



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.025.01

PAGE

1 di/of 37

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO EOLICO GREENFIELD "SANLURI-SARDARA"

PROGETTO DEFINITIVO

IDROLOGICA - IDRAULICA

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.025.02 - Relazione idrologica - idraulica.docx

REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED
01	09/02/2024	Seconda emissione	A. Scaparrotti	G. Alfano	P. Polinelli
00	08/07/2022	Prima emissione	S. Brizzi	D. Mansi	L. Lavazza

GRE VALIDATION

EGP

COLLABORATORS

VERIFIED BY

VALIDATED BY

PROJECT / PLANT

Sanluri-Sardara

GRE CODE

GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION										
GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	1	7	2	7	9	0	0	0	2	5	0	1

CLASSIFICATION

PUBLIC

UTILIZATION SCOPE

BASIC DESIGN

This document is property of Enel Green Power Spa. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power Spa.

INDEX

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE	3
1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE.....	3
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	6
3.1. UNITA IDROGRAFICA OMOGENEA FLUMINI MANNU DI PABILLONIS - MOGORO.....	6
3.1.1. Inquadramento Territoriale	6
3.1.2. Geologia e Geomorfologia.....	7
3.1.3. Uso del suolo.....	8
3.1.4. Inquadramento idrografico	8
3.1.5. Pluviometria.....	10
3.2. UNITA' IDROGRAFICA OMOGENEA FLUMINI MANNU - CIXERI.....	12
3.2.1. Inquadramento territoriale.....	12
3.2.2. Geologia e Morfologia	13
3.2.3. Uso del suolo.....	14
3.2.4. Inquadramento idrografico	14
3.2.5. Pluviometria.....	15
4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	18
4.1. MODELLO TCEV.....	18
4.2. RISULTATI	21
5. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	23
5.1. INDIVIDUAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI	23
5.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE.....	31
5.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	31
5.2.2. ALTEZZA DI PIOGGIA	31
5.3. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO	31
5.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	33
6. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	35
6.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO	35
6.1.1. FOSSI DI GUARDIA	35
6.1.2. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO	36
6.1.3. CANALETTE TRASVERSALI	37
7. CONCLUSIONI.....	37

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Marte Srl di redigere il progetto definitivo per la costruzione di un nuovo impianto eolico denominato "Sanluri-Sardara" ubicato nei comuni di Sardara, Sanluri e Villanovaforru, che si trovano in provincia di Sud Sardegna. Una piccola porzione della Stazione Elettrica di Terna, alla quale sarà connesso l'impianto eolico in progetto, ricade nel comune di Furtei, provincia di Sud Sardegna.

Il progetto proposto prevede l'installazione di 12 nuove turbine eoliche ciascuna di potenza nominale fino a 6 MW, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, per una potenza installata totale fino a 72 MW.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori, attraverso il sistema di cavidotti interrati in media tensione, verrà convogliata ad una stazione di trasformazione 33/150 kV di nuova realizzazione, all'interno del comune di Sanluri, e poi da qui convogliata alla futura Stazione Elettrica (SE) a 380/150 kV della RTN da inserire in entra - esce alla linea RTN a 380 kV "Ittiri - Selargius", situata nei comuni di Sanluri e Furtei.

In aggiunta alla stessa sottostazione sarà connesso un sistema di accumulo elettrochimico BESS (Battery Energy Storage System) da 35 MW, per un totale di capacità di stoccaggio pari a 280 MWh.

Il progetto è in linea con gli obiettivi nazionali ed europei per la riduzione delle emissioni di CO₂, legate a processi di produzione di energia elettrica.

Si precisa che il progetto della stazione elettrica SE "Sanluri" e dei relativi raccordi aerei è stato oggetto di un'altra iniziativa, proposta dalla società GREENENERGYSARDEGNA2 e sviluppata dalla società di ingegneria GEOTECH S.r.l.. Il progetto è stato sottoposto per l'approvazione al gestore di rete Terna S.p.a. e ha ottenuto il benestare tecnico. Per gli approfondimenti si rimanda alla lettura dei documenti di progetto del PTO.

La revisione del progetto riguarda la modifica della posizione della turbina V01 e relative piazzola e strada di accesso, del sistema BESS, della SSE e della SE di Terna. Le modifiche sulla turbina V01, BESS e SSE derivano dalla volontà del Proponente di ridurre al minimo l'interferenza con le aree tutelate; lo spostamento della Stazione Elettrica 150/380 kV "Sanluri" e dei relativi raccordi aerei deriva da una specifica richiesta di Terna al fine di contenere, il più possibile, i movimenti scavo-riporti necessari alla costruzione della Stazione Elettrica.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Marte Srl., in qualità di soggetto proponente del progetto, è una società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili facente capo a Enel Green Power Spa.

Il Gruppo Enel, tramite la controllata Enel Green Power Spa, è presente in 28 Paesi nei 5 continenti con una capacità gestita di oltre 46 GW e più di 1200 impianti. In Italia, il parco di generazione di Enel Green Power è rappresentato dalle seguenti tecnologie rinnovabili: idroelettrico, eolico, fotovoltaico, geotermia. Attualmente nel Paese conta una capacità gestita complessiva di oltre 14 GW.

1.2. CONTENUTI DELLA RELAZIONE

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

Il capitolo 2 contiene 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 di ogni 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 piena di progetto ed i risultati di tale calcolo.

Infine, nel capitolo 6 vengono presentate le opere di progetto finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito sul quale sorgerà l'impianto eolico e le relative opere connesse, nonché il sistema BESS e la SE "Sanluri" si trova nella provincia di Sud Sardegna ed interessa il territorio dei comuni di Villanovaforru, Sardara, Sanluri e, in minima parte, anche il territorio comunale di Furtei.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

- Latitudine: 39°35'49,84"N
- Longitudine: 8°52'32,16"E

L'impianto in progetto, nel suo complesso, ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

- Comune di Sanluri: n° 1, n° 2, n° 3, n° 4, n° 5, n° 7, n° 8, n° 11, n° 12, n° 13, n° 14, n° 17, n° 19, n° 22;
- Comune di Sardara: n° 31, n° 43, n° 44, n° 45, n° 58, n° 59;
- Comune di Villanovaforru: n° 10, n° 11, n° 12, n° 14, n° 15, n° 16;
- Comune di Furtei: n° 5.

L'area di progetto ricade all'interno dei fogli I.G.M. in scala 1:25.000 codificati 225-I-NE, denominato "Lunamatrona" e 225-I-SE denominato "Sanluri".

Di seguito è riportato l'inquadramento territoriale dell'area di progetto e la posizione degli aerogeneratori su ortofoto.



Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto

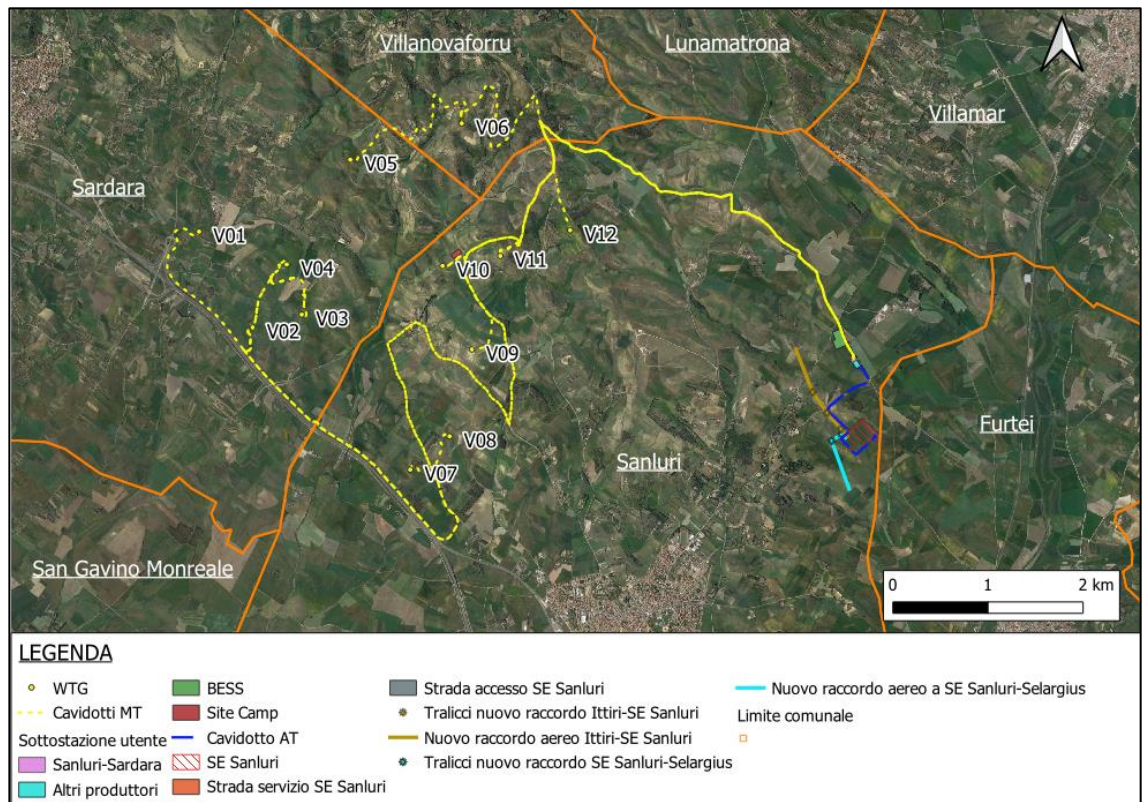


Figura 2-2: Configurazione proposta su ortofoto

Si riporta invece in formato tabellare un dettaglio sulla localizzazione delle WTG di nuova costruzione, in coordinate WGS84 UTM fuso 32 N:

Tabella 2-1: Coordinate aerogeneratori

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
V01	Sardara	486759	4383418	157
V02	Sardara	487322	4382411	160
V03	Sardara	487838	4382546	186
V04	Sardara	487680	4383073	193
V05	Sardara	488349	4384173	265
V06	Villanovaforru	489520	4384555	287
V07	Sanluri	488979	4380917	157
V08	Sanluri	489393	4381267	187
V09	Sanluri	489627	4382180	229
V10	Sanluri	489319	4383057	236
V11	Sanluri	489926	4383162	283
V12	Sanluri	490660	4383432	297

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'impianto eolico Greenfield "Sanluri-Sardara" ricade in corrispondenza dello spartiacque di due bacini:

- Bacino del Flumini Mannu di Pabillonis;
- Bacino del Flumini Mannu di Cagliari.

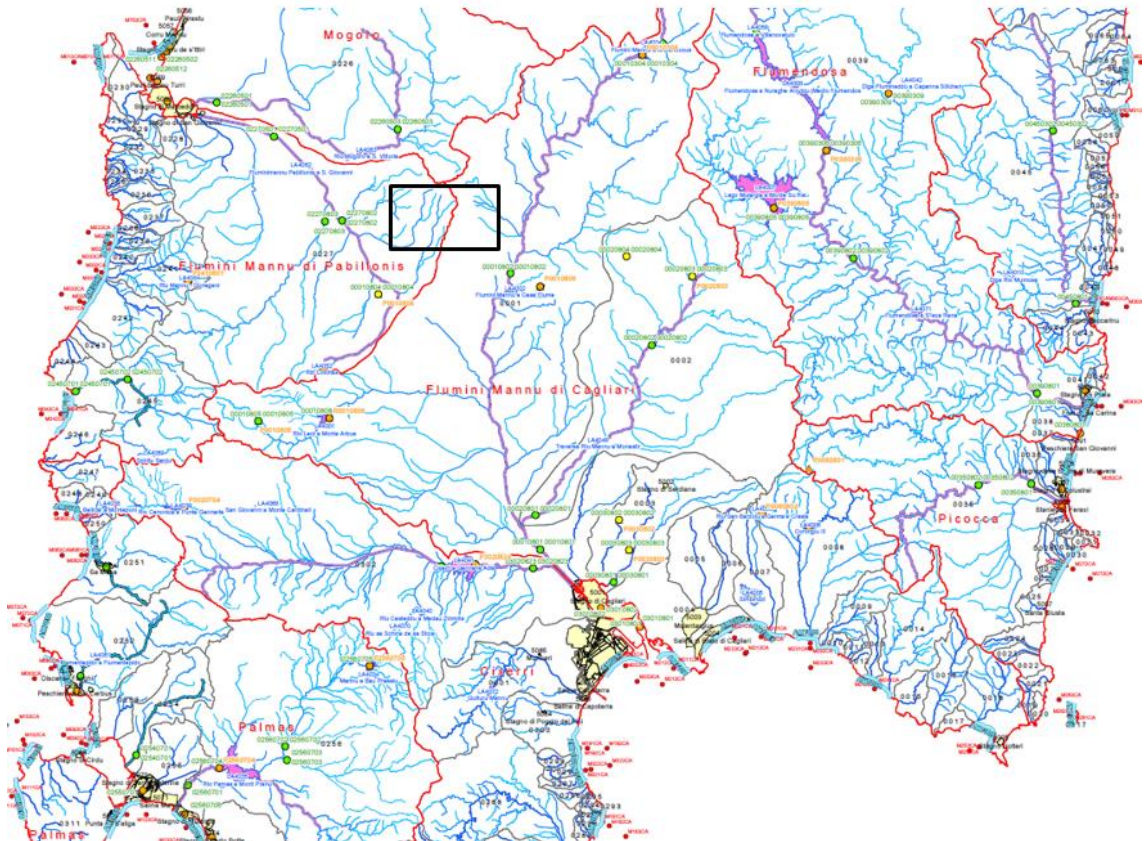


Figura 3-1 Inquadramento idrografico – Stralcio della Tav. 2- Idrografia Superficiale del Piano di Tutela delle Acque (PTA)

3.1. UNITA IDROGRAFICA OMOGENEA FLUMINI MANNU DI PABILLONIS - MOGORO

3.1.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro ha un'estensione di circa 1710,25 Km^q. Essa comprende oltre ai due bacini principali, quello del Flumini Mannu di Pabillonis e quello del Riu Mogoro Diversivo, una serie di bacini costieri che interessano la costa sud - occidentale della Sardegna a partire dal Golfo di Oristano sino ad arrivare a Capo Pecora, nel comune di Buggerru.

La U.I.O. è delimitata a sud dalle pendici settentrionali del massiccio del Linas-Marganai, a nord e a est dalla fossa del Campidano, mentre a ovest troviamo la fascia costiera. Le quote variano da 0 m s.l.m. nelle aree costiere ai 1236 m s.l.m. di Punta Perda de Sa Mesa nel massiccio del Linas.

I corsi d'acqua principali, da cui prendono il nome gli omonimi bacini sono:

- Il Flumini Mannu di Pabillonis,
- Il Riu Mogoro Diversivo, che ha le sue sorgenti nelle pendici meridionali del Monte Arci, e sfocia anch'esso nella parte meridionale del Golfo d'Oristano nella complessa area umida degli stagni di Marceddi e San Giovanni dove si trovano diverse aree dove

viene praticata l'itticoltura.

