



REGIONE  
BASILICATA



PROVINCIA DI  
POTENZA



COMUNE DI  
MELFI

PROGETTO:

Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto  
agrovoltaico denominato "PV Melfi" di  $P_n$  pari a 19,8  
MW da realizzarsi nel Comune di Melfi (PZ)

## Progetto Definitivo

PROPONENTE:



DREN SOLARE 5 s.r.l.

SORESINA (CR)  
VIA PIETRO TRIBOLDI 4 CAP 26015  
PIVA 01771790191

ELABORATO:

Relazione idraulica con verifica interferenze reticolo idrografico

Scala:

PROGETTISTI:

Ing. Riccardo Cangelosi



Ing. Gaetano Scurto



Tavola:

**RDI**

Data:

16-03-2023

Rev. Data Revisione

00 16-03-2023

Descrizione

emissione

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
1.1	Inquadramento dell'area di progetto .....	4
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE ED ANALISI MORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA DEL SITO .....</b>	<b>6</b>
2.1	Inquadramento geologico .....	6
2.2	Idrogeologia .....	6
<b>3</b>	<b>INVARIANZA IDRAULICA DELLE OPERE .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO .....</b>	<b>9</b>
4.1	Premessa .....	9
4.2	Metodo VAPI .....	9
4.3	Individuazione dei bacini idrografici .....	12
4.4	Portata di colmo .....	13
4.5	Scelta dei tempi di ritorno .....	16
4.6	Tempo di corrivazione .....	16
4.7	Dimensionamento canali a pelo libero .....	17
<b>5</b>	<b>VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE .....</b>	<b>19</b>
5.1	Risoluzione interferenze .....	19
<b>6</b>	<b>PROGETTO DELLE OPERE IDRAULICHE .....</b>	<b>22</b>
6.1	Cunette di scarico acque piovane .....	22
6.2	Tombini attraversamento idraulico acque piovane .....	24
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>27</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di illustrare le metodologie di calcolo idrologico e 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 agrovoltaico da 19,981 MWp da realizzarsi nel territorio del comune di Melfi (PZ) denominato "PV Melfi" (di seguito il "Progetto" o "l'Impianto") con connessione alla rete elettrica nazionale nel territorio del comune di Melfi (PZ).

Il Progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore di 19,981 MWp e potenza nominale dell'impianto pari a 19,98 MW e prevede l'installazione di n° 366 inseguitori solari ad un asse (tracker orizzontali mono assiali a linee indipendenti) che sosterranno 35.056 pannelli fotovoltaici da 570 W di potenza nominale ciascuno.

L'Impianto è ubicato su aree classificate agricole, sarà infisso al suolo con struttura in acciaio di tipo ad inseguimento mono assiale, e l'energia elettrica prodotta verrà convogliata dentro apposite cabine/container, denominate Power Station, distribuite entro il perimetro dell'area di Impianto, all'interno delle quali saranno collocati i gruppi di conversione (inverter) e trasformazione. Gli inverter avranno la funzione di convertire, da continua ad alternata, l'energia proveniente dal campo fotovoltaico, mentre i gruppi di trasformazione hanno la funzione di trasformare l'energia prodotta da BT a AT a 36 KV.

Da STMG trasmessa da Terna s.p.a. con nota del 27/06/2022 cod. prat. 202101660 la connessione dell'impianto avverrà in antenna a 36 kV su un futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) di Trasformazione a 380/150 kV di Melfi.

In particolare l'energia sarà vettoriata, a mezzo di un cavidotto interrato in AT a 36 KV, alla stazione di consegna (impianti di utenza per la connessione) da sorgere in Loc. Catapaniello di proprietà dello stesso produttore, e da questa, a mezzo di un cavidotto interrato in AT sarà addotta alla stazione AT TERNA.

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 200 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.

All'interno delle aree pannellate non sono presenti impluvi naturali o artificiali. Al confine nord del sottocampo C è presente un canale che sfocia nel torrente Olivento, per questo canale è stata verificata la condizione di "sicurezza idraulica" delle aree adiacenti come definita dall'art. 36 delle Norme tecniche di attuazione del PAI. In questo caso il tempo di ritorno dell'evento investigato è di 200 anni. Sono inoltre state effettuate le verifiche con tempo di ritorno di 30 e 500 anni.

