



REGIONE
SICILIANA



LIBERO CONSORZIO
COMUNALE DI AGRIGENTO



COMUNE DI
FAVARA



COMUNE DI
NARO



COMUNE DI
CASTROLIBERO



COMUNE DI
CANICATTI'



COMUNE DI
AGRIGENTO



COMMITTENTE: 		RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L. via A. Doria, 41/G - 00192 ROMA (RM) P.IVA/C.F. 06400370968 pec: rwerenewablesitaliasrl@legalmail.it			
Titolo del Progetto: <p style="text-align: center;">PARCO EOLICO CANICATTI'</p>					
Documento: <p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO</p>		N° Documento: <p style="text-align: center;">PECAN-P-0003</p>			
ID PROGETTO:	PECAN	DISCIPLINA:	P		
TIPOLOGIA:	R	FORMATO:	A4		
TITOLO: <p style="text-align: center;">Relazione idraulica con verifica interferenze reticolo idrografico</p>					
FOGLIO:		SCALA:			
FILE:	PECAN-P-0003_00.doc				
Progetto:  REWIND ENERGY S.R.L.S. viale Europa, 249 - 91011 ALCAMO (TP) P.IVA/C.F. 02785820818 pec: rewindenergy@pec.it		ing. Riccardo Cangelosi   ing. Gaetano Scurto  			
Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	gennaio/2022	PRIMA EMISSIONE	Cangelosi	Scurto	RWE

Indice

1	PREMESSA.....	2
1.1	Inquadramento dell'area di progetto	4
2	DESCRIZIONE ED ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DEL SITO	6
2.1	Inquadramento geologico	7
2.2	Idrogeologia	8
3	INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE	10
4	INTERVENTI SUGLI IMPLUVI NATURALI ESISTENTI INTERESSATI DAL PROGETTO	12
5	CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO	14
5.1	Premessa	14
5.2	Metodo TCEV	14
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 del parco eolico "Canicattì" da realizzare nel territorio nei Comuni di Canicattì, Castrofilippo, Naro, Agrigento e Partanna (AG)." (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto").

Il Progetto prevede l'installazione di 7 aerogeneratori eolici tripala, di potenza nominale pari a 6,00 MW ciascuno (per un totale installato di 42 MW).

Gli aerogeneratori scelti avranno un'altezza massima al mozzo di 119 m ed un diametro massimo del rotore di 162 m.

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, 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, o il passaggio avviene al di sotto del letto o al di sopra a quota tale da non interferire con il deflusso.

Le opere civili di accesso al parco non interessano in nessun caso il reticolo idrografico esistente dei luoghi.

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.P.C.M. 7 marzo 2019.

1.1 Inquadramento dell'area di progetto

L'area studiata si trova all'interno del bacino del fiume Naro che ha come sbocco finale il mar Mediterraneo.

In particolare la rete idrografica superficiale interessata è costituita dagli affluenti del Fiume Naro e di quelli del Torrente Jacono che scorre a ovest dell'impianto.

