

REGIONE SICILIA
Provincia di Palermo
COMUNE DI CAMPOREALE

PROGETTO

POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE



PROGETTO ESECUTIVO

COMMITTENTE

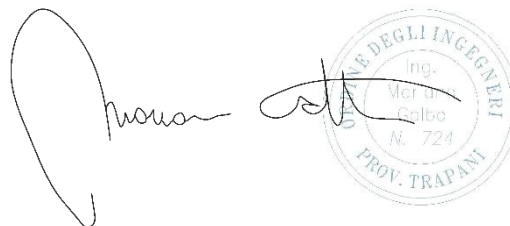
ERG Wind Energy



PROGETTISTA:



Hydro Engineering s.s.
di Damiano e Mariano Galbo
via Rossotti, 39
91011 Alcamo (TP) Italy



OGGETTO DELL'ELABORATO:

RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO

CODICE PROGETTISTA	DATA	SCALA	FOGLIO	FORMATO	CODICE DOCUMENTO				
					IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.
	Luglio 2022	/	1 di 25	A4	CAM	EXE	REL	0004	00

NOME FILE: CAM-EXE-REL-0004_00.docx

ERG Wind Energy S.r.l. si riserva tutti i diritti su questo documento che non può essere riprodotto neppure parzialmente senza la sua autorizzazione scritta.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	2
CAM	EXE	REL	0004	00		

Storia delle revisioni del documento

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	Luglio 2022	PRIMA EMISSIONE	FG	VF	MG

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	3
CAM	EXE	REL	0004	00		

INDICE

1.	PREMESSA.....	4
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3.	PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA.....	8
3.1.	OPERE IN PROGETTO	9
4.	MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI.....	18
4.1.	INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA	18
4.2.	IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO	19
4.3.	IL CALCOLO DELLE PORTATE	20
5.	VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO	24

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	4
CAM	EXE	REL	0004	00		

1. PREMESSA

La società Erg Wind Energy a r.l., avente sede legale presso Torre WTC, Via De Marini 1, 16149 Genova è stata autorizzata ai sensi dell'art.12, comma3 del D.lgs. 29/12/2003 n.387 e s.m.e.i , allo smantellamento dei 24 aerogeneratori esistenti e alla realizzazione e all'esercizio di un nuovo impianto eolico di potenza complessiva pari a 50,4 MW, da realizzarsi nel Comune di Camporeale (PA, costituito da dodici aerogeneratori aventi potenza ciascuno di 4,20 MW (contraddistinti dalle sigle R-CR01, R-CR02, R-CR03, R-CR04, R-CR05, R-CR07, R-CR08, R-CR09, R-CR10, R-CR11, R-CR12 e R-CR13) e dalle opere connesse e le infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto stesso tra cui anche le opere per la connessione alla rete elettrica.

La presente relazione descrive gli interventi per la raccolta e l'allontanamento delle acque meteoriche dalle superfici stradali e dalle piazzole del parco eolico di Camporeale.

Il sistema di fossi di guardia previsti in progetto e degli opportuni sistemi di recapito rispetta l'equilibrio idrogeologico preesistente.

Le scelte progettuali sono state condotte in modo tale da avere opere ad *“impatto zero”* sull'esistente reticolo idrografico, recapitando le acque superficiali convogliate dai fossi di guardia presso gli impluvi ed i solchi di erosione naturali.

I punti di scarico dei fossi di guardia saranno realizzati, ove necessario, in uno con opere di dissipazione finalizzate al rallentamento della corrente idraulica ed alla limitazione dei fenomeni erosivi. Si evidenzia inoltre come, per la realizzazione dell'impianto eolico in oggetto, verrà realizzata ex novo solamente una piccola porzione di viabilità. Lungo quest'ultima, non si verranno a creare interferenze con impluvi demaniali esistenti o con affluenti di impluvi demaniali esistenti: gli scarichi avverranno in corrispondenza di impluvi naturali (di modesta entità e non censiti). Verrà garantito l'inserimento delle acque di scarico senza alterare il regime idrogeologico attuale, facendo attenzione che l'immissione in piccoli impluvi esistenti e/o piccoli solchi di erosione esistenti avvenga con angoli inferiori o uguali ai 30°.

Inoltre, si precisa che gli scarichi delle acque meteoriche negli impluvi naturali saranno di modesta entità in riferimento alle superfici degli esistenti bacini naturali che scaricano a valle e che peraltro non si andranno a realizzare in alcun modo superfici impermeabili e pertanto in alcun punto sarà alterato il reticolo di drenaggio esistente.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	5
CAM	EXE	REL	0004	00		

L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di intercettare e allontanare tempestivamente le acque dalla sede stradale, al fine di garantire la vita utile della viabilità e delle opere civili, riducendo le operazioni di manutenzione al minimo indispensabile.

La relazione in oggetto, oltre il presente capitolo, è composta da ulteriori n°2 capitoli, di cui di seguito un breve riepilogo:

- *Capitolo 2 – Inquadramento territoriale:* vengono riportate le informazioni necessarie per l'individuazione cartografica del sito.
- *Capitolo 3 – Progetto delle opere di regimazione:* illustra i criteri e le linee guida utilizzate per gli interventi in progetto e descrive le opere idrauliche previste;
- *Capitolo 4 – Modello Afflussi – deflussi;*
- *Capitolo 5 – Verifiche delle portate di progetto.*

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	6
CAM	EXE	REL	0004	00		

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Gli aerogeneratori del nuovo impianto sono denominati con le sigle R CR01, R CR02, ..RCR013 e saranno collocati in agro del Comune di Camporeale in provincia di Palermo all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 249-III-SO-Balestrate, 258-IV-NO-Alcamo, 258-IV-SO-Monte Pietroso, 258-IV-SE-Camporeale.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 594130, 607010, 607050, 607060.
- Fogli di mappa nn. 3, 4, 5, 8, 10 del Comune di Camporeale.
- Fogli di mappa nn. 98, 106, 114, 115, 116, 119, 121, 124 del Comune di Partinico.
- Fogli di mappa nn. 103, 104, 111 del Comune di Monreale.

