



Engineering & Construction



GRE CODE

GRE.EEC.R.25.IT.W.09317.12.001.00

PAGE

1 di/of 29

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

INTEGRALE RICOSTRUZIONE DELL' IMPIANTO EOLICO "GANGI", UBICATO NEL COMUNE DI GANGI (PA)

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione idrologica e idraulica

File: GRE.EEC.R.25.IT.W.09317.12.001.00 - Relazione idrologica e idraulica

00	30/03/2022	Prima emissione	M. Da Ros	G. Alfano	P. Polinelli
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED

GRE VALIDATION

	G. Papa	L. Iacofano
COLLABORATORS	VERIFIED BY	VALIDATED BY

PROJECT / PLANT Gangi	GRE CODE																		
	GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT			SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISION							
	GRE	EEC	R	2	5	I	T	W	0	9	3	1	7	1	2	0	0	1	0

CLASSIFICATION	PUBLIC	UTILIZATION SCOPE	BASIC DESIGN
----------------	---------------	-------------------	---------------------

This document is property of Enel Green Power Italia s.r.l. 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 Italia s.r.l.

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. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI.....	7
3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME IMERA MERIDIONALE.....	7
3.1.2. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME SIMETO.....	10
4. STIMA DELLE CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	13
4.1. MODELLO TCEV	13
4.2. RISULTATI	14
5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO	17
5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI.....	17
6. STIMA DELLE PORTATE DI PROGETTO	18
6.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI.....	18
6.2. METODOLOGIA DI CALCOLO DELLE PORTATE	23
6.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE	24
6.2.2. ALTEZZA DI PIOGGIA.....	24
6.3. COEFFICIENTE DI DEFLUSSO.....	24
6.4. RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	26
7. OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	27
7.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO	27
7.2. FOSSI DI GUARDIA	27
7.2.1. ATTRAVERSAMENTI IN CORRISPONDENZA DEI PUNTI DI SCARICO	28
7.2.2. CANALETTE TRASVERSALI	29

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A., in qualità di Consulente Tecnico, è stata incaricata da Enel Green Power Italia Srl ("EGP Italia") di redigere il progetto definitivo per il potenziamento dell'esistente impianto eolico ubicato nel Comune di Gangi (PA), costituito da 32 turbine eoliche (WTG), di potenza 0,85 MW ciascuna, per un totale di 27,2 MW installati.

L'energia prodotta dagli aerogeneratori dell'impianto viene convogliata tramite cavidotto interrato MT, alla Sottostazione di trasformazione MT/AT ubicata in adiacenza della Stazione E-distribuzione "Monte Zimmara", collegata alla linea 150 kV "Petalia - Nicosia".

La soluzione di connessione che verrà adottata per il nuovo impianto in progetto ricalcherà l'esistente, prevedendo dunque una connessione in AT alla Stazione elettrica di AT Monte Zimmara, riadeguando l'infrastruttura esistente alla nuova taglia dell'impianto.

L'intervento in progetto prevede l'integrale ricostruzione dell'impianto, tramite l'installazione di nuove turbine eoliche, in linea con gli standard più alti presenti sul mercato, che consente di ridurre il numero di macchine da 32 a 7, diminuendo in questo modo l'impatto visivo, in particolare il cosiddetto "effetto selva". Inoltre, la maggior efficienza dei nuovi aerogeneratori comporta un aumento considerevole dell'energia specifica prodotta, riducendo in maniera proporzionale la quantità di CO2 equivalente.

1.1. DESCRIZIONE DEL PROPONENTE

Enel Green Power Italia 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 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.

Nel capitolo 5 vengono discussi i risultati del capitolo precedente, contestualizzandoli in riferimento all'opera in progetto.

Il capitolo 6 illustra la metodologia di calcolo delle portate sulla base dei risultati ottenuti ai capitoli precedenti e spiega i risultati di tali elaborazioni.

Infine, nel capitolo 7 vengono presentate le opere di progetto finalizzate alla regimazione delle acque meteoriche.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il sito si trova nella provincia di Palermo ed interessa il territorio del comune di Gangi.

L'area è identificata dalle seguenti coordinate geografiche:

Latitudine: 37°45'45.92"N

Longitudine: 14°14'22.77"E

L'impianto in progetto ricade all'interno dei seguenti fogli catastali:

Comune di Gangi: n° 51, n° 55, n° 63, n° 64

L'area di progetto ricade all'interno del foglio I.G.M. in scala 1:25.000 codificato 260-II-NO, denominato "Gangi".

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

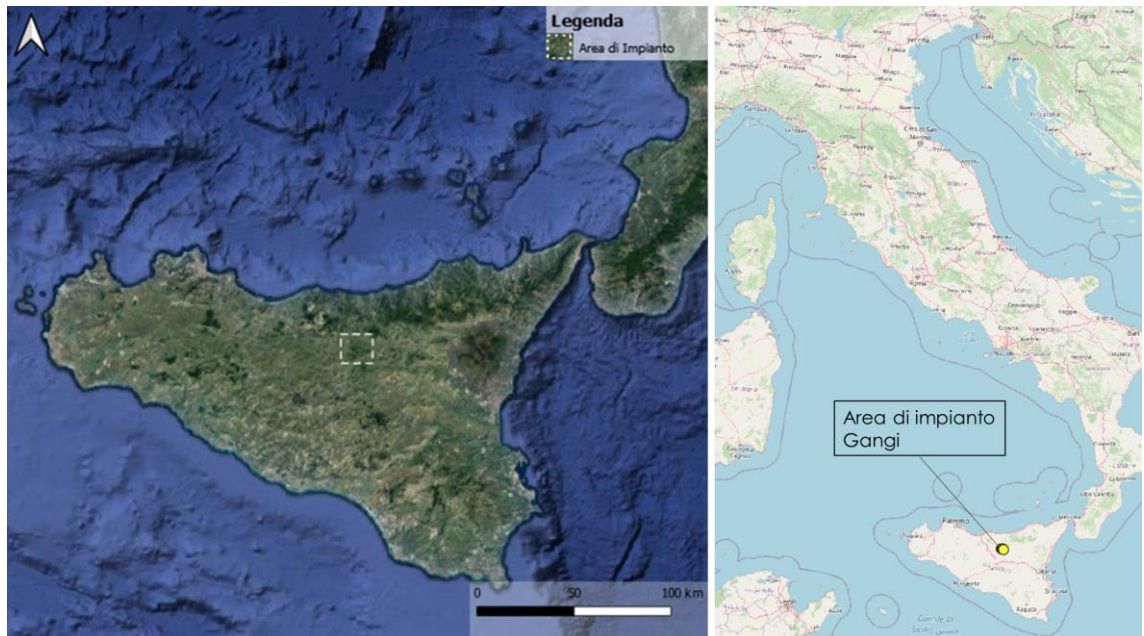


Figura 2-1: Inquadramento generale dell'area di progetto.

L'area interessata si sviluppa, prevalentemente, lungo il crinale della dorsale allungata, ad andamento Est-Ovest, di Monte Zimmara che si estende tra Monte Minardo-Monte Tiri e Monte Zimmara-Monte Canale, completamente all'interno del Comune di Gangi.



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 33 N:

ID	Comune	Est [m]	Nord [m]	Altitudine [m s.l.m.]
G01	Gangi	433594,19	4179907,20	1199
G02	Gangi	434083,00	4179721,00	1234
G03	Gangi	434593,00	4179671,00	1279
G04	Gangi	435122,00	4179478,00	1302
G05	Gangi	435621,29	4179298,27	1300
G06	Gangi	436466,97	4179171,98	1248
G07	Gangi	436058,00	4178560,00	1301

Tabella 2-1 Coordinate aerogeneratori.

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

L'impianto eolico di Gangi ricade all'interno di due bacini idrografici. Infatti, due (G01, G04) sono all'interno del bacino del Fiume Imera Meridionale, mentre cinque (rispettivamente G02, G03, G05, G06, G07) sono situati all'interno del bacino del Fiume Simeto.



Figura 3-1 Inquadramento idrografico aerogeneratori.

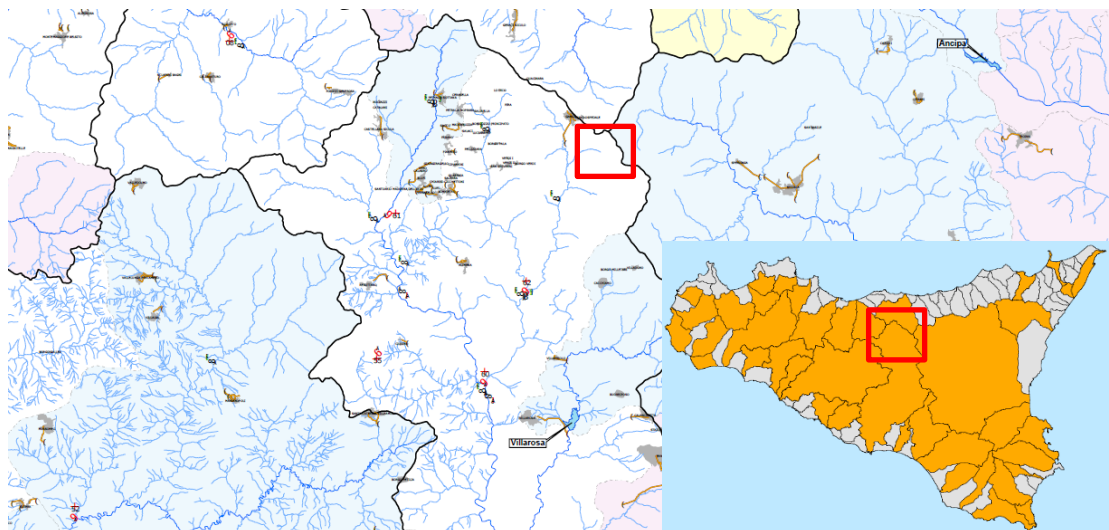


Figura 3-2 Stralcio all'allegato A.1.1 del PTA - Piano di Tutela delle Acque, l'area di progetto è evidenziata in rosso.

3.1. CARATTERISTICHE DEI BACINI IDROGRAFICI INTERESSATI

3.1.1. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME IMERA MERIDIONALE

3.1.1.1. *Inquadramento territoriale*

Il bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale o Salso rappresenta il secondo corso d'acqua della Sicilia, sia per l'ampiezza del bacino che per la lunghezza dell'asta principale. Si localizza nella porzione centrale del versante meridionale dell'isola e ha una forma allungata in senso N-S, occupando una superficie complessiva di circa 2000 km².