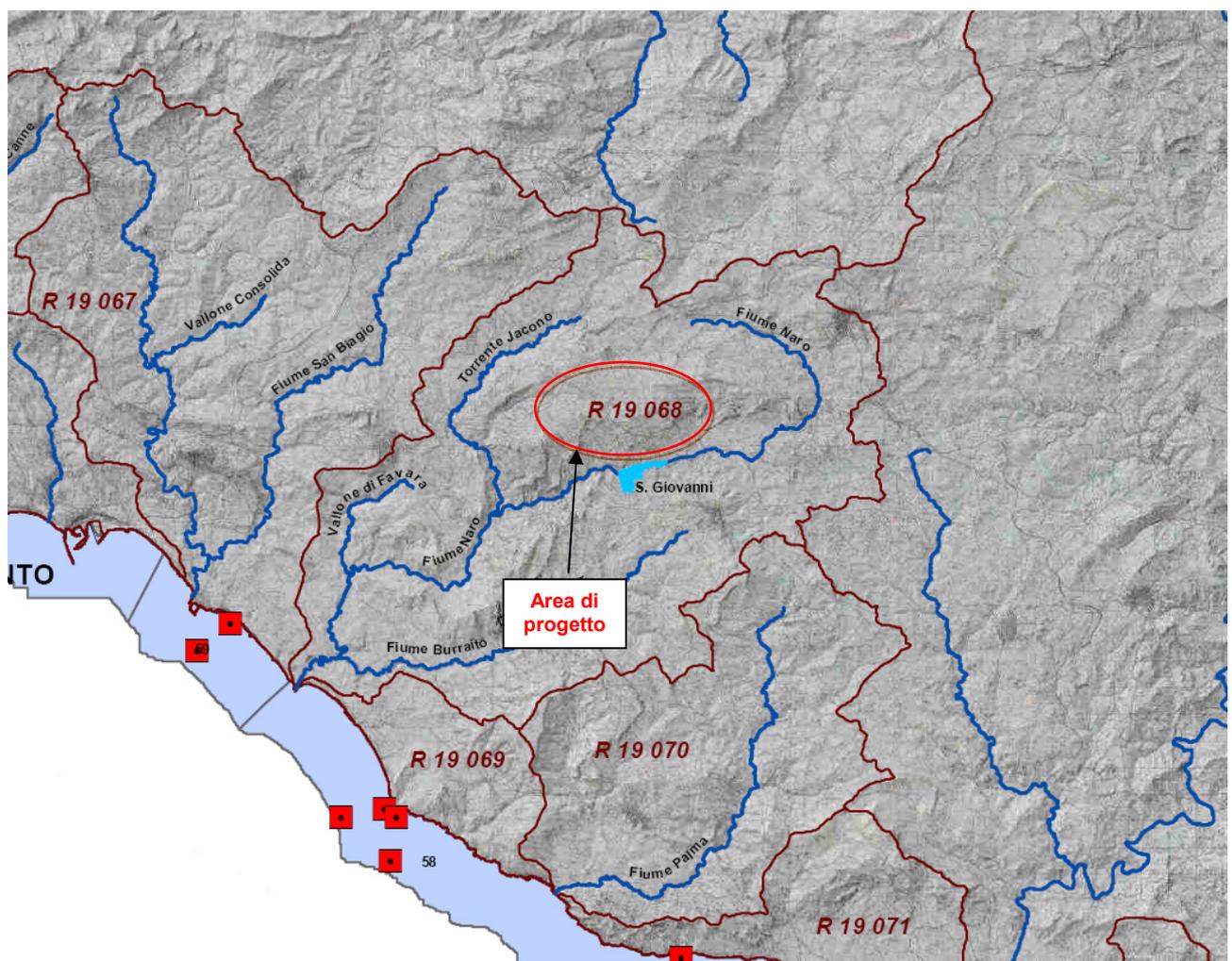


Figura 1.1 Individuazione bacino di appartenenza (stralcio carta dei bacini allegata al Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sicilia)

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.