La linea ideale che congiunge gli assi degli aerogeneratori si sviluppa in direzione Ovest-Est (c/da Giardinello, Monte Pietroso e Monte Spezza Pignatte). Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 dei nuovi aerogeneratori:

WTG	E	N
R-CR01	327.032,56	4.196.935,01
R-CR02	327.371,13	4.196.849,54
R-CR03	327.712,84	4.196.938,75
R-CR04	328.064,88	4.196.954,28
R-CR05	328.417,93	4.196.951,14
R-CR07	329.377,02	4.197.039,24
R-CR08	329.727,39	4.196.981,92
R-CR09	330.079,62	4.196.925,53
R-CR10	330.424,06	4.196.899,27
R-CR11	330.780,89	4.196.807,12
R-CR12	331.162,98	4.196.635,73
R-CR13	331.598,84	4.196.835,82

Tab. 1 Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 33 WGS84

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	7
CAM	EXE	REL	0004	00		

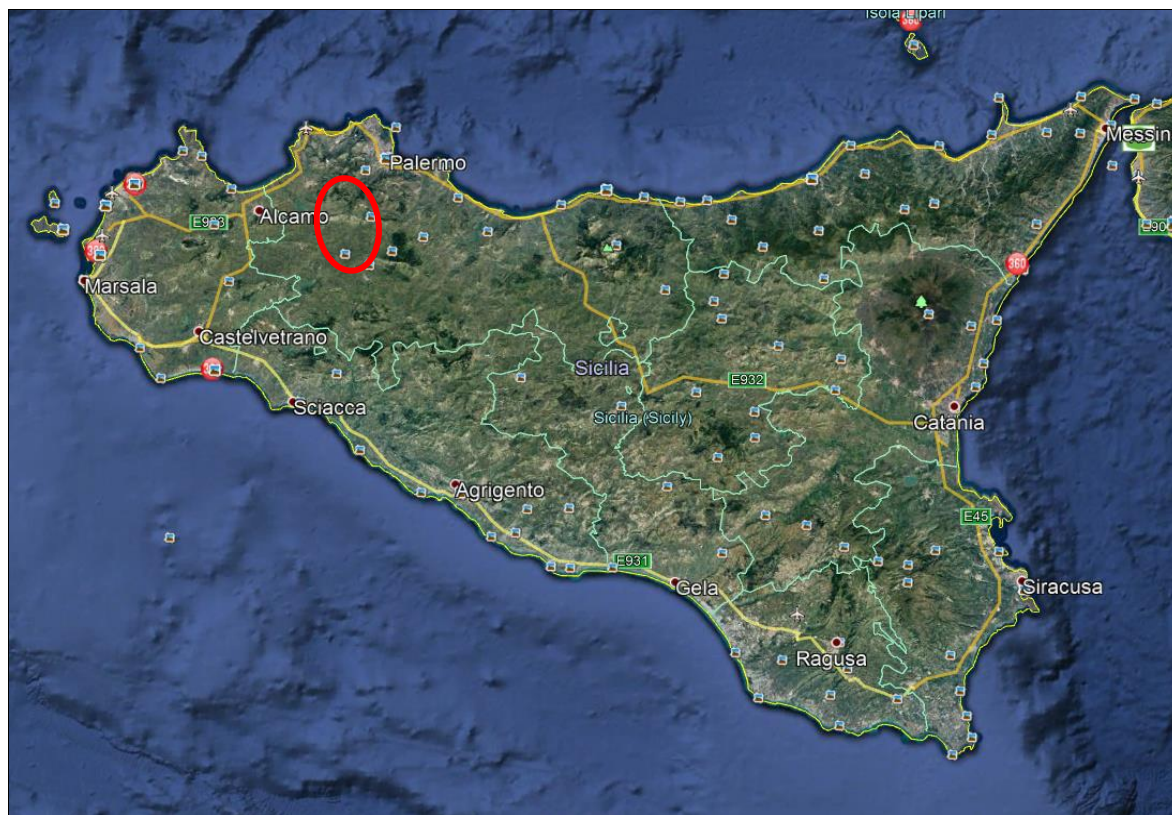


Fig.1 - Ubicazione area di impianto da satellite

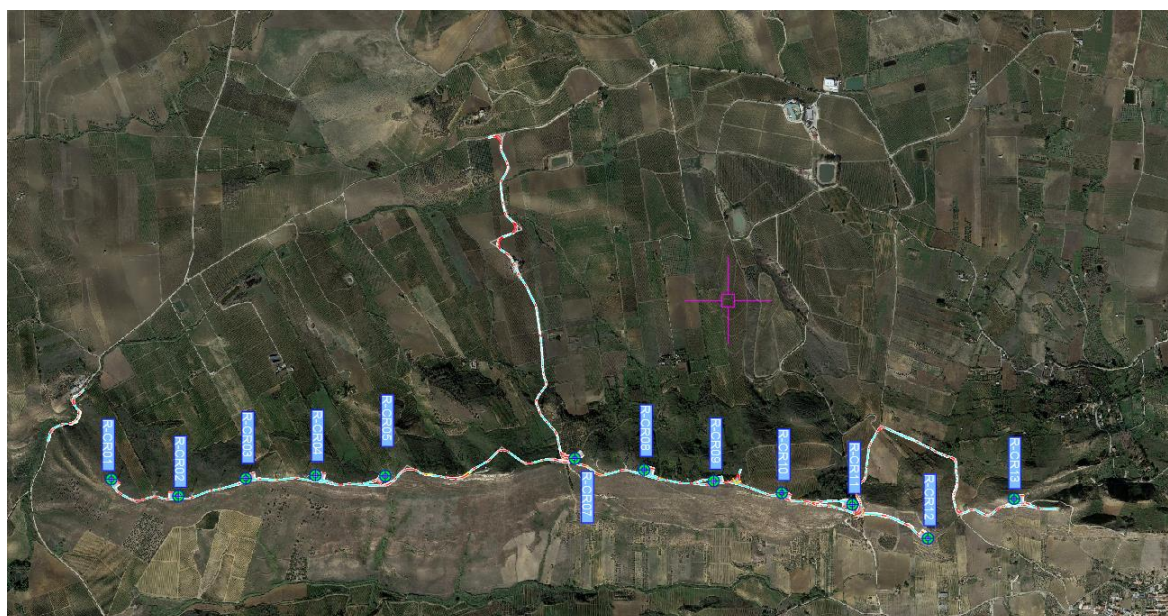


Fig.2- Inquadramento impianto su ortofoto

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	8
CAM	EXE	REL	0004	00		

3. PROGETTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

La durabilità delle strade e delle piazzole di un parco eolico è garantita da un efficace sistema idraulico di allontanamento e drenaggio delle acque meteoriche.

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

- i. mantenimento delle condizioni di “equilibrio idrogeologico” preesistenti agli interventi di potenziamento dell'impianto eolico attualmente presente;
- ii. regimazione e controllo delle acque che defluiscono lungo la viabilità del parco in progetto, attraverso la realizzazione di una adeguata rete drenante, volta a proteggere le infrastrutture del parco eolico.