Confina ad Est con i bacini idrografici del Fiume Simeto e del Fiume Gela, ad Ovest con quelli del Fiume Platani, del Fiume Naro e del Fiume Palma, a Nord con quelli del Fiume Imera Settentrionale e del Fiume Pollina.

Da un punto di vista amministrativo, il bacino del F. Imera Meridionale comprende i territori di 4 province (Agrigento, Caltanissetta, Enna e Palermo) ed un totale di 33 territori comunali di cui 23 centri abitati ricadenti totalmente o parzialmente all'interno del bacino.



Figura 3-3 Bacino idrografico del Fiume Imera Meridionale

3.1.1.2. *Morfologia*

Il bacino dell'Imera Meridionale, per effetto della sua notevole estensione, è caratterizzato da un assetto morfologico variabile.

L'andamento altimetrico del territorio risulta piuttosto regolare con progressiva diminuzione delle quote procedendo da Nord verso Sud e cioè dalle falde del gruppo montuoso delle Madonie verso la fascia costiera.

L'altitudine media comprende quote tra i 400 e gli 800 metri che definiscono un ambiente collinare, caratterizzato da forme dolci e mammellonari in corrispondenza di terreni plastici e da caratteri più marcati ed acclivi laddove affiorano depositi di natura lapidea; inoltre, laddove piastroni di natura sabbioso-calcareo-dolomitica sovrastano i sottostanti depositi argillosi, si riscontrano caratteristiche forme tabulari, interessate da frequenti incisioni vallive. Altezze superiori si evidenziano solo in corrispondenza dei rilievi madoniti che costituiscono lo spartiacque settentrionale. Qui il paesaggio, caratterizzato da affioramenti arenaceo-conglomeratici, calcareo-marnosi e calcareo-dolomitici, presenta rotture di pendenze marcate e forti variazioni altimetriche.

Il settore prossimo alla foce è caratterizzato dall'ampia piana di Licata, costituita da vari

ordini di terrazzi alluvionali e depositi di fondovalle.

La fascia costiera è caratterizzata da un andamento variabile: il settore più occidentale è costituito da una costa rocciosa, alta e frastagliata che si interrompe ad Est di Punta Ciotta, da dove inizia lo sviluppo di una costa bassa e sabbiosa di modesta ampiezza, delimitata da falesie argillose a luoghi attive durante i mesi invernali e, a tratti, protetta da sistemi di frangiflutti emersi in corrispondenza dell'area edificata di Poggio Carrubella. Quindi, da Torre San Nicola sino al Porto di Licata, riprende la costa alta a cale e falesie, costituite da rocce lapidee e argillose, localmente interrotte da spiagge limitate in corrispondenza di Mollarella e in adiacenza al molo di ponente del Porto.

3.1.1.3. Idrografia

Il Fiume Imera Meridionale, lungo circa 132 Km, nasce a Portella Mandarinini (1500 m) sul versante meridionale delle Madonie e, dopo aver attraversato la Sicilia centromeridionale, sfocia nel Canale di Sicilia in corrispondenza dell'abitato di Licata, in provincia di Agrigento.

Lungo il suo percorso riceve gli apporti di numerosi corsi d'acqua secondari ed accoglie i deflussi di un considerevole numero di linee di drenaggio minori. In sinistra idrografica troviamo:

- Fiume Salso Superiore;
- Fiume Morello;
- Fiume Torcicoda;
- Torrente Braemi;
- Torrente Carusa.

In destra idrografica troviamo:

- Vallone Arenella;
- Vallone Furiana;
- Fiume Gibesi;
- Torrente Mendola.

Alcuni di tali corsi d'acqua drenano bacini di significativa estensione, tra cui il Fiume Salso Superiore e il Fiume Morello, che bagnano la zona d'interesse.

Il Fiume Salso Superiore nasce alle pendici di Pizzo di Corvo con il nome di Vallone Acqua Amara e si sviluppa per circa 28 Km. Il bacino si estende per circa 220 km² sviluppandosi prevalentemente all'interno dei territori comunali della provincia di Palermo, tra cui Gangi. L'altitudine massima è di circa 1680 m.s.m., che corrisponde alla vetta di Pizzo Catarineci, in territorio di Geraci Siculo, quella media è di circa 740 m.s.m. e la minima è di circa 343 m.s.m., quota di confluenza con l'Imera Meridionale. Durante il suo percorso riceve le acque del Fiume Gangi, l'unico affluente di una certa importanza.

Il Fiume Morello è tra i maggiori tributari del Fiume Imera Meridionale sia per sviluppo del corso d'acqua che per estensione del bacino di drenaggio; nasce nel territorio comunale di Nicosia e confluisce ad una quota di circa 270 metri nell'Imera Meridionale. Il Bacino ha una forma piuttosto allungata ed un'estensione di circa 178 km², l'altitudine massima è di circa 1192 m.s.m. e quella media è di circa 582 m.s.m..

3.1.1.4. Pluviometria e climatologia

La caratterizzazione del clima del territorio si basa sui dati registrati dalle stazioni termopluviometriche e pluviometriche ricadenti all'interno del bacino in esame.

Si riporta in figura un elenco completo delle stazioni e una loro descrizione:

STAZIONE	ANNI DI OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)	COORDINATE (UTM)	
				Nord	Est
ALIMENA	1965-1994	Pluviometro	750	4172966N	422127E
CALTANISSETTA	1965-1994	Termo-pluviometro	570	4148970N	417480E
ENNA	1965-1994	Termo-pluviometro	950	4158040N	436700E
GANGI	1965-1994	Pluviometro	1000	4183995N	429568E
LICATA	1965-1994	Termo-pluviometro	142	4106565N	405211E
MAZZARINO	1965-1994	Termo-pluviometro	560	4128520N	429090E
PETRALIA SOTTANA	1965-1994	Termo-pluviometro	930	4184090N	419297E
PIETRAPERZIA	1965-1994	Pluviometro	525	4141500N	423300E
RESUTTANO	1965-1994	Pluviometro	642	4171190N	414760E
RIESI	1965-1994	Pluviometro	369	4126760N	418740E
S. CATALDO	1965-1994	Pluviometro	625	4149040N	410110E
S. CATERINA VILLARMOSSA	1965-1994	Pluviometro	606	4160090N	414640E
SOMMATINO	1965-1994	Pluviometro	369	4132400N	409930E
VILLAROSA	1965-1994	Pluviometro	525	4159980N	426420E

Tabella 3-1 Elenco delle stazioni pluviometriche e termo-pluviometriche ricadenti all'interno del bacino del F. Imera Meridionale.

Per la caratterizzazione delle condizioni termometriche si è fatto riferimento al Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Imera Meridionale e in particolare ai dati registrati dalla stazione termo-pluviometrica di Petralia Sottana, la più vicina tra le stazioni disponibili e distante 12 km dal sito in progetto, nel periodo di osservazione 1965-1994.

Mese	Temperatura media [°C]
G	5,6
F	6,0
M	8,4
A	10,6
M	15,8
G	20,4
L	23,2
A	22,9
S	19,2
O	14,6
N	10,4
D	7,0
Anno	13,6

Tabella 3-2 Andamento della temperatura media mensile per la stazione di Petralia Sottana.

Le temperature medie mensili assumono valori minimi nel mese di gennaio (5,6 °C) mentre i valori massimi si hanno a Luglio (23,2 °C). La temperatura media annua è di 13,6 °C.

Per quanto riguarda le precipitazioni, i valori medi massimi si riscontrano in massima parte nel mese di dicembre ed in misura progressivamente minore nei mesi di gennaio, di febbraio e di novembre.

Nel mese di luglio si registrano, omogeneamente distribuiti, valori di precipitazione inferiori a quelli dei mesi precedenti. In settembre si constata un aumento generale degli afflussi, più accentuato, nei mesi di ottobre e novembre.

Le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio del versante meridionale

della Sicilia che rappresenta, per latitudine, esposizione e costituzione geologica, la fascia più arida dell'isola dove il regime pluviometrico, di tipo mediterraneo, risulta esasperato da periodi di siccità molto lunghi.

Di seguito è riportato l'andamento delle piogge medie mensili ricavato nel periodo di osservazione 1965-1994 per la stazione pluviometrica sita a Gangi, circa a 12km dall'area di progetto.

Mese	Piovosità media [mm]
G	82,2
F	75,3
M	63,9
A	54,2
M	28,5
G	14,6
L	6,5
A	12,0
S	36,7
O	71,5
N	65,8
D	95,5
Anno	606,7

Tabella 3-3 Andamento della piovosità media mensile per la stazione di Gangi.

3.1.2. BACINO PRINCIPALE DEL FIUME SIMETO

3.1.2.1. *Inquadramento territoriale*

Il bacino del Fiume Simeto ricade nel versante orientale dell'Isola, sviluppandosi, principalmente, nei territori delle province di Catania, Enna, Messina e marginalmente nei territori delle province di Siracusa e Palermo e ricoprendo in totale una estensione di circa 4.168 Km².

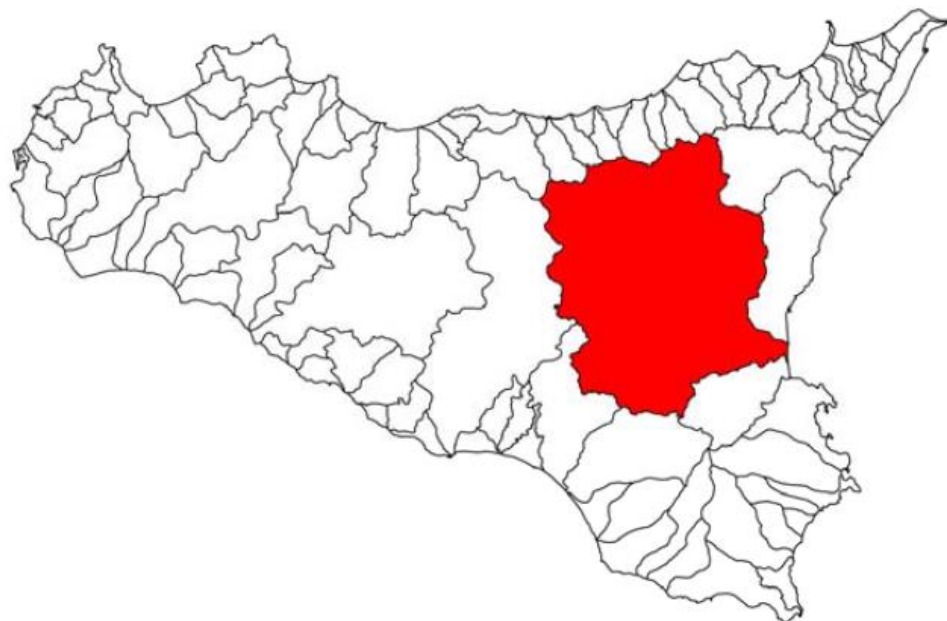


Figura 3-4 Bacino Idrografico del Fiume Simeto.