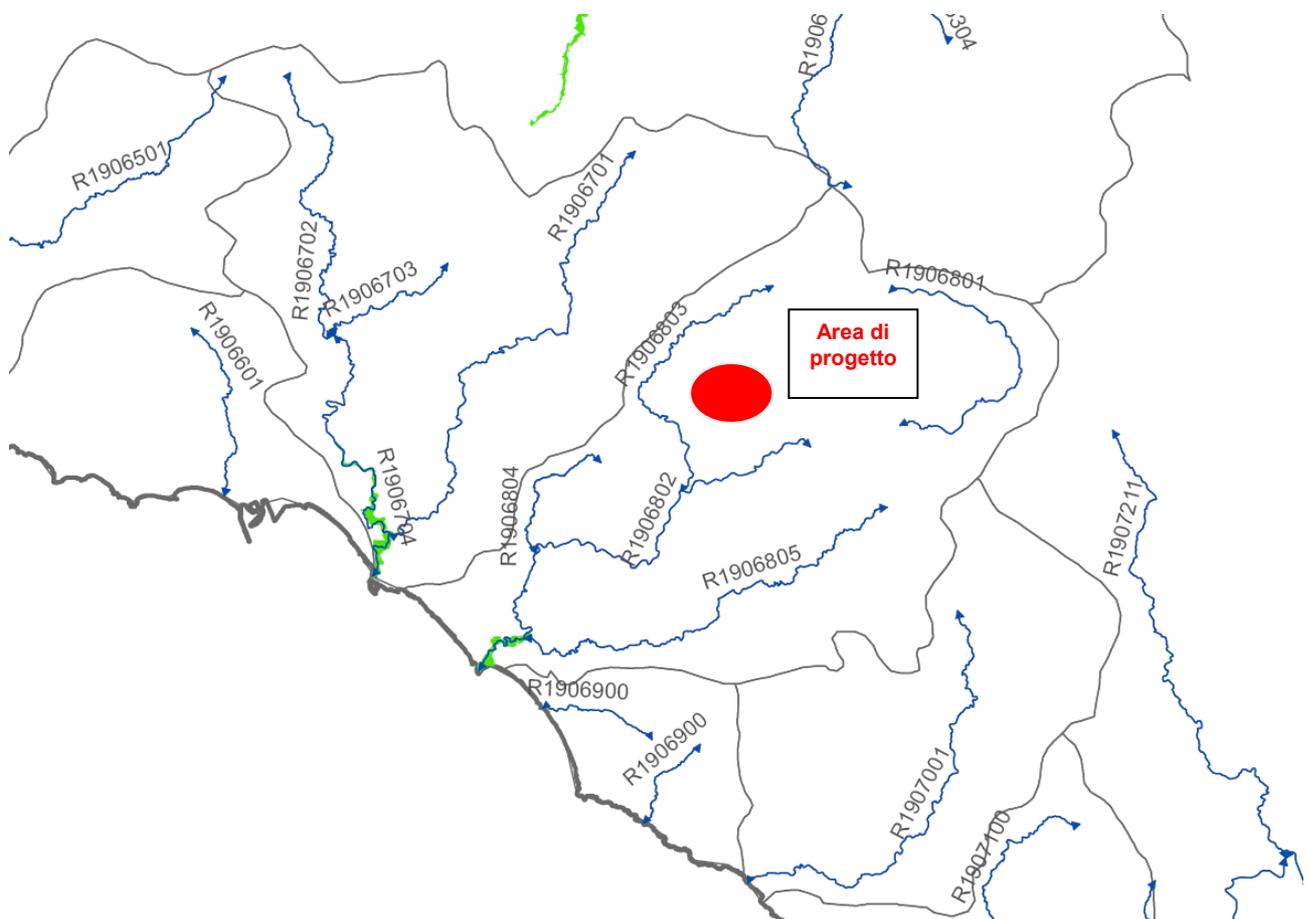


Figura 1.2 Individuazione bacino di appartenenza (stralcio carta del reticolo idrografico allegata al Piano di Gestione del Rischio Alluvioni)

2 DESCRIZIONE ED ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DEL SITO

Il sito del costruendo impianto è ubicato nei territori dei Comuni di Naro, Castrofilippo, Canicattì, Agrigento e Favara (AG), ed è caratterizzato da una morfologia collinare.

L'area in oggetto interessa i Fogli IGM:

- 267 II S.O. e 271 I N.O. aerogeneratori e cavidotto MT
- 271 IV N.E. cavidotto MT
- 267 III S.E. cavidotto MT e SET

L'area di interesse si estende lungo una sequenza di rilievi aventi un'altitudine media compresa tra i 465 e i 595 m circa s.l.m.

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

“Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in due settori. Il settore settentrionale ed un settore meridionale caratterizzati dall'affioramento di litotipi diversi.

Nel settore meridionale l'habitus geomorfologico è piuttosto irregolare e costituito da un paesaggio contraddistinto prevalentemente dalla presenza di terrazzi marini formatisi durante il Pleistocene e caratterizzati dall'affioramento dei terreni riferibili al complesso calcarenitico – sabbioso e dal complesso dei calcari di base, mentre il settore settentrionale risulta regolare e caratterizzato da rilievi dolci dove prevalgono i litotipi argillosi pliocenici.

