occorrenza anche le sponde in pietrame. Tali briglie, poste in opera con una distanza variabile in funzione delle caratteristiche del tratto stradale, avranno lo scopo di ridurre la pendenza del fosso di guardia attraverso la naturale deposizione di materiale solido limitando così l'azione erosiva dell'acqua.

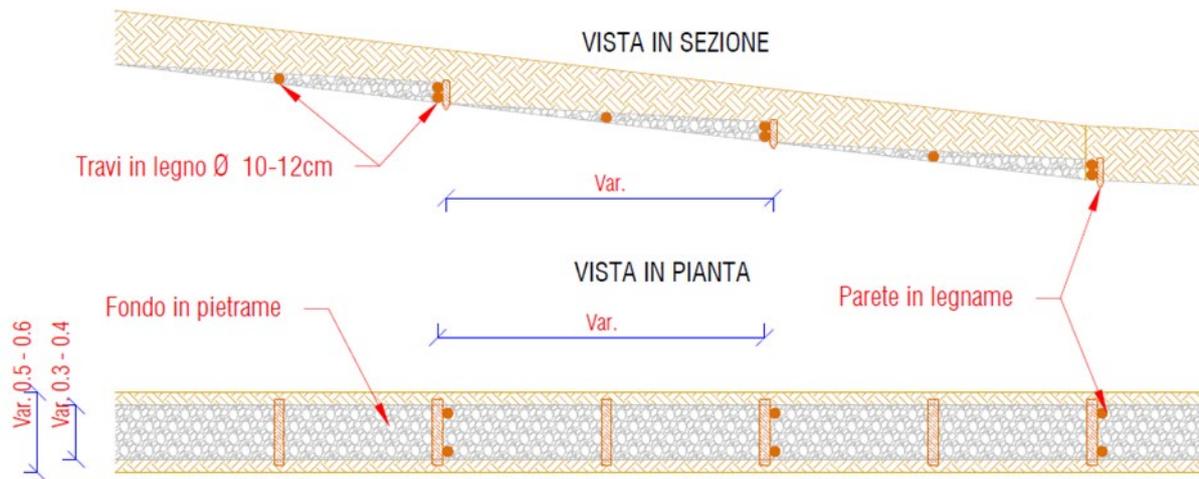


Figura 6-2 Briglie in legname tipiche

6.1.5 ATTRAVERSAMENTI

Si tratta di attraversamenti del rilevato stradale resi necessari per lo scarico, presso gli impluvi esistenti, delle acque meteoriche intercettate dai fossi di guardia.

Gli attraversamenti sono realizzati con tubazioni in HDPE corrugato SN8 di diametro variabile e prevedono in ingresso un pozzetto per ispezione e raccordo con il fosso di guardia ed in uscita lo scarico diretto presso gli impluvi esistenti, previa opera di dissipazione in pietrame.

Gli attraversamenti verranno realizzati in corrispondenza dei punti in cui i percorsi di drenaggio risultano più concentrati e ove il rilevato stradale lo consenta. In Figura 6-3 e Figura 6-4 sono visibili dei tipici di attraversamento.

SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO STRADALE A MEZZACOSTA CON TUBAZIONE IN HDPE

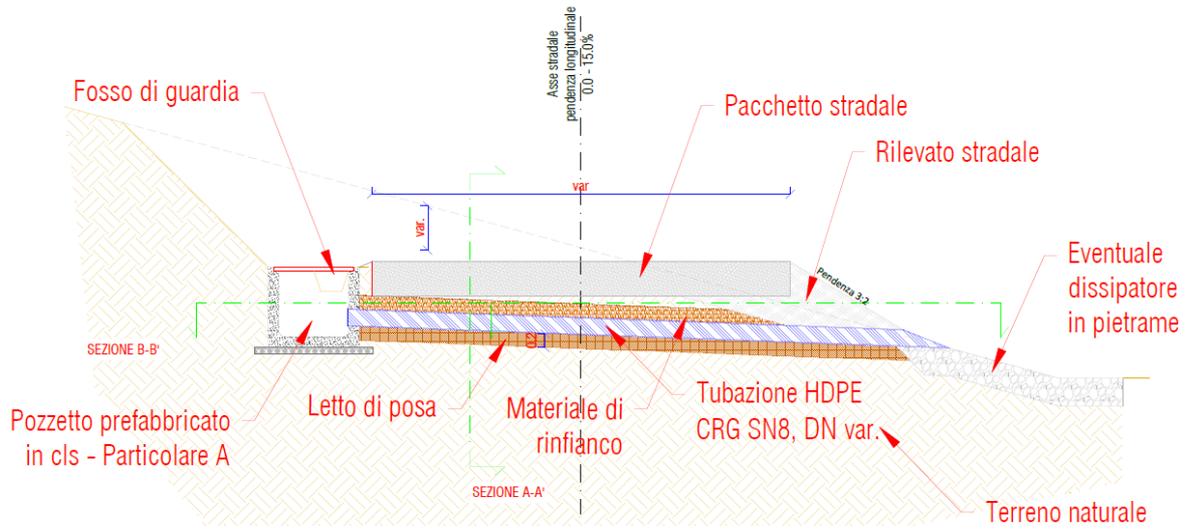


Figura 6-3 Attraversamento stradale tipico a mezza costa

SEZIONE TIPO ATTRAVERSAMENTO STRADALE IN RILEVATO CON TUBAZIONE IN HDPE

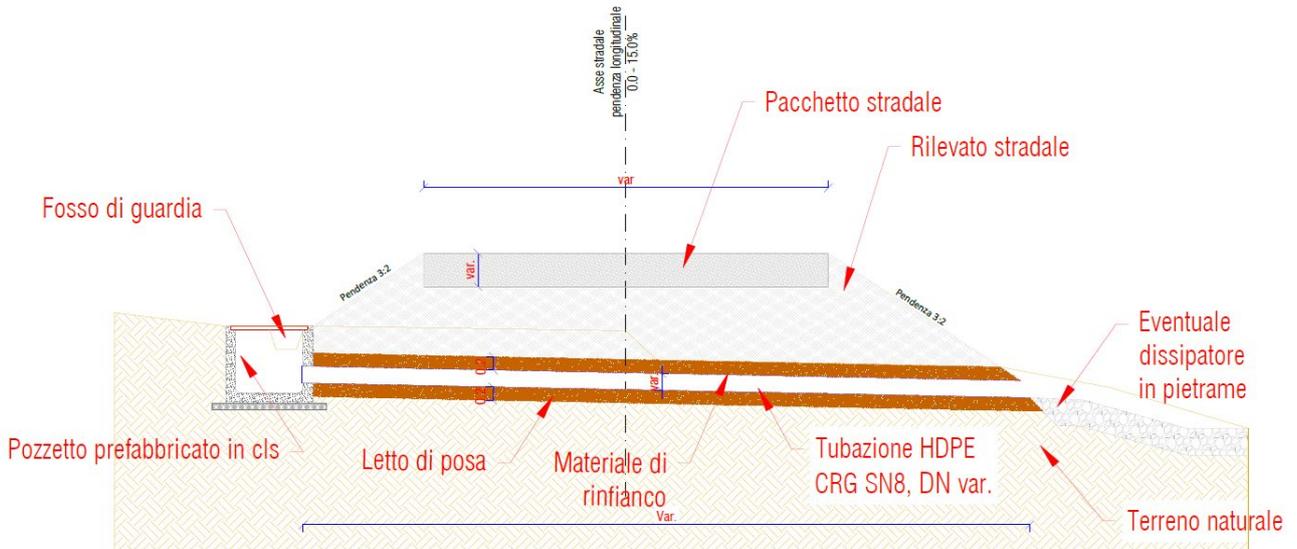


Figura 6-4 Attraversamento stradale tipico in rilevato

SEZIONE A-A'

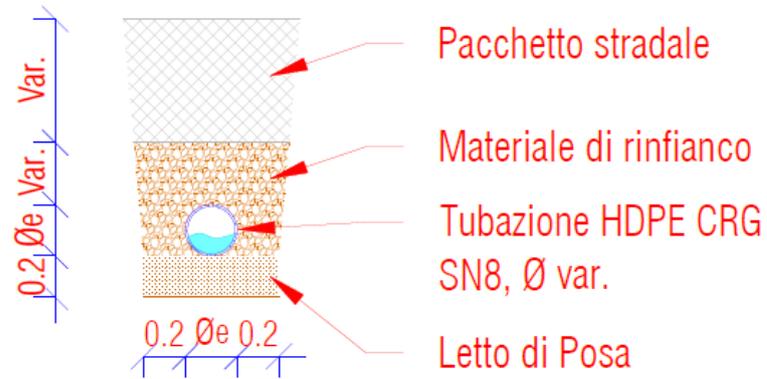


Figura 6-5 Sezione A-A' tipologico attraversamento.

