



REGIONE SICILIA

PROVINCE DI PALERMO E TRAPANI

COMUNI DI ALCAMO E MONREALE

PROGETTO:

*Impianto per la produzione di
energia elettrica da fonte solare fotovoltaica
denominato "PIRAINO"*

Progetto Definitivo

PROPONENTE:

Limes 19 S.R.L.
PACHINO (SR)
VIA GIUSEPPE GIARDINA 22 CAP 96018
PIVA 10363600965



ELABORATO:

Relazione di dimensionamento idraulico

PROGETTISTA COORDINATORE:

Dott. Ing. Eugenio Bordonali

Scala:

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Cangelosi

Ing. Gaetano Scurto

Tavola:

RDI

Data:

01-06-2021

Rev.	Data	Revisione	Descrizione
00	01-06-2021		emissione

1	PREMESSA.....	2
1.1	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	4
2	DESCRIZIONE ED ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DEL SITO	5
3	INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE	9
4	INTERVENTI SUGLI IMPLUVI NATURALI ESISTENTI INTERESSATI DAL PROGETTO	10
5	CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO	13
5.1	Premessa.....	13
5.2	Metodo TCEV	13
5.3	Individuazione dei bacini idrografici.....	19
5.4	Portata di colmo	20
5.5	Scelta dei tempi di ritorno	24
5.6	Tempo di corrivazione	24
5.7	Dimensionamento canali a pelo libero.....	27
6	VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE	29
6.1	Risoluzione interferenze	29
7	PROGETTO DELLE OPERE IDRAULICHE.....	31
7.1	Cunette di scarico acque piovane	31
7.2	Tombini attraversamento idraulico acque piovane.....	34
8	CONCLUSIONI	35

1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo idraulico utilizzate per la verifica delle interferenze idrauliche e per il dimensionamento delle condotte interrato e delle cunette da realizzare nell'ambito del progetto di un impianto fotovoltaico da realizzare nel territorio del comune di Alcamo.

Le opere idrauliche progettate hanno lo scopo di intercettare l'acqua pluviale che scola sulle opere da realizzare e portarla allo scarico nei recettori naturali. In questo modo si otterrà una maggiore stabilità e durabilità delle opere in progetto e dei pendii esistenti permettendone un uso in sicurezza nel tempo.

A protezione idraulica delle opere sono previste delle cunette e fossi di guardia realizzate sul terreno senza rivestimenti in modo tale da minimizzare l'impatto visivo delle stesse. In alcuni casi si è previsto l'uso di tombini interrati per il passaggio dell'acqua nel percorso verso lo scarico.

Sono stati eseguiti i calcoli di progetto a partire dalla intensità di pioggia prevedibile con tempo di ritorno di 100 anni.

Le condotte e le cunette sono state dimensionate in maniera tale che nel periodo di riferimento suddetto la portata massima ipotizzabile transitasse all'interno delle opere avendo cura di garantire un certo franco pari almeno a 5 cm per evitare esondazioni o insufficienza delle opere progettate. Si riportano di seguito, i criteri di calcolo idraulico seguiti e i relativi dimensionamenti.

Nello studio delle interferenze si sono prese in considerazione quelle che si individuano dalla sovrapposizione planimetrica tra le opere previste e il reticolo idrografico realmente

presente sui luoghi.

Si è provveduto, nel presente studio, ad integrare i dati sul reticolo idrografico rilevabili dalla cartografia di riferimento con puntuali rilievi in situ volti alla specificazione delle sezioni degli alvei interessati ed alla determinazione dei bacini scolanti.

Si precisa che, per quanto riguarda i cavidotti e le strutture di sostegno pannelli, in nessun caso si viene a creare un'incidenza reale dell'opera sul deflusso delle acque poiché tali opere sono previste a distanza dall'alveo naturale presente oppure, nei casi dei cavidotti, il passaggio avviene al di sotto del letto, in caso di cavi interrati, o al di sopra nel caso di cavi aerei.

Le interferenze create dalle strade interne al parco, con i fossi presenti, tra l'altro tutti di scarsa rilevanza e portata, sono risolte mediante la posa di tombini dimensionati per non alterare la portata massima degli impluvi interessati e verificati per tempi di ritorno compatibili con la durata prevista per le opere.

Il presente studio idraulico è stato sviluppato anche sulla base di quanto stabilito nel Piano di Gestione del rischio Alluvioni del distretto idrografico della Sicilia (PGRA) approvato con D..C.M. 7 marzo 2019.

1.1 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

L'area studiata si trova all'interno del bacino del fiume San Bartolomeo che ha come sbocco finale il mar Tirreno nel territorio del comune di Castellammare del Golfo.

In particolare la rete idrografica superficiale interessata è costituita dagli affluenti del torrente Fratacchia che a sua volta è affluente al Fiume Freddo che scorre ad ovest dell'impianto.