Il *leitmotiv* della progettazione delle opere ha riguardato la salvaguardia ambientale, l'utilizzo di tecniche di bioingegneria, in uno con la gestione economica ed ecocompatibile delle risorse naturali secondo i principi dello sviluppo sostenibile.

Tutte le opere di natura idraulica sono adottate nel rispetto del principio di invarianza idraulica, ovvero l'assenza di variazione di portata sui corpi idrici esistenti.

Il tracciato delle opere di regimazione è stato definito a partire dal rilievo 3D *Drone* dell'area e dalla riprogettazione della viabilità del parco, individuando le vie preferenziali di deflusso, gli impluvi (ed i solchi di erosione) interferenti con le opere in progetto nonché le caratteristiche plano-altimetriche dei tracciati.

La viabilità esistente sarà interessata da un'analisi dello stato di consistenza delle opere idrauliche già presenti: laddove necessario, tali opere idrauliche verranno ripristinate e/o riprogettate per garantire la corretta raccolta ed allontanamento delle acque defluenti dalla sede stradale, dalle piazzole o dalle superfici circostanti. Le opere idrauliche in progetto sono descritte nel paragrafo seguente.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	9
CAM	EXE	REL	0004	00		

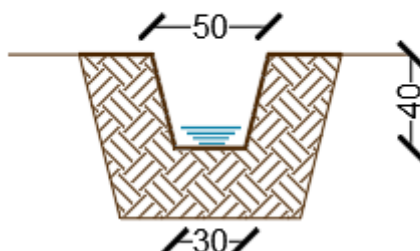
3.1. OPERE IN PROGETTO

Le opere idrauliche previste in progetto sono le seguenti:

Fossi di guardia in terra "Tipo A" ($Q \leq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e pendenza $i \leq 6,00\%$), aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

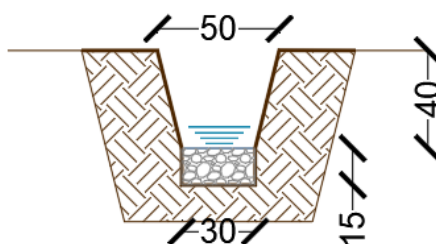
<i>Sezione trapezia</i>	
Larghezza base [m]	0,30
Larghezza in superficie [m]	0,50
Altezza [m]	0,40

Fosso di guardia in terra "Tipo A"
Scala 1:50



Nei tratti con pendenze comprese tra 6,00 e 11,00% tali fossi di guardia (**Tipo A_P**) presentano il fondo rivestito con pietrame di media pezzatura ($d=5-10 \text{ cm}$), per uno spessore di 15 cm, al fine di ridurre l'azione erosiva della corrente idrica.

Fosso di guardia in terra "Tipo A_P"
Scala 1:50



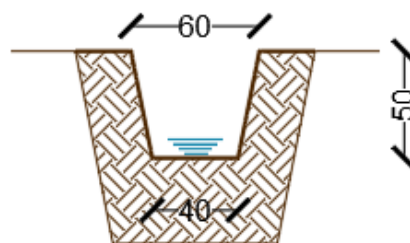
Fossi di guardia in terra "Tipo B" per $Q \geq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e pendenza $i \leq 6,00\%$, aventi le

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	10
CAM	EXE	REL	0004	00		

seguenti caratteristiche geometriche:

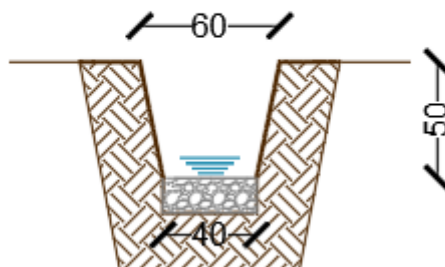
<i>Sezione trapezia</i>	
Larghezza base [m]	0,40
Larghezza in superficie [m]	0,60
Altezza [m]	0,50

Fosso di guardia in terra "Tipo B"
Scala 1:50



Anche il fosso di guardia “tipo B_P”, nei tratti con pendenze comprese tra 7,00 e 11,00%, presenta il **fondo rivestito con pietrame** di media pezzatura (d=5-10 cm), per uno spessore complessivo di 15 cm, ed assume la denominazione “tipo BP”.

Fosso di guardia in terra "Tipo B_P"
Scala 1:50

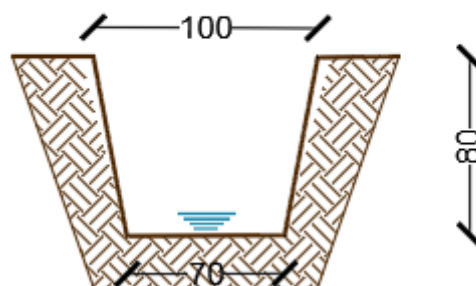


CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	11
CAM	EXE	REL	0004	00		

Fossi di guardia in terra "Tipo C" per $Q \geq 0,08 \text{ m}^3/\text{s}$ e pendenza $i \leq 6,00\%$, aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

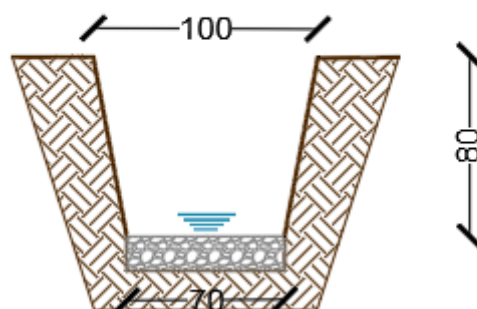
Sezione trapezia	
Larghezza base [m]	0,7
Larghezza in superficie [m]	1,0
Altezza [m]	0.8

Fosso di guardia in terra "Tipo C"
Scala 1:50



Nei tratti con pendenze comprese tra 6,00 e 11,00% tali fossi di guardia (**Tipo C_P**) presentano il **fondo rivestito con pietrame** di media pezzatura ($d=5-10 \text{ cm}$), per uno spessore di 15 cm, al fine di ridurre l'azione erosiva della corrente idrica.