Altri corsi d'acqua del 1° ordine abbastanza rilevanti sono, oltre al Rio Mannu di Fluminimaggiore, il Rio Naracauli e il Rio Piscinas che drenano le aree minerarie dismesse dell'Arburese – Guspinese. Inoltre si segnala l'importanza del Rio Merd'e Cani che drena le acque provenienti dalle pendici settentrionali del Monte Arci e finisce il suo corso in un'altra area umida, quella dello Stagno di Santa Giusta.

l'elemento caratterizzante questa U.I.O. è il vasto sistema di aree umide costiere che oltre agli stagni di Marceddi e San Giovanni annovera anche lo Stagno di Santa Giusta e lo Stagno di S' Ena Arrubia, oltre a una serie di corpi idrici minori. Il primo riveste una rilevante importanza naturalistica, per la presenza di una ricca avifauna: è caratterizzato, infatti da una distesa di acqua dolce circondata dal più esteso canneto della Sardegna.



Figura 3-2 U.I.O del Mannu di Pabillonis – Mogoro

3.1.2. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

I rilievi che fanno da sorgente ai diversi ruscelli affluenti di sinistra del Flumini Mannu di Pabillonis sono costituiti da graniti carbonifero-permiani e rocce scistose paleozoiche, nel settore Sud-Ovest, e da rocce effusive andesitiche dell'Oligo-Miocene, nella area occidentale (complesso del Monte Arcuentu).

Il corso del Flumini Mannu di Pabillonis è impostato sulle alluvioni oloceniche, costituite da ghiaie, sabbie, argille e limi, della pianura del Campidano.

Tra i rilievi e la pianura affiorano estesamente le rocce sedimentarie del Pleistocene, costituite da arenarie eoliche wurmiane.

Sia sulle rocce paleozoiche che su quelle quaternarie il reticolo ha un modello angolato, con un'asta principale e sulla quale si innestano ortogonalmente i rami secondari.

Nelle rocce granitiche la densità di drenaggio è elevata e il reticolo ben sviluppato.

Nella parte settentrionale dell'unità, quella relativa al bacino del Riu Mogoro Diversivo, si ha una prevalenza di litologie databili tra l'Eocene e l'Olocene.

Il settore più orientale del bacino è occupato dai depositi marini di arenarie e marne mioceniche e da sedimenti continentali miocenici di conglomerati e arenarie con banchi di selce e livelli tufitici. Tale area è caratterizzata da morfologia collinare.

Nella parte centrale del bacino sorge il rilievo del Monte Arci, formatosi durante le eruzioni post-mioceniche, che hanno dato luogo all'apparato vulcanico di maggiori dimensioni della Sardegna. Le lave sono costituite da espandimenti ignimbrici di rioliti, riocaciti, daciti porfiriche vetrose e bollose del Pliocene e sono sormontati da basalti alcalini e transizionali, andesiti basaltiche, trachiti e fonoliti del Plio-Pleistocene. Le lave più acide sono profondamente incise e danno origine a rilievi accidentati, mentre quelle basaltiche assumono una giacitura tabulare.

Un gradino morfologico separa il versante occidentale del rilievo dalla pianura sedimentaria quaternaria, costituita da depositi eolici pleistocenici e da alluvioni oloceniche.

3.1.3. USO DEL SUOLO

Nella U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro l'uso del suolo prevalente è quello dei Seminativi (33,7%) seguito dalle Zone a vegetazione arbustiva e/o erbacea (27%). Di minore peso, ma non trascurabili, sono anche le Zone Agricole Eterogenee (17,9%), tra cui sono prevalenti i Sistemi Colturali e Particellari Complessi e le Zone Boscate (10,6%).

Nelle aree occupate da Seminativi circa il 70,5% è interessato da Seminativi in Aree non Irrigue, circa il 29,5% da Seminativi in Aree Irrigue, tra queste si annoverano anche le Risaie, nella zona dell'Oristanese. Le aree coltivate interessano prevalentemente le aree pianeggianti del Campidano, nelle aree collinari lungo le pendici settentrionali del massiccio del Linas sono diffuse anche le Colture Permanenti, che complessivamente occupano il 4% della superficie dell'intera U.I.O.. Tra queste prevalgono i Vigneti (42,2%), seguiti dagli Oliveti (38,7%) e dai Frutteti (19,1%).

3.1.4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il Flumini Mannu ha origine sulle colline ad est di Sardara, dalla confluenza di due torrenti nei pressi di Pabillonis, il rio Belu e il rio Malu, il suo corso si dirige verso nord attraversando il comune di San Nicolò d'Arciano per sfociare nello stagno di S. Giovanni.

Drena una superficie di 593,3 Km², con una lunghezza dell'asta principale di circa 18 km. I suoi affluenti principali sono il Rio Belu e il Rio Sitzzerri che drenano tutta la parte orientale del massiccio dell'Arburese. Il Rio Belu, che nella parte alta è denominato Terramaistus, ha origine nel gruppo del Linas. Il Rio Sitzzerri, chiamato nel primo tratto riu di Montevecchio, poichè sorge nei pressi della vecchia miniera di Montevecchio, è stato inalveato nella parte terminale in modo tale da farlo sversare direttamente nello stagno di S. Giovanni.

Nella tabella successiva vengono elencati i corsi d'acqua secondari del Bacino Flumini Mannu di Pabillonis.

Tabella 1-3: elenco corsi d'acqua del 2° ordine del Bacino Flumini Mannu di Pabillonis

Cod. Bacino 1° ord. di appart.	Nome Bacino 1° ord. di appartenenza	Codice Corpo Idrico	Nome Corpo Idrico	Lunghezza Asta (km)
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0002	Flumini Bellu	29,78
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0011	Riu Arianna	5,68
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0014	Canale s'Acqua Cotta	8,30
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0020	Riu Trottu	9,68
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0022	Riu Santa Maria Maddalena	7,45
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0025	Riu Bruncu Fenogu	12,44
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0030	Torrente Sitzzerri	16,99
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0036	Riu di Monti Ois	3,48
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0037	Riu Gentilis	5,68
0227	Flumini Mannu di Pabillonis	0041	Riu di Cuccuru Casu	12,96



Green Power

Engineering & Construction

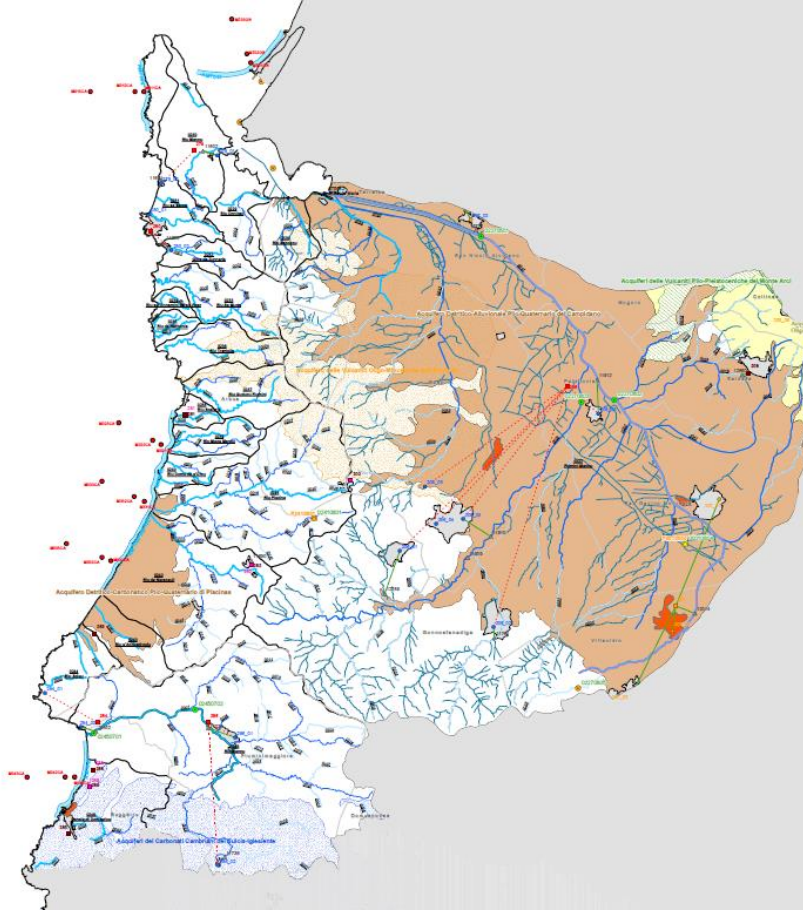


GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.025.01

PAGE

9 di/of 37



Legenda

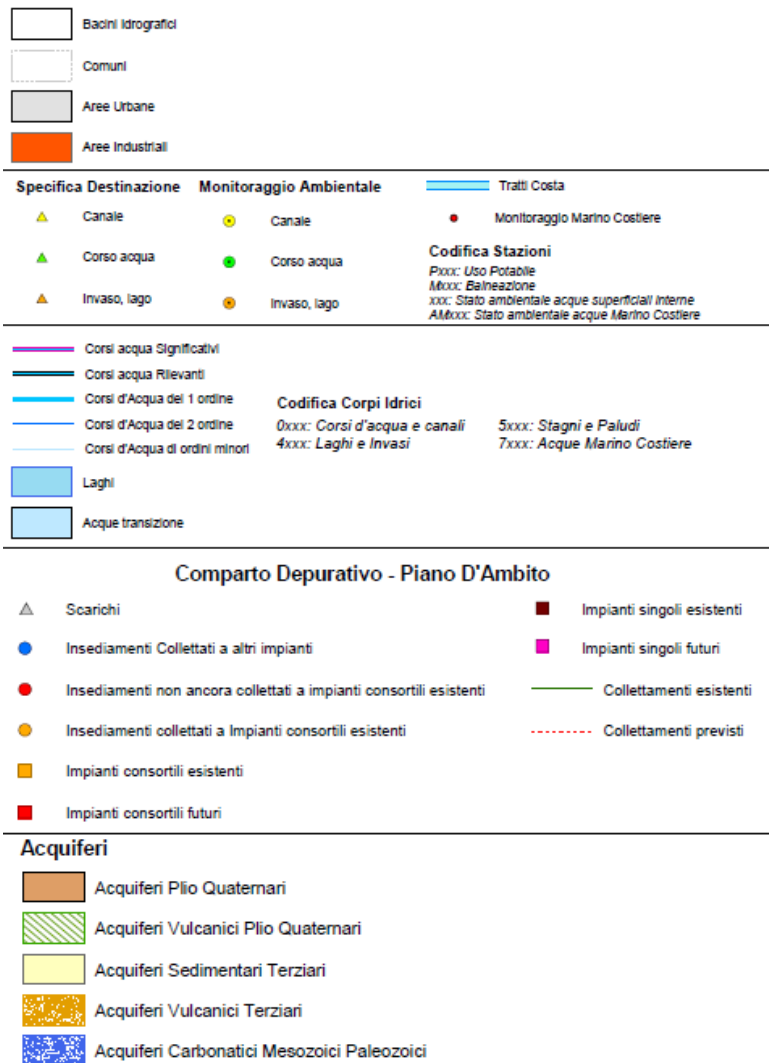


Figura 3-3 U.I.O Flumini Mannu di Pabillonis Stralcio Tav. 53/a PTA

3.1.5. PLUVIOMETRIA

La caratterizzazione del clima del territorio del bacino dell'U.I.O. del Mannu di Pabillonis – Mogoro è basata sui dati delle stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche ricadenti all'interno del bacino (Tabella 3-1).

Tabella 3-1 Elenco delle stazioni pluviometriche nell'U.I.O. del Flumini Mannu di Pabillonis.

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE
Villacidro	1922-2007	Pluviometro	267	39°27'28.08"N 8°44'32.54"E
Pabillonis	1922-2007	Pluviometro	42	39°35'32.53"N 8°43'18.2"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.

Tabella 3-2 Piovosità mensile media per le stazioni pluviometriche site all'interno dell' U.I.O. del

Flumini Mannu di Pabillonis.

Piovosità mensile media [mm]		
Mese	Stazione di Villacidro (SU)	Stazione di Pabillonis (SU)
Gennaio	85	66
Febbraio	81	62
Marzo	71	52
Aprile	64	50
Maggio	38	34
Giugno	18	17
Luglio	11	10
Agosto	16	13
Settembre	41	41
Ottobre	73	66
Novembre	100	81
Dicembre	106	86
Annua Media	705	578

Considerando i dati dal 1922 al 2007, l'analisi del regime pluviometrico dimostra come il valore di piovosità media annua sia attorno ai 578-705 mm. I mesi più piovosi sono i mesi novembre e dicembre dove si toccano i 100 mm di pioggia media caduti al mese. I mesi estivi si confermano invece come il periodo più asciutto, soprattutto luglio e agosto, in cui i valori medi delle due stazioni di riferimento non salgono sopra i 20 mm mensili. È interessante notare che la stazione pluviometrica più piovosa (Villacidro) è localizzata ai piedi dell'area montuosa del Santu Miali, fattore che ne influenza la piovosità con circa 120 mm in più di media all'anno.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre. Analizzando i caratteri pluviometrici riportati, viene delineato un clima di tipo temperato-mediterraneo, ovvero caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo. Queste caratteristiche influenzano notevolmente il regime delle acque sotterranee, che a causa delle piogge concentrate in metà anno, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale e di infiltrazione nei mesi umidi, mentre di evaporazione e abbassamento delle falde nei mesi asciutti.

Nelle figure riportate in seguito sono riportate le precipitazioni medie mensili in formato grafico.