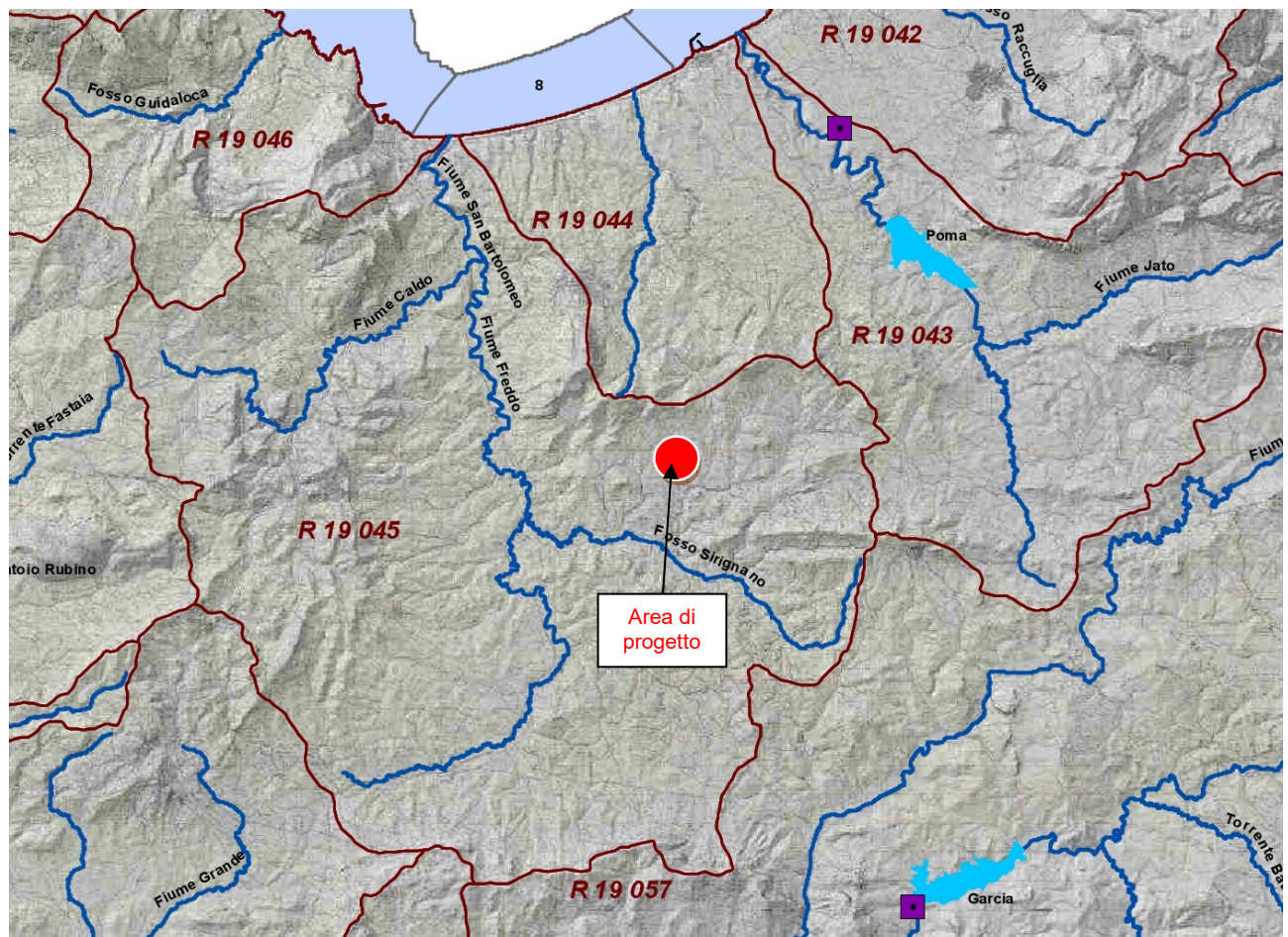
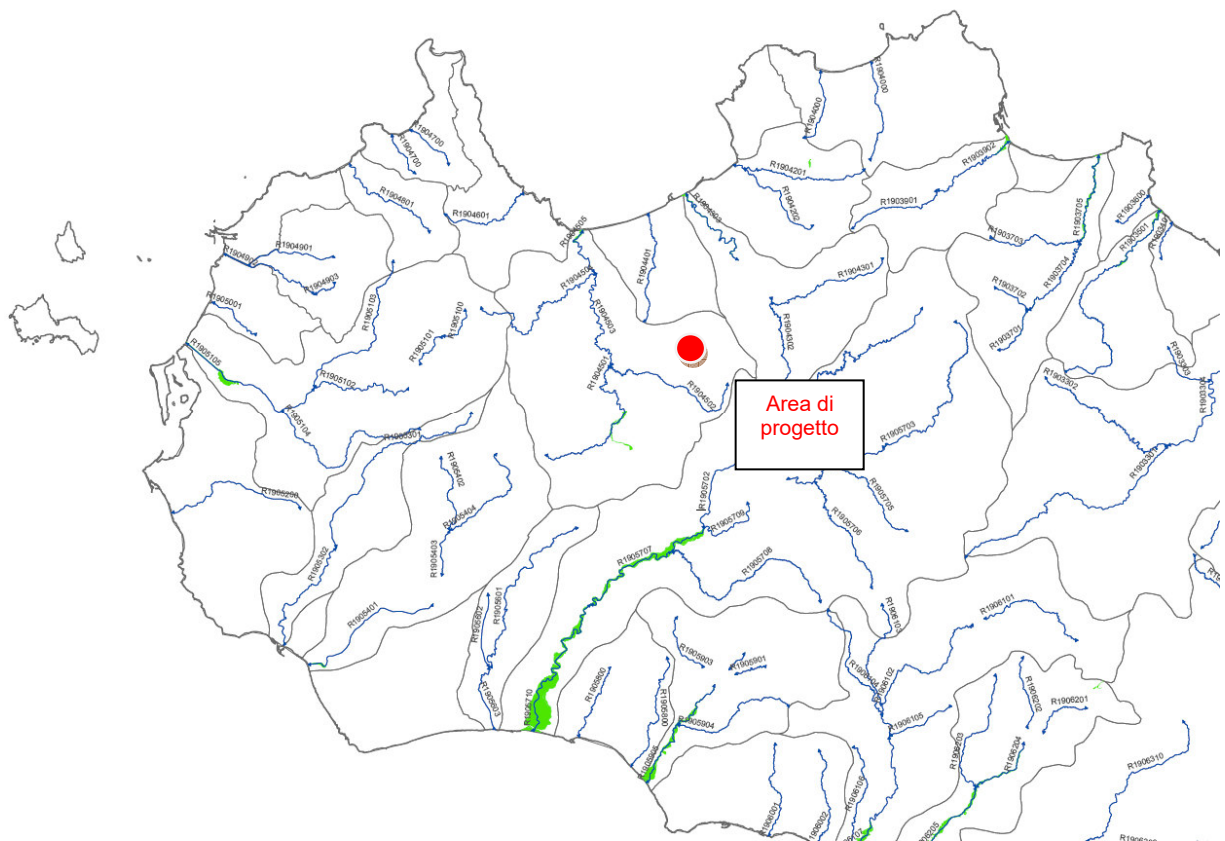


Figura 1.1 Individuazione bacino di appartenenza (stralcio carta dei bacini allegata al Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)

Nello studio preliminare di localizzazione del progetto si è tenuto in conto delle indicazioni di pericolosità e rischio idrogeologico dettate dal piano per l'assetto Idrogeologico della Regione Sicilia adottato con Decreto 4 Luglio 2000 n. 298/XLI.

L'area scelta si trova fuori dalle aree a pericolosità idraulica definite dal PAI.

Si riporta di seguito uno stralcio della tavola del reticolo idrografico allegato al PGRA dove si evince la posizione dell'impianto e le aree a pericolosità idraulica.



2 DESCRIZIONE ED ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DEL SITO

Si riporta di seguito una sintesi delle considerazioni geomorfologiche e idrogeologiche riportate nella Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Ignazio Giuffrè allegata al presente progetto.

La superficie topografica dell'area è caratterizzata da un andamento ondulato ed a tratti mammellonare, tipico dei versanti argillosi, ed i terreni degradano con valori variabili di pendenza, da bassi a medi, degradanti in direzione sud-ovest. Tali pendenze, vengono talora interrotte da terrazzamenti effettuati per sfruttare al meglio la zona dal punto di vista agricolo e/o per l'insediamento di opere ad uso abitativo.

I terreni che compongono l'area in studio sono costituiti, nella loro generalità, da litotipi argillosi e sabbiosi (Fm. Terravecchia) che conferiscono ai versanti forme tipicamente mammellonari, ben raccordate, ondulate con superfici mosse ma non aspre, con salti di quota dove le pendenze risultano più elevate.

Per quanto attiene la risposta degli agenti esogeni su tali litotipi, è da rilevare una resistenza bassa all'erosione e quindi un grado di erodibilità elevato. Si rilevano, infatti, impluvi e solchi sia allo stato maturo sia allo stato embrionale.

Infatti l'area in oggetto è attraversata da due piccolissimi impluvi, privi di denominazione. Alla luce della presenza di tale morfotipo e come prescritto dal Regio Decreto 533/1904, non sono stati installati i pannelli sull'impluvio ed è stato rispettato un buffer maggiore di 10 metri rispetto alle sponde dello stesso.

I versanti costituiti da terreni di natura argillosa, ampiamente diffusi nella zona, rientrano in una dinamica evolutiva caratterizzata, dove le pendenze risultano più accentuate, da localizzati e circoscritti fenomeni di dissesto, erosione di sponda ed erosione per dilavamento diffuso ad opera delle acque meteoriche. Nella loro generalità, detti litotipi sono costituiti da uno strato di alterazione di spessore variabile e da uno sottostante

inalterato caratterizzato da una colorazione diversa. In generale, le caratteristiche fisico - meccaniche di tali materiali tendono a migliorare con la profondità.

L'evoluzione geomorfologica di tali versanti, è quindi subordinata prevalentemente ai processi di dilavamento del suolo, legati alle acque piovane, il cui scorrimento superficiale può produrre un'azione erosiva della coltre di alterazione.