Infatti, da un lato le litologie di tipo pseudocoerente, rappresentate dai termini argillosi, affiorano in corrispondenza di rilievi dall'andamento dolce e mammellonare, dall'altro quelle coerenti, ovvero le litologie conglomeratiche, calcarenitiche, calcaree e gessose, danno luogo a rilievi molto più acclivi e dall'andamento accidentato.

È quindi, possibile effettuare una prima grande distinzione in quattro zone ad assetto morfologico generale differente:

- una zona nella quale affiorano i termini argillosi e argillo-marnosi, caratterizzata da rilievi collinari a morfologia arro-tondata con versanti da poco a mediamente acclivi, con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni;*
- una zona in cui affiorano i termini calcarei e gessosi caratterizzata da rilievi acclivi a morfologia piuttosto accidentata, con frequenti rotture di pendenza e generalmente stabili;*
- una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali recenti caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie;*
- una zona sub-pianeggiante presente a varie quote, stabile dove affiorano i termini alluvionali terrazzati e calcarenitico-sabbiosi pleistocenici.*

Questa marcata differenziazione di origine “strutturale” viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta “erosione selettiva”, ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica e da quelle di scorrimento superficiale.”

Dalle osservazioni geomorfologiche condotte risulta che l’area non presenta particolari fenomeni di dissesto e di instabilità che potrebbero compromettere l’opera in progetto.

2.1 Inquadramento geologico

“Da quanto desumibile dalle indagini geognostiche, geofisiche e geo-tecniche in situ ed in laboratorio eseguite in questa prima fase, i terreni che costituiscono il volume geotecnicamente significativo delle opere in progetto sono riferibili alle seguenti litologie: a) Depositi alluvionali terrazzati; b) Gessi; c) Calcari di Base; d) Fm Terravecchia (Frazione argillosa); e) Argille plioceniche.”

...Omissis...

2.2 Idrogeologia

“Dal punto di vista idrogeologico l’area in studio è caratterizzata dall’affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 3 tipi di permeabilità prevalente:

- *Rocce permeabili per porosità: Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione calcarenitica cementata ed in quella sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi. Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi eluvio-colluviali ed ai depositi alluvionali.*
- *Rocce impermeabili: Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Si mette in evidenza, però, che l’acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione*

alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti al Complesso argilloso della Fm.Terravecchia e del Complesso argilloso pliocenico.

- Rocce permeabili per fratturazione e carsismo: Questa categoria comprende quelle rocce caratterizzate da una bassa o nulla porosità primaria ma che acquistano una permeabilità notevole a causa della fratturazione secondaria piuttosto articolata e dei fenomeni carsici per dissoluzione. Appartengono a questa categoria i litotipi afferenti ai Calcari di Base ed ai Gessi.”

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.

Saranno realizzate delle strade di accesso alle turbine necessarie alla gestione manutenzione degli impianti. Tali strade seguiranno, il più possibile, 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.

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.

Per quanto riguarda 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.

Gli impianti di rete per la connessione sono costituiti essenzialmente dalla stazione TERNA “Favara” che è esistente.

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 riparii 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

seguinte espressione:

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

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 μ_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.