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 su manufatti esistenti.

Le interferenze create dalle strade interne al parco con il deflusso naturale delle acque, 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 dell'appennino meridionale – Il ciclo di gestione (PGR) approvato con D.P.C.M. 1 dicembre 2022 e sulle indicazioni del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini della Puglia ed interregionale del fiume Ofanto (PAI) approvato con delibera n. 39 del 30/11/2005 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Regione Puglia .

## 1.1 Inquadramento dell'area di progetto

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

In particolare la rete idrografica superficiale interessata è costituita dagli affluenti del Torrente Olivento che scorre a est dell'impianto.



*Figura 1.1 Individuazione area di progetto*

Nello studio preliminare di localizzazione del progetto si è tenuto in conto delle indicazioni di pericolosità e rischio idrogeologico dettate dal PAI.

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.

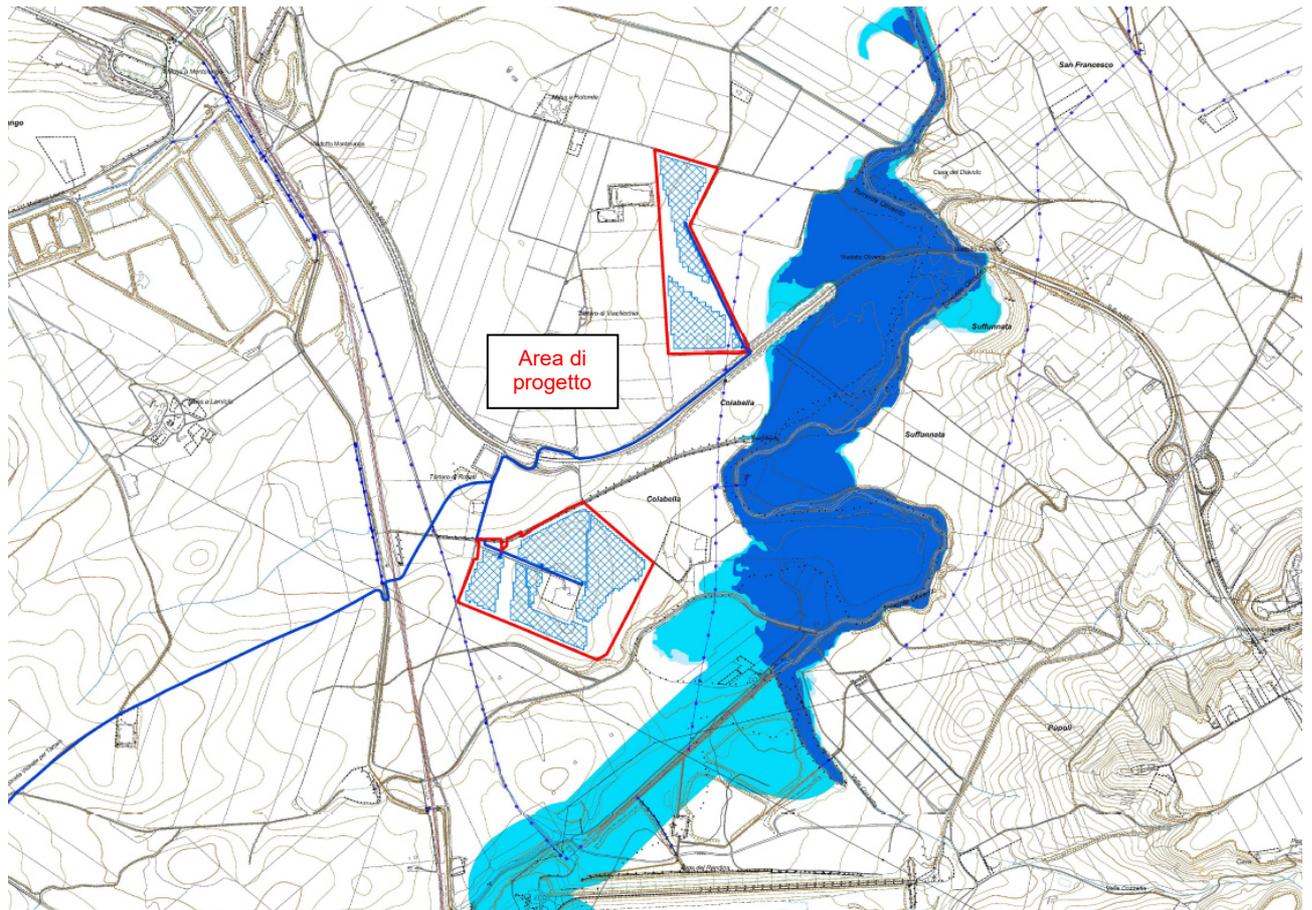


Figura 1.2 Individuazione area di progetto e aree di pericolosità idraulica PAI

## 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. Gualtiero Bellomo allegata al presente progetto.

*“Nell’area vasta l’habitus geomorfologico è piuttosto regolare, costituito da un paesaggio contraddistinto da aree sub pianeggianti o con modesta pendenza.*

*Le condizioni di stabilità dell’area sia dei sottocampi agrovoltai che della sottostazione sono ottime in relazione alla favorevole giacitura dei terreni presenti, nonché alla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio.”*

### 2.1 Inquadramento geologico

*“Da quanto desumibile dalle indagini geotecniche in situ in nostro possesso, dalla carta geologica allegata, dai rilievi e dalle indagini geofisiche eseguite per il presente lavoro, i terreni di sedime direttamente interessati dalle opere in studio sono dall’alto verso il basso:*

- a) Terreno vegetale;*
- b) Depositi alluvionali;*
- c) Tufi del Vulture;*
- d) Complesso Sabbioso Pliocenico;*
- e) Complesso Argilloso Pliocenico.”*

### 2.2 Idrogeologia

*“Dal punto di vista idrogeologico l’area direttamente interessata dal progetto è caratterizzata dall’affioramento di terreni diversi che abbiamo suddiviso in 2 tipi di permeabilità prevalente:*