Si possono distinguere vari fenomeni ad intensità crescente, che vanno dall'impatto meccanico delle gocce d'acqua di precipitazione sul terreno (splash erosion), ad un'azione di tipo laminare (sheet erosion) legata alla "lama" d'acqua scorrente che dilava uniformemente la superficie topografica. Si può altresì passare ad un'azione legata alle acque di ruscellamento embrionale in solchi effimeri (rill erosion) ad un'erosione concentrata in solchi già stabilizzati che tendono progressivamente ad approfondirsi (gully erosion).

In generale, quindi, i lineamenti morfologici essenziali dell'area sono in stretta relazione con le caratteristiche reologiche dei terreni affioranti; pertanto, le forme assunte dal paesaggio in seguito all'azione degli agenti geodinamici dipendono rigorosamente dalla resistenza all'erosione offerta da tali terreni.

Da quanto osservato dal rilevamento geologico, e da quanto rilevato durante l'esecuzione delle indagini geognostiche, si può affermare che i terreni affioranti nell'area ove si prevede di realizzare il parco fotovoltaico e l'area della sottostazione, sono caratterizzati da una copertura di suolo che sormonta litotipi afferenti alla Formazione Terravecchia.

Ricapitolando i due orizzonti che caratterizzano l'intero versante sono:

-
- *suolo agrario (SA);*
 - *Fm. Terravecchia (FTA - FTB).*

Le formazioni litologiche affioranti nell'area rilevata, in base alle loro caratteristiche strutturali ed al loro rapporto con le acque di precipitazione, sono state classificate in una scala di permeabilità basata sulle seguenti quattro classi:

- 1. rocce ad elevata permeabilità per porosità;*
- 2. rocce permeabili per porosità e/o fratturazione e/o fessurazione;*
- 3. rocce impermeabili.*

Per quanto riguarda le rocce ricadenti nella prima classe (rocce permeabili per porosità), sono stati inclusi i sedimenti alluvionali antichi e recenti in più ordini, costituiti da sabbie e ghiaie poligeniche (27), i sedimenti che costituiscono depositi alluvionali attuali (28).

Per quanto riguarda le rocce ricadenti nella seconda classe (rocce permeabili per porosità e/o fratturazione e/o fessurazione), sono stati inclusi i sedimenti sabbiosi ed arenacei della Formazione Cozzo Terravecchia (14).

In generale, tali litotipi costituiscono facili vie d'accesso alle acque di precipitazione, le quali in tempi relativamente brevi si infiltrano ("infiltrazione efficace") ed accumulano nel sottosuolo ("falde freatiche").

A causa dei loro spessori, sovente variabili, tali litotipi costituiscono adunamenti idrici di spessore e potenza variabile.

E' stato incluso nella terza classe (rocce impermeabili), il membro argilloso della

Formazione Terravecchia (13).

Tali terreni presentano una permeabilità primaria da bassa a nulla ed una assenza di falde acquifere; al contrario, in particolari zone d'alterazione, può esistere una lenta circolazione idrica organizzata in filetti discontinui che dipende esclusivamente dal regime pluviometrico variabile nelle stagioni.

Solitamente, come detto prima, tali terreni sono il substrato impermeabile dei litotipi prima citati costituendo il limite inferiore di tali elementi idrogeologici e permettendo, così, l'accumulo sotterraneo delle acque di infiltrazione efficace.

3 INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE

Il progetto è stato sviluppato con particolare attenzione tendente ad ottenere un risultato di sostanziale invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere progettate.

In particolare le aree di impianto non subiranno variazioni geomorfologiche rispetto alle condizioni attuali dei luoghi. Saranno realizzate delle strade di accesso alle power station necessarie alla gestione manutenzione degli impianti. Tali strade seguiranno le pendenze naturali dei luoghi e saranno realizzate con materiali di cava (misto granulometrico e Tout-venant) che non altereranno significativamente la permeabilità dei suoli in situ. Le acque scolanti sulle aree di impianto continueranno a seguire i percorsi di deflusso naturali.

Nelle aree adiacenti le strade in progetto sono previste le cunette che avvieranno le acque raccolte dalla pavimentazione stradale e quelle provenienti dai terreni circostanti, che naturalmente vi scolano, all'impluvio naturale più vicino. Tutte le cunette previste avranno pendenza di fondo parallela alla pendenza del terreno preesistente in modo tale

da avviare le acque allo scarico nello stesso impluvio ove scorrono nelle condizioni attuali. Le cunette saranno realizzate con fondo e sponde in terra per non alterare le condizioni di deflusso naturale. Non sono previste opere che modificheranno i bacini naturali di scolo delle acque.

Su tutti gli impluvi esistenti all'interno delle aree di impianto è stata prevista una fascia di rispetto di 10 m per lato dove non saranno installate strutture di sostegno pannelli. Gli attraversamenti delle strade interne al progetto sugli impluvi esistenti saranno tutti realizzati avendo cura di garantire il naturale deflusso delle acque mediante tombini con tubazioni di idoneo diametro idraulicamente dimensionato come evidenziato nelle pagine seguenti.

L'installazione dei pannelli non altererà la permeabilità dei luoghi come indicato dallo studio geologico del dott. Geol. Ignazio Giuffrè allegato al presente progetto.

Per quanto riguarda gli impianti di rete per la connessione e gli impianti di utenza per la connessione si evidenzia che l'area impermeabilizzata sarà una porzione esigua dell'area totale occupata dall'impianto che quindi non inciderà sostanzialmente sulle portate di deflusso dei corsi d'acqua posti a valle.

4 INTERVENTI SUGLI IMPLUVI NATURALI ESISTENTI INTERESSATI DAL PROGETTO

Al fine di uniformarsi alle indicazioni riportate nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni della Regione Siciliana si procederà alla manutenzione dei corsi d'acqua interferenti con le opere in progetto.

In particolare si procederà in fase di realizzazione ed in fase di gestione dell'impianto ai

seguenti interventi:

- rimozione dei rifiuti solidi e taglio di alberature in alveo, intesi come eliminazione dalle sponde e dagli alvei dei corsi d'acqua dei materiali di rifiuto provenienti dalle varie attività umane e collocazione a discarica autorizzata; rimozione dalle sponde e dagli alvei attivi delle alberature che sono causa di ostacolo al regolare deflusso delle piene ricorrenti, con periodo di ritorno orientativamente cinquantennale, sulla base di misurazioni e/o valutazioni di carattere idraulico e idrologico, tenuto conto dell'influenza delle alberature sul regolare deflusso delle acque, nonché delle alberature pregiudizievoli per la difesa e conservazione delle sponde, salvaguardando, ove possibile, la conservazione dei consorzi vegetali che colonizzano in modo permanente gli habitat ripari e le zone di deposito alluvionale adiacenti;
- rinaturazione delle sponde, intesa come protezione al piede delle sponde dissestate od in frana con strutture flessibili spontaneamente rinaturabili; restauro dell'ecosistema ripariale, compresa l'eventuale piantumazione di essenze autoctone.
- ripristino della sezione di deflusso inteso come eliminazione, nelle tratte critiche per il deflusso delle portate idriche, dei materiali litoidi, trasportati e accumulati in punti isolati dell'alveo, pregiudizievoli al regolare deflusso delle acque. La sistemazione degli stessi di norma deve avvenire nell'ambito dello stesso alveo. Solo in casi eccezionali o di manifesto sovralluvionamento può essere prevista l'asportazione dell'alveo del materiale estratto, nel rispetto delle vigenti normative;

- sistemazione e protezione spondale;
- interventi di riduzione dei detrattori ambientali, intesi come rinaturazione delle protezioni spondali con tecnologie di ingegneria ambientale, allo scopo di favorire il riformarsi della stratificazione vegetazionale;
- ripristino della funzionalità di tratti tombati, tombini stradali, ponticelli ecc., inteso come ripristino del regolare deflusso sotto le luci dei ponti, con rimozione del materiale di sedime e vano accumulato nei sottopassi stradali, nei tombini, nei sifoni, sulle pile od in altre opere d'arte;

5 CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO

5.1 Premessa

Il dimensionamento e la verifica di un sistema di drenaggio si basa sulla valutazione delle portate di pioggia, che possono essere determinate con i seguenti metodi:

- metodo diretto che prevede l'elaborazione statistica delle portate registrate nelle stazioni di misura;
- metodo indiretto che consente la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sul bacino.