3.1.2.2. Morfologia

Il bacino del Fiume Simeto, data l'estensione, presenta settori a diversa configurazione morfologica.

Nel settore settentrionale, in cui ricade l'area di progetto, prevalgono le forme aspre ed accidentate, dovute alla presenza di affioramenti arenaceo-conglomeratici e quarzarenitici che costituiscono, in gran parte, il gruppo montuoso dei Nebrodi.

Ad Ovest ed a Sud-Ovest sono presenti i Monti Erei, di natura arenacea e calcarenitico-sabbiosa, isolati e a morfologia collinare; qui l'erosione, controllata dall'assetto strutturale ha dato luogo a rilievi tabulari (mesas) o monoclinali (cuestas).

Nella porzione centro-meridionale dell'area in esame, invece, i terreni postorogeni plastici ed arenacei, facilmente erodibili, così come quelli della "Serie gessososolfifera", danno luogo ad un paesaggio collinare dalle forme molto addolcite, interrotto localmente da piccoli rilievi isolati, guglie e pinnacoli costituiti da litotipi più resistenti all'erosione.

L'altopiano solfifero, infatti, è dominato da forme ondulate, legate alla presenza di gessi e di calcari evaporitici e, in alcuni casi, anche da affioramenti di arenarie e conglomerati miocenici. I gessi rappresentano il litotipo più diffuso della Serie Evaporitica Messiniana e, a causa della loro elevata solubilità, sono interessati da fenomeni carsici.

Il settore orientale è interessato dalla presenza del rilievo vulcanico dell'Etna; la morfologia è caratterizzata da pendii non molto accentuati che, in presenza di colate recenti, assumono un aspetto più aspro.

Infine, il settore sud-orientale presenta una morfologia pianeggiante in corrispondenza della "Piana di Catania".

L'altitudine media del bacino del fiume Simeto è di 531 m.s.l.m. con un valore minimo di 0 m.s.l.m. e massimo di 3.274 m.s.l.m.

3.1.2.3. Idrografia

Il bacino imbrifero del Fiume Simeto si estende complessivamente su una superficie di circa 4030 Km².

Il Fiume Simeto, propriamente detto, nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace. I suddetti corsi d'acqua si originano dai rilievi dei Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del bacino.

Il limite del bacino interessa gran parte dei rilievi montuosi della Sicilia centro-orientale ricadenti nelle province di Catania, Enna, Messina, Palermo e Siracusa.

In particolare, lo spartiacque del bacino corre ad est in corrispondenza dei terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna; a nord la displuviale si localizza sui Monti Nebrodi; ad ovest essa separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale; infine a sud-est ed a sud lo spartiacque corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il bacino del Simeto e quello dei fiumi Gela, Ficuzza e San Leonardo.

Gli affluenti principali del Fiume Simeto sono il Torrente Cutò, il Torrente Martello, il Fiume Salso, il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga e il Fiume Dittaino.

Procedendo da monte verso valle, il bacino del Fiume Simeto è distinto nei seguenti bacini secondari: Alto e Medio Simeto, Salso, Dittaino, Gornalunga e Basso Simeto.

Di particolare interesse per l'area di progetto, il Bacino del Salso (808 Km²) comprende la parte più occidentale del versante meridionale dei Nebrodi e presenta una rete idrografica molto ramificata a monte (T.te di Sperlinga, T.te di Cerami, T.te Mande), un tronco centrale (a valle del serbatoio Pozzillo) che scorre nella vallata con andamento Ovest-Est e una parte finale che, dopo aver raccolto le acque del F. di Sotto Troina, sbocca nel Simeto. L'asta principale del Salso si sviluppa complessivamente per circa 65 km.

3.1.2.4. *Pluviometria e climatologia*

In quanto al regime termico dell'area in esame, l'assenza di stazioni di osservazione nelle zone montane comporta alcuni limiti nella validità dell'informazione fornita. In generale, per quanto concerne il bacino idrografico del Fiume Simeto, si può affermare che il mese più freddo è gennaio, con temperatura variabile fra 4 e 11° C, seguito da febbraio e dicembre; i mesi più caldi sono luglio e agosto, con temperature variabili fra i 23 e 27°C.

Per quanto riguarda le precipitazioni, i valori medi massimi si riscontrano in massima parte nel mese di dicembre ed in misura progressivamente minore nei mesi di gennaio, di novembre e di ottobre. I valori medi minimi si riscontrano, in tutte le stazioni, nel mese di luglio o nel mese di agosto.

In febbraio la distribuzione degli afflussi si mantiene pressoché costante, con una riduzione omogenea di qualche decina di mm rispetto a quelli riscontrati in gennaio. Nel mese di marzo non si registrano variazioni, se non nella zona centrale, caratterizzata da un leggero aumento dei valori di precipitazione.

La distribuzione ed il valore degli afflussi si discostano poco nei mesi di giugno ed agosto: si nota che solo la fascia settentrionale presenta valori superiori ai 20 mm di pioggia mentre nella restante parte del territorio essi rimangono compresi tra questo limite e circa 10 mm; solo nella zona costiera, alcuni valori superano i 10 mm.

Nel mese di luglio si registrano, omogeneamente distribuiti, valori di precipitazione inferiori a quelli dei mesi precedenti. In settembre si constata un aumento generale degli afflussi, più accentuato, come già detto, nei mesi di ottobre e novembre che interessa in particolare, il settore settentrionale e nord-orientale del territorio.

L'andamento annuo delle precipitazioni medie è tipico del clima mediterraneo con una percentuale delle piogge variabile tra il 64 e il 78%, concentrata nel semestre autunno-inverno.

Di seguito è riportato l'andamento delle piogge medie mensili ricavato nel periodo di osservazione 1965-1994 per la stazione pluviometrica sita a Nicosia, la più vicina alla zona d'interesse e sita a circa 10km all'interno del bacino del Fiume Simeto.

Mese	Piovosità media [mm]
G	100.8
F	82.7
M	67.7
A	50.7
M	35.9
G	14.5
L	11.1
A	17.9
S	42.4
O	84.9
N	82.4
D	105.9
Anno	768.0

Tabella 3-4 Andamento della piovosità media mensile ed annuale per la stazione di Nicosia.

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 VA.PI. 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 Sicilia: Cannarozzo M., D'Asaro F., Ferro V. "Valutazione delle piene in Sicilia" CNR-GNDICI, Palermo 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 stato verificato che la Sicilia è un'unica zona pluviometrica e idrometrica omogenea, di conseguenza, i parametri regionali della distribuzione assumono un valore unico per l'intero territorio siciliano.

Nel secondo livello di regionalizzazione sono state individuate tre sottozone omogenee, che sono risultate coincidenti per l'analisi delle piogge e delle piene.

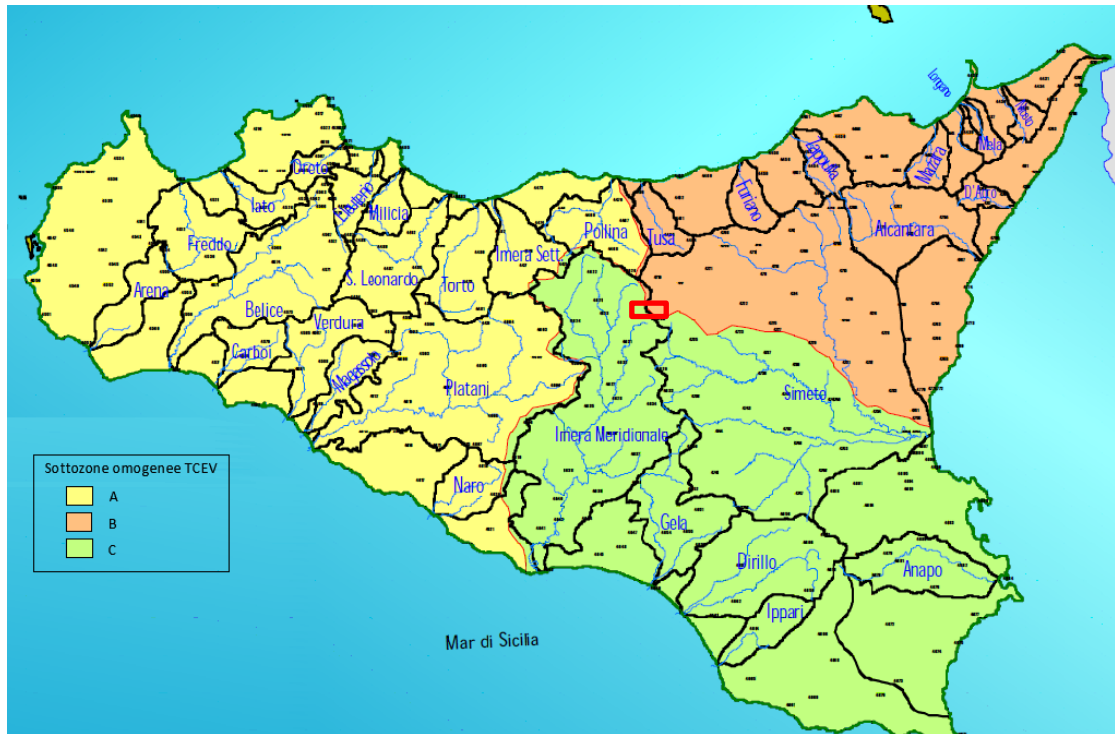


Figura 4-1 Sottozone omogenee, in rosso l'area di progetto.