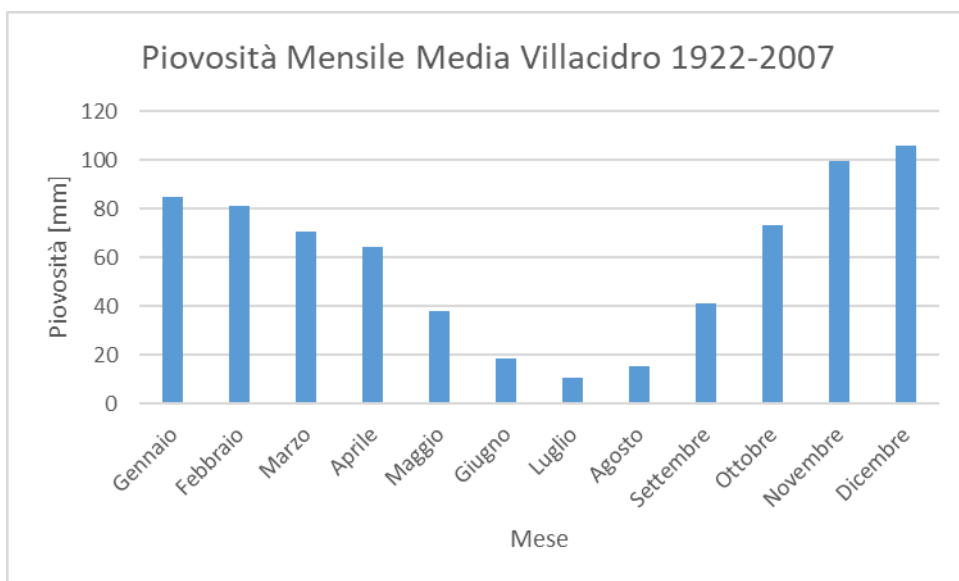


Figura 3-4 Grafico piovosità mensile media per la stazione di Villacidro (1922-2007)

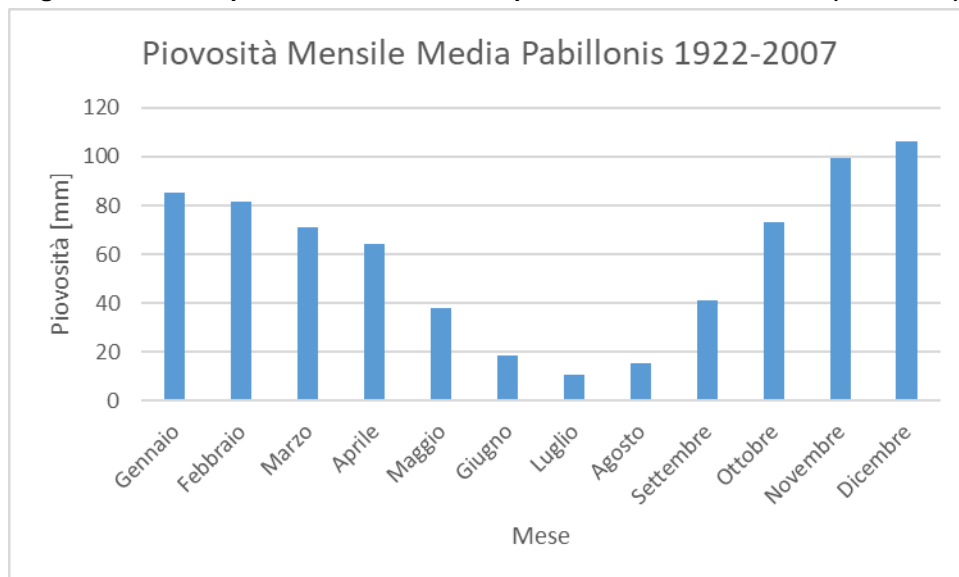


Figura 3-5 Grafico piovosità mensile media per la stazione di Pabillonis (1922-2007)

3.2. UNITA' IDROGRAFICA OMOGENEA FLUMINI MANNU – CIXERI

3.2.1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'U.I.O. del Flumini Mannu – Cixerri è la più estesa tra le U.I.O. individuate con i suoi 3.566 kmq di superficie.

Essa comprende, oltre ai bacini principali del Flumini Mannu e del Cixerri, aventi un'estensione rispettivamente di circa 1779,46 e 618,14 kmq, una serie di bacini minori costieri della costa meridionale della Sardegna, che si sviluppano lungo il Golfo di Cagliari, da Capo Spartivento a ovest, a Capo Carbonara, a est.

È delimitata a Nord dall'altopiano del Sarcidano, a Est dal massiccio del Sarrabus – Gerrei, a ovest dai massicci dell'Iglesiente e del Sulcis e a sud dal Golfo di Cagliari. L'altimetria varia con quote che vanno dai 0 m (s.l.m.) nelle aree costiere ai 1154 m (s.l.m.) in corrispondenza del Monte Linas, la quota più elevata della provincia di Cagliari.

Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, mentre il Riu Cixerri, rappresenta l'altro fiume principale e ha le sue sorgenti nel versante settentrionale del massiccio del Sulcis scorrendo pressoché

perpendicolare alla linea di costa occidentale, ricevendo, prima di gettarsi nello stagno di Santa Gilla, l'apporto di numerosi affluenti che drenano il versante meridionale del massiccio dell'Iglesiente e quello settentrionale del massiccio del Sulcis, mantenendosi paralleli alla linea della costa occidentale.

Altri elementi importanti dell'idrografia superficiale sono l'invaso del Cixerri a Genna is Abis, nel Basso Cixerri, e quello del Rio Canonica a Punta Gennarta, il primo a gravità massiccia, gestito dall'EAF, il secondo gestito da consorzio di bonifica del Cixerri.



Figura 3-6 U.I.O Flumini Mannu – Cixerri

3.2.2. GEOLOGIA E MORFOLOGIA

La geologia dell'area data l'estensione è notevolmente varia. La geologia del bacino idrografico del Flumini Mannu può essere descritta nella seguente maniera a partire dalla sua sorgente:

- Nella parte iniziale il fiume incide un altopiano mesozoico, costituito da dolomie e calcari dolomitici del Triassico Superiore - Cretacico Superiore (Tacco del Sarcidano). Tale formazione è attraversata dalle andesiti oligo-mioceniche.
- Nella seconda porzione, attraversa calcari e depositi sedimentari del Eocene-Miocene, nei quali sono state messe in posto rocce granitiche e metamorfite di contatto.
- La terza parte è il tratto di fiume che incide sedimenti pliocenico-quadernari. Alla sinistra idrografica del fiume ritroviamo sedimenti continentali del Pliocene-Pleistocene e vulcaniti oligomioceniche, mentre in destra idrografica ci sono arenarie eoliche, conglomerati, sabbie e argille del Pleistocene. L'alveo del fiume in tale tratto è interamente impostato su depositi alluvionali terrazzati.

Nella porzione più ad Ovest del bacino, affiorano le metamorfite paleozoiche, con intruse rocce granitiche del Carbonifero Superiore - Permiano.

I primi due tratti sono caratterizzati da una morfologia tipica dei canyon, con valli strette e profonde. Nelle marne e arenarie mioceniche della Marmilla, la morfologia è collinare e le forme sono tondeggianti prive di asperità.

Nella frazione finale, il reticolo idrografico è poco sviluppato vista l'alta permeabilità dei sedimenti quaternari.

Per quanto riguarda invece il Riu Cixerri questo scorre nell'omonima valle che non è altro che una depressione di origine tettonica. Si tratta di un "Graben", limitato da bordi netti e rapidi. La depressione sembra essere delineata da due sistemi di faglie con direzione rispettivamente Est-ovest e Nord-Ovest/Sud-Est.

Le ipotesi più accreditate ipotizzano che questa depressione si sia formata nel terziario su preesistenti terreni paleozoici; in seguito alla sua formazione, la "fossa" è stata riempita dalla deposizione di materiale trasportato dai corsi d'acqua ai quali si sono sommati i materiali depositatisi in seguito alle numerose e intense manifestazioni vulcaniche oligo-mioceniche. Nel quaternario i depositi alluvionali hanno ricoperto quasi completamente i precedenti depositi.

In base a ciò si può affermare che alla base si trovano i terreni paleozoici ricoperti a loro volta dal terziario su cui infine si trovano i depositi quaternari.

I depositi paleogenici sono caratterizzati dalla presenza di arenarie quarzose, talvolta conglomeratici alternati a marne e argille sabbiose.

3.2.3. USO DEL SUOLO

Per quanto riguarda l'uso del suolo, il territorio è caratterizzato per circa il 30,5% da Seminativi e per il 22,9% da Zone Agricole Eterogenee; inoltre abbiamo la presenza di Colture permanenti (3,7%). Oltre il 55% dell'intero territorio della U.I.O. è occupato quindi da colture agricole di diverso tipo.

Le aree caratterizzate da vegetazione spontanea sono all'incirca equiripartite tra Aree a vegetazione arbustiva e/o erbacea (17,8%) e Zone Boscate (17,7%).

Dalle informazioni sopra esposte si evince quindi che il territorio della U.I.O. del Flumini Mannu - Cixerri, per la varietà delle sue caratteristiche geomorfologiche, pedologiche e climatiche, è caratterizzato dalla presenza di numerose colture agrarie, localizzate soprattutto nelle aree pianeggianti e collinari.

L'attività agricola prevalente è rappresentata da Seminativi in aree non irrigue che occupano circa il 27% della superficie dell'intera U.I.O.. Il terreno occupato da Colture permanenti, è rappresentato per il 24% da Oliveti, per il 57,5% da Frutteti e per il 18,5% da Vigneti.

3.2.4. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il Flumini Mannu è il quarto fiume della Sardegna per ampiezza di bacino e con una lunghezza dell'asta principale di circa 96 km, rappresenta il più importante fiume della Sardegna Meridionale. Il suo corso, che si svolge in direzione NE-SO, ha origine da molti rami sorgentiferi dall'altipiano calcareo del Sarcidano, si sviluppa attraverso la Marmilla e, costituitosi in un unico corso, sbocca nella piana del Campidano sfociando in prossimità di Cagliari nelle acque dello Stagno di S. Gilla. Il Flumini Mannu di Cagliari si differenzia notevolmente dagli altri corsi d'acqua dell'Isola per i caratteri topografici del suo bacino imbrifero. L'asta principale per quasi metà del suo sviluppo si svolge in pianura, al contrario della maggior parte dei corsi d'acqua sardi aventi come caratteristica la brevità del corso pianeggiante rispetto a quello montano.

Gli affluenti principali del Flumini Mannu di Cagliari sono:

- in destra: il Canale Vittorio Emanuele, che drena le acque della depressione di Sanluri, e il Torrente Leni, che convoglia le acque di numerose sorgenti del Monte Linas e giunge nella piana del Campidano in territorio di Villacidro;
- in sinistra: il Torrente Lanessi, col quale confluisce presso lo sbocco in pianura e che scorre prevalentemente negli scisti e nel miocene della Trexenta, e il Riu Mannu di San Sperate che drena, con il Rio Flumineddu, le acque della Trexenta.

Lungo il corso principale è ubicato l'invaso di Is Barroccus, con capacità massima di invaso di 12 milioni di mc.

Altro elemento caratteristico dell'idrografia superficiale di questa U.I.O. è lo Stagno di Santa Gilla, dove confluiscono le acque sia del Flumini Mannu che del Cixerri, oltre che di una serie di corsi d'acqua minori, tra cui si segnalano il Rio Sa Nuscedda, il Riu Murta, il Riu di Sestu, mentre il Rio di Santa Lucia, sfocia anch'esso nell'area umida di Santa Gilla, nel corpo idrico denominato Saline di Capoterra.

Oltre ai due fiumi principali, hanno una estensione del bacino drenante e un'importanza non trascurabile i seguenti fiumi:

- il Riu di Corongiu che drena le acque della parte meridionale del massiccio del Sarrabus, si sviluppa perpendicolarmente alla linea di costa, e sfocia, dopo aver superato gli sbarramenti che danno luogo ai laghi omonimi (Corongiu II e Corongiu III), nella costa di Flumini di Quartu;
- il Riu di Sestu che drena le acque della parte meridionale delle colline del Parteolla e, dopo aver attraversato l'area pianeggiante tra Sestu e Elmas, termina il suo corso nello Stagno di Santa Gilla, come si è detto in precedenza;
- il Rio di Santa Lucia che drena le acque della parte nord - orientale del massiccio del Sulcis (monti di Capoterra) per poi sfociare nelle Saline di Capoterra;
- il Riu di Pula che drena le acque provenienti dalle pendici sud - orientali del massiccio del Sulcis, per sfociare nella costa sud - occidentale della Sardegna, in prossimità dell'abitato di Pula.

Si riportano qui di seguito i corsi d'acqua di secondo ordine, si tratta di corsi d'acqua aventi estensione limitata, ad eccezione del Riu Mannu di San Sperate, lungo circa 43 km, che è anche un corso d'acqua significativo.

Tabella 3-1 Corsi d'acqua del secondo ordine del bacino Flumini Mannu

Prog.	Cod. Bacino 1° ord. di appart.	Nome Bacino 1° ord. di appart.	Codice Corpo Idrico	Nome Corpo Idrico	Lunghezza Asta (km)
17	0001	Flumini Mannu	0074	Funtana su Conti	6,80
18	0001	Flumini Mannu	0079	Riu Cani	11,87
19	0001	Flumini Mannu	0081	Gora di Bau Arena	2,89
20	0001	Flumini Mannu	0082	Gora di Baccu Margiani	1,82
21	0001	Flumini Mannu	0084	Riu Tellas	2,20
22	0001	Flumini Mannu	0085	Riu Pardu	8,79
23	0001	Flumini Mannu	0087	Riu de su Linarbu	3,11
24	0001	Flumini Mannu	0089	Riu Murera	14,65
25	0001	Flumini Mannu	0092	Riu Pazzola	4,38
26	0001	Flumini Mannu	0093	Riu Padenti	3,00
27	0001	Flumini Mannu	0096	Riu su Spaniadroxiu	5,69
28	0001	Flumini Mannu	0098	Riu Gora niu Acchili	2,36
29	0001	Flumini Mannu	0099	Gora Scala de sa Gloria	1,38
30	0001	Flumini Mannu	0101	Riu Corrigas	7,68
31	0001	Flumini Mannu	0103	Riu su Salixi	4,53
32	0001	Flumini Mannu	0105	Riu su Ceresia	1,50
33	0001	Flumini Mannu	0106	Riu Corongiu Era	2,32
34	0001	Flumini Mannu	0107	Riu is Funtanas	4,71
35	0001	Flumini Mannu	0109	Rio San Gimiliano	8,24

3.2.5. PLUVIOMETRIA

La caratterizzazione del clima del territorio del bacino dell'U.I.O. del Flumini Mannu di Pabillonis - Mogoro è basata sui dati delle stazioni termo-pluviometriche e pluviometriche ricadenti all'interno del bacino (Tabella 3-3).

Tabella 3-3 Elenco delle stazioni pluviometriche nell'U.I.O. del Flumini Mannu di Cagliari.

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE
Sanluri	1922-2007	Pluviometro	135	39°33'39.97"N 8°53'59.84"E
Sardara	1922-2007	Pluviometro	163	39°36'50"N 8°49'17.43"E

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle due stazioni del bacino più vicine all'area dell'impianto, riportati in Tabella 3-4.

Tabella 3-4 Piovosità mensile media per le stazioni pluviometriche site all'interno dell' U.I.O. del Flumini Mannu di Cagliari.

Piovosità mensile media [mm]		
Mese	Stazione di Sanluri (SU)	Stazione di Sardara (SU)
Gennaio	67	78
Febbraio	65	68
Marzo	55	59
Aprile	56	60
Maggio	37	43
Giugno	15	20
Luglio	12	12
Agosto	18	13
Settembre	40	40
Ottobre	66	65
Novembre	76	83
Dicembre	86	89
Annua Media	595	632

Considerando i dati dal 1922 al 2007, l'analisi del regime pluviometrico dimostra come il valore di piovosità media annua sia attorno ai 595 mm per la stazione di Sanluri e 632 mm per la stazione di Sardara. I mesi più piovosi sono i mesi novembre e dicembre dove si lambiscono i 90 mm di pioggia media caduti al mese. I mesi estivi si confermano invece come il periodo più asciutto, soprattutto giugno, luglio e Agosto, in cui i valori medi delle due stazioni di riferimento non salgono sopra i 20 mm mensili. È interessante notare come, nonostante la vicinanza delle due stazioni pluviometriche, si apprezzi comunque uno scarto di circa 40 mm di precipitazione tra le due stazioni, forse dovuto alla morfologia del territorio.