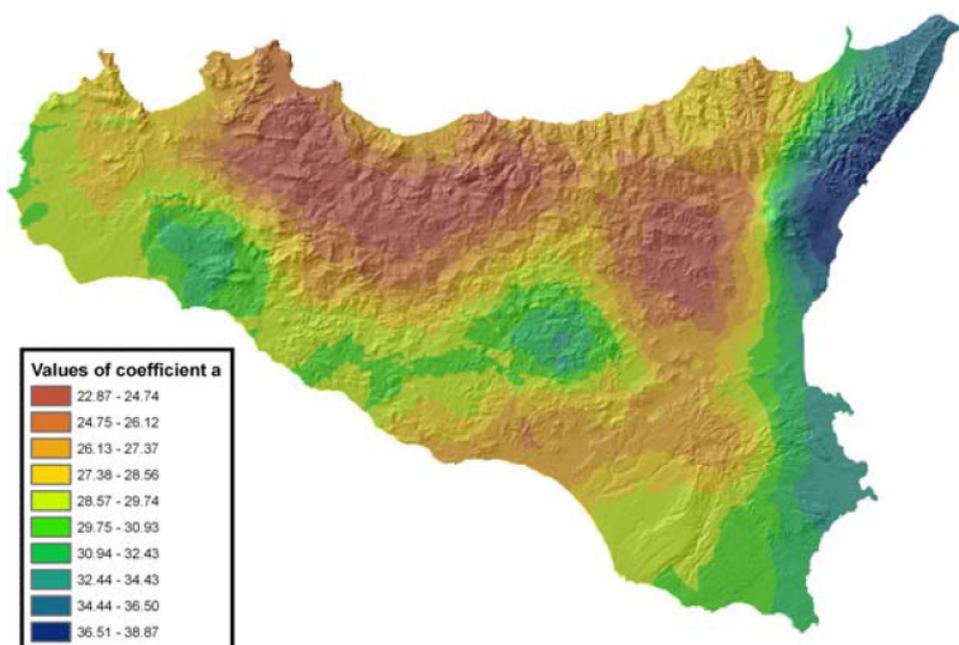


Fig. 5.2 Carta delle Iso-a per il territorio siciliano

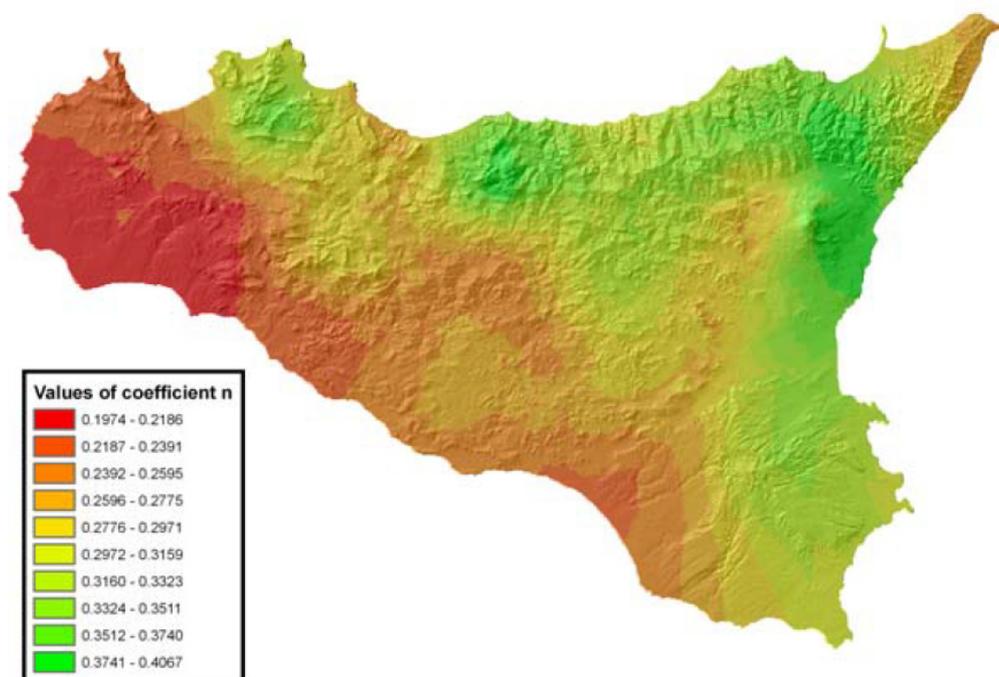


Fig. 5.3 Carta delle Iso-n per il territorio siciliano

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

$$a=30.34$$

$$n=0.2493$$

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 individuati 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	Castrofilippo (AG) Naro (AG)	13 3	377, 793 2, 47, 469	Donato	torrente Iacano		Tombino su strada comunale	1.352.712
I - 02	Naro (AG)	1	65,117	Tumminaro	impluvio naturale		Tombino su strada stradale n. 410	99.663
I - 03	Favara (AG)	33	34, 35, 109, 131	Pioppo	torrente Jacono		Ponte su strada stradale n.122	36.756.033
I - 04	Favara (AG)	32 33	130, 220 192, 242	Pioppo	affluente torrente Jacono		Ponte su strada stradale n.122	1.802.017
I - 05	Favara (AG)	32	69, 86, 87, 90, 276	Pioppo	affluente torrente Jacono		Ponte su strada stradale n.122	736.393