Per ciascuna sottozona e per ciascun tempo di ritorno $T \geq 10$ anni sono state dedotte le seguenti espressioni esplicite approssimate:

- Sottozona A

$$h'_{t,T} = 0.5391 - 0.001635t + (0.0002212t^2 + 0.00117t + 0.9966) \log T$$
- Sottozona B

$$h'_{t,T} = 0.5135 - 0.002264t + (0.0001980t^2 + 0.00329t + 1.0508) \log T$$
- Sottozona C

$$h'_{t,T} = 0.5015 - 0.003516t + (0.0003720t^2 + 0.00102t + 1.0101) \log T$$

In cui $h'_{t,T}$ è il valore dell'altezza di pioggia di fissata durata t e tempo di ritorno T rapportata alla media μ della TCEV.

L'espressione della curva di probabilità pluviometrica si ottiene, infine, moltiplicando ciascuna delle precedenti equazioni per la legge di variazione della media μ del modello TCEV con la durata t , ovvero:

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

Per quanto concerne la Sicilia, si è notato che la media teorica μ e quella campionaria m_c possono essere considerate coincidenti, pertanto, il terzo livello di regionalizzazione esprime la media campionaria dipendente dalla durata t secondo la seguente relazione monomia:

$$m_c(t) = a \cdot t^n$$

I parametri della suddetta relazione, a ed n , sono stati stimati per il territorio siciliano sulla base delle osservazioni delle 172 stazioni pluviografiche presenti sul territorio con almeno 10 anni di dati registrati.

4.2. RISULTATI

L'applicazione del modello VA.PI. nel caso in esame ha permesso di stimare i parametri delle curve di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 10, 20, 50, 100 e 200 anni.

Nella procedura di calcolo si è applicato la formula inerente alla seconda regionalizzazione

propria della sottozona B e della sottozona C, in quanto area di confine tra le due zone. Si specifica che la sottozona B dimostra delle altezze di pioggia leggermente superiori rispetto alla regione C e dunque, volendosi mantenere a favore di sicurezza, verranno mostrati i risultati relativi alla sottozona B. Per quanto concerne invece i parametri propri del terzo livello di regionalizzazione, si è fatto riferimento alle tavole allegate al modello VA.PI. riportanti le curve iso-a e iso-n per il territorio siciliano, di seguito riportate con indicazione dell'area d'indagine in rosso.

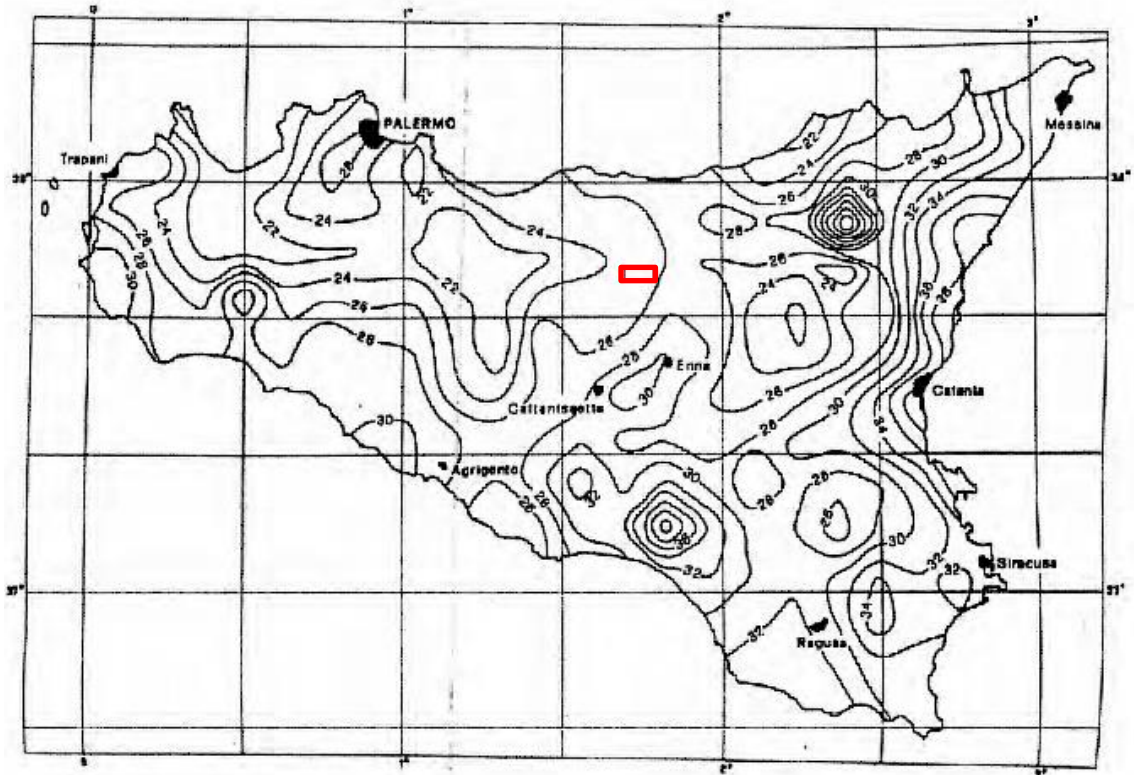


Figura 4-2 Carta delle iso-a, area di progetto evidenziata.

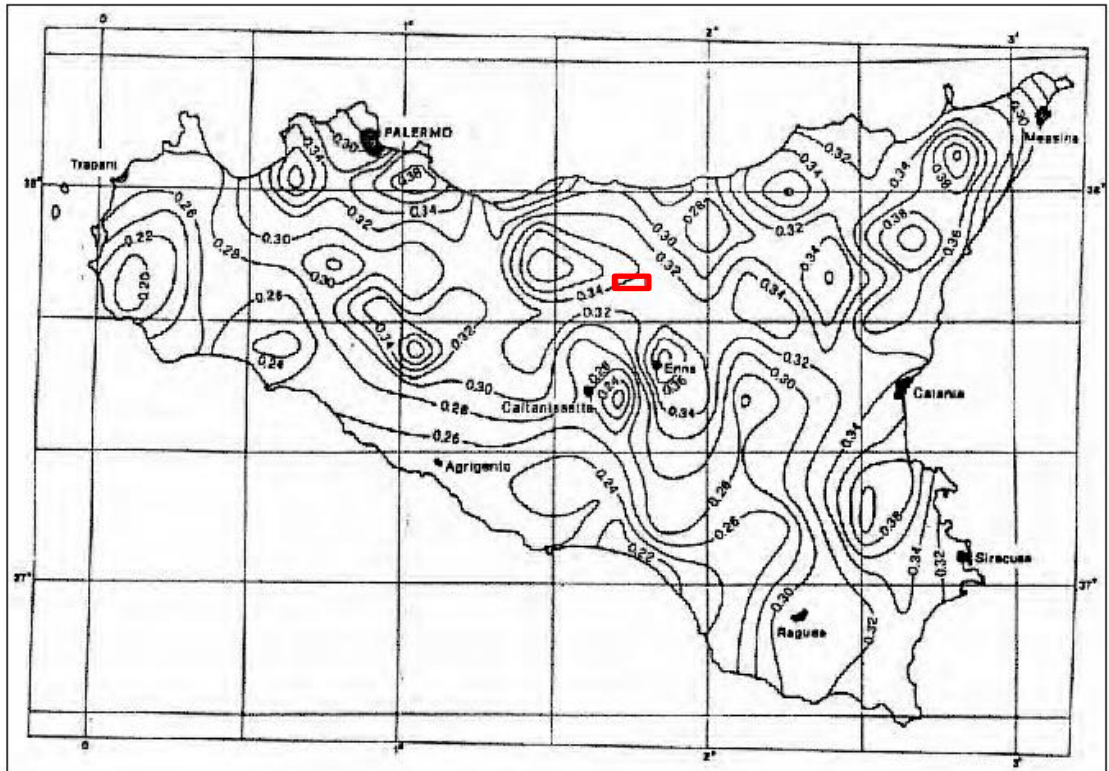


Figura 4-3 Carta delle iso-n, area di progetto evidenziata.

Dato che l'area di impianto ricade in mezzo a due curve iso-a diverse sono stati utilizzati i valori più conservativi per essere a favore di sicurezza. I parametri utilizzati sono:

$$a = 26 \quad n = 0.34$$

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

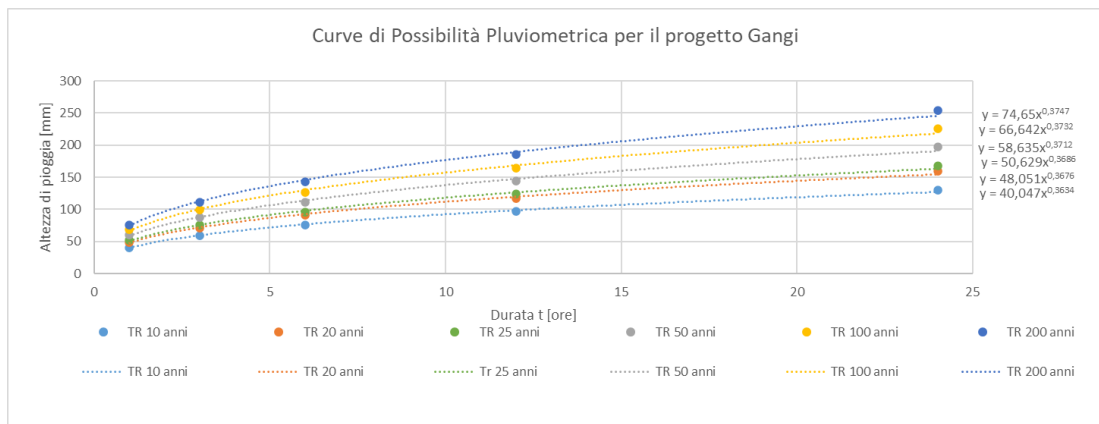


Figura 4-4 Curve di probabilità pluviometrica (sottozona B) per l'impianto di Gangi.

5. OPERE IN PROGETTO E RETICOLO IDROGRAFICO

L'impianto di Gangi descritto in questa relazione, di integrale ricostruzione, non interferisce con le caratteristiche né dei corpi idrici superficiali né di quelli sotterranei.

A tal proposito, è importante notare che tutti gli aerogeneratori in progetto sono posizionati in corrispondenza o nelle immediate vicinanze delle linee di displuvio che delimitano i bacini idrografici locali, pertanto non si rilevano interferenze significative con le reti idrografiche dell'area in oggetto.