Nel caso in esame si utilizzerà il metodo indiretto poiché i dati di registrazione delle portate non sono disponibili.

Dunque occorre studiare la pluviometria dei vari bacini in esame per passare poi al calcolo delle portate.

Si è condotta l'analisi sullo studio pluviometrico applicando il metodo TCEV (Two Component Extreme Value Distribution) così come sviluppato e applicato dallo studio "regional frequency analysis of extreme precipitation in Sicily, Italy" di Lo Conti et altri 2007.

5.2 Metodo TCEV

Tale metodo determina altezze di pioggia e intensità seguendo una logica di regionalizzazione dei dati pluviometrici messo a punto dall'Università di Palermo. Esso si

basa su una metodologia espressa di seguito.

L'osservazione empirica dei campioni dei massimi annuali delle precipitazioni di breve durata ha portato a riconoscere l'esistenza di alcuni valori estremamente più elevati degli altri denominati "outliers".

Infatti la distribuzione di frequenza empirica dei valori della variabile idrologica, riportati in carta probabilistica da Gumbel, mostra un andamento a gomito che testimonia l'esistenza di due distinte distribuzioni: una relativa ai valori più contenuti della variabile e l'altra relativa ai valori più alti.

Una corretta interpretazione statistica di tali valori straordinari è quella di considerarli appartenenti ad una popolazione diversa, legata ad una differente fenomenologia meteorologica, che deve essere riprodotta dalla legge di distribuzione di probabilità.

Per tradurre in termini statistici la differente provenienza degli estremi idrologici è stata proposta la seguente legge di probabilità, denominata TCEV (Two Component Extreme Value distribution) o legge di distribuzione a doppia componente.

L'equazione della curva di probabilità pluviometrica, secondo questo metodo, si ottiene attraverso la seguente espressione:

$$h_{d,T} = K_T \times \mu_d(d)$$

dove:

- $h_{d,T}$ è l'altezza di pioggia per un dato tempo d e un dato tempo di ritorno T ;
- K_T è il fattore di distribuzione di frequenza della probabilità;
- $\mu_d(d)$ è fattore di relazione tra la media teorica ed il tempo di pioggia;

Il metodo probabilistico TCEV, essendo una legge a quattro parametri ed a causa della notevole variabilità della stima dei parametri stessi con la dimensione campionaria, necessita una indagine di tipo regionale.

Si possono individuare tre livelli gerarchici:

1. nel primo la Sicilia si può ritenere una zona pluviometrica omogenea. I valori stimati per le variabili Λ^* e Θ^* son rispettivamente pari a 0.71 e 0.24.
2. nel secondo livello si individuano delle aree, dette sottozone pluviometriche omogenee; la Sicilia è stata suddivisa in 6 sottozone che sono sempre le stesse qualunque sia la durata in esame. Nella figura seguente si riportano le aree appartenenti alle zone individuate

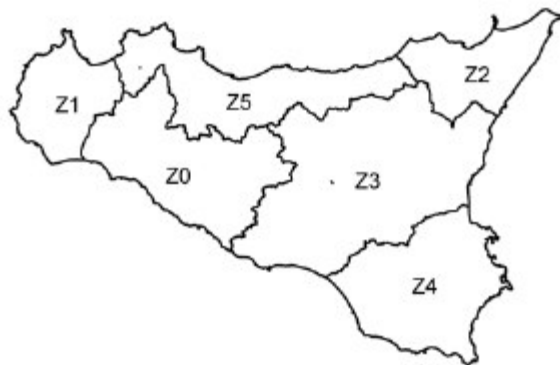


Fig. 5.1 Zonizzazione TCEV Sicilia al secondo livello di regionalizzazione (Lo conti et al 2007)

In questo livello di regionalizzazione il metodo individua il valore di K_T che viene calcolato con la seguente espressione:

$$K_T = a \cdot \ln(T) + b$$

Dove:

a e b sono due fattori dipendenti dalla zonizzazione proposta

T è il tempo di ritorno considerato.

Nella tabella seguente si riportano i valori delle variabili a e b per le zone siciliane.

	Zone				
	Z0-Z5	Z1	Z2	Z3	Z4
a	0.4485	0.4695	0.4799	0.5011	0.4946
b	0.5117	0.4889	0.4776	0.4545	0.4616

Tabella 5.1 valori delle variabili a e b nel secondo livello di regionalizzazione del metodo TCEV

Per il territorio siciliano la media teorica $\mu(d)$ coincide con la media campionaria m_c per cui nel terzo livello di regionalizzazione è stato individuato un criterio regionale per la stima di m_c .

Per ciascuna delle 172 stazioni pluviografiche siciliane, che vantano almeno 10 anni di funzionamento, la media m_c è esprimibile in funzione della durata t secondo la seguente legge omonima:

$$m_c = a t^n$$

Per ciascuna sezione pluviografica, i valori delle costanti a ed n della formula precedente sono tabellati.

Nelle figure seguenti si riportano le carte delle iso-a e iso-n relative al territorio regionale

siciliano.