Fosso di guardia in terra "Tipo C_P"
Scala 1:50

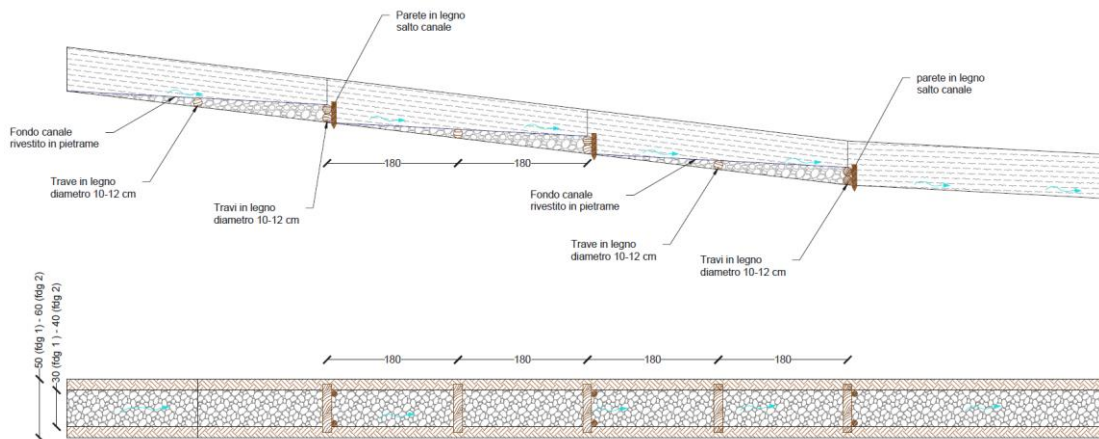


In alcuni tratti con pendenze superiori all'11% (e fino al 18,8%) - i fossi di guardia (tipo A, B e C) saranno "integrati" con **briglie filtranti in legname** (e denominati, rispettivamente, "APS" e "BPS"). Tali briglie (fig. 3.1) sono poste in opera con una interdistanza pari a circa

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	12
CAM	EXE	REL	0004	00		

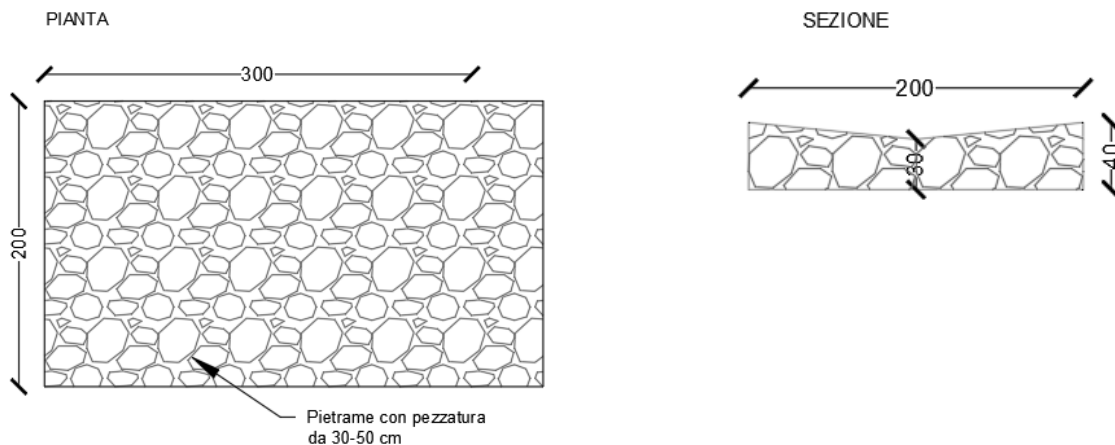
3,60 m; esse sono realizzate con paletti in castagno infissi nel terreno, aventi un diametro di 10-12 cm ed una lunghezza variabile tra 0,5 e 0,8 m.

L'altezza fuori terra della briglia è pari a 0,30 m. Lo scopo è quello di ridurre la pendenza del fosso di guardia, attraverso il deposito del materiale solido, limitando così l'azione erosiva della corrente.



Opere di dissipazione: tali opere 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 ($D > 15-20$ cm), con differente geometria in funzione delle caratteristiche della corrente in uscita e del corpo idrico ricettore.

OPERA DI DISSIPAZIONE A PROTEZIONE DELLA SEZIONE DI SCARICO - Scala 1:50



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	13
CAM	EXE	REL	0004	00		

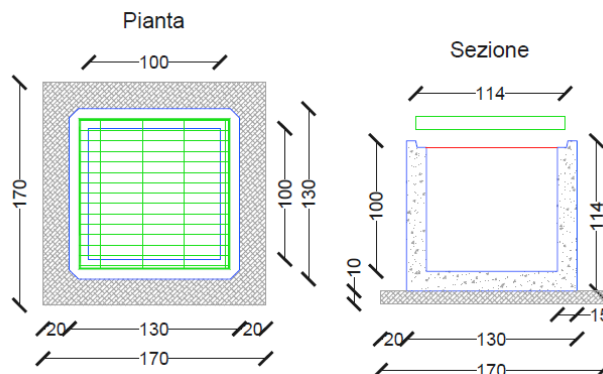


Figura 3: Sistema di fossi di guardia con fondo rivestito in pietrame e briglie.

Pozzetti in cls prefabbricato, aventi dimensioni interne 100x100 cm e spessore delle pareti

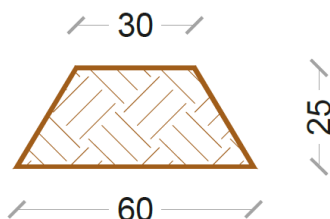
CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	14
CAM	EXE	REL	0004	00		

pari a 0,15 m; l'altezza sarà variabile in funzione delle peculiarità delle quote dei fossi di guardia (o delle tubazioni in HDPE CRG) in ingresso e uscita.



Arginelli in terra (nei tratti in rilevato) aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