- Rocce permeabili per porosità: Si tratta di rocce caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere medio-bassa nella frazione limosa mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi e ghiaiosi. Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai depositi alluvionali recenti e terrazzati, i Tufi del Vulture ed il Complesso sabbioso Pliocenico.*
- Rocce impermeabili: Questo complesso è costituito dal Complesso Argilloso Pliocenico. In queste rocce l’infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili anche se la porzione alterata superficiale acquista una bassa permeabilità per porosità che non permette la presenza di falde freatiche ma consente il formarsi di livelli idrici a carattere stagionale che mantengono, nel periodo delle piogge, i primi 5-6 mt. in condizioni di saturazione.*

*Vista la natura dei terreni presenti si può affermare che il livello piezometrico della falda presente si attesta a una quota pari a circa 2.0 m dal p.c., ma può raggiungere il piano campagna durante i periodi di pioggia.”*

### 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 e all'esterno 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 sulle aree di scolo 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 allegato al presente progetto.

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.

## 4 CALCOLO IDROLOGICO E IDRAULICO

### 4.1 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 abbattono 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 VAPI così come sviluppato e applicato dallo studio "Valutazione delle Piene in Puglia" di Copertino e Fiorentino 1994.

### 4.2 Metodo VAPI

Tale metodo determina altezze di pioggia e intensità seguendo una logica di regionalizzazione dei dati pluviometrici. 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:

$$h_{d,T} = K_T \times \bar{q}_d(d)$$

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;
- $\bar{q}_d(d)$  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 Puglia si può ritenere una zona pluviometrica omogenea. I valori stimati per le variabili  $\theta^*$  e  $\Lambda^*$  sono riportati nella tabella seguente.

Piogge	$\theta^* = 2.352$	$\Lambda^* = 0.772$	$\Lambda_1 = 45$	$\eta = 5.662$
--------	--------------------	---------------------	------------------	----------------

Tab. 4.1 Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Puglia

2. nel secondo livello si individuano delle aree, dette sottozone pluviometriche omogenee; la Puglia è stata inquadrata in un'unica sottozona

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.