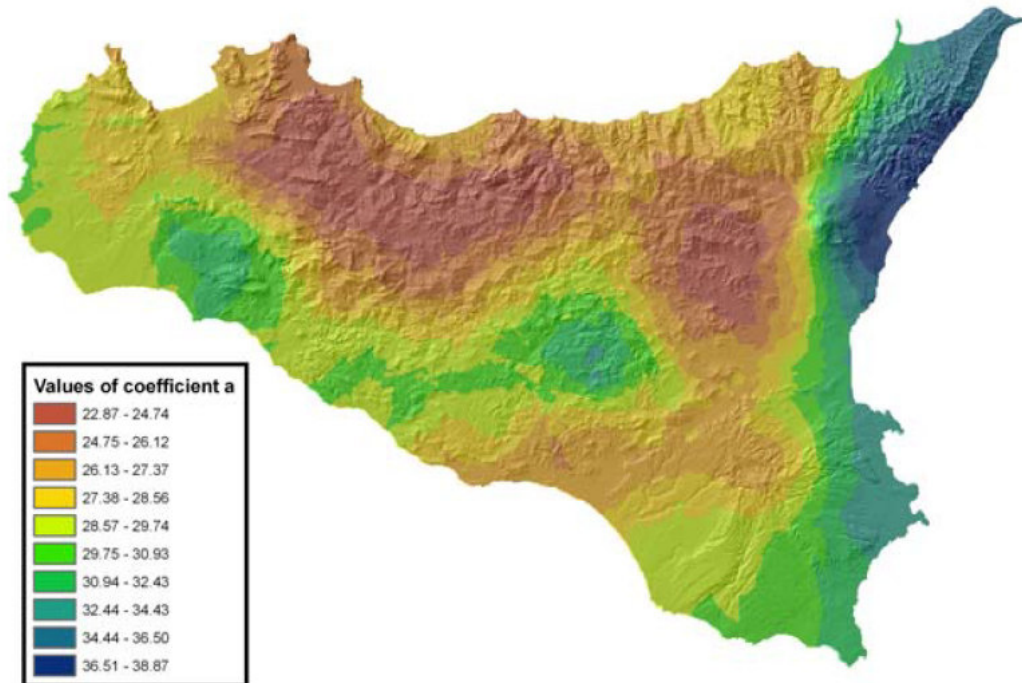


Fig. 5.2 Carta delle Iso-a per il territorio siciliano

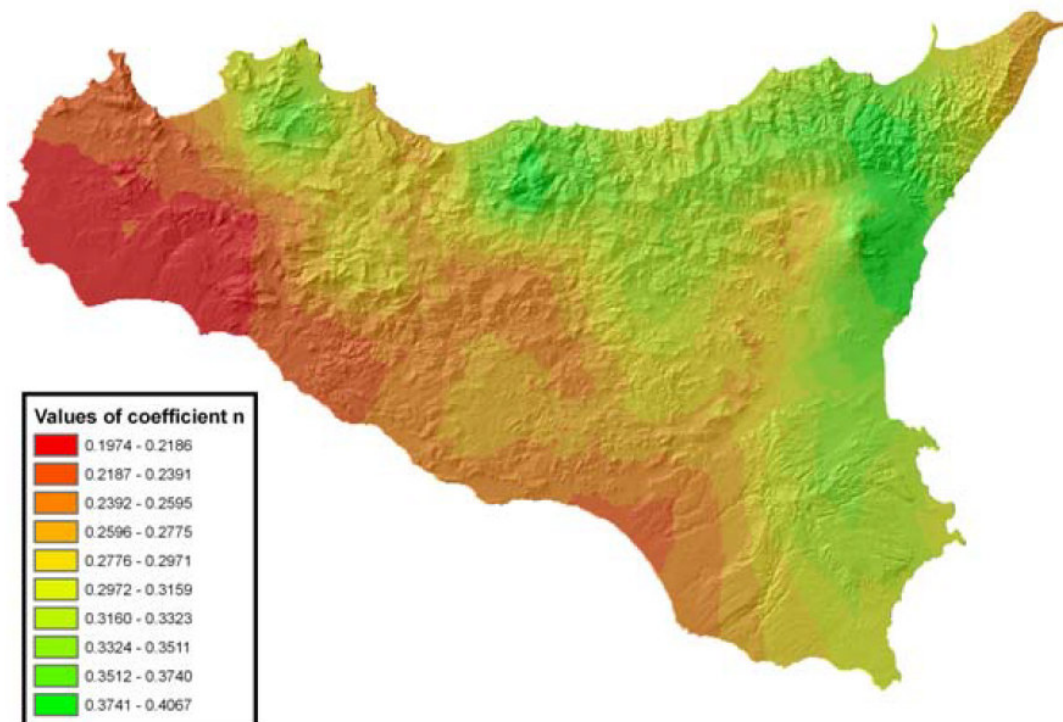


Fig. 5.3 Carta delle Iso-n per il territorio siciliano

Nel caso in esame sono stati utilizzati i dati relativi all'area interessata dal progetto, essi valgono:

$$a=26.75$$

$$n=0.2685$$

In definitiva il metodo consente di determinare le altezze di pioggia e le relative intensità senza ricorrere ad elaborazioni dei dati di pioggia ma basandosi su criteri di regionalizzazione già messi a punto per la Sicilia dall'Università di Palermo.

5.3 Individuazione dei bacini idrografici

Relativamente agli interventi in progetto, attraverso lo studio della cartografia di riferimento (Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000) e l'osservazione diretta dei luoghi, supportata da rilievi topografici sono stati individuato i bacini idrografici naturali e sono stati suddivisi così come riportato nella tabella seguente.

Indicativo interferenza	Comune	Foglio	Particella adiacente	Contrada	Denominazione impluvio	Particolare risoluzione interferenza	Opera interferente	Area Bacino (mq)
i.01	Alcamo	116	185	Dagala di Buzzetta	Affluente torrente Fratacchia	03	Tombino su strada interna di progetto	220.947,60
i.02	Alcamo	116	221	Dagala di Buzzetta	Canaletta	03	Tombino su strada interna di progetto	355.164,86
i.03	Alcamo	116	186	Dagala di Buzzetta	Canaletta	03	Tombino su strada interna di progetto	240.445,38
i.04	Alcamo	116	325	Dagala di Buzzetta	Affluente torrente Fratacchia	01	Tombino su strada rurale n.18 di Bianchina	31.218.130,83
	Monreale	141	4-178 -273					
i.05	Monreale	141	107-149	Dagala di Buzzetta	Affluente torrente Fratacchia	04	Tombino su strada rurale n.18 di Bianchina	351.591,92
		140	272-447					
i.06	Monreale	140	76	Fratacchia	Affluente torrente Fratacchia	01	Tombino su strada rurale n.18 di Bianchina	30.165.438,11
i.07	Monreale	140	451	Fratacchia	Torrente Fratacchia	04	Tombino su strada rurale n.18 di Bianchina	552.793,66
i.08	Monreale	140	862-972	Fratacchia	Tombino stradale	02	Tombino su strada rurale n.17	29.799,36
i.09	Monreale	140	850-851-861-862	Fratacchia	Tombino stradale	02	Tombino su strada rurale n.17	26.068,66
i.10	Monreale	140	366-367-831-861	Fratacchia	Tombino stradale	02	Tombino su strada rurale n.17	33.519,67
i.11	Monreale	140	796	Serra di cento	Tombino stradale	04	Tombino su S.P. 46	51.593,66
i.12	Monreale	140	966	Serra di cento	Tombino stradale	03	Tombino su S.P. 46	40.909,24
i.13	Monreale	141	746-805-807	Serra di cento	Affluente fiume Freddo	04	Tombino su S.P. 46	369.973,47
		157	358					
i.14	Monreale	157	295-354	Serra di cento	Affluente fiume Freddo	03	Tombino su S.P. 46	56.826,23
i.15	Monreale	157	235-372	Serra di cento	Affluente fiume Freddo	03	Tombino su S.P. 46	86.774,55
i.16	Monreale	157	396-421	Serra di cento	Affluente fiume Freddo	03	Tombino su S.P. 46	47.742,31
i.17	Monreale	155	72	Serra di cento	Tombino stradale	03	Tombino su S.P. 46	93.799,09
		156	394					
		157	339					
i.18	Monreale	155	667-669-670	Volta di falce	Affluente fiume Freddo		Linea AT	556.327,46

Tab. 5.2 Bacini scolanti e relative aree

•Si riportano in allegato al presente progetto nelle tavole 06.B “Monografia interferenza con rete idrografica” le planimetrie con l’individuazione di tali bacini.

5.4 Portata di colmo

La valutazione della portata al colmo è stata eseguita attraverso l’applicazione della formula razionale di seguito riportata:

$$Q = \phi * i * S$$

In cui:

- i : intensità di pioggia. E’ calcolata secondo i criteri di calcolo della TCEV, riportati precedentemente. La durata della pioggia viene assunta pari al tempo di corrivazione (τ_c), infatti un evento di pioggia di tale durata e dato tempo di ritorno (T) produce una piena che è la massima possibile per quel tempo di ritorno.
- S : superficie del bacino drenante.
- ϕ : coefficiente di afflusso, che permette di valutare la portata netta che arriva alla sezione di chiusura .