Larghezza base [m]	0,60
Larghezza in superficie [m]	0,30
Altezza [m]	0,25



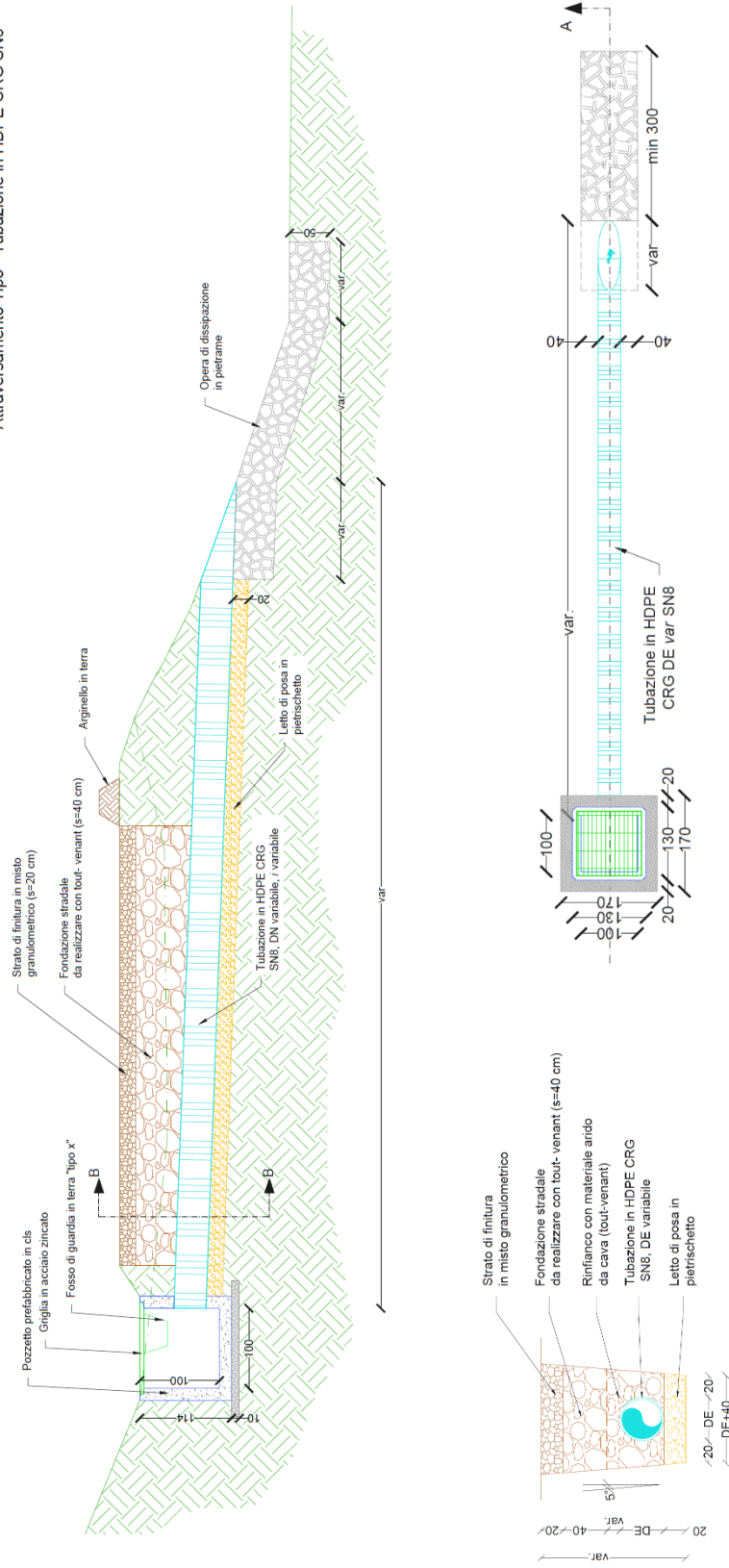
Attraversamenti “Tipo T” in corrispondenza dei punti di scarico: tale tipologia di attraversamento è necessaria per lo scarico - presso gli impluvi esistenti - delle acque meteoriche (di piattaforma e provenienti dai versanti) intercettate dai fossi di guardia.

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

Di seguito si riportano— a titolo di esempio— un’immagine delle sezioni longitudinali e trasversali dell’*attraversamento tipo* ed una pianta dello stesso attraversamento.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAM	EXE	REL	0004	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	15

Attraversamento Tipo - Tubazione in HDPE CRG SN8

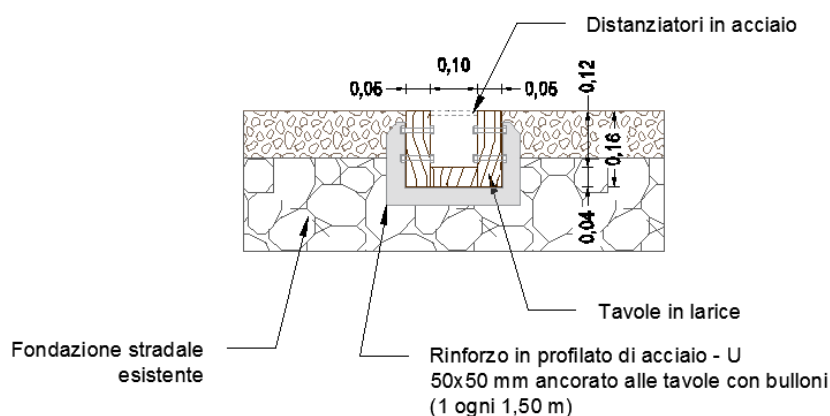


CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	16
CAM	EXE	REL	0004	00		

Canalette in legname per tagli trasversali alla viabilità, per i tratti con pendenza superiore a 15%, aventi le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>Sezione rettangolare</i>	
Larghezza base [m]	0,10
Spessore [m]	0,05
Altezza [m]	0,12

Tali opere trasversali a cielo aperto assolvono essenzialmente la funzione di limitare la lunghezza del percorso dell'acqua sul piano stradale convogliandola presso i fossi di guardia in progetto.



Esse, interrompendo lo scorrimento dell'acqua, ne riducono il potere erosivo, limitando la formazione di solchi e l'approfondimento delle tracce lasciate dalle ruote dei veicoli.

La distanza tra le canalette è sicuramente l'elemento di maggior interesse progettuale. In generale, essa deve garantire lo smaltimento del deflusso superficiale prodotto sulla sede stradale e di quello sotto superficiale intercettato, limitare l'erosione del fondo stesso ed evitare la formazioni di solchi, ma al contempo garantire una qualità di transito ragionevole. **Nel caso in esame, nei tratti di utilizzo, si è deciso di installare una canaletta ogni 50-60 m.**

L'orientamento scelto è 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. La pendenza trasversale delle canalette deve infatti garantire lo smaltimento del deflusso prodotto dal tratto di strada sotteso ed evitare la deposizione almeno del materiale più fine. A tale scopo la pendenza non è inferiore al 3-4%.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	17
CAM	EXE	REL	0004	00		