SEZIONE B-B'

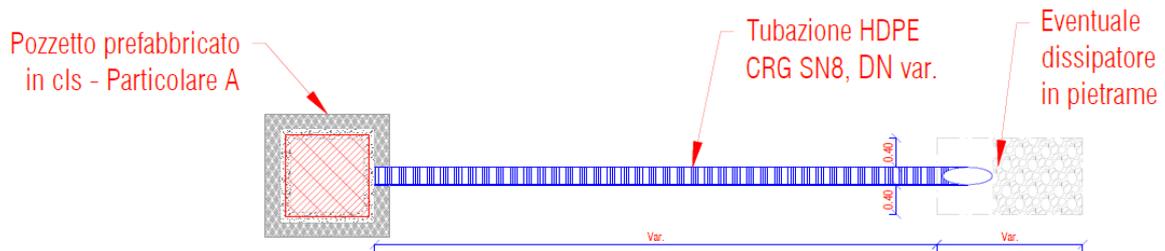


Figura 6-6 Sezione B-B' tipologico attraversamento

**PARTICOLARE A
POZZETTO PREFABBRICATO IN CLS**



Figura 6-7 Particolare Pozzetto in calcestruzzo attraversamento

Le opere di dissipazione sono poste al termine degli scarichi, in modo tale da ridurre l'energia della corrente idrica reimpressa negli impluvi naturali e limitare quindi l'erosione dei versanti. Sono previste opere di dissipazione con pietrame di grandi dimensioni, con differente geometria in funzione delle caratteristiche della corrente in uscita e del corpo idrico ricettore.

Si riporta la Tabella 6-1 relativa alle possibili condizioni degli attraversamenti, salvo eventuali modifiche in fase successiva.

Tabella 6-1 Esiti stima condizioni idrauliche attraversamenti

ID Sotto-bacino	Q transitante [l/s]	N° tubazioni	Diametro esterno [mm]	Velocità [m/s]	% riempimento
SB1	701	1	700	2,8	62
SB2	556	1	600	2,6	70
SB3	446	1	600	2,5	60
SB4	282	1	500	2,2	61
SB5	41	1	400	1,4	29
SB6	1142	1	900	3,4	64
SB7	478	1	600	2,6	63
SB8	363	1	500	2,3	73
SB9	42	1	400	1,4	30
SB10	41	1	400	1,4	29
SB11	249	1	500	2,2	56
SB12	19	1	400	1,1	20

ID Sotto-bacino	Q transitante [l/s]	N° tubazioni	Diametro esterno [mm]	Velocità [m/s]	% riempimento
SB13	283	1	500	2,2	61
SB14	92	1	400	1,7	45
SB15	57	1	400	1,5	34
SB16	89	1	400	1,7	44
SB17	129	1	400	1,9	54
SB18	40	1	400	1,3	28
SB19	53	1	400	1,5	33
SB20	58	1	400	1,5	35

7 CONFRONTO CON IL PAI

In questo capitolo si vuole fornire un confronto tra l'analisi svolta nel presente documento e il PAI del distretto idrografico della Sardegna.

È stato preso in considerazione la versione del PAI più aggiornata e vigente presente al momento della consultazione (settembre 2023), ossia la revisione di dicembre 2022.

Come è possibile notare dalla Figura 7-1, che mostra una sovrapposizione tra le aree perimetrate dal PAI (Rischio e Pericolo idraulici e geomorfologici, Elemento idrico Strahler ai sensi delle NTA del PAI, art 31 ter) e i sottobacini identificati tramite l'elaborazione descritta in questa relazione, si può notare che le analisi svolte in questo elaborato presentano un maggiore livello di dettaglio. Non si evidenziano dunque criticità aggiuntive rispetto a quelle già identificate ai capitoli precedenti.

Infatti, l'analisi dei sottobacini critici, il relativo calcolo delle portate e la verifica dell'adeguatezza delle opere di regimazione, copre per intero l'area di impianto e non solo le aree in cui sono presenti elementi del reticolo idrico di Strahler e le relative fasce di prima salvaguardia. Inoltre, le opere di regimazione sono state valutate non in funzione della presenza o meno di interferenze con le fasce di prima salvaguardia, bensì considerando i punti lungo le opere di impianto dove, alla luce di una analisi dell'orografia del terreno e della stima delle curve di possibilità pluviometrica, si concentrano le maggiori portate di progetto.

Si può affermare infine che tutte le altre aree delle occupate da elementi di impianto presenteranno condizioni, in termini di interferenza con elementi del reticolo idrografico locale, analoghe o meno rilevanti rispetto a quelle illustrate nella presente relazione e che le opere di regimazione qui proposte assolveranno adeguatamente alla loro funzione anche nelle altre aree.