Nel caso in studio i valori di  $a$  e  $b$  utilizzati sono:

$$a = 0.904$$

$$b = -0.4007$$

Per il territorio in esame la media teorica  $\bar{q}_d(d)$  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 stazioni pluviografiche, che vantano almeno 10 anni di funzionamento, la media  $m_c$  è esprimibile in funzione della durata  $t$  secondo la seguente legge omonima:

$$m_c = a t^n$$

I valori delle costanti  $a$  ed  $n$  della formula precedente sono tabellati.

Nella figura seguente si riportano le zone con i valori suddetti costanti relativi al territorio regionale.

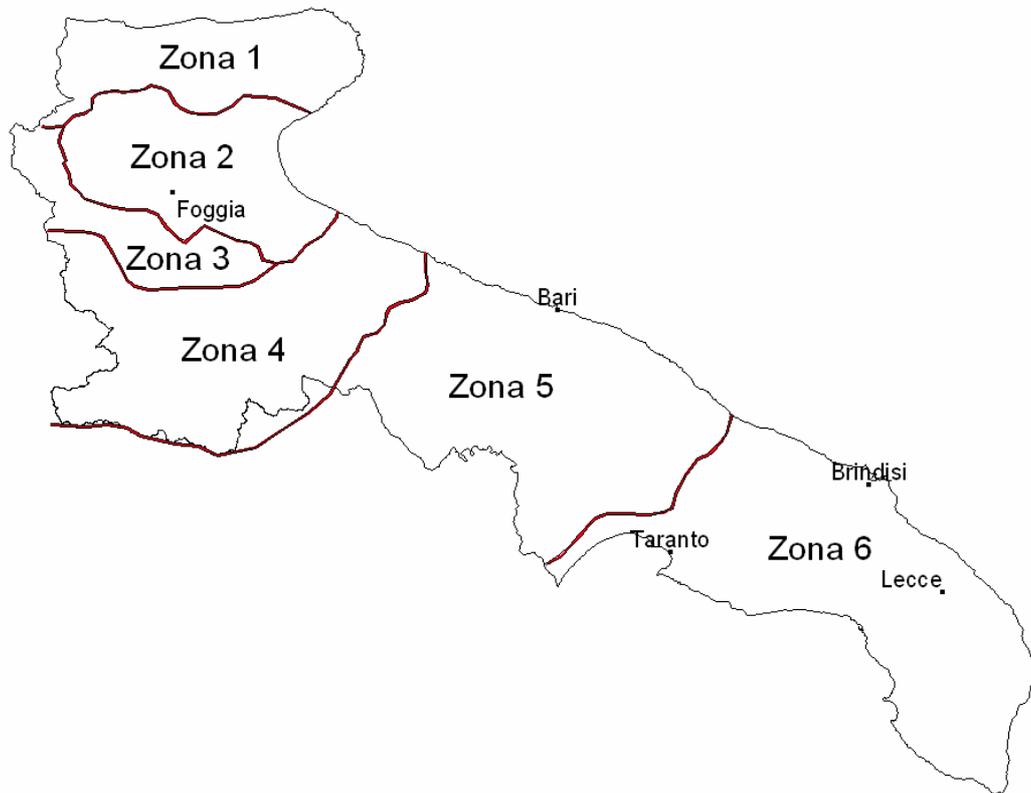


Fig. 4.1 Zone omogenee dei parametri statistici di calcolo

I parametri sono riportati nella seguente tabella.

Area omogenea	$\alpha$	$a$ (mm/ora)	$C * 10^4$	$D$	$n$
1	0.89	28.7	50.3	3.959	-
2	0.89	22.2	-	-	0.247
3	0.89	25.3	5.31	3.811	-
4	0.89	24.7	-	-	0.256

Tab. 4.2 Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea in Puglia

Nel caso in esame sono stati utilizzati i dati relativi all'area interessata dal progetto (zona 4), essi valgono:

$$a=24.7$$

n=0.256

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.

### 4.3 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.

Per la sola interferenza Il.01 (parallelismo del canale a nord del sottocampo C) si è individuato il bacino scolante ed è stato calcolata la portata di colmo secondo le condizioni di verifica al fine di stabilire la sicurezza idraulica delle aree.