In sede di realizzazione del nuovo impianto, saranno da realizzare opere idrauliche per la viabilità di nuova realizzazione che, comunque, avrà sviluppo limitato rispetto a quella esistente da adeguare. Sarà quindi posta particolare attenzione alla realizzazione delle opere di scarico delle acque intercettate dalla viabilità, prediligendo la realizzazione di punti di scarico compatibili con il regime idrico superficiale esistente.

5.1. VIABILITÀ E BACINI SCOLANTI

Le porzioni dei sopracitati bacini intercettate dalla viabilità proposta dell'impianto eolico di Gangi vengono definiti bacini scolanti e la relativa portata in deflusso sarà gestita dalla rete di drenaggio dell'impianto. La viabilità del progetto di integrale ricostruzione sarà dotata di opere di intercettazione e allontanamento delle acque meteoriche in favore dei più vicini impluvi esistenti.

Come detto nei precedenti paragrafi, l'impianto si svilupperà a ridosso degli spartiacque dei bacini dei fiumi interessati e comunque sulla sommità di un rilievo montuoso. Tale configurazione implica che i bacini scolanti intercettati dalla viabilità hanno una estensione contenuta, con percorsi di corrivazione governati dall'andamento dei fossi di guardia. Ad ogni modo, le acque di deflusso da tali bacini scolanti saranno gestite ed allontanate dalle opere idrauliche in progetto.

6. 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 Gangi.

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);
- 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.

6.1. IDENTIFICAZIONE DEI SOTTO-BACINI CRITICI

L'impianto eolico in progetto è ubicato lungo il crinale del gruppo montuoso di monte Zimmarà, con pendii acclivi, scarsa vegetazione ad alto fusto e caratterizzato da un utilizzo del suolo a fini pastorali. Con una quota su livello del mare che varia tra i 1300 m e i 1000 m, gli aerogeneratori sono disposti secondo una direttrice che segue la sommità del pendio, da Est a Ovest.

Una conseguenza dell'orografia del sito è che le superfici scolanti a monte dell'impianto in progetto sono poche e di limitata estensione. Si propone di seguito un inquadramento dell'impianto eolico su DTM, avente risoluzione pari a 2 metri e i bacini idrografici locali che caratterizzano l'intorno delle opere di progetto.

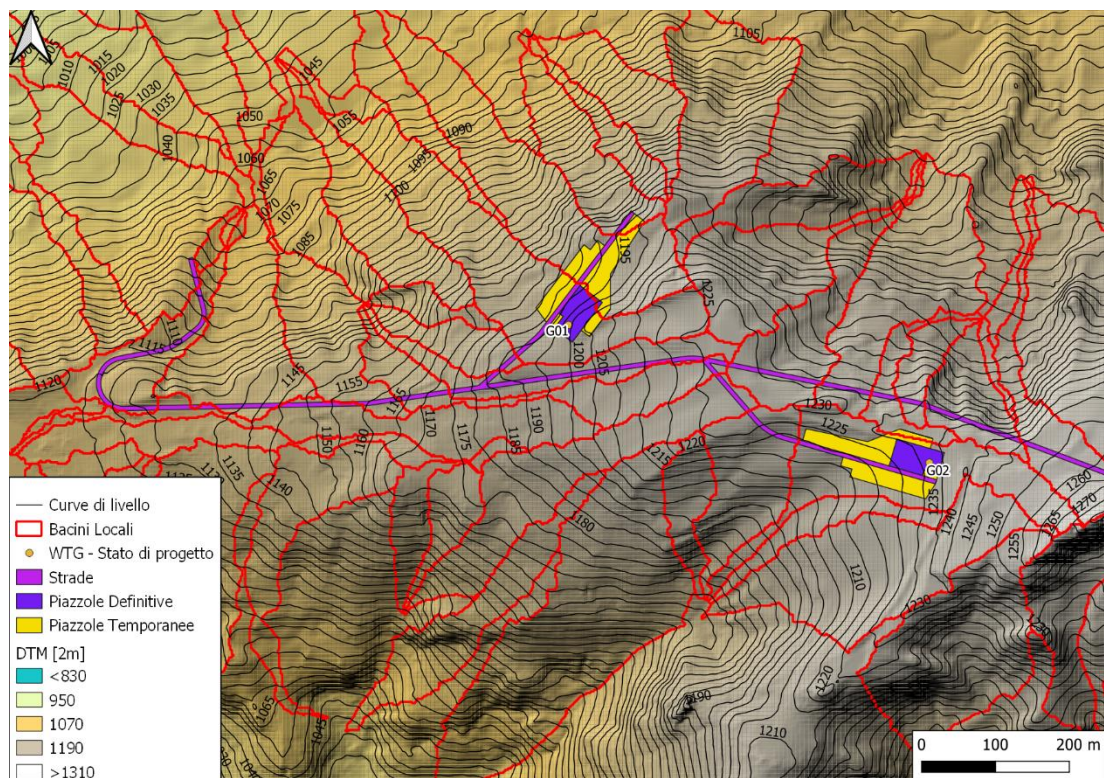


Figura 6-1 Inquadramento aerogeneratori G01 e G02 su DTM.

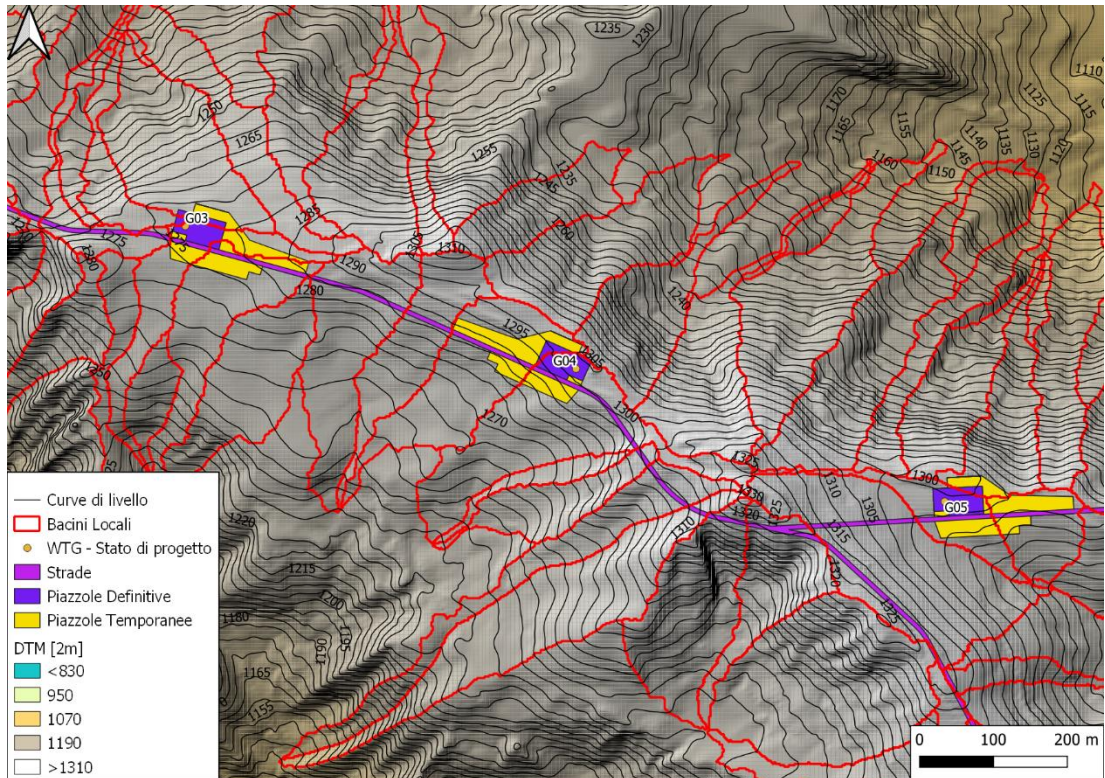


Figura 6-2 Inquadramento aerogeneratori G03, G04, G05 su DTM.

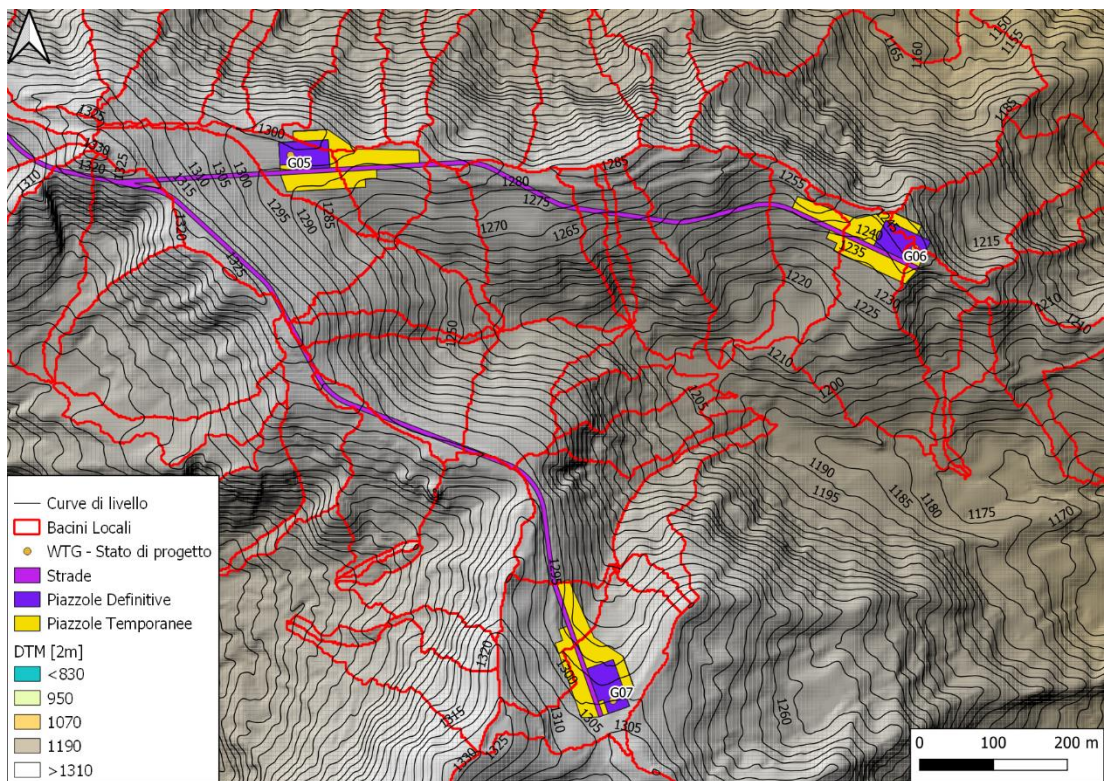


Figura 6-3 Inquadramento areogeneratori G05, G06, G07 su DTM.