I - 06	Favara (AG)	31 32 42	115, Reg. Tazz. 32, Reg. Trazz. 157	Grazia	affluente torrente Jacono		Tombino su strada stradale n.122	63.881
I - 07	Favara (AG)	75	51, 53	Renazzo	Vallone		Tombino su strada provinciale n.3	494.013
I - 08	Favara (AG) Agrigento (AG)	75 143	51, 53 45, 46	Renazzo	Vallone		Tombino su strada provinciale n.3	387.238
I - 09	Favara (AG) Agrigento (AG)	24 133	63 152,180	Petrusa	Vallone		Ponte su strada provinciale n.3	347.249
I - 10	Favara (AG) Agrigento (AG)	20 13 23 133	42 240,241, 299 91 177	Petrusa	Vallone		Ponte su strada provinciale n.3	46.819.498
I - 11	Favara (AG)	13	174, 175, 176, 177, 178, 179	Dolcetta Fiorica	Vallone		Tombino su bivio Crocca-Caldaro	104.929
I - 12	Favara (AG)	7 6	165, 223 20, 27, 28	Piano Ciavola	Vallone		Tombino su strada comunale	205.910

Tab. 5.2 Bacini scolanti e relative aree

•Si riportano in allegato al presente progetto nelle tavole PECAN-P-0255_00 “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.