Il coefficiente di afflusso è stato stimato con il metodo proposto dal Soil Conservation Service (USDA) nel 1972 (detto metodo SCS). Questo si basa sulla stima del parametro CN (Curve Number) che è un parametro sintetico che esprime l’attitudine di una porzione di territorio a produrre deflusso diretto (superficiale). Il CN varia da zero a cento. Più alto è il valore maggiore è il deflusso prodotto a parità di precipitazione.

Nello schema seguente si riporta il flusso logico che porta alla pioggia netta defluente a

partire dalla precipitazione.

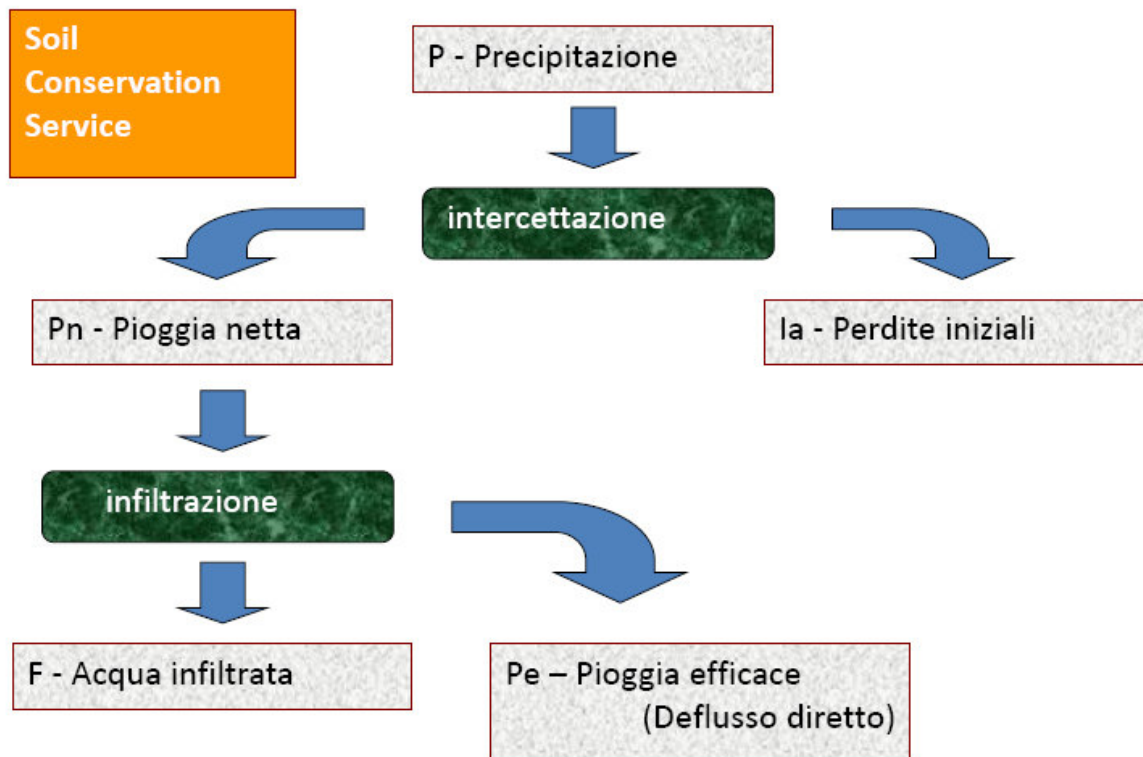


Figura 2.4 Determinazione pioggia netta da precipitazione

La pioggia efficace P_e è pari a :

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

Dove:

- P è la precipitazione totale;
- I_a sono le perdite iniziali poste pari a $0,2S$;

- S è pari a $S = S_0 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$

Dove CN è pari a $CN(III)$ calcolato come segue:

$$CN(III) = \frac{CN(II)}{0.43 + 0.0057CN(II)}$$

Il valore di CN(II) è stato ricavato dalle seguenti tabelle:

I gruppi idrologici						
A	Bassa capacità di deflusso – suoli con elevata infiltrabilità anche se completamente saturi – sabbie o ghiaie profonde ben drenate – notevole conducibilità idrica					
	B	Suoli con moderata infiltrabilità se saturi – discretamente drenati e profondi – tessitura medio-grossolana – conducibilità idrica media				
C		Suoli con bassa infiltrabilità se saturi – uno strato impedisce la percolazione verticale – suoli con tessitura medio-fine e bassa infiltrabilità – conducibilità idrica bassa				
	D	Capacità di deflusso elevata – suoli con infiltrabilità ridottissima in condizioni di saturazione – suoli ricchi di argilla rigonfianti – suoli con strato argilloso superficiale – suoli poco profondi su substrato impermeabile – conducibilità idrica estremamente bassa				
Tipo di copertura			Classe del suolo			
Uso del suolo	Trattamento o pratica	Condizione idrologica	A	B	C	D
Maggesi	a solchi dritti	–	77	86	91	94
Colture a solchi	a solchi dritti	cattiva	72	81	88	91
	a solchi dritti	buona	67	78	85	89
	a reggipoggio	cattiva	70	79	84	88
	a reggipoggio	buona	65	75	82	86
	a re. e terrazze	cattiva	66	74	80	82
	a re. e terrazze	buona	62	71	78	81
Grani piccoli	a solchi dritti	cattiva	65	76	84	88
	a solchi dritti	buona	63	75	83	87
	a reggipoggio	cattiva	63	74	82	85
	a reggipoggio	buona	61	73	81	84
	a re. e terrazze	cattiva	61	72	79	82
	a re. e terrazze	buona	59	70	78	81
Legumi seminati folti o prati in rotazione	a solchi dritti	cattiva	66	77	85	89
	a solchi dritti	buona	58	72	81	85
	a reggipoggio	cattiva	64	75	83	85
	a reggipoggio	buona	55	69	78	83
	a re. e terrazze	cattiva	63	73	80	83
	a re. e terrazze	buona	51	67	76	80
Pascoli		cattiva	68	79	86	89
		discreta	49	69	79	84
		buona	39	61	74	80
	a reggipoggio	cattiva	47	67	81	88
	a reggipoggio	discreta	25	59	75	83
	a reggipoggio	buona	6	35	70	79
Prati		buona	30	58	71	78
Boschi		cattiva	45	66	77	83
		discreta	36	60	73	79
		buona	25	55	70	77
Aziende agricole		–	59	74	82	86
Strade sterrate		–	72	82	87	89
Str. pavimentate		–	74	84	90	92

Tabella 5.3 Valori dei coefficienti CN(II)

Per il calcolo del parametro CN si sono suddivisi i bacini in aree omogenee per colture o usi previsti.

Le aree dell'impianto comprendono sia le aree coperte dai pannelli che le aree libere tra le diverse file.

In primo luogo si vuole precisare che la configurazione di posa dei pannelli fotovoltaici prevede di mantenere vuoto lo spazio tra i vari pannelli, in questo modo l'acqua piovana che sarà intercettata da ogni pannello cadrà dal bordo dello stesso sul terreno. Questa scelta fa in modo che non si creeranno accumuli concentrati di scarico d'acqua sul bordo di più file di pannelli, ma l'acqua si scaricherà nelle immediate vicinanze (a distanza massima di 1 m) dal punto dove sarebbe caduta in assenza di pannelli. Inoltre, per la parte di impianto con strutture ad inseguimento, durante il giorno i pannelli seguiranno un movimento est-ovest continuo, quindi l'area di scarico dell'acqua dal pannello sarà variabile durante il giorno. Durante la notte i pannelli saranno mantenuti in posizione orizzontale, così che l'acqua scaricata dal modulo cadrà dai quattro lati dello stesso favorendo un maggiore spandimento sul terreno.