In generale, nell'arco di ogni singolo anno i giorni più piovosi ricadono nel semestre autunno-inverno e, in particolare, nell'intervallo temporale Ottobre-Febbraio mentre le precipitazioni diventano decisamente di scarsa entità nel periodo compreso tra Maggio e Settembre. Analizzando i caratteri pluviometrici riportati, viene delineato un clima di tipo temperato-mediterraneo, ovvero caratterizzato da precipitazioni concentrate nel periodo autunnale-invernale e quasi assenti in quello estivo. Queste caratteristiche influenzano notevolmente il regime delle acque sotterranee, che a causa delle piogge concentrate in metà anno, assumono particolare interesse i fenomeni di ruscellamento superficiale e di infiltrazione nei mesi umidi, mentre di evaporazione e abbassamento delle falde nei mesi asciutti.

Nelle figure riportate in seguito sono riportate le precipitazioni medie mensili in formato grafico.

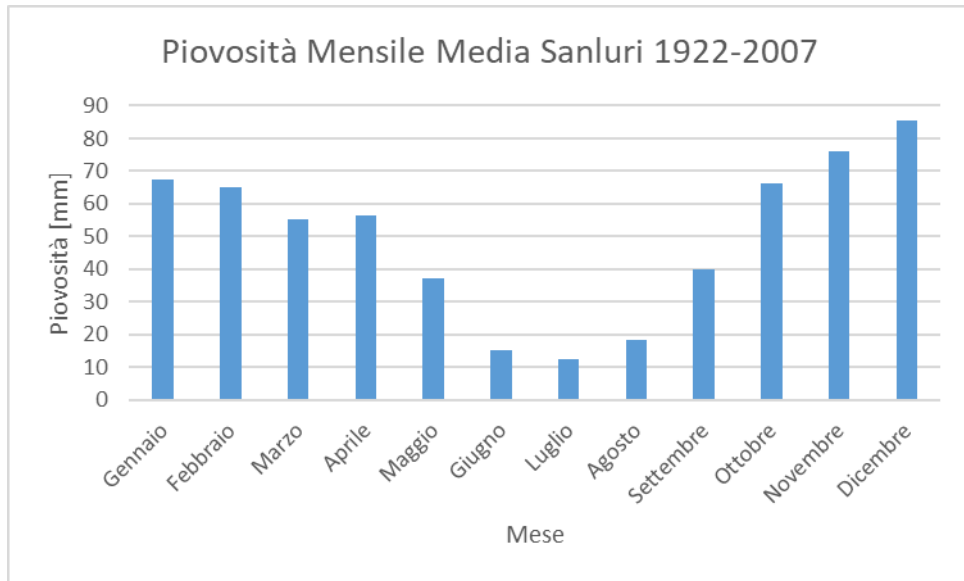


Figura 3-7 Grafico piovosità mensile media per la stazione di Sanluri (1922-2007)

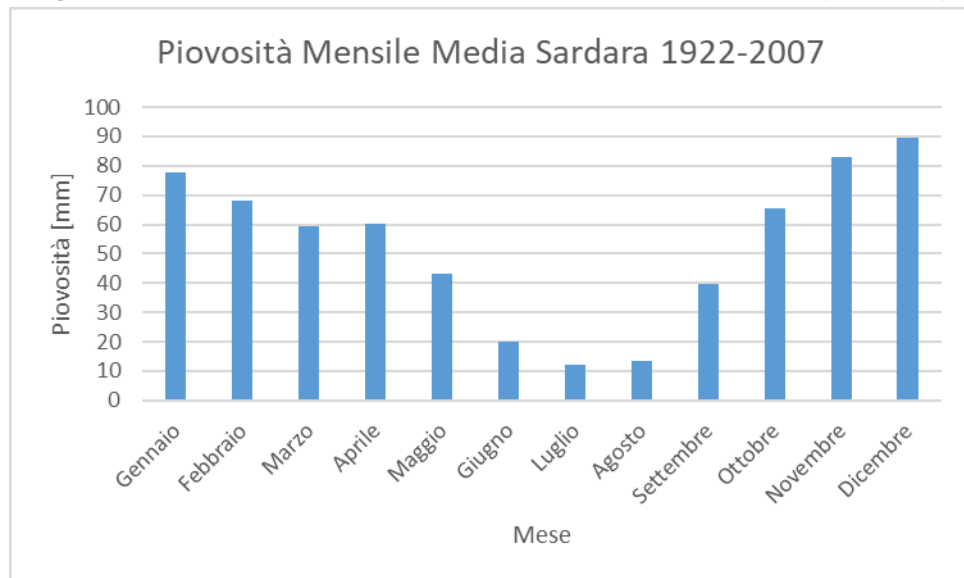


Figura 3-8 Grafico piovosità mensile media per la stazione di Sardara (1922-2007)

4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

Il presente capitolo ha l'obiettivo di 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 VA.PI. 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 limitofia, 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.

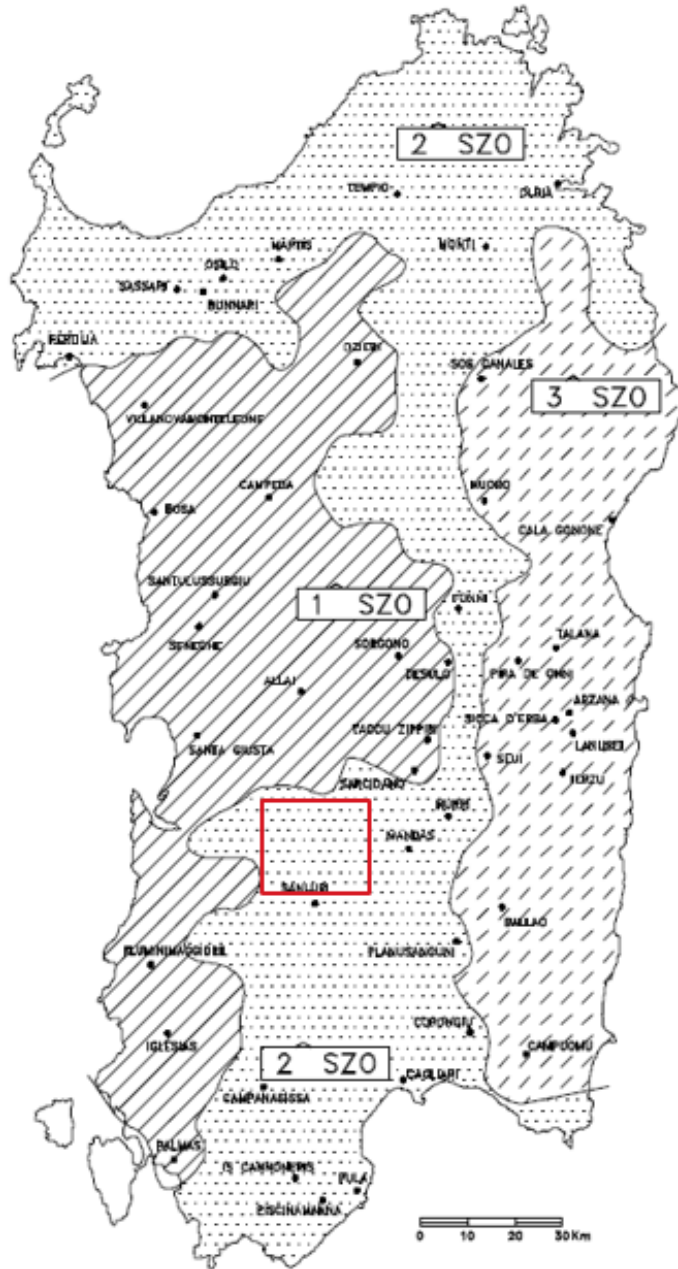


Figura 4-1 Ripartizione del territorio regionale in tre sottozone omogenee

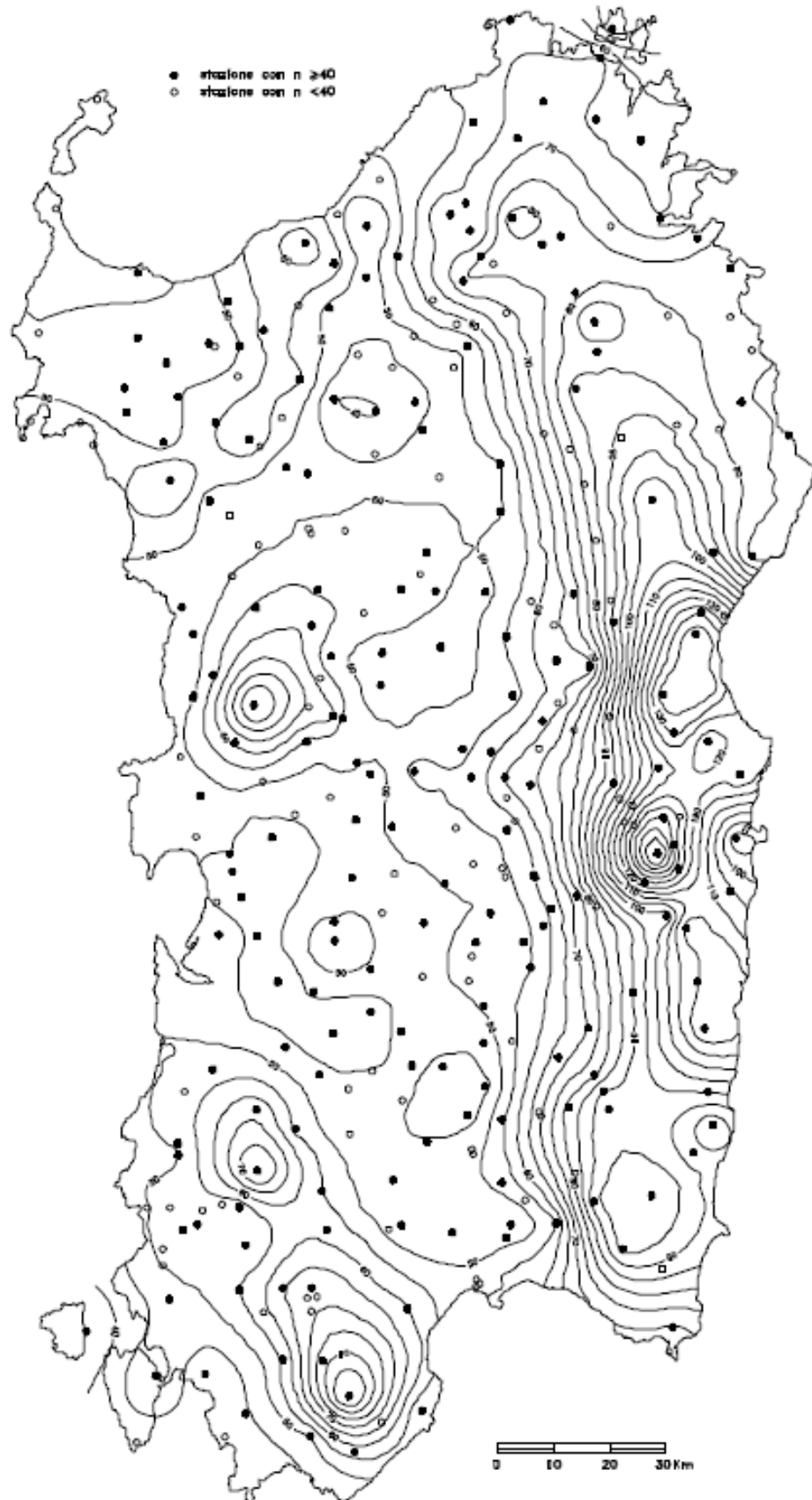


Figura 4-2 Isoiete della pioggia indice al terzo livello di regionalizzazione

$$h_{t,T} = h'_{t,T} \cdot \mu(t)$$

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 $K_T(\tau) = a_2 \tau^{n_2}$

Che porta ad ottenere la seguente equazione:

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

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

Si riportano le sole equazioni relative alla sottozona omogenea SZ02 nella quale si inserisce il progetto in esame.

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 $T > 10$

$$a_2 = 0,44182 + 1,0817 \log_{10} T$$

$$n_2 = -0,18676 + 0,24310 \log_{10} T - 3,545310^{-2} (\log_{10} T)^2 \quad \text{per } \tau \leq 1 \text{ ora}$$

$$n_2 = -5,659310^{-3} - 4,0872 \cdot 10^{-3} (\log_{10} T) \quad \text{per } \tau \geq 1 \text{ ora}$$

4.2. RISULTATI

Dall'applicazione del modello TCEV l'area di progetto rientra nella sottozona omogenea SZ02. 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

SZ02							
μ_g (mm) = 50		T<=10		T>10			T
		a2	n2	a2	d<= 1 h	d>= 1 h	
a1	20,69	a2	n2	a2	n2	n2	
n1	0,32	1,54	-0,01	-	-	-	10,00
				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.

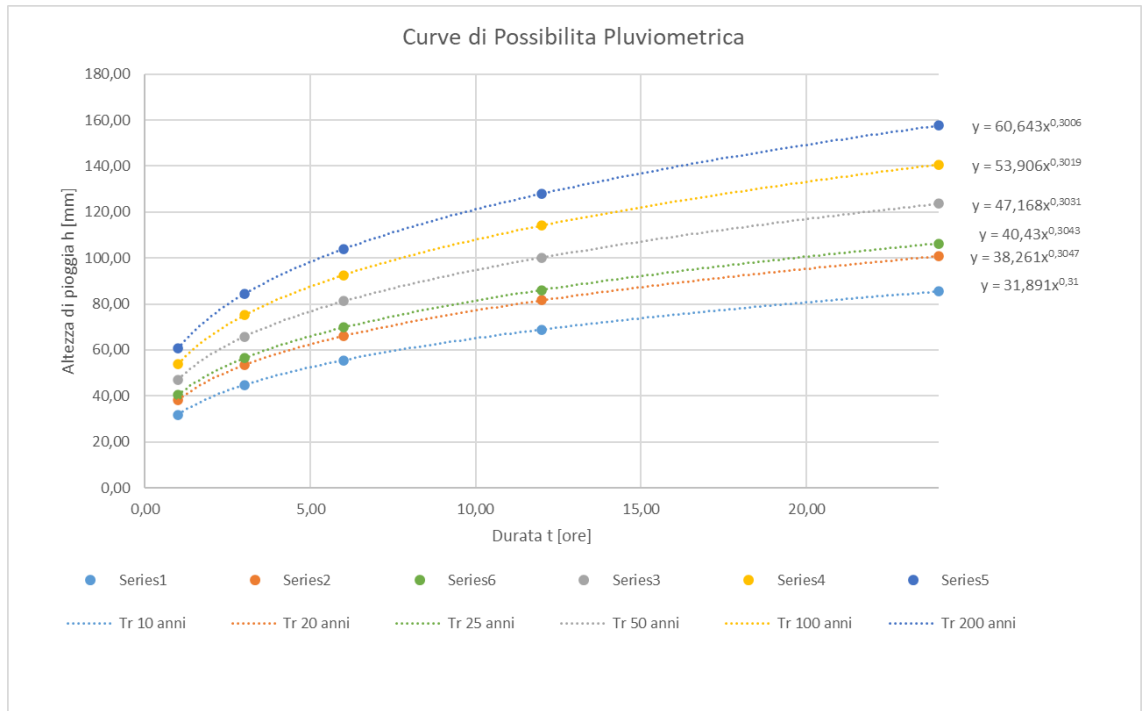


Figura 4-3 Curve segnalatrici di possibilità pluviometrica per diversi periodi di ritorno riguardanti l'area di progetto

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 di Sanluri-Sardara.