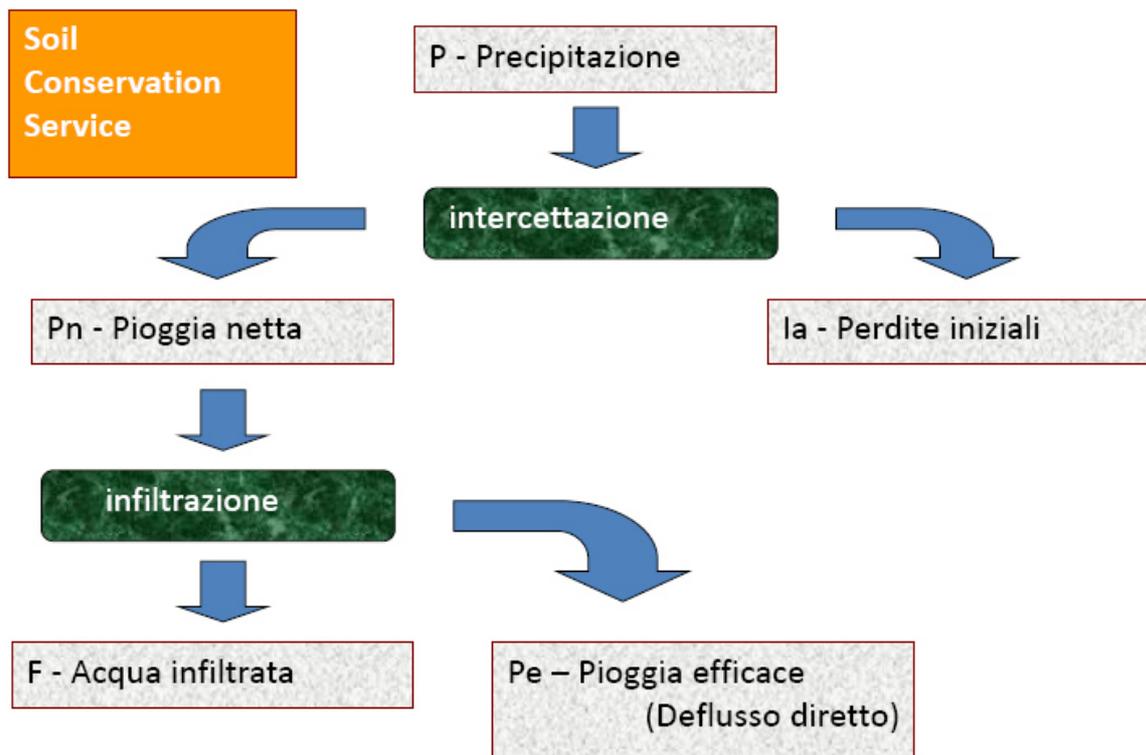


Figura 5.4 Determinazione pioggia netta da precipitazione

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.

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 osserva, 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 per il calcolo della portata di progetto.

Identificativo	calcolo tempo di corruzione										calcolo intensità di pioggia										calcolo pioggia efficace										calcolo portata di progetto				
	L	Disl	p	τc	t	T	a	b	K _T	a	n	m _c	h _{i,T}	i	P	Area bassa permeabilità [%]	CN	Area alta permeabilità [%]	CN	CN(I)	CN(II)	CN(III)	S	la	Pe	S _{bac}	Q	T.S.	Q _p						
[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]			[l]	[mm]	[l]	[l]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[mm]	[%]		[%]					[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m³/s]	%	[m³/s]						
I-01	1.301,73	45	0,034	17,87	0,30	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	22,43	57,81	194,14	57,81	39%	80,00	61%	50,00	61,58	78,85	68,14	13,63	47,38	1,35271	21,930	10	24,12							
I-02	636,33	56	0,088	7,15	0,12	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	17,86	46,02	385,91	46,02	53%	80,00	47%	50,00	65,79	81,73	56,78	11,36	43,14	0,09966	3,050	10	3,35							
I-03	12.853,77	318	0,025	117,99	1,97	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	35,91	92,55	47,06	92,55	47%	80,00	53%	50,00	64,22	80,67	60,85	12,17	45,75	36,75603	237,516	10	261,27							
I-04	4.198,22	117	0,028	47,88	0,79	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	28,64	73,80	93,05	73,80	50%	80,00	50%	50,00	65,00	81,20	58,81	11,76	31,85	1,80202	20,100	10	22,11							
I-05	1.339,23	79	0,059	14,80	0,25	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	21,40	55,16	223,60	55,16	71%	80,00	29%	50,00	71,21	85,19	44,17	8,83	23,72	0,73639	19,665	10	21,63							
I-06	359,66	67	0,186	3,45	0,06	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	14,89	38,38	666,58	38,38	0%	80,00	100%	50,00	50,00	69,93	109,22	21,84	2,17	0,06388	0,670	10	0,74							
I-07	1.118,33	129	0,115	9,97	0,17	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	19,39	49,98	300,89	49,98	1%	80,00	99%	50,00	50,15	70,06	108,56	21,71	5,84	0,49401	4,825	10	5,31							
I-08	1.362,64	211	0,155	10,35	0,17	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	19,58	50,46	292,42	50,46	16%	80,00	84%	50,00	54,67	73,72	90,56	18,11	8,51	0,38724	5,307	10	5,84							
I-09	1.360,03	261	0,192	9,51	0,16	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	19,17	49,41	311,55	49,41	80%	80,00	20%	50,00	73,83	86,83	38,52	7,70	21,68	0,34725	13,186	10	14,50							
I-10	11.465,06	327	0,028	102,35	1,71	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	34,66	89,33	52,36	89,33	62%	80,00	38%	50,00	68,51	83,50	50,21	10,04	48,54	46,81950	370,080	10	407,09							
I-11	525,93	30	0,057	7,30	0,12	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	17,95	46,25	380,10	46,25	100%	80,00	0%	50,00	80,00	90,29	27,31	5,46	24,43	0,10493	5,852	10	6,44							
I-12	829,38	10	0,012	18,65	0,31	100	0,4485	0,5117	2,58	30,34	0,2493	22,67	58,43	188,01	58,43	90%	80,00	10%	50,00	77,00	88,62	32,62	6,52	31,87	0,20591	5,866	10	6,45							