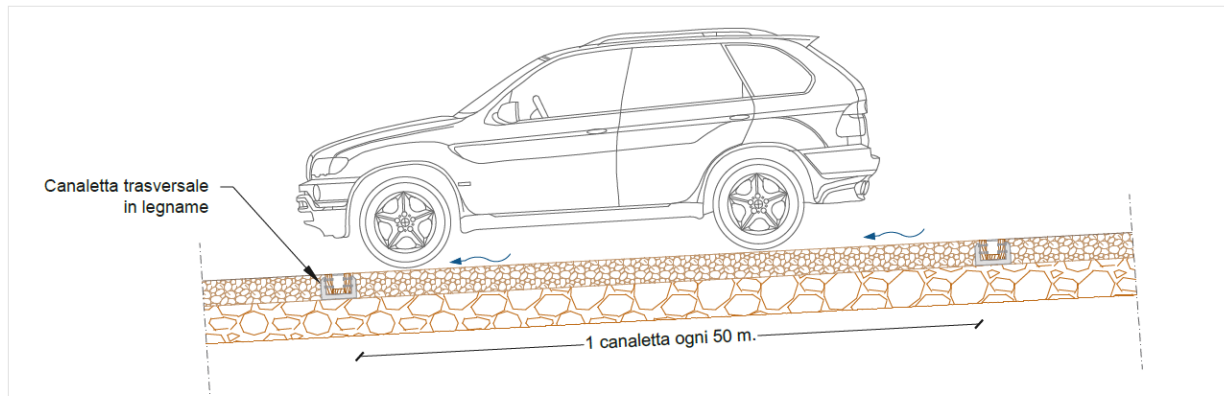


Figura 4: Sezione longitudinale con ubicazione delle canalette in legno.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	18
CAM	EXE	REL	0004	00		

4. MODELLO AFFLUSSI DEFLUSSI

Le portate di progetto sono state calcolate attraverso *metodi indiretti*, che consentono la determinazione delle portate di piena a partire dalle precipitazioni che si abbattano sui diversi bacini. Nello specifico, si è valutata la portata di piena con la *formula razionale*.

La *formula razionale* consente la valutazione della portata di piena di assegnato tempo di ritorno T mediante la seguente relazione:

$$Q_T = \frac{\varphi \cdot i_T \cdot S}{3,6}$$

ove:

- Q_T è la portata di piena di assegnato tempo di ritorno T ed è espressa in m³/s;
- φ è il coefficiente di afflusso, adimensionale;
- i_T è l'intensità critica della precipitazione di assegnato tempo di ritorno (corrispondente al tempo di corrivazione) in mm/h;
- S è la superficie del bacino espressa in km²;
- 3,6 è un fattore di conversione delle unità di misura.

La modellazione matematica dei fenomeni idrologico-idraulici, innescati dalle precipitazioni sull'area di progetto, segue il processo descritto nei paragrafi seguenti.

4.1. INDIVIDUAZIONE DELLA PIOGGIA CRITICA

Dopo avere ricostruito le relazioni intensità-durata-frequenza (IDF, espresse dalla c.p.p.) è necessario individuare la *l'intensità critica* della precipitazione, cioè l'intensità costante di quella pioggia, supposta anche uniformemente distribuita sul bacino, che determina la portata massima nell'idrogramma di piena di tempo di ritorno T.

La pioggia critica è quella di intensità pari al tempo di corrivazione o di concentrazione τ_c , definito come segue:

- il tempo di corrivazione di un bacino è quello necessario alla goccia di pioggia che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino;
- il tempo di corrivazione è quel tempo che, una volta eguagliato dalla durata della precipitazione (precipitazione *critica*, ovvero che mette in crisi la rete idrografica), determina il raggiungimento del valore più elevato di portata nella sezione di chiusura del bacino.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	19
CAM	EXE	REL	0004	00		

Esso può essere calcolato tramite diverse formule; nel caso in esame, e cioè per piccoli bacini (aventi estensione inferiore a 1 km²), il tempo di corrivazione è calcolato attraverso la formula di Kirpich:

$$t_c = 0.01947 \frac{L^{0.77}}{i^{0.385}}$$

dove τ_c è espresso in minuti, L (lunghezza dell'asta principale, a partire dallo spartiacque) è espressa in metri ed i è la pendenza media del percorso (m/m).

4.2. IL COEFFICIENTE DI AFFLUSSO

L'infiltrazione costituisce il fenomeno di maggiore rilevanza per la determinazione del bilancio tra pioggia sul bacino e pioggia efficace ai fini del deflusso nei bacini scolanti. Nell'applicare un modello afflussi-deflussi risulta pertanto necessario quantificare le perdite per infiltrazione allo scopo di potere valutare la pioggia netta, ovvero quella che dà effettivamente luogo al deflusso.

Nel presente studio, all'interno della formula razionale, è stato utilizzato il *metodo del coefficiente di afflusso* Φ . Tale coefficiente rappresenta il rapporto tra il volume totale di deflusso e il volume totale di pioggia caduto sull'area sottesa ad una data sezione, e il suo uso comporta considerare le perdite proporzionali all'intensità media di pioggia.

La stima del valore di φ , relativamente a ciascuna superficie omogena (tipo di suolo, tessitura, caratteristiche locali di permeabilità) è stata condotta facendo riferimento ai valori tabellati da Benini (*Sistemazioni idraulico-forestali*, 1990) in fig.4.1.

La valutazione del coefficiente di afflusso tiene in conto due aspetti principali:

- la tipologia di uso del suolo;
- la geologia delle aree di interesse, volta alla analisi della permeabilità del sottosuolo.

Da un'analisi del "Corine Land Cover IV Livello - 2012", emerge quanto segue:

i crinali sui quali sorge l'impianto eolico esistente e sui quali sorgeranno gli aerogeneratori oggetto di repowering sono caratterizzati da superfici così definite:

- I Livello – Territori boscati e ambienti semi-naturali
- II Livello – Zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea;
- III Livello – Area a pascolo e praterie;
- IV Livello – Praterie continue.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	20
CAM	EXE	REL	0004	00		

Per quanto riguarda la geologia, è stata condotta un'analisi basata sullo studio delle carte geologiche e sullo studio geologico a corredo del presente progetto.

Nello specifico sono stati individuati suoli di natura rocciosa con arenarie e conglomerati talora torbidity. Generalmente il grado di fratturazione più o meno elevato determina la permeabilità del citato litotipo

Per tali ragioni il coefficiente di afflusso per la determinazione delle portate di calcolo è stato posto pari a 0,30.

Tipo di suolo	Copertura del bacino		
	Coltivazioni	Pascoli	Boschi
Molto permeabile (sabbioso o ghiaioso)	0.20	0.15	0.10
Mediamente permeabile (Terreni di medio impasto, Terreni senza strati di argilla)	0.40	0.35	0.30
Poco Permeabili (Suoli argillosi, con strati di argilla in prossimità della superficie, suoli poco profondi su substrato roccioso impermeabile)	0.50	0.45	0.40

Figura 4.1: Valori del coefficiente ϕ del metodo razionale per diversi tipi di superficie, in funzione della tipologia di suolo e della copertura del bacino (Benini, 1990 e Ferro, 2006).