All'interno di tutte le aree di impianto è previsto un ripristino diffuso della vegetazione erbacea, compreso le aree al di sotto dei pannelli. In queste porzioni tale vegetazione contribuirà, tra l'altro, allo spandimento dell'acqua scaricata dai pannelli ed alla mitigazione dell'effetto erosione che tale acqua comporta.

Per tutti questi motivi, assieme alle considerazioni dello studio geologico che lo confermano, si sono considerati per queste aree i relativi indici CN riferiti alle tipologie di terreno ed alle coltivazioni previste ritenendo praticamente ininfluenza sul coefficiente d'afflusso la presenza dei pannelli fotovoltaici sovrastanti il terreno.

5.5 Scelta dei tempi di ritorno

Il tempo di ritorno T associato ad un evento di piena rappresenta l'intervallo temporale entro cui l'evento stesso viene mediamente raggiunto o superato. Si possono prendere in considerazione i seguenti valori:

$T = 10$ anni (eventi ricorrenti – con alta frequenza)

$T = 50$ anni (eventi ricorrenti – con bassa frequenza)

$T = 100$ anni (eventi straordinari)

$T = 300$ anni (eventi eccezionalmente straordinari)

Si evidenzia che le verifiche idrauliche saranno svolte con riferimento a $T = 100$ anni.

Il valore di 100 anni, apparentemente elevato, è legato alla vita utile dell'opera (almeno 30 anni). Si osservi, al riguardo, che la probabilità P di non superamento di un evento di tempo di ritorno T nell'arco di n anni di servizio di un'opera è pari a $100[1-(1/T)]^n$; pertanto, per $T=100$ anni si ha $P_{ns}=74\%$.

5.6 Tempo di corrivazione

Per la valutazione del tempo di corrivazione è stata utilizzata la formula di Kirpich:

$$\tau_c = 0,01947 * (L^{0,77}/p^{0,385})$$

In cui

- L è la distanza tra il punto idraulicamente più svantaggiato e la sezione

di chiusura.

- p è la pendenza del tratto di lunghezza L (come anticipato si sceglie la pendenza maggiore in ciascun tratto).

Infine nel calcolo della portata di progetto Q_p si è considerata una porzione di aumento dovuta al trasporto solido delle acque pari al 10 % dei valori precedentemente calcolati.

Di seguito si riportano i valori dei parametri descritti precedentemente, relativamente a ciascun bacino.

Tabella di calcolo portata di progetto

Identificativo	calcolo tempo di corrivazione										calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace										calcolo portata di progetto			
	L	Disl	p	τc	t	T	a	b	Kr	a	n	nc	h _{i,T}	i	P	Area bassa permeabilità [%]	CN	Area alta permeabilità [%]	CN	CN(I)	CN(II)	S	la	Pe	S _{hec}	Q	T.S.	Q _p						
i.01	701,31	62	0,088	7,72	0,13	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	15,43	42,61	331,10	42,61	11%	80,00	89%	50,00	53,21	72,56	96,04	19,21	4,56	0,22095	2,186	10	2,41						
i.02	985,42	71	0,072	10,84	0,18	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	16,90	46,67	258,35	46,67	1%	80,00	99%	50,00	50,26	70,15	108,09	21,62	4,71	0,35516	2,574	10	2,83						
i.03	925,80	56	0,061	11,00	0,18	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	16,96	46,86	255,54	46,86	1%	80,00	99%	50,00	50,38	70,25	107,55	21,51	4,83	0,24045	1,761	10	1,94						
i.04	12.170,37	419	0,034	99,64	1,66	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	30,65	84,67	50,99	84,67	50%	80,00	50%	50,00	65,00	81,20	58,81	11,76	40,35	31,21813	210,722	10	231,79						
i.05	2.065,17	180	0,087	17,76	0,30	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	19,29	53,29	180,01	53,29	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	7,03	0,35159	2,319	10	2,55						
i.06	10.761,46	350	0,033	92,62	1,54	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	30,06	83,02	53,78	83,02	50%	80,00	50%	50,00	65,00	81,20	58,81	11,76	39,04	30,16544	211,918	10	233,11						
i.07	1.466,44	124	0,085	13,82	0,23	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	18,03	49,81	216,30	49,81	61%	80,00	39%	50,00	68,37	83,41	50,53	10,11	17,47	0,55279	11,650	10	12,81						
i.08	365,24	30	0,082	4,79	0,08	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	13,57	37,48	469,39	37,48	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	1,96	0,02980	0,203	10	0,22						
i.09	372,89	40	0,107	4,39	0,07	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	13,26	36,62	500,17	36,62	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	1,76	0,02607	0,174	10	0,19						
i.10	233,31	30	0,129	2,86	0,05	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	11,81	32,62	685,47	32,62	2%	80,00	98%	50,00	50,67	70,49	106,33	21,27	1,10	0,03352	0,214	10	0,24						
i.11	324,71	49	0,151	3,46	0,06	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	12,44	34,35	595,26	34,35	100%	80,00	0%	50,00	80,00	90,29	27,31	5,46	14,85	0,05159	3,689	10	4,06						
i.12	301,20	48	0,159	3,20	0,05	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	12,18	33,63	630,61	33,63	100%	80,00	0%	50,00	80,00	90,29	27,31	5,46	14,31	0,04091	3,048	10	3,35						
i.13	1.152,91	64	0,056	13,50	0,23	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	17,92	49,50	220,00	49,50	55%	80,00	45%	50,00	66,39	82,13	55,28	11,06	15,77	0,36997	7,203	10	7,92						
i.14	350,67	57	0,163	3,57	0,06	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	12,54	34,64	582,08	34,64	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	1,34	0,05683	0,356	10	0,39						
i.15	689,46	54	0,079	7,94	0,13	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	15,54	42,92	324,49	42,92	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	3,41	0,08677	0,621	10	0,68						
i.16	395,22	46	0,116	4,45	0,07	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	13,31	36,75	495,30	36,75	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	1,79	0,04774	0,320	10	0,35						
i.17	1.651,68	51	0,031	22,32	0,37	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	20,51	56,66	152,32	56,66	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	8,41	0,09380	0,589	10	0,65						
i.18	1.641,06	95	0,058	17,43	0,29	100	0,5011	0,4545	2,76	26,75	0,2685	19,20	53,02	182,47	53,02	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	6,92	0,55633	3,682	10	4,05						

5.7 Dimensionamento canali a pelo libero

Il dimensionamento e la verifica dei canali e delle sezioni dei tombini è stato effettuato in condizioni di moto uniforme tramite la seguente formula:

$$Q = \chi \Omega \sqrt{R i_f} \quad (1)$$

essendo:

Ω : sezione in metri quadrati ;

R : raggio idraulico in metri ;

i_f : pendenza del ramo;

χ : coefficiente di scabrezza, che nella versione di Gauckler-Strickler vale:

$$\chi = K_s R^{1/6} \quad (2)$$

essendo:

– K_s : coefficiente dimensionale di scabrezza;

– R : raggio idraulico in metri;

Combinando la (1) e la (2), si ottiene la ben nota formula di Gauckler-Strickler :

$$Q = K_s R^{2/3} i_f^{1/2} \Omega \quad (3)$$

Con la formula (3) si è costruita la scala delle portate per le sezioni in progetto. Si è scelta per ogni punto di progetto la sezione che permettesse il deflusso della portata di colmo con franco libero di almeno 5 cm o nelle sezioni circolari un grado di riempimento

inferiore al 90%.

Nei capitoli seguenti si riportano le tabelle di calcolo dei dimensionamenti e delle verifiche effettuate.