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

- Delimitazione dei sottobacini idrografici di interesse sulla base della morfologia del territorio e della nuova viabilità interna d'impianto;
- 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;
- Definizione dei tempi di corrivazione in base a diverse formule teorico-sperimentali e attribuzione dei valori di riferimento;
- Definizione della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno (vedi Capitolo 4);
- Analisi dei dati di copertura e vegetazione per la valutazione del coefficiente di deflusso;
- Calcolo della portata di massima piena per diversi tempi di ritorno.

5.1. INDIVIDUAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI

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 marnose. Tuttavia, gli aerogeneratori in progetto non risultano interferenti con alvei fluviali.

Di seguito si propone un inquadramento dell'impianto eolico su DTM, avente risoluzione pari a 2 m e i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.

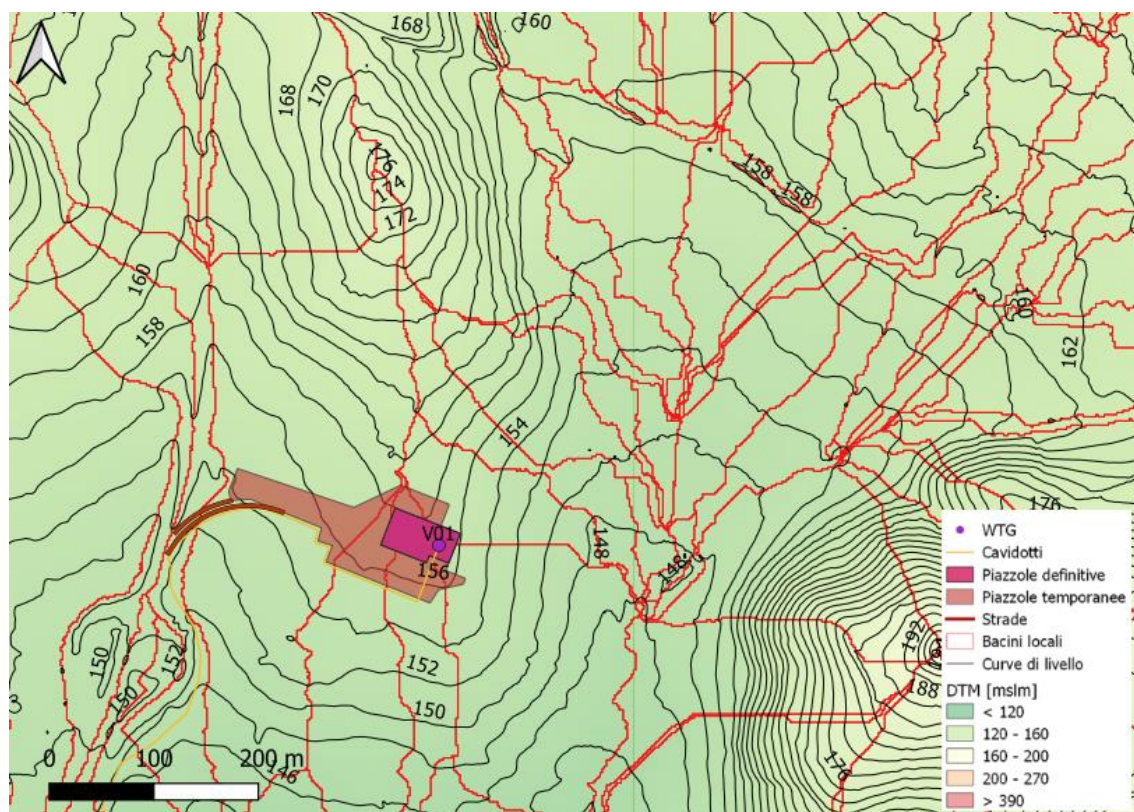


Figura 5-1 Inquadramento della WTG V01 e dei bacini locali su DTM

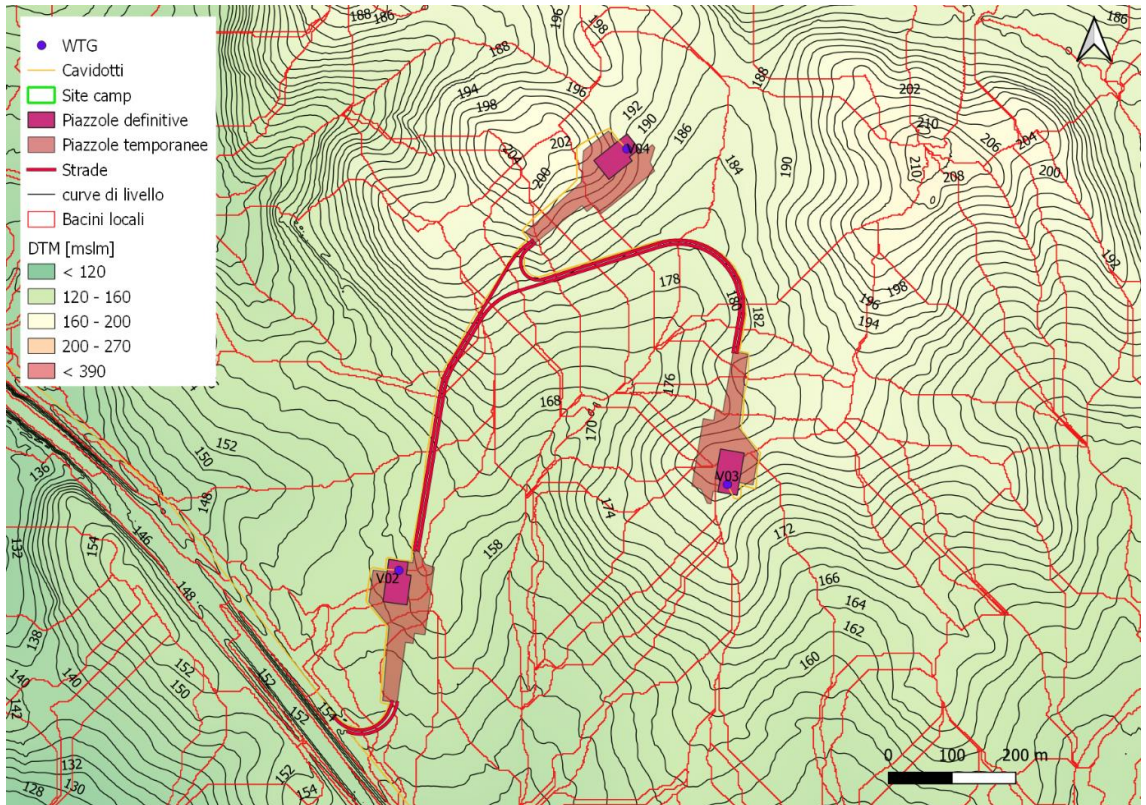


Figura 5-2 Inquadramento WTG V02 V03 e V04 e bacini locali su DTM

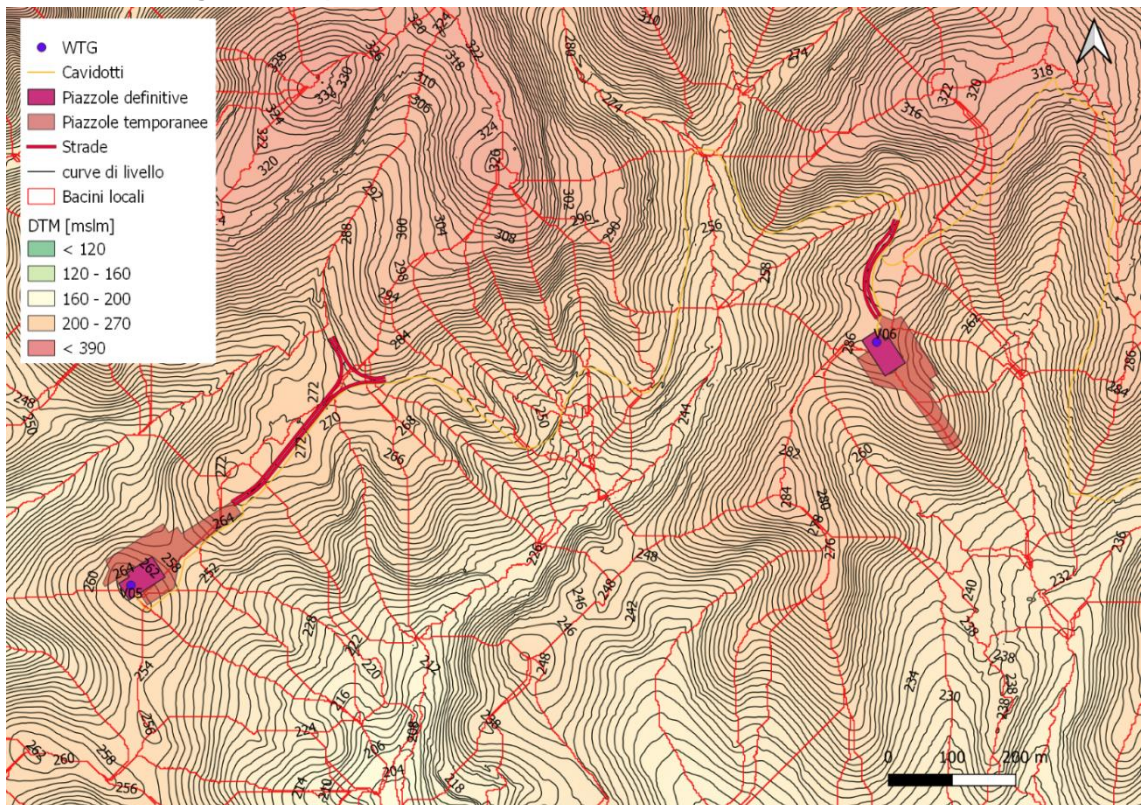


Figura 5-3 Inquadramento della WTG V05 e V06 e bacini locali su DTM

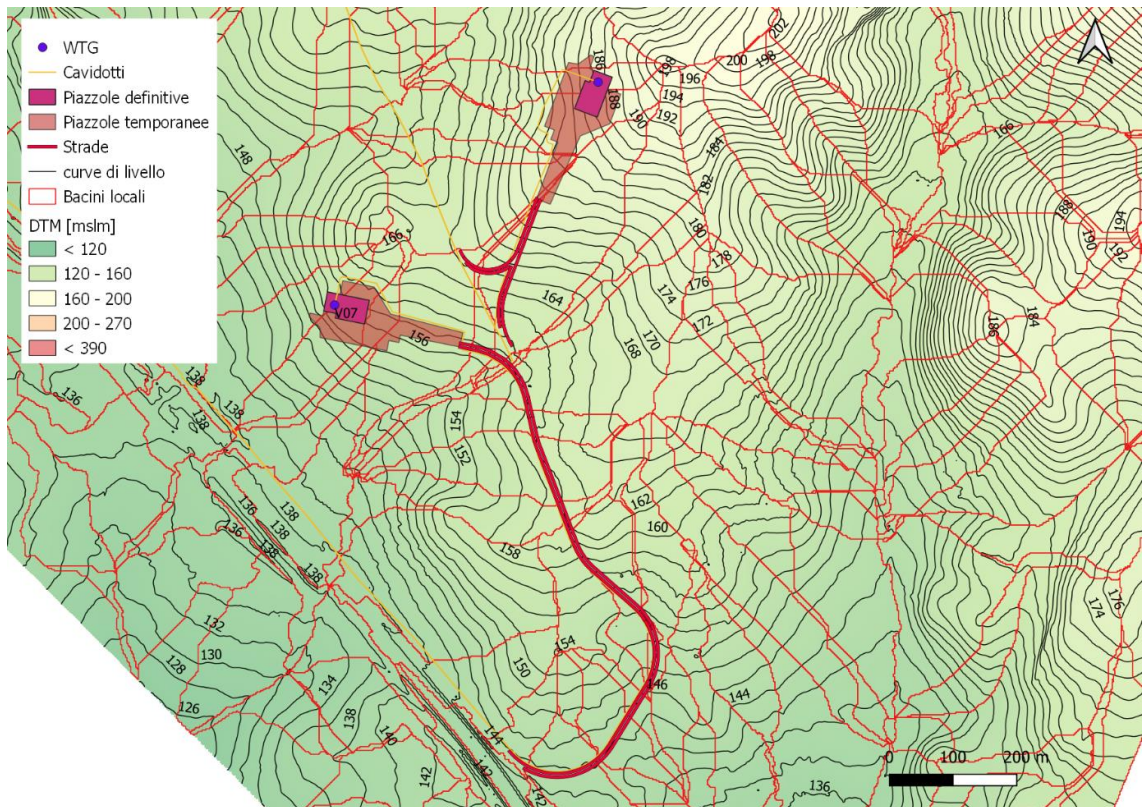


Figura 5-4 Inquadramento WTG V07 e V08 e bacini locali du DTM

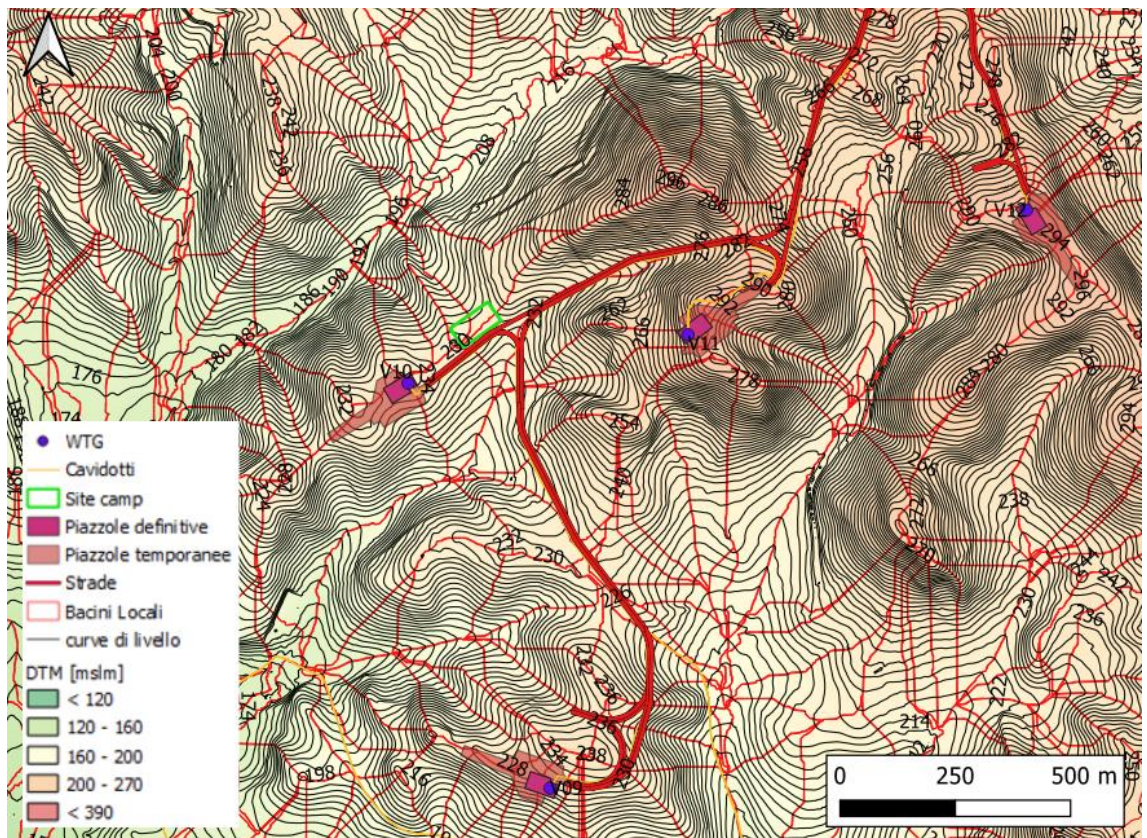


Figura 5-5 Inquadramento WTG V09 V10 V11 e V12 e bacini locali su DTM

Al fine di dimensionare correttamente le opere idrauliche di progetto è necessario stimare le massime portate convogliate in corrispondenza della viabilità interna all'impianto. 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.

I sottobacini critici sono illustrati nei seguenti inquadramenti, sia su ortofoto che su DTM, avente risoluzione pari a 2 m.