Tabella 5.4 Dati di calcolo verifiche idrauliche

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 PECAN-P-0255_00 “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 di progetto avverranno in subalveo, garantendo una distanza minima tra il letto dell’impluvio e l’estradosso del cavo di 2.00 m, oppure sulle spalle dei ponti esistenti non interferendo con la sezione idraulica di scolo. Quando la sezione del ponte lo consente il cavo sarà passato sulla carreggiata stradale avendo cura di mantenersi a profondità superiore a 1 m dal piano viabile.

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.

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'impiuvio naturale 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.

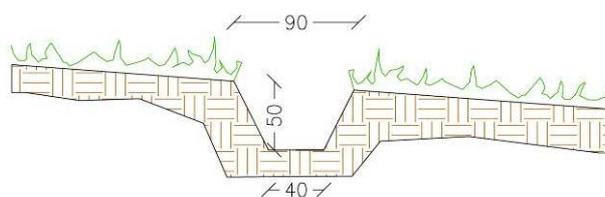


Figura 7.1 cunetta tipo C1

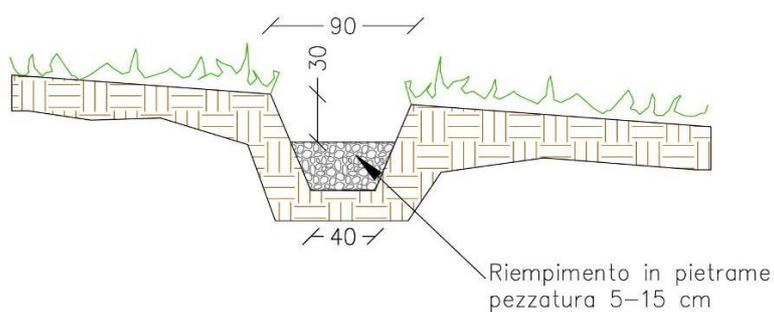


Figura 7.2 cunetta tipo C2

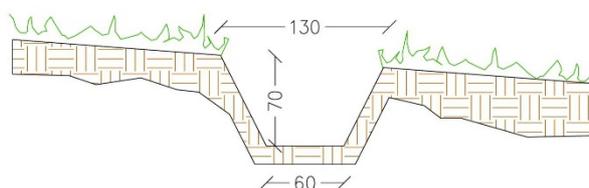


Figura 7.3 cunetta tipo C3

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	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Qp	verifica
cunetta	Ha			m	m	H/l	m ^{1/3} s ⁻¹	fondo	m	m	mq		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

Nella realizzazione di strade interne al parco si è prevista in progetto la posa di tubazioni idonee per dare continuità allo scolo delle acque.

Le tubazioni per l'attraversamento intubato delle opere delle acque pluviali sono progettate 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 % .

Il calcolo è stato condotto per tubazioni di diametro (Dn) di 630 mm, 800 mm e 1000 mm.

Le verifiche sono riportate nella tabella seguente.

Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base- De	Altezza - Di	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	R	V	Qmax	Q _p	verifica
Tombino				m	m	m ^{1/3} s ⁻¹		m	m	mq	m	m/s	mc/s	[m ³ /s]	
T-01	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,63	0,54	80	2,0%	0,51	1,44	0,221	0,15	3,24	0,71	0,62	Verifica
T-02	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	0,80	0,68	80	2,0%	0,64	1,82	0,354	0,19	3,79	1,34	1,11	Verifica
T-03	Tombino su strada interna	Circolare	PEAD	1,00	0,85	80	2,0%	0,81	2,29	0,558	0,24	4,41	2,46	2,07	Verifica

Tabella 7.2 Calcolo di progetto tombini

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

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 e dei tombini 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.