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 e le maggiori estensioni areali.

I sottobacini critici per la viabilità interna all'impianto sono illustrati nei seguenti inquadramenti, prima su DTM avente risoluzione pari a 2 metri, e poi su ortofoto.

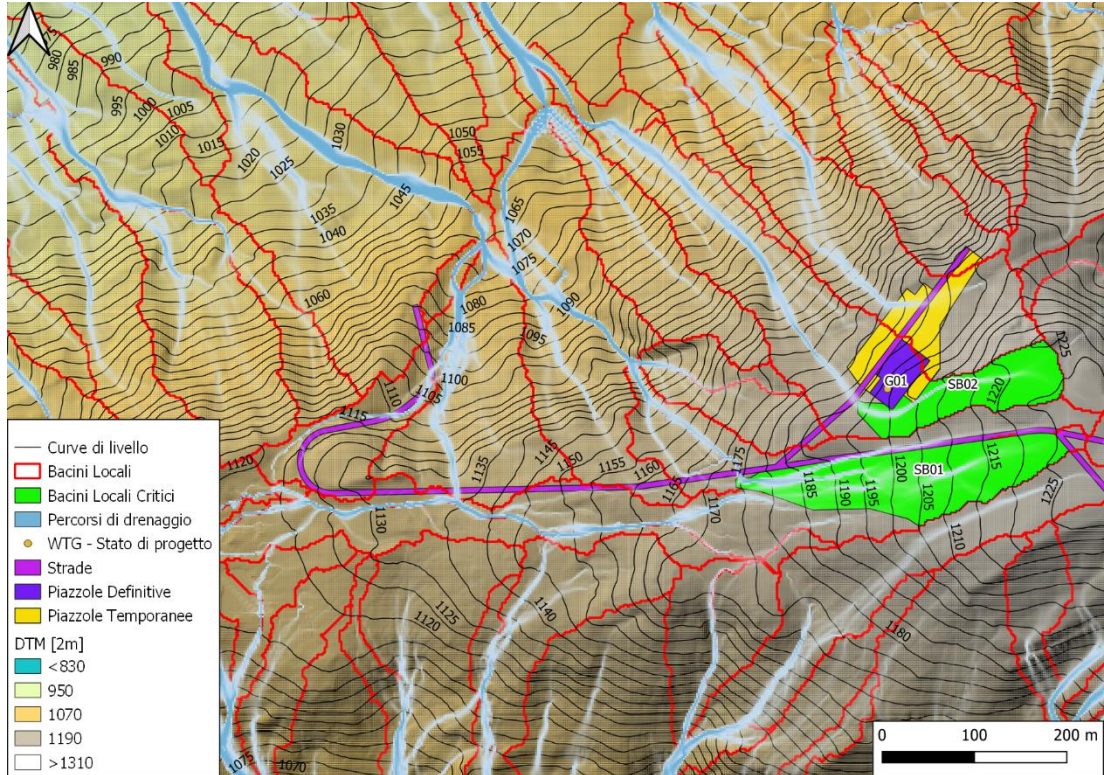


Figura 6-4 Individuazione dei sottobacini critici SB01 e SB02 su DTM.

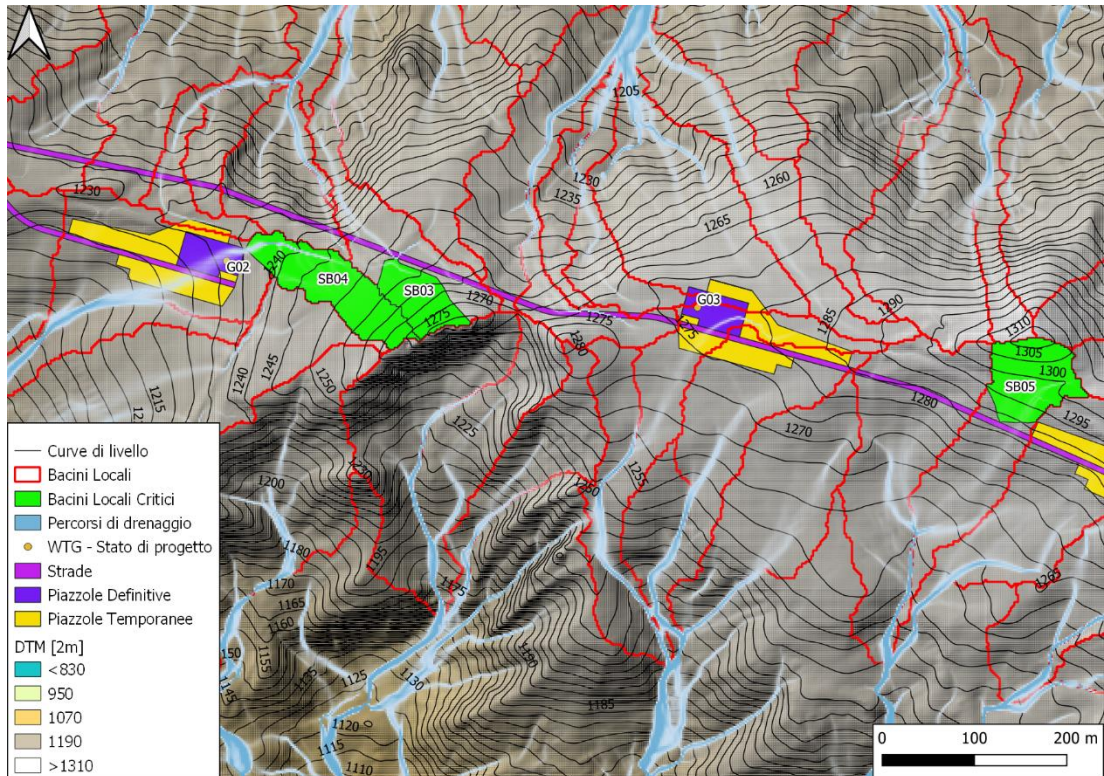


Figura 6-5 Individuazione dei sottobacini critici SB03, SB04 e SB05 su DTM.

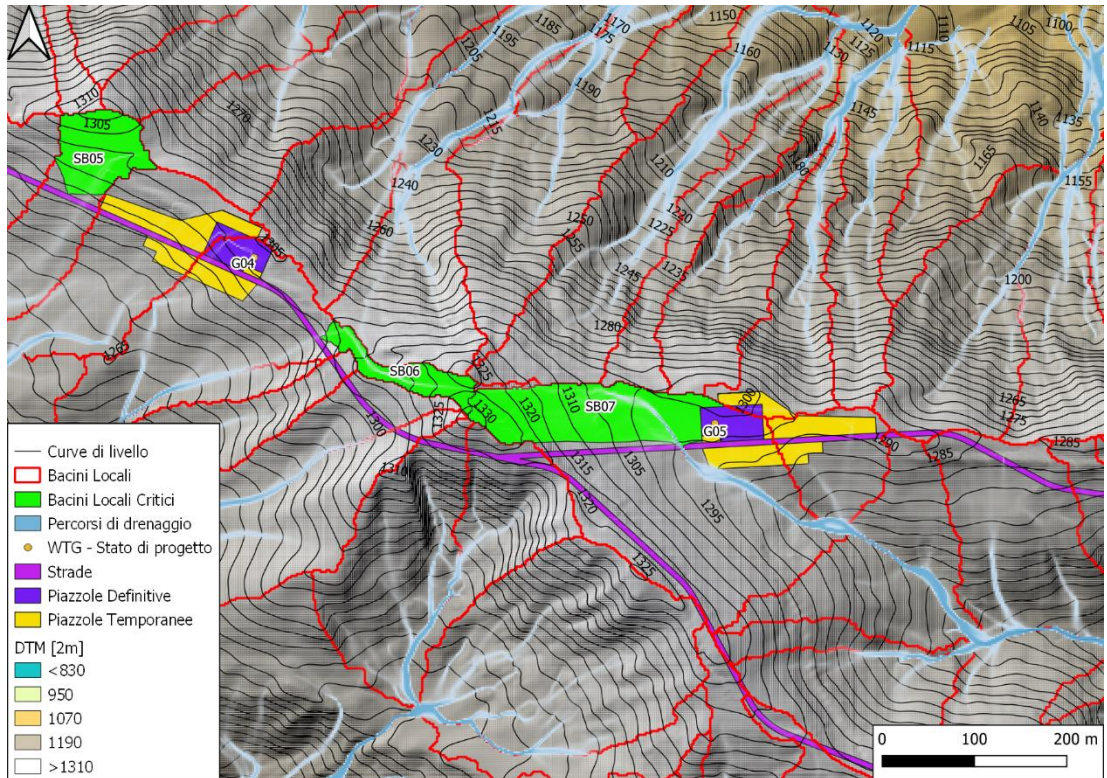


Figura 6-6 Individuazione dei sottobacini critici SB05, SB06, SB07 su DTM.