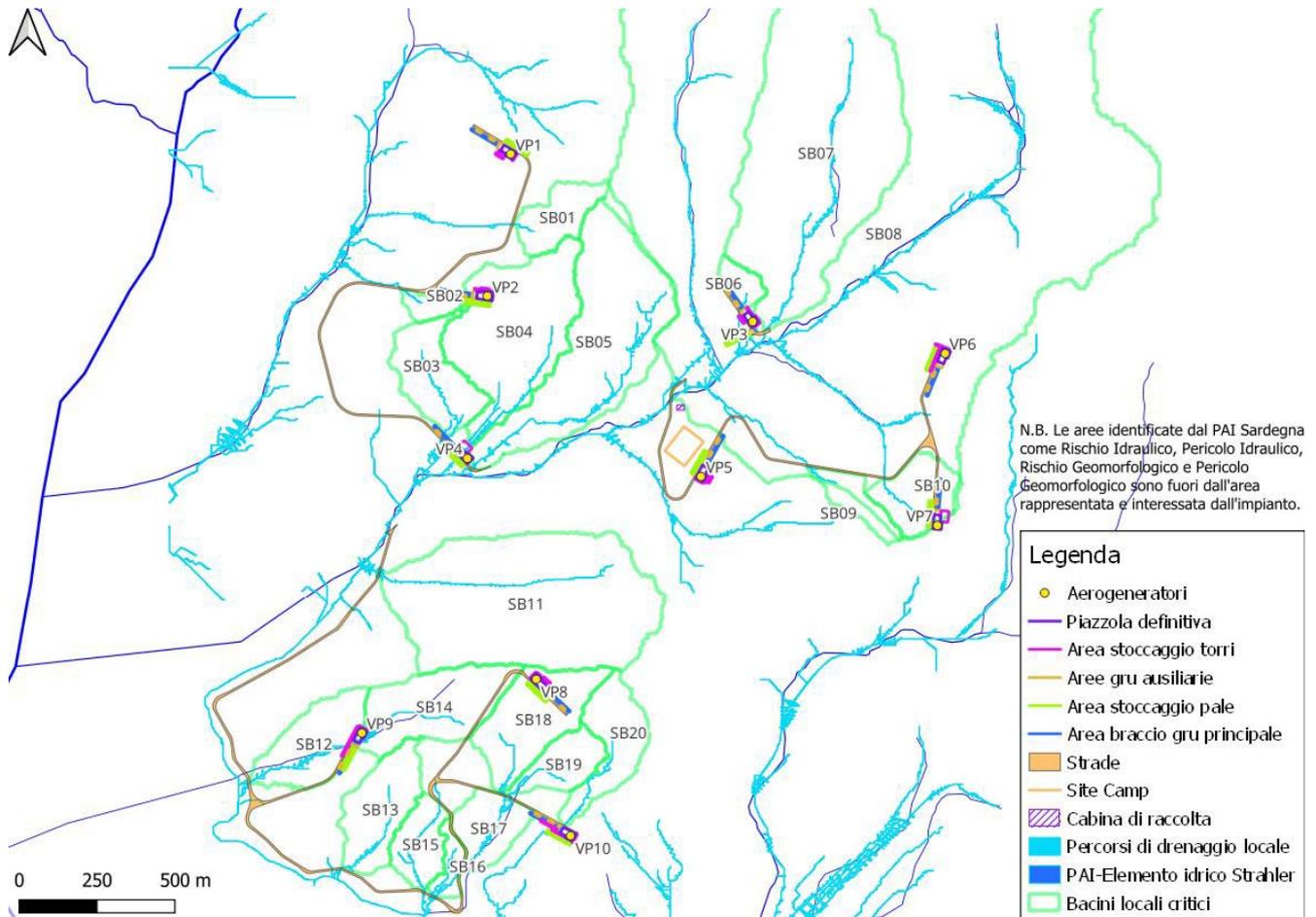


Figura 7-1 Confronto PAI -elaborazione progettuale

8 CONCLUSIONI

In conclusione, all'analisi svolta si può affermare che in relazione alle portate meteoriche calcolate non si sono riscontrate situazioni particolarmente critiche dal punto di vista idraulico. Il bacino SB08 con sezione di chiusura lungo la viabilità di progetto si è rivelato il bacino con le dimensioni maggiori. Tuttavia, il sottobacino più rilevante, in quanto avente la maggior portata, è risultato essere SB06, a causa della maggiore pendenza e maggior concentrazione dei percorsi di drenaggio.

Nella fase successiva della progettazione sarà possibile predisporre un sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche maggiormente dettagliato che rispetti l'attuale sistema e non determini situazioni di criticità idraulica.