4.3. IL CALCOLO DELLE PORTATE

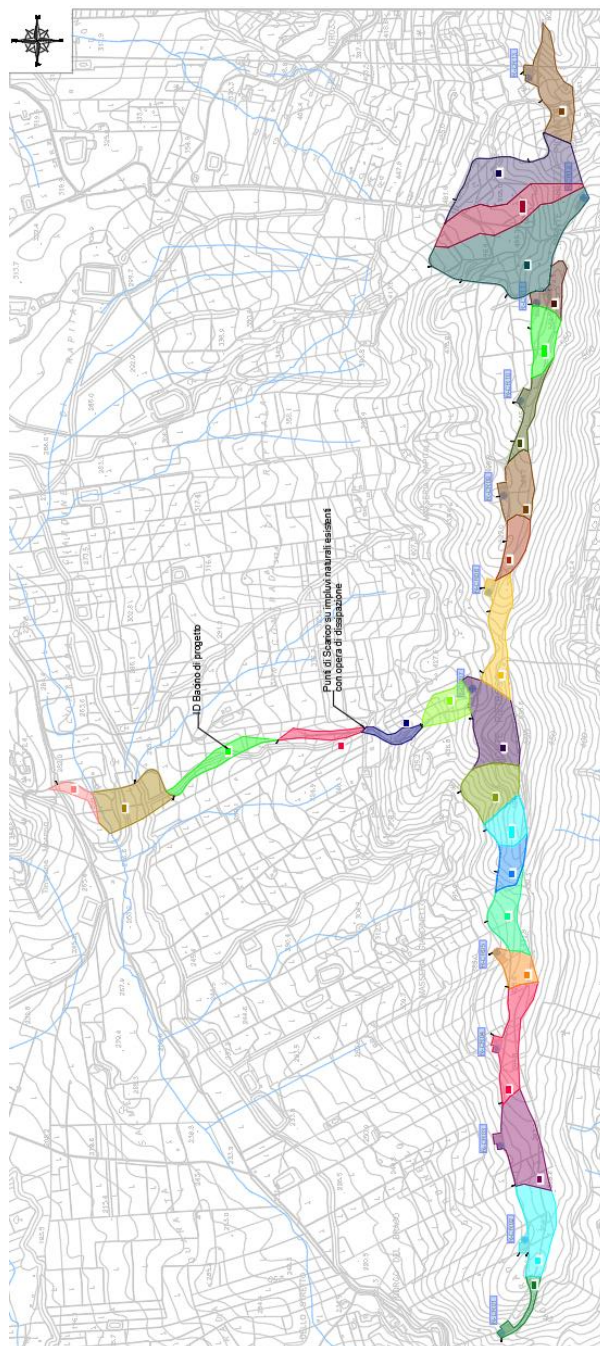
Per ciascun bacino (così come individuato nell'allegato grafico della relazione Idrologica CAM-ENG-REL-0037_01) si sono calcolate le portate Q per il tempo di ritorno di interesse (T=50 anni), insieme agli altri parametri posti alla base del calcolo che sono riassunti nelle tabelle sottostanti. Nello specifico, le grandezze caratteristiche poste a base dei calcoli, insieme alle rispettive U.M. sono:

- ID Bacino delle varie aree dell'impianto Eolico Camporeale;
 - Superficie del bacino drenante S (sia in m² che in km²);
 - Lunghezza dell'asta principale L (in m);
 - Quota massima dell'asta principale, H_{max} (m);
 - Quota minima dell'asta principale, H_{min} (m);
 - Dislivello geodetico tra gli estremi dell'asta, (Differenza tra quota massima e quota minima dell'asta principale) Δh (m);
 - Coefficiente di afflusso φ;
 - Valore dell'intensità critica i_T (mm/h);
 - Portata al colmo della piena, Q, (in m³/s);

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	21
CAM	EXE	REL	0004	00		

Le tabelle che seguono sono pertanto relative al calcolo della portata di progetto (relativa a ciascun bacino) causata da un evento pluviometrico critico di fissato tempo di ritorno T (pari a 50 anni).

I bacini di riferimento sono graficamente individuati nell'elaborato grafico di progetto allegato alla relazione idrologica CAM-ENG-REL-0037_01, di cui si riporta un estratto a seguire:



CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAM	EXE	REL	0004	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	22

ID Bacino	Superficie S		Lunghezza asta principale L (m)	Δh	Pendenza media del percorso i	Tempo di corruzione tc		Coefficiente di afflusso φ	Intensità critica (h<1 ora)	Portata critica Q _T
	[m ²]	[km ²]				Formula	[min]			
B01	6740	0,006740	270,00	40,00	14,81%	Kirpich	3,03	0,30	381,05	0,214
B02	33080	0,033080	240,00	30,00	12,50%	Kirpich	2,95	0,30	387,01	1,067
B03	41135	0,041135	350,00	58,00	16,57%	Kirpich	3,54	0,30	346,10	1,186
B04	29660	0,029660	295,00	42,00	14,24%	Kirpich	3,29	0,30	362,00	0,895
B05	14401	0,014401	110,00	33,00	30,00%	Kirpich	1,15	0,30	688,31	0,826
B06	31010	0,031010	230,00	75,00	32,61%	Kirpich	1,97	0,30	495,33	1,280
B07	13650	0,013650	191,00	45,00	23,56%	Kirpich	1,94	0,30	500,82	0,570
B07bis	17300	0,017300	166,00	55,00	33,13%	Kirpich	1,53	0,30	580,08	0,836
B08	31770	0,031770	235,00	100,00	42,55%	Kirpich	1,81	0,30	522,17	1,382
B09	44250	0,044250	261,00	90,00	34,48%	Kirpich	2,13	0,30	472,79	1,743
B10	28980	0,028980	110,00	21,00	19,09%	Kirpich	1,37	0,30	618,56	1,494
B11	15211	0,015211	116,00	20,00	17,24%	Kirpich	1,49	0,30	588,87	0,746
B12	24270	0,024270	213,00	45,00	21,13%	Kirpich	2,20	0,30	463,56	0,938

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV		
CAM	EXE	REL	0004	00	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	23