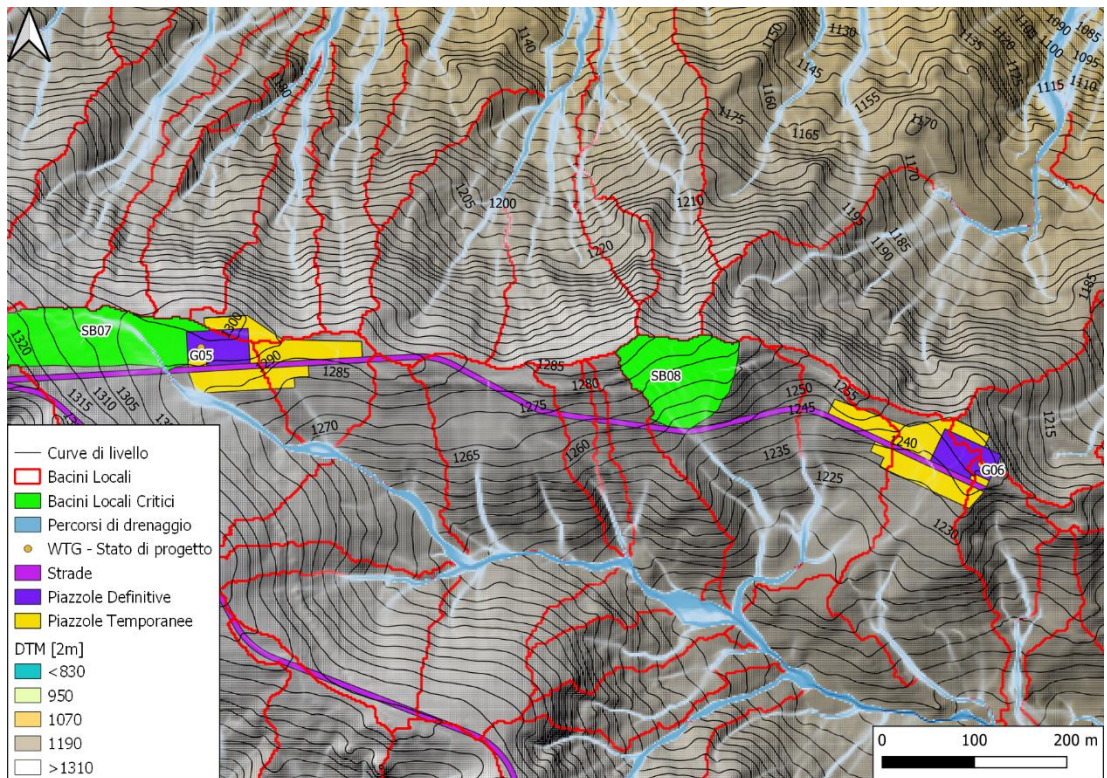


Figura 6-7 Individuazione dei sottobacini critici SB07 e SB08 su DTM.

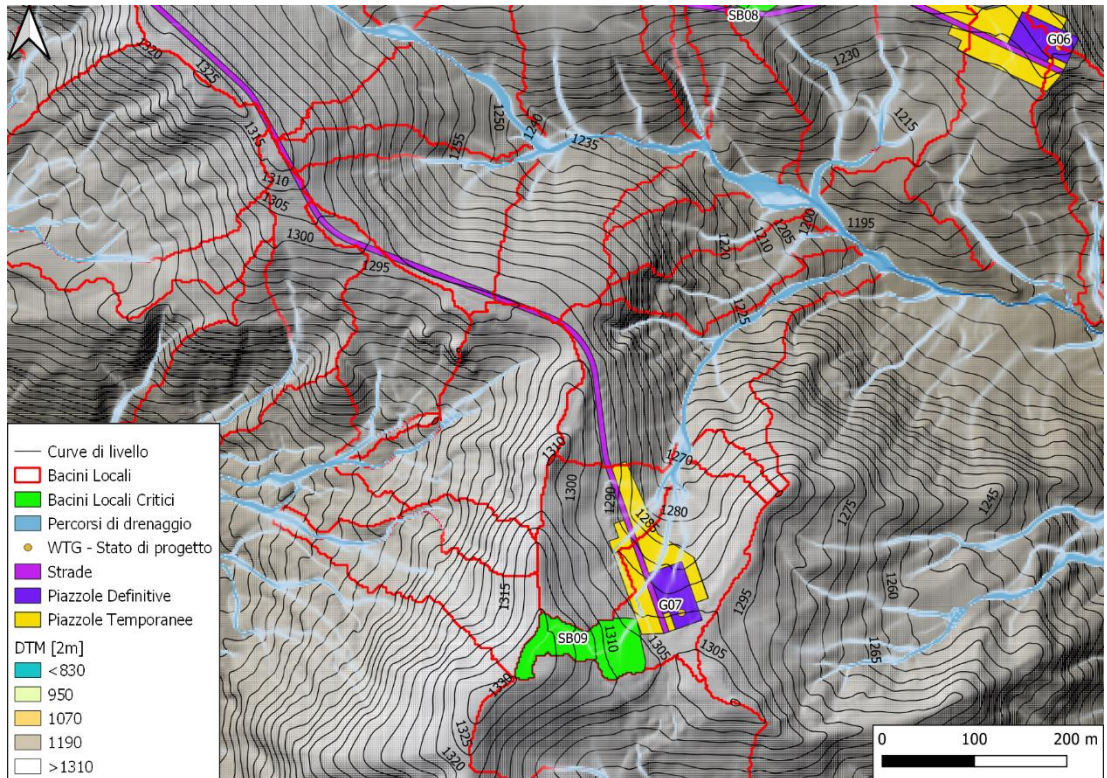


Figura 6-8 Individuazione del sottobacino critico SB09 su DTM.

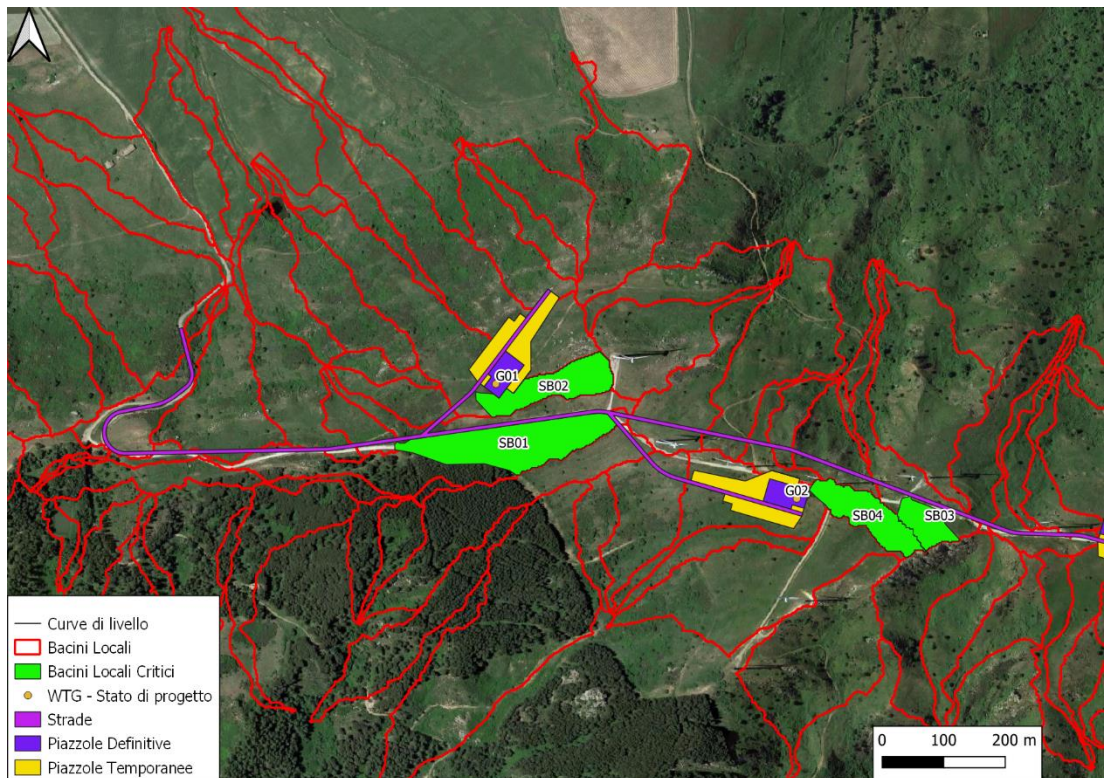


Figura 6-9 Inquadramento sottobacini critici SB01, SB02, SB03, SB04 su ortofoto.

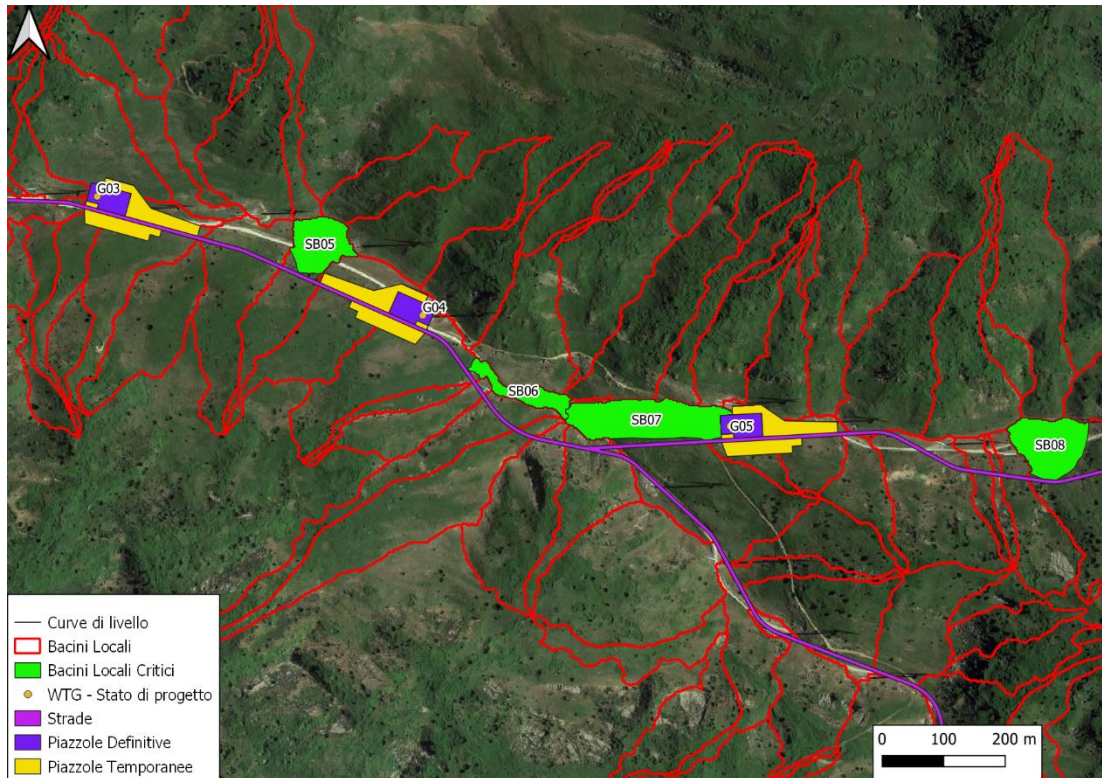


Figura 6-10 Inquadramento sottobacini critici SB05, SB06, SB07, SB08 su ortofoto.