6 VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE

6.1 Risoluzione interferenze

Il progetto prevede per ogni interferenza individuata la modalità di risoluzione della stessa.

Nelle tavole allegate 06.B “monografie delle interferenze con la rete idrografica” sono riportati, oltre all’individuazione dell’interferenza e del relativo bacino idraulico interessato, i particolari in pianta e sezione delle previsioni progettuali inserite nel contesto reale rilevato.

I passaggi dei cavi MT e BT di progetto avverranno sempre in subalveo, garantendo una distanza minima tra il letto dell’impluvio e l’estradosso del cavo di 2.00 m.

La posa sarà effettuata mediante Trivellazione Orizzontale Controllata nei casi in cui non sarà possibile realizzare lo scavo in periodo di magra e nel caso di attraversamento di manufatto esistente.

Nelle interferenze dovute alla realizzazione di strade interne al parco si è prevista in progetto la posa di tubazioni idonee per dare continuità agli impluvi attraversati.

Le tubazioni per l’attraversamento intubato delle opere delle acque pluviali sono state progettate in base alla massima portata scolante per ogni relativo bacino.

Le tubazioni utilizzate saranno del tipo a sezione circolare e avranno una pendenza pari a quella dell’impluvio attraversato.

Nella tabella seguente si riportano i risultati dei calcoli effettuati.

7 PROGETTO DELLE OPERE IDRAULICHE

7.1 Cunette di scarico acque piovane

L'acqua pluviale scolante sulle strade e piazzole in progetto sarà raccolta e convogliata allo scarico tramite cunette in terra poste strategicamente all'interno delle aree servite.

Inoltre saranno realizzati dei fossi di guardia a monte delle opere che raccolgono l'eventuale acqua scolante di monte prima che queste possano intercettare le opere in progetto.

In generale le acque raccolte saranno avviate all'impluvio natura più vicino senza quindi alterare il percorso di scolo.

Il calcolo è stato condotto in modo tale da individuare il massimo bacino servito da ognuna delle tipologie di cunette in progetto. La scelta delle cunette in planimetria è stato effettuato sulla base dei bacini massimi servibili da ogni cunetta.

Le cunette in progetto avranno dimensione variabile in funzione del bacino scolante servito, le sezioni saranno a forma trapezia con fondo largo da 40 a 60 cm, altezza da 50 a 70 cm e pendenza delle scarpate 1:2.5.

Nei calcoli seguenti sono calcolate le portate delle sezioni in progetto e il relativo grado di riempimento per le sezioni tipo C1, con fondo di larghezza di 40 cm ed altezza di 50 cm, e tipo C3 con fondo di larghezza di 60 cm e altezza di 70 cm. La sezione C2 avrà le dimensioni del fondo di 40 cm ed altezza di 50 cm però sarà parzialmente riempita in pietrame per diminuire l'effetto di escavazione in presenza di pendenza elevata.

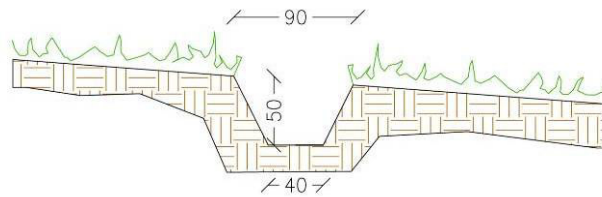


Figura 7.1 cunetta tipo C1

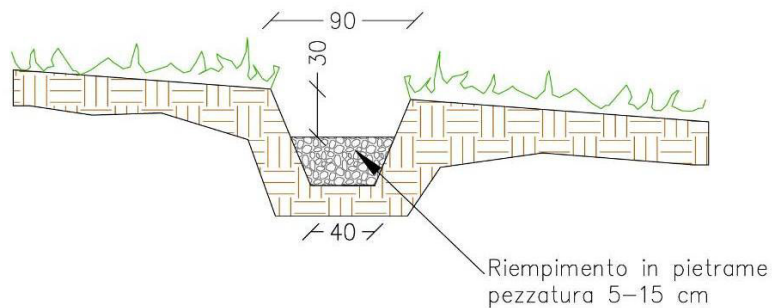


Figura 7.2 cunetta tipo C2

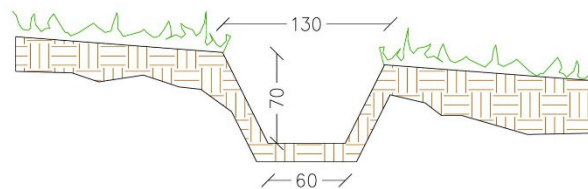


Figura 7.3 cunetta tipo C3

I calcoli sono stati eseguiti per una pendenza del 2 % del 5% e del 10% per le cunette C1 e C3. Per la cunetta C2 si è considerata una pendenza del 20 %.

Si riporta di seguito la tabella di dimensionamento idraulico.

Calcolo portate cunette in progetto

Tipologia	Area Bacino	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza	Di	Scapa	H/l	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q _p	verifica
cunetta	Ha			m	m			m	m ^{1/3} s ⁻¹	fondo	m	m	mq	m	m	m		m/s	mc/s	[m ³ /s]	
Cunetta C1	3,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50			2,00	50	2,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	2,53	0,82	0,84	Verifica
Cunetta C1	4,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50			2,00	50	5,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	4,00	1,30	1,29	Verifica
Cunetta C1	7,00	Trapezia	terreno	0,40	0,50			2,00	50	10,0%	0,50	0,90	0,325	1,12	1,52	0,21	38,67	5,66	1,84	1,74	Verifica
Cunetta C2	2,50	Trapezia	terreno	0,60	0,30			2,00	35	20,0%	0,30	0,90	0,225	1,12	1,27	0,18	26,23	4,94	1,11	1,05	Verifica
Cunetta C3	7,50	Trapezia	terreno	0,60	0,70			2,00	50	2,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	3,22	2,14	2,14	Verifica
Cunetta C3	14,00	Trapezia	terreno	0,60	0,70			2,00	50	5,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	5,09	3,38	3,35	Verifica
Cunetta C3	40,00	Trapezia	terreno	0,60	0,70			2,00	50	10,0%	0,70	1,30	0,665	1,12	2,17	0,31	41,07	7,20	4,79	4,58	Verifica

Tabella 7.1 Calcolo di progetto cunette

7.2 Tombini attraversamento idraulico acque piovane

Le tubazioni per l'attraversamento intubato delle opere delle acque pluviali sono stati progettati in base alla massima portata scolante per ogni relativo bacino.

Le tubazioni utilizzate saranno del tipo a sezione circolare in PEAD Corrugato e avranno una pendenza minima del 2.00 % .

Le verifiche sono riportate nella tabella 6.1.

8 CONCLUSIONI

Si è provveduto con il presente studio alla individuazione di tutte le possibili interferenze tra le opere in progetto e la rete idrografica esistente sui luoghi. Sono stati effettuati puntuali rilievi degli impluvi esistenti e si è condotto il calcolo di stima delle portate massime defluenti per tempi di ritorno di 100 anni. Il progetto prevede la modalità di risoluzione di tutte le interferenze individuate anche con l'inserimento di tombini, quando necessario, per garantire la continuità del deflusso delle acque pluviali scolanti. Si è proceduto alla verifica idraulica degli impluvi in corrispondenza di tutti i punti di interferenza individuati.

Si è infine progettato e calcolato il sistema delle cunette di scarico delle acque piovane interno al parco.

In merito agli elementi analizzati, come già precedentemente esposto, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti e sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto.

Vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche dei siti, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti, l'inalterata permeabilità si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.