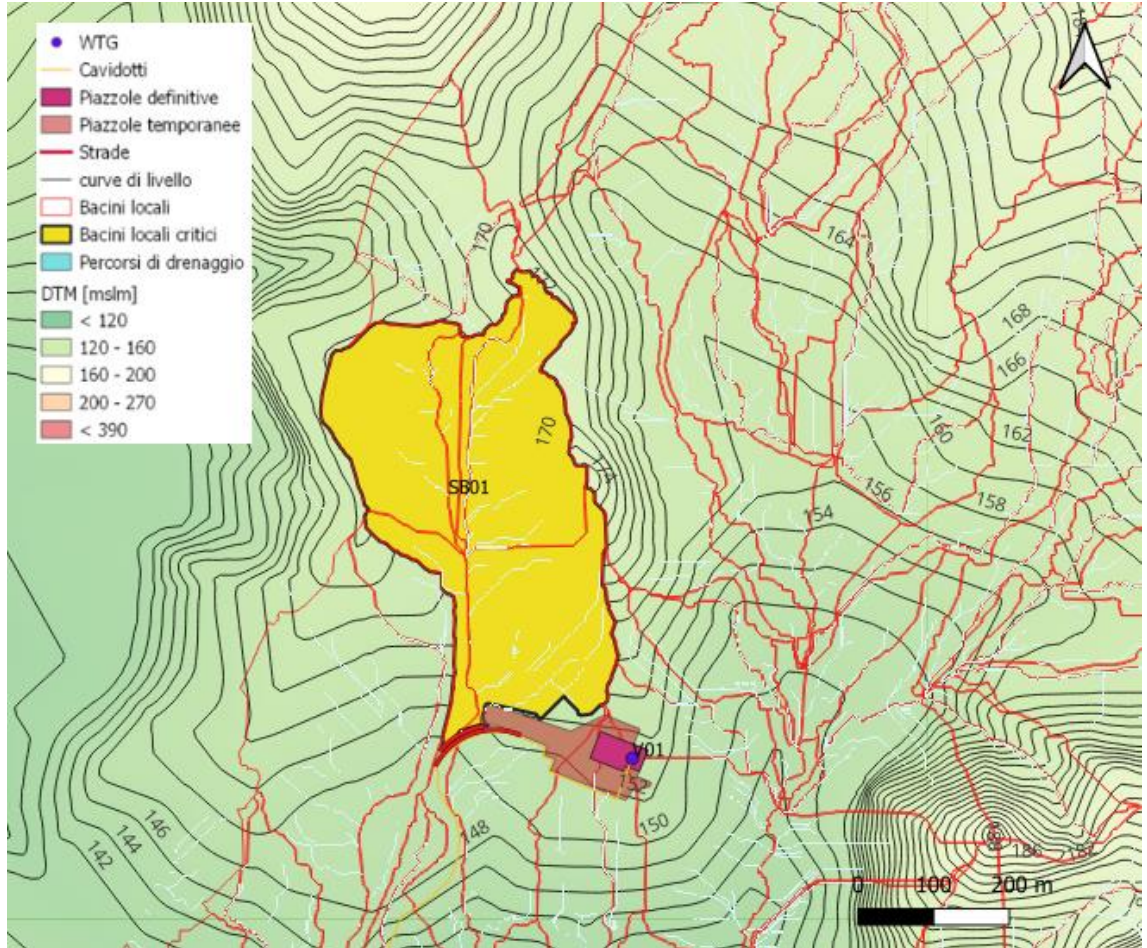


Figura 5-6 Inquadramento Bacini critici SB01 su DTM

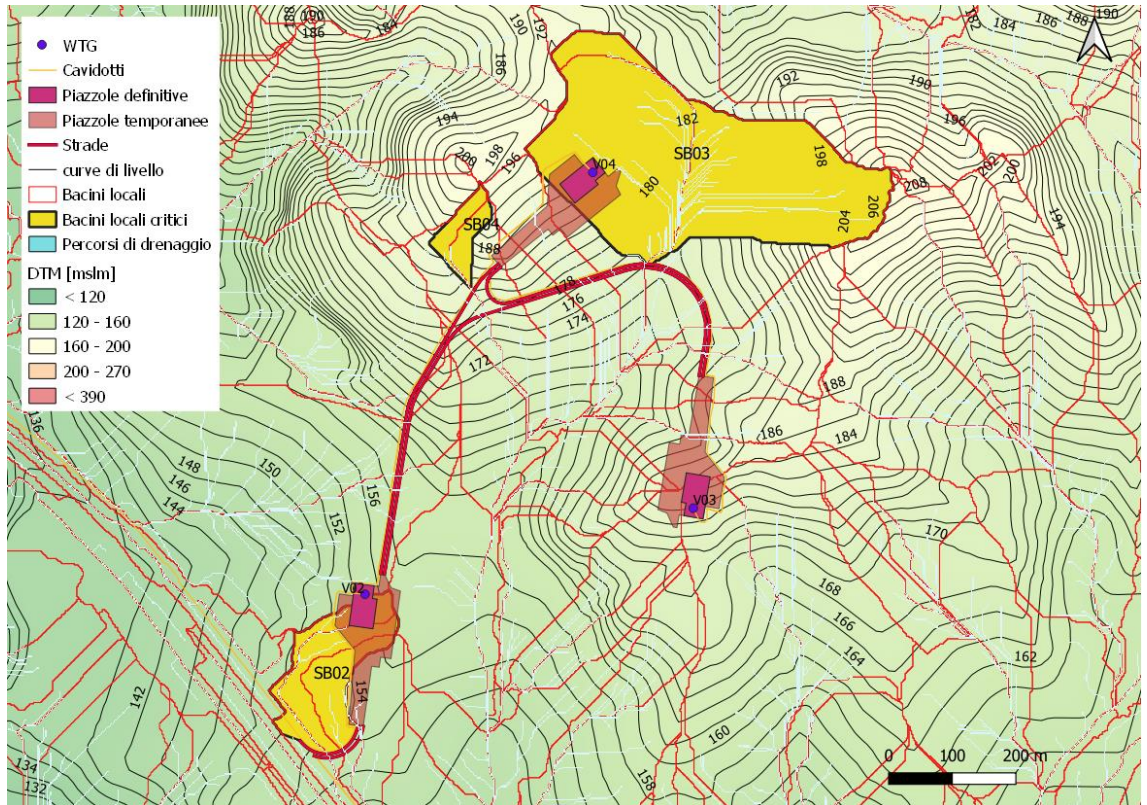


Figura 5-7 Inquadramento bacini critici SB02, SB03, SB04 su DTM

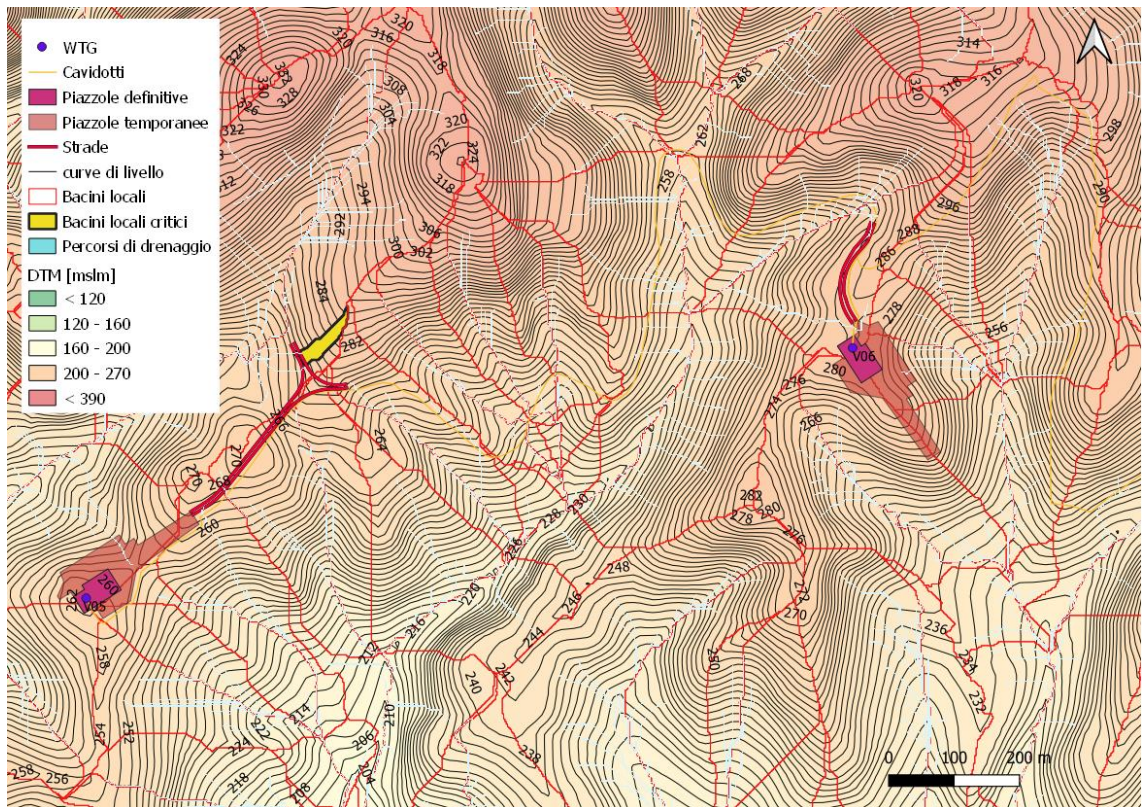


Figura 5-8 Inquadramento bacino critico SB05 su DTM

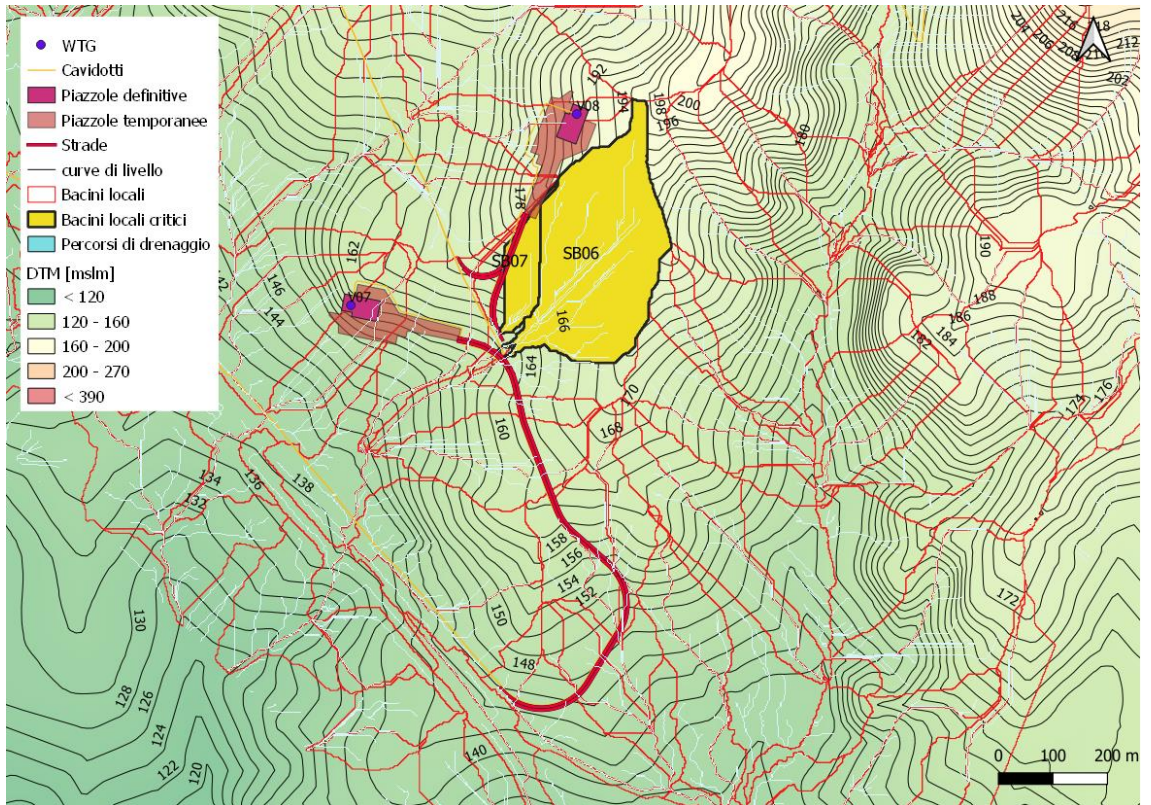


Figura 5-9 Inquadramento bacini critici SB06 e SB07 su DTM

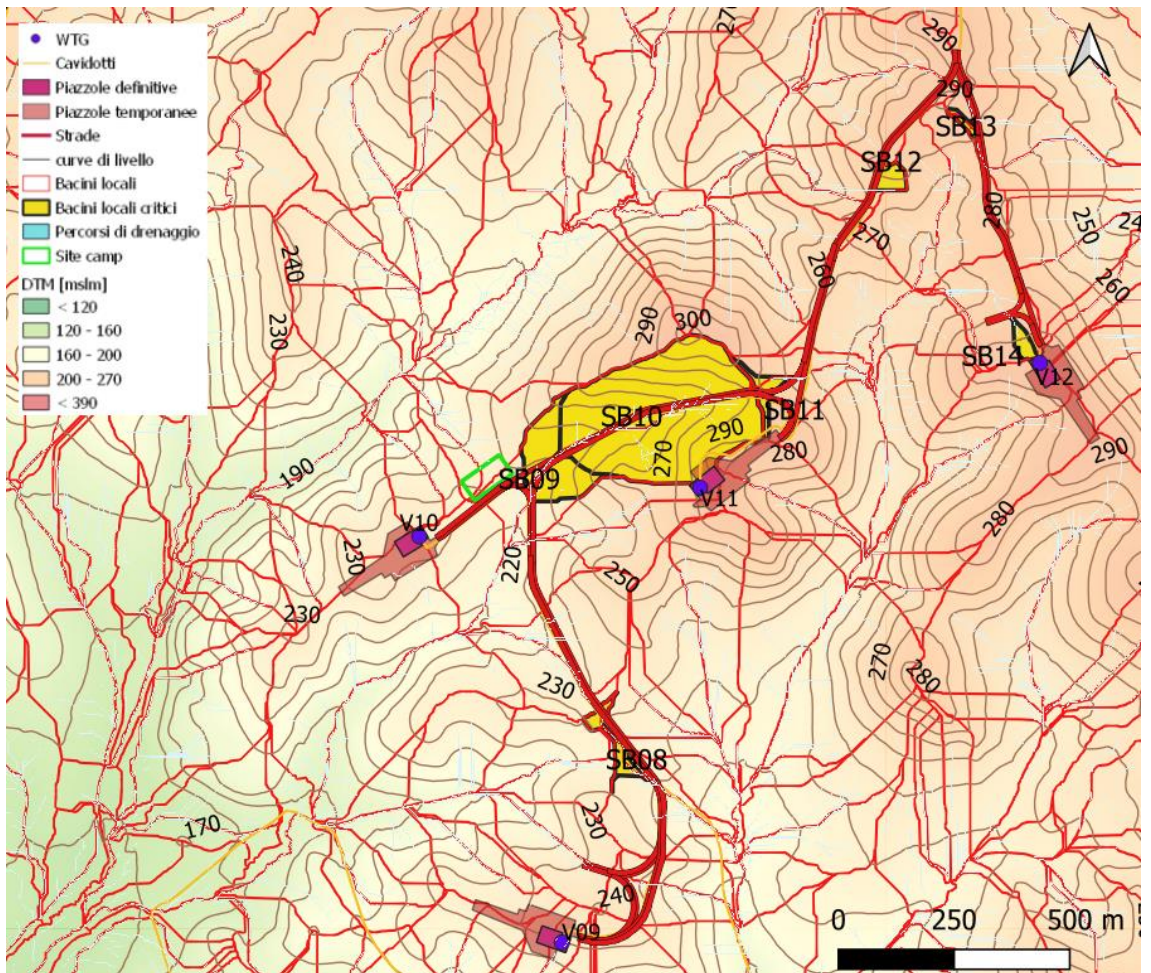


Figura 5-10 Inquadramento bacini critici SB8,SB9,SB10,SB11,SB12,SB13,SB14 su DTM

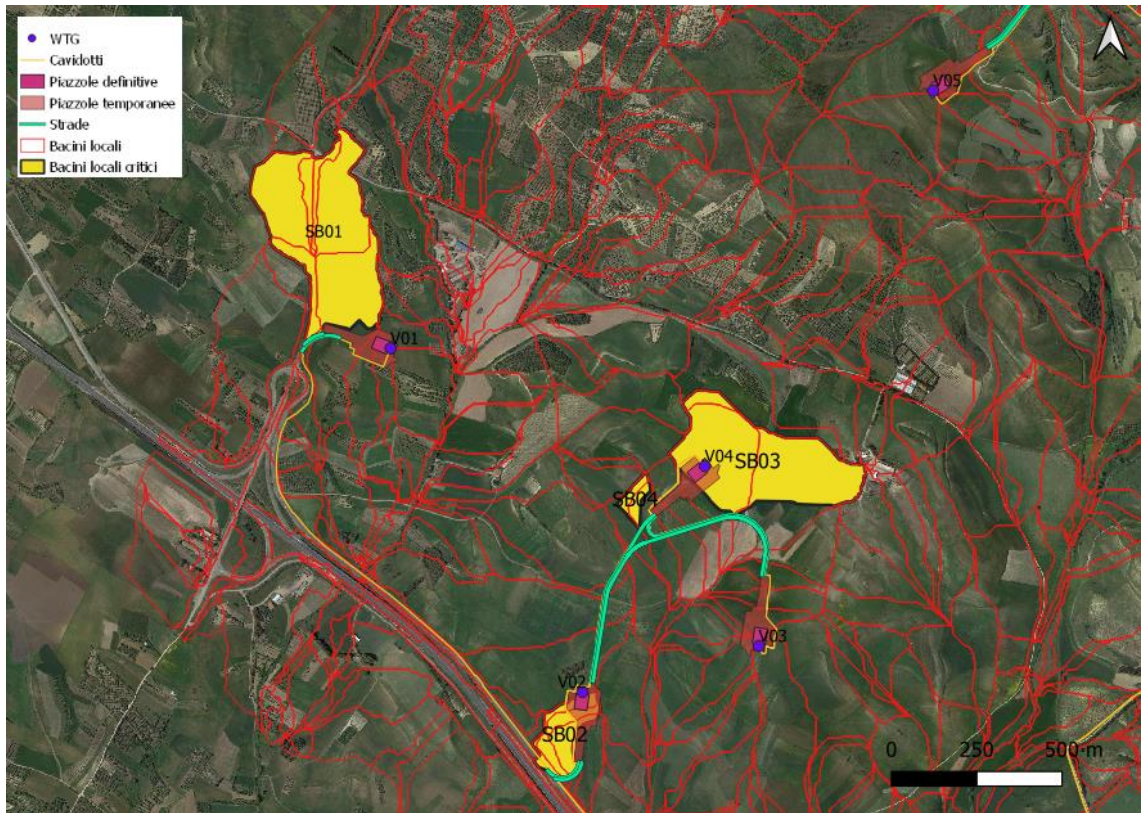


Figura 5-11 Inquadramento bacini critici SB01, SB02, SB03, SB04 su ortofoto

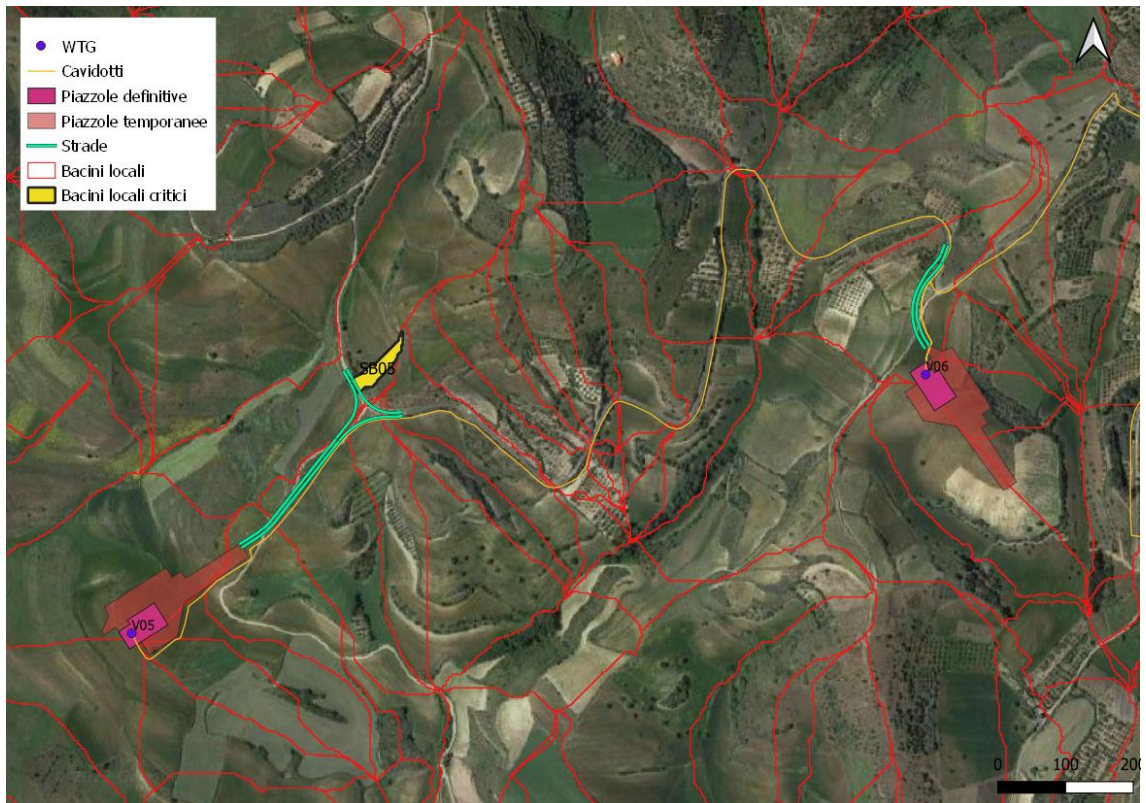


Figura 5-12 Inquadramento bacino critico SB05 su ortofoto

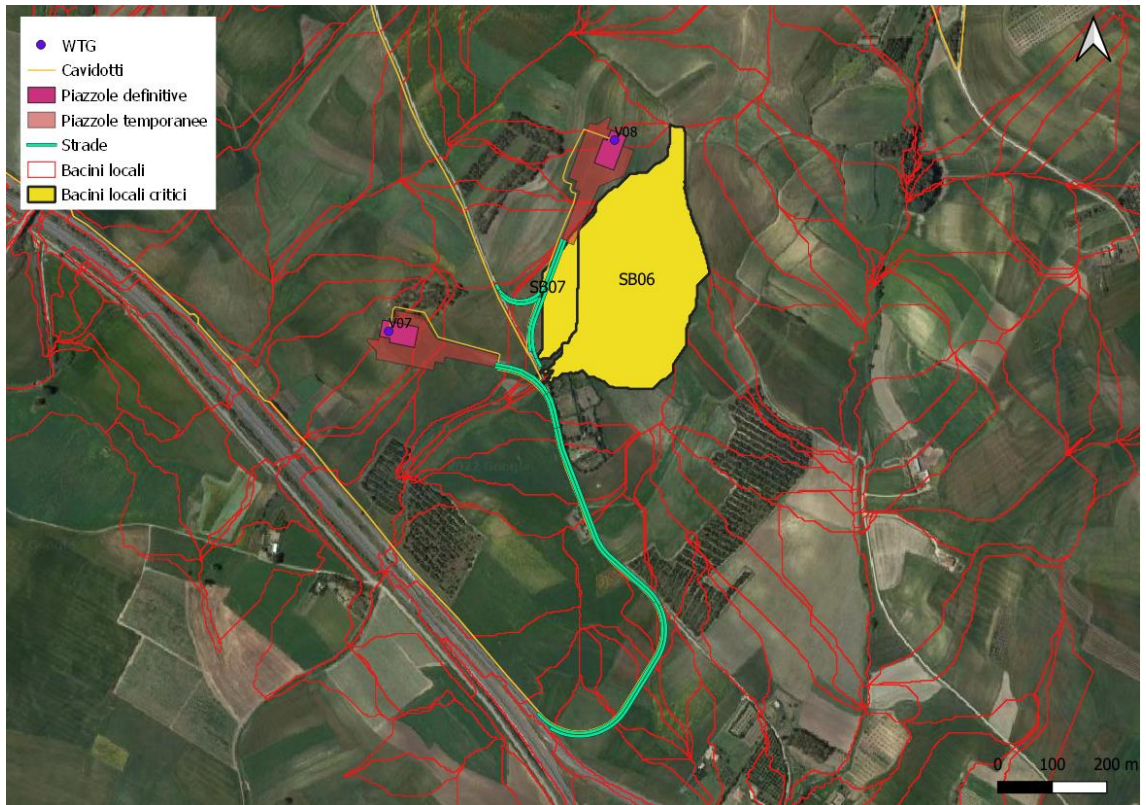


Figura 5-13 Inquadramento bacini critici SB06, SB07 su ortofoto

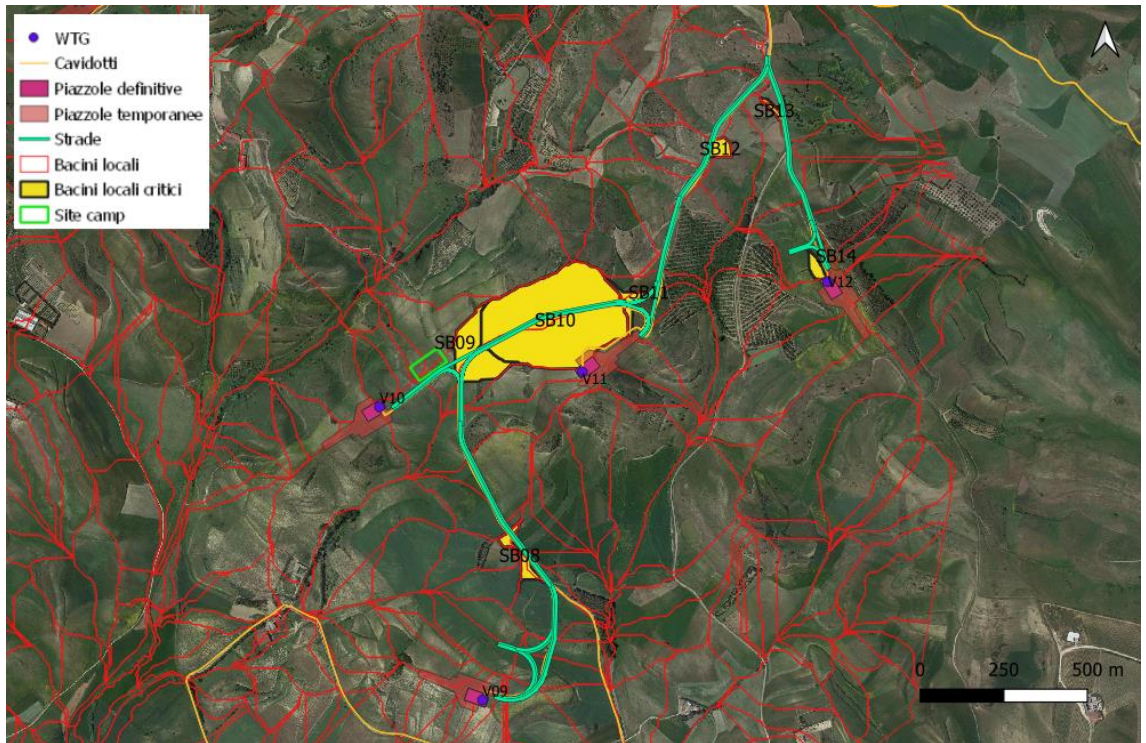


Figura 5-14 Inquadramento bacini critici SB08, SB09, SB10, SB11, SB12, SB13, SB14 su ortofoto

5.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE

Per il calcolo delle portate di piena si è deciso di adottare il metodo razionale di stima, alla cui base vi sono le seguenti assunzioni:

- La massima piena avviene per precipitazioni meteoriche con durata pari al tempo di corrivazione del bacino;
- Il picco di piena 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 al colmo di piena 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 di 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:

$$h(t, 25) = 40,43 \cdot t^{0,3043}$$

5.3. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO

Il coefficiente di deflusso relativo a ciascun bacino idrografico di interesse è stimato mediante il metodo del Curve Number, proposto dal Soil Conservation Service (1972), il quale si basa sull'assunzione che il volume specifico (altezza) di pioggia netta (efficace) P_{net} risulta legato al volume specifico (altezza) di pioggia lorda P (pioggia effettiva) caduta nel medesimo intervallo temporale dalla relazione:

$$P_{net} = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

nella quale 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. Per la stima di I_a viene usata la seguente relazione:

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

che risulta verificata in buona approssimazione.