ID Bacino	Superficie S		Lunghezza asta principale L (m)	Δh	Pendenza media del percorso i	Tempo di corruzione tc		Coefficiente di afflusso φ	Intensità critica (h<1 ora)	Portata critica Q _T
	[m ²]	[km ²]				Formula	[min]			
B13	14010	0,014010	290,00	24,00	8,28%	Kirpich	4,00	0,30	321,02	0,375
B13bis	19850	0,019850	116,00	32,00	27,59%	Kirpich	1,24	0,30	658,07	1,089
B14	13010	0,013010	190,00	32,00	16,84%	Kirpich	2,20	0,30	463,76	0,503
B15	100430	0,100430	650,00	120,00	18,46%	Kirpich	5,47	0,30	264,96	2,218
B15bis	45205	0,045205	560,00	115,00	20,54%	Kirpich	4,68	0,30	291,55	1,098
B16	62250	0,062250	495,00	115,00	23,23%	Kirpich	4,06	0,30	318,21	1,651
B17	35700	0,035700	192,00	50,00	26,04%	Kirpich	1,87	0,30	511,55	1,522
B18	17960	0,017960	222,00	25,00	11,26%	Kirpich	2,89	0,30	391,75	0,586
B19	7002	0,007002	240,00	70,00	29,17%	Kirpich	2,13	0,30	472,83	0,276
B20	8370	0,008370	305,00	50,00	16,39%	Kirpich	3,20	0,30	368,42	0,257
B21	14960	0,014960	430,00	55,00	12,79%	Kirpich	4,58	0,30	295,36	0,368
B22	36115	0,036115	290,00	40,00	13,79%	Kirpich	3,29	0,30	362,22	1,090
B23	5980	0,005980	190,00	20,00	10,53%	Kirpich	2,63	0,30	415,00	0,207

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	24
CAM	EXE	REL	0004	00		

5. VERIFICA DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il dimensionamento delle opere idrauliche è stato condotto in due differenti fasi:

- una prima fase di pre-dimensionamento nella quale è stata assegnata, a ciascuna tipologia di opera idraulica una sezione “tipo”, in funzione dell’orografia, della pendenza, delle necessità tecniche e della estensione delle superfici scolanti sottese alla sezione di scarico;
- una seconda fase di verifica della capacità idraulica dei canali, prevedendo un franco minimo di 4 cm per ragioni di sicurezza.

La verifica della capacità idraulica delle opere è stata effettuata in condizioni di moto uniforme, utilizzando la formula di Chezy:

$$Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

- Q è la portata che defluisce nel fosso di guardia (m³/s);
- χ è il coefficiente di scabrezza;
- A è l’area della sezione bagnata (in m²);
- R è il raggio idraulico (in m), dato dal rapporto tra la sezione idrica ed perimetro bagnato P;
- i è la pendenza del canale.

Per il valore del coefficiente χ , si è scelto di usare la formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = k_s \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

in cui k_s è l’indice di scabrezza di *Gauckler-Strickler*, (in m^{1/3}·s⁻¹); in questo caso l’espressione della scala delle portate di moto uniforme si semplifica, risultando particolarmente adeguata ai problemi di progetto:

$$Q = k_s \cdot A \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

La scelta della formula per il calcolo del coefficiente χ ha un’importanza marginale rispetto alla possibilità di scegliere un valore adeguato dell’indice di scabrezza che vi figura; i valori sono stati desunti da Chow W.T. (*Applied hydrology*, 1988).

Per i fossi di guardia in terra è stato scelto un indice di scabrezza k_s pari a 37 m^{1/3}·s⁻¹ (corrispondente a canali in terra poco inerbiti). Di seguito, per ciascun bacino, si riporta una tabella di riepilogo con i seguenti elementi:

- Tipologia del fosso di guardia adottato;

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	25
CAM	EXE	REL	0004	00		

- Bacino scolante;
- Tirante idrico h (m), sezione idrica A (m^2), contorno bagnato P (m), raggio idraulico R (m) con riferimento alla portata di progetto;
- Pendenza i dell'opera idraulica (%)
- Portata di progetto per ciascuna opera $Q_{max,T}$ in m^3/s ;
- Velocità con cui defluisce la portata di progetto (m/s);
- Grado di riempimento del fosso di guardia, dato dal rapporto tra il tirante idrico di progetto e l'altezza della sezione;
- Franco (espresso in m) dato dalla differenza tra l'altezza della sezione ed il tirante corrispondente alla portata di progetto.

La scelta delle tipologie di opere, sia in termini di geometria che di materiali, non è legata ad un mero dimensionamento di tipo idraulico. Sono state tenute in considerazione infatti, anche se non direttamente esplicitate nei calcoli, caratteristiche come (i) l'interrimento fisiologico delle opere idrauliche (benché mantenute con regolarità), (ii) il carattere delle precipitazioni in accordo al *climate changing* (precipitazioni di notevole intensità e breve durata con tempi di ritorno elevati) e (iii) le dimensioni “minime” legate alle effettive funzioni alle quali le opere devono assolvere (indipendentemente, quindi, dal tirante idrico di moto uniforme derivante dal calcolo).

Pertanto, le tipologie di opere idrauliche individuate in fase di dimensionamento sono risultate aderenti alle necessità di controllo e di smaltimento delle acque meteoriche verso gli impluvi naturali del sito in esame.

A scopo esemplificativo si riportano i calcoli effettuati per le portate relative ai bacini principali con i quali sono state dimensionate le tre tipologie di fossi di guardia riportati nel paragrafo 3.1 della presente relazione specialistica.

CODICE COMMITTENTE					OGGETTO DELL'ELABORATO	PAGINA
IMP.	DISC.	TIPO DOC.	PROGR.	REV	POTENZIAMENTO PARCO EOLICO CAMPOREALE RELAZIONE IDRAULICA	26
CAM	EXE	REL	0004	00		

Caratteristiche del canale		B15	B07	B19
Tipologia sezione		F3	F2	F1
Bacino scolante		B15	B02	B03
Pendenza del canale, <i>i</i>	[%]	5,00%	6,00%	6,00%
Portata di progetto, Q_p	[m ³ /s]	2,218	0,570	0,276
Verifica/Progetto				
Tirante idrico h	[m]	0,74	0,43	0,32
Area A	[m ²]	0,62	0,21	0,12
Perimetro bagnato P	[m]	2,20	1,28	0,96
Raggio idraulico R	[m]	0,28	0,16	0,13
Portata in condizioni di moto uniforme Q_{max}	[m ³ /s]	2,200	0,570	0,276
Parametri di verifica				
Velocità	[m/s]	3,55	2,72	2,28
Grado di riempimento h/H	[-]	0,92	0,86	0,80
Franco f	[m]	0,06	0,07	0,08

Le verifiche risultano tutte positive con franchi adeguati e velocità della corrente idraulica moderata.