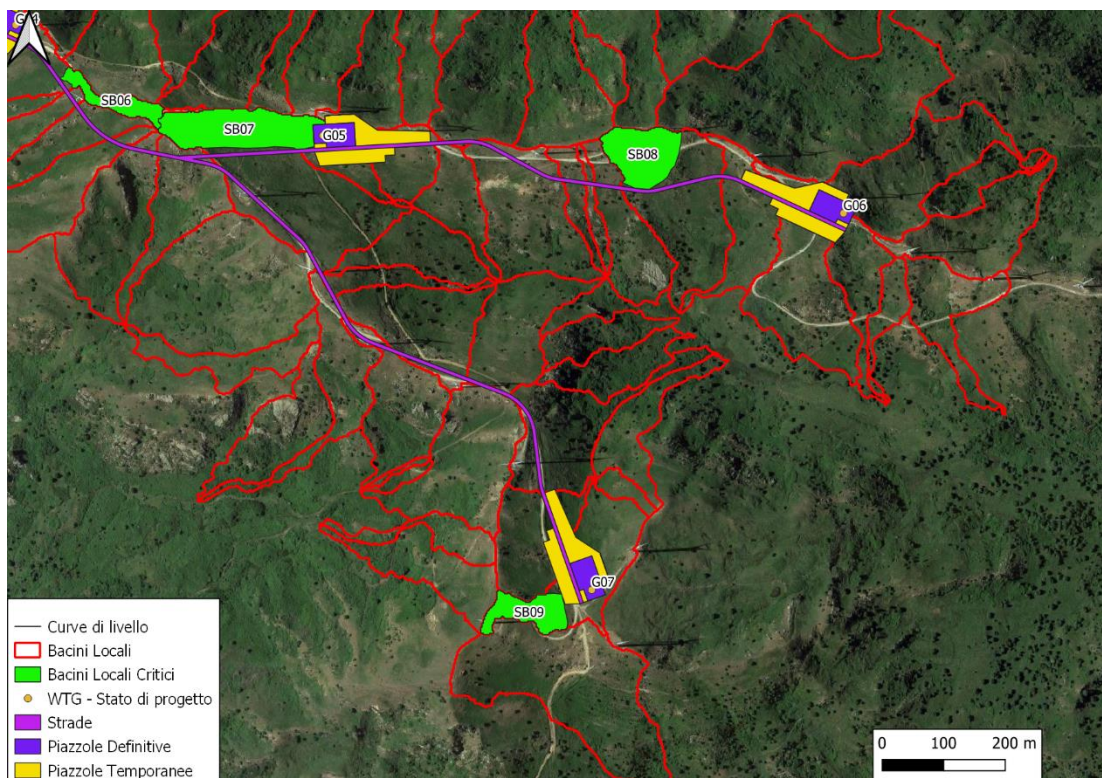


Figura 6-11 Inquadramento sottobacini critici SB06, SB07, SB08, SB09 su ortofoto.

6.2. 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 avviene 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).

6.2.1. TEMPO DI CORRIVAZIONE

La determinazione del valore del tempo di corrivazione per bacini con estensione areale inferiore ai 20 kmq 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.

6.2.2. 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 Tr= 25 anni, l'equazione della linea segnalatrice si esprime come:

$$h(t, 25) = 50,629 \cdot t^{0,3686}$$

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:

$$h(t) = 0,208 \cdot h(1) \cdot t^{0,386} \text{ in cui } t \text{ è espresso in minuti.}$$

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).

Infine, andrebbe considerato il fatto che piogge di elevata intensità si concentrano in aree piccole, e che, a parità di durata e tempo di ritorno, l'altezza di precipitazione decresca al crescere dell'area. Per tener conto di tale fenomeno, l'altezza di pioggia stimata andrebbe riscalata secondo un fattore di riduzione areale - ARF. Tuttavia, nel caso in esame, le aree dei bacini sono inferiori ad 1 kmq e pertanto il valore di ARF è assunto pari a 1.

6.3. 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. In mancanza di adeguate osservazioni utili, per la stima di I_a si può fare ricorso alla 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 colloidii, 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.

Tipologia di Uso del Territorio	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
Terreno coltivato				
in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno a pascolo				
in cattive condizioni	68	79	86	89
in buone condizioni	39	61	74	80
Terreni boscosi o forestati				
in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi				
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
Aree commerciali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Distretti industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali				
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
Parcheggi, tetti, autostrade	98	98	98	98
Strade				
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

Figura 6-12 CN in funzione di uso e tipo del suolo (Soil Conservation Service).

Al fine di definire il valore di CN per i bacini in studio, le risultanze a seguito del sopralluogo mostrano un terreno avente tipologia di uso "Terreno a pascolo in buone condizioni" mentre dall'indagine geologica risulta un tipo idrologico di suolo di classe C. Ne consegue un valore di CN pari a 74.

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

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

6.4. 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 Gangi.

Sottobacino	A [km ²]	L [km]	i [-]	tc[h]	h(T=25y , t=tc) [mm]	C(SCS- CN)	Q[m ³ /s]
SB1	0,019	0,283	0,141	0,05	17	0,10	0,171
SB2	0,010	0,195	0,164	0,03	14	0,09	0,102
SB3	0,004	0,055	0,127	0,01	10	0,06	0,060
SB4	0,009	0,099	0,101	0,02	12	0,08	0,108
SB5	0,007	0,083	0,145	0,02	11	0,07	0,087
SB6	0,004	0,155	0,148	0,03	13	0,08	0,048
SB7	0,014	0,127	0,055	0,04	14	0,09	0,148
SB8	0,010	0,075	0,267	0,01	10	0,07	0,125
SB9	0,006	0,160	0,150	0,03	13	0,08	0,066

Tabella 6-1 Esiti di valutazione delle piene di progetto.

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.

7. 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 al fine di ottenere una regimazione ed il 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.

7.1. OPERE IDRAULICHE DI PROGETTO

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

7.2. 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 $Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 7-1 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.

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.

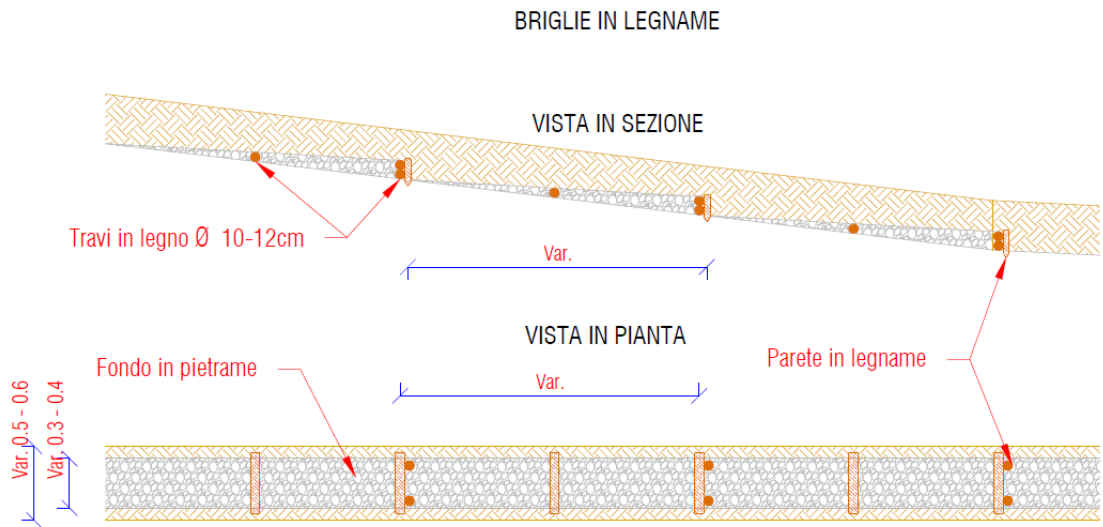


Figura 7-2 Estratto da tavola di progetto – Briglie.

7.2.1. 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.

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.

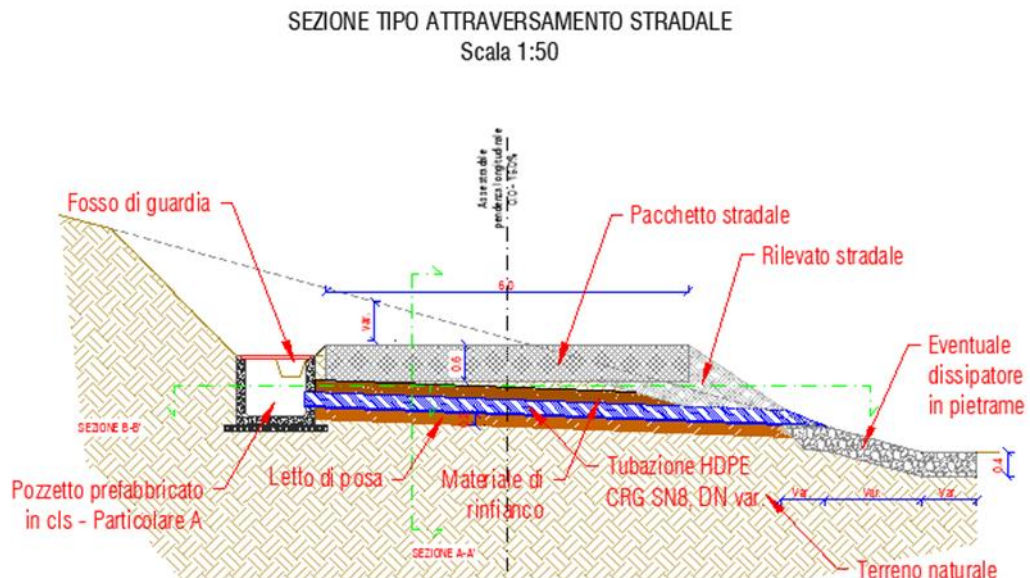


Figura 7-3 Estratto da tavola di progetto - Attraversamento stradale di scarico.

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.

7.2.2. 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

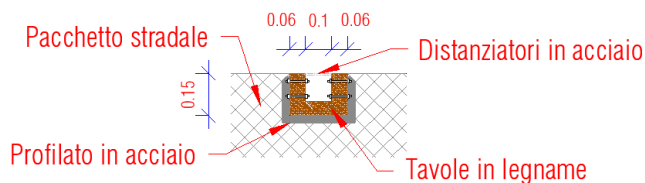


Figura 7-4 Estratto dalla tavola di progetto - Canaletta trasversale.

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 alla canaletta.