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.

Per tali gruppi si riportano i valori del parametro CN corrispondenti a diverse tipologie di utilizzo del suolo per condizioni di umidità iniziale medie.






Tabella 5-1: CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service)

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
<u>Terreno coltivato</u>				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
<u>Terreno a pascolo</u>				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
<u>Terreni boscosi o forestati</u>				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
<u>Spazi aperti, prati rasati, parchi</u>				
con copertura erbosa superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
con copertura erbosa compresa tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
con copertura erbosa inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
<u>Aree commerciali (area impermeabile 85%)</u>	89	92	94	95
<u>Distretti industriali (area impermeabile 72%)</u>	81	88	91	93
<u>Aree residenziali</u>				
impermeabilità media 65%	77	85	90	92
impermeabilità media 38%	61	75	83	87
impermeabilità media 30%	57	72	81	86
impermeabilità media 25%	54	70	80	85
impermeabilità media 20%	51	68	79	84
impermeabilità media 12%	46	65	77	82
<u>Parcheggi, tetti, autostrade</u>	98	98	98	98
<u>Strade</u>				
pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
con letto in ghiaia	76	85	89	91
battute in terra	72	82	87	89

Tabella 5-2 Allegato 1 Coefficienti di deflusso e valore di CN - Autorità di bacino regionale

della Sardegna

I valori dei coefficienti di afflusso ϕ applicati sono tratti dalla letteratura (in particolare: Norme DIN, FLL, A.T.V., scala Frühling, UNI 11235) o da indicazioni delle case produttrici. CATEGORIE DI SUPERFICI (S1-10), PAVIMENTAZIONI (P1-10) E COPERTURE (C1-8) PERMEABILI, IMPERMEABILI O SIGILLATE

	SEZIONE INDICATIVA O IMMAGINE TIPO	DESCRIZIONE SUPERFICIE	SPECIFICHE O VARIANTI	NORME DI RIFERIMENTO, VALORI LIMITE O INDICAZIONI	ϕ	CN
S1		Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole			0,1	71-78
S2		Corsi d'acqua, specchi d'acqua, stagni o bacini di accumulo e infiltrazione con fondo permeabile			0,1	71-78
S3		Incolto, sterrato, superfici naturali degradate			0,20	74-84
S4		Sedime ferroviario			0,20	74-84
S5		Superfici in ghiaia sciolta		Con coefficiente di permeabilità del sottofondo k_f in $m/s \cdot 10^2 - 10^4$	0,3	79-87
				Altre tipologie di sottofondo	1	100

Al fine di definire il valore di CN per i bacini in studio, le risultanze a seguito del sopralluogo e dell'analisi delle tabelle portano a dedurre un tipo di terreno caratterizzato da "Spazi aperti, prati rasati, parchi con copertura erbosa superiore al 75% dell'area" (Tabella 5-1) Tabella 5-2).

Dalle analisi conclusive della Relazione geologica geomorfologica e sismica - GRE.EEC.R.25.IT.W.17279.00.024.00 ne risulta che vi è una prevalenza della componente di deflusso superficiale, rispetto all'infiltrazione, in funzione delle caratteristiche delle formazioni marnose, individuando un possibile suolo di tipo C.

È stato infine dedotto un CN pari a 78.

Una volta calcolata la pioggia netta (efficace), il coefficiente di deflusso è pari a:

$$c = \frac{P_{netta}}{P}$$

5.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

Di seguito sono riportati i valori di massima piena per tempo di ritorno pari a 25 anni associate ai sottobacini identificati come critici in termini di sollecitazione sulle opere di progetto dell'impianto eolico di Sanluri - Sardara.

Tabella 5-3 Esiti di valutazione delle piene di progetto

Sotto-bacino	A [Km2]	L (m)	i	tc [h]	h (T=25 y, t=tc) [mm]	C (SCS-CN)	Q [m3/s]
SB01	0,150	756	0,034	0,22	22	0,03	0,139
SB02	0,027	308	0,032	0,10	16	0,00	0,003
SB03	0,120	445	0,070	0,11	16	0,00	0,019
SB04	0,010	79	0,228	0,02	8	0,09	0,128
SB05	0,002	72	0,042	0,02	9	0,04	0,009
SB06	0,081	483	0,077	0,11	17	0,00	0,015
SB07	0,001	170	0,071	0,04	12	0,01	0,001
SB8	0,006	188	0,059	0,05	12	0,00	0,002
SB09	0,020	103	0,097	0,03	9	0,04	0,085
SB10	0,102	430	0,095	0,09	16	0,00	0,006
SB11	0,004	70	0,143	0,02	8	0,09	0,052
SB12	0,003	43	0,093	0,01	7	0,13	0,069
SB13	0,002	140	0,043	0,04	12	0,01	0,001
SB14	0,003	47	0,170	0,01	7	0,15	0,069
SB15	0,008	174	0,092	0,04	11	0,01	0,007

Le portate così individuate vengono utilizzate per il dimensionamento delle tubazioni relative agli attraversamenti in corrispondenza dei punti di scarico al fine di convogliare le portate critiche intercettate a monte della viabilità in progetto in favore degli impluvi esistenti a valle.

6. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

Al fine di garantire la longevità della viabilità e delle piazzole sarà di particolare importanza gestire correttamente le 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 due differenti linee di obiettivi:

- Mantenimento delle condizioni di "equilibrio idrologico-idraulico" preesistenti agli interventi di potenziamento dell'impianto eolico attualmente in esercizio;
- 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.

Le opere di regimazione 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 DI PROGETTO

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

6.1.1. FOSSI DI GUARDIA

È previsto l'impiego di 4 tipologie di fossi di guardia a seconda delle caratteristiche di portata e pendenza di ciascun tratto stradale. In particolare:

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

SEZIONE TIPO FOSSI DI GUARDIA
Scala 1:25

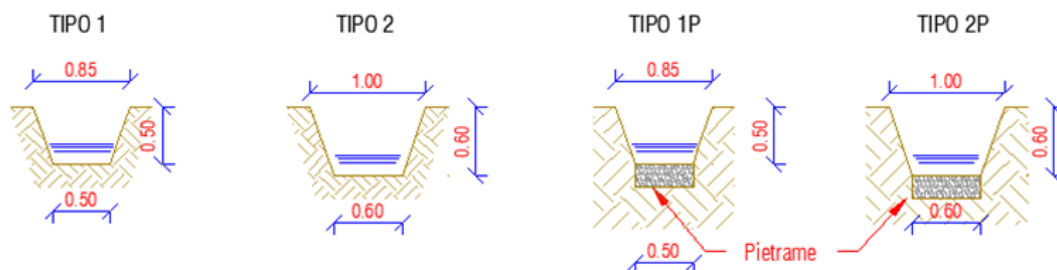


Figura 6-1: Estratto da tavola di progetto - Fossi di guardia.

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. Si specifica che la scelta del tipo e del grado di rivestimento sarà oggetto di opportune valutazioni nelle fasi successive della progettazione.

Nei tratti caratterizzati da pendenze superiori all'11%, i fossi di guardia presentano briglie in legname. 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.

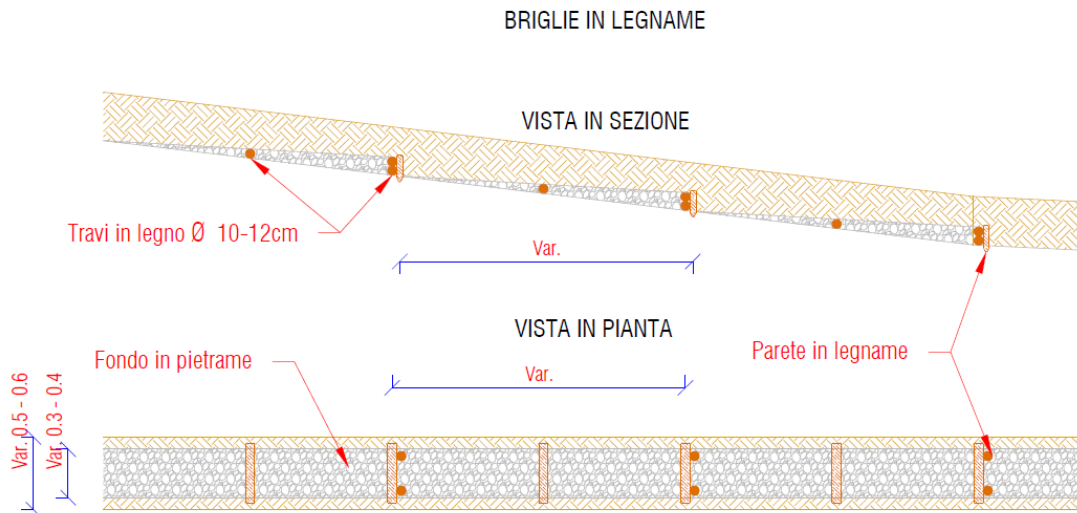


Figura 6-2: Estratto da tavola di progetto – Briglie.

6.1.2. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO

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

La posizione di tali opere è legata alla morfologia del terreno e al loro numero. Si può sostenere però che saranno posti in prossimità delle sezioni di chiusura dei bacini più grandi in maniera tale che le portate maggiori siano allontanate dal rilevato stradale il più presto possibile.

Gli attraversamenti sono realizzati con tubazioni in HDPE corrugato SN8 di diametro variabile (da 500 mm a 1000 mm) 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.

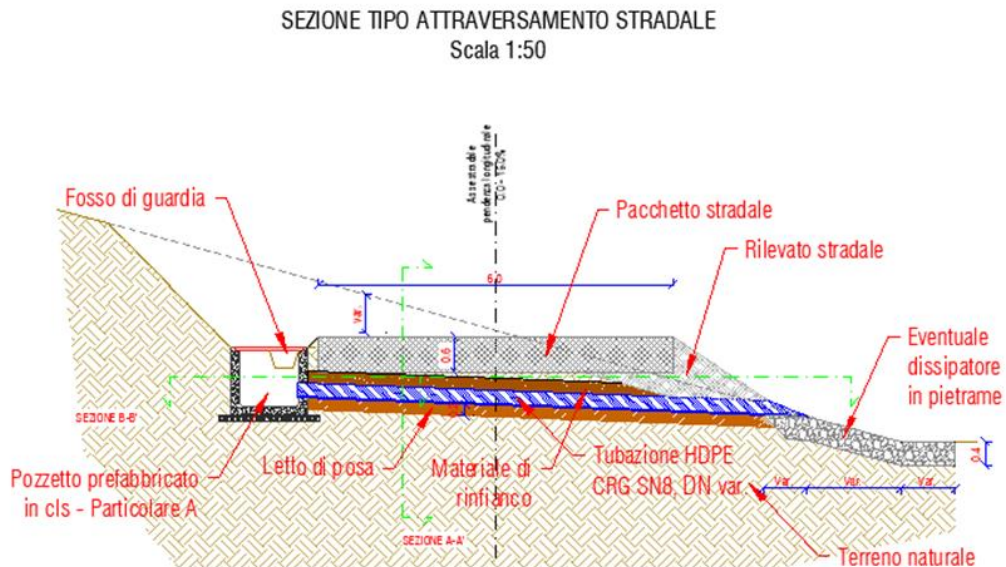


Figura 6-3: Estratto da tavola di progetto - Attraversamento stradale di scarico.

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.

6.1.3. CANALETTE TRASVERSALI

È prevista la posa di canalette in legname trasversali alla viabilità per i tratti con pendenza superiore a 12%. Tali opere hanno lo scopo di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia paralleli ad essa riducendone così il potere erosivo ed il deterioramento della viabilità.

CANALETTA DI RACCOLTA TRASVERSALE

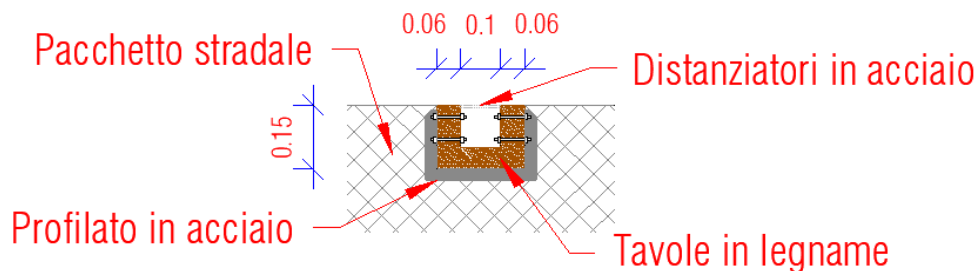


Figura 6-4: Estratto dalla tavola di progetto - Canaletta trasversale

La distanza tra le canalette consecutive deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazione di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole. Nel caso in esame, si considera di installare una canaletta ogni 50-60 m ed orientamento di 30° rispetto alla perpendicolare dell'asse stradale, per evitare che le ruote gravino contemporaneamente sul manufatto e per conferire una pendenza trasversale.

7. CONCLUSIONI

In conclusione a una prima analisi svolta e in relazione alle portate ottenute non si sono riscontrate aree particolarmente critiche dal punto di vista idraulico. Portate più elevate si sono riscontrate in corrispondenza del sottobacino SB01 e SB03 situati nell'area maggiormente pianeggiante.