Indicativo interferenza	Comune	Foglio	Particella adiacente	Contrada	Denominazione	Particolare risoluzione interferenza	Opera interferente	Area Bacino (mq)
il.01	Melfi	20	647	Colabella	Canale	np	Canale	1.916.967,80

Tab. 4.3 Bacino scolante e relative aree

Nella figura seguente si riporta il bacino idraulico individuato.

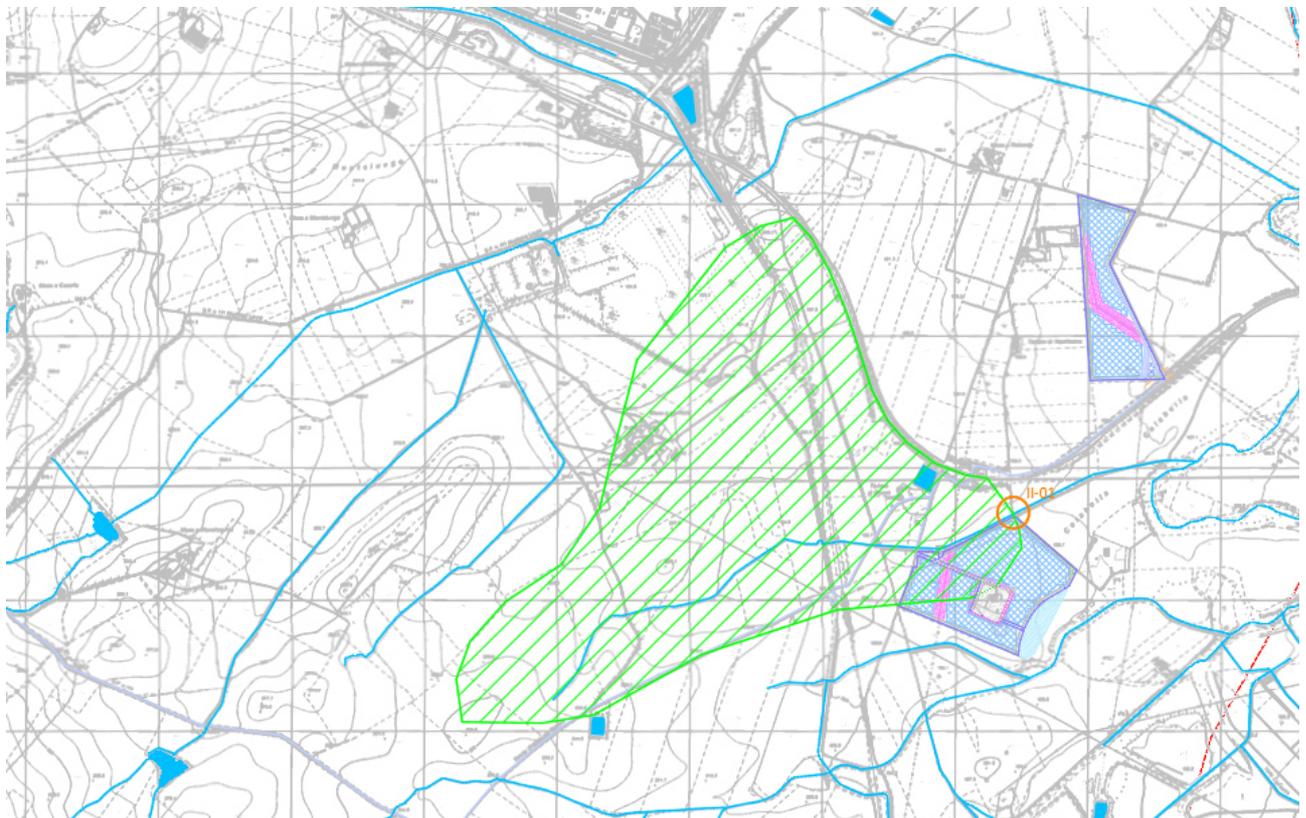


Fig. 4.2 Individuazione bacino idraulico interferenza II.01

#### 4.4 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 ( $\phi_c$ ), 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.
- $\phi$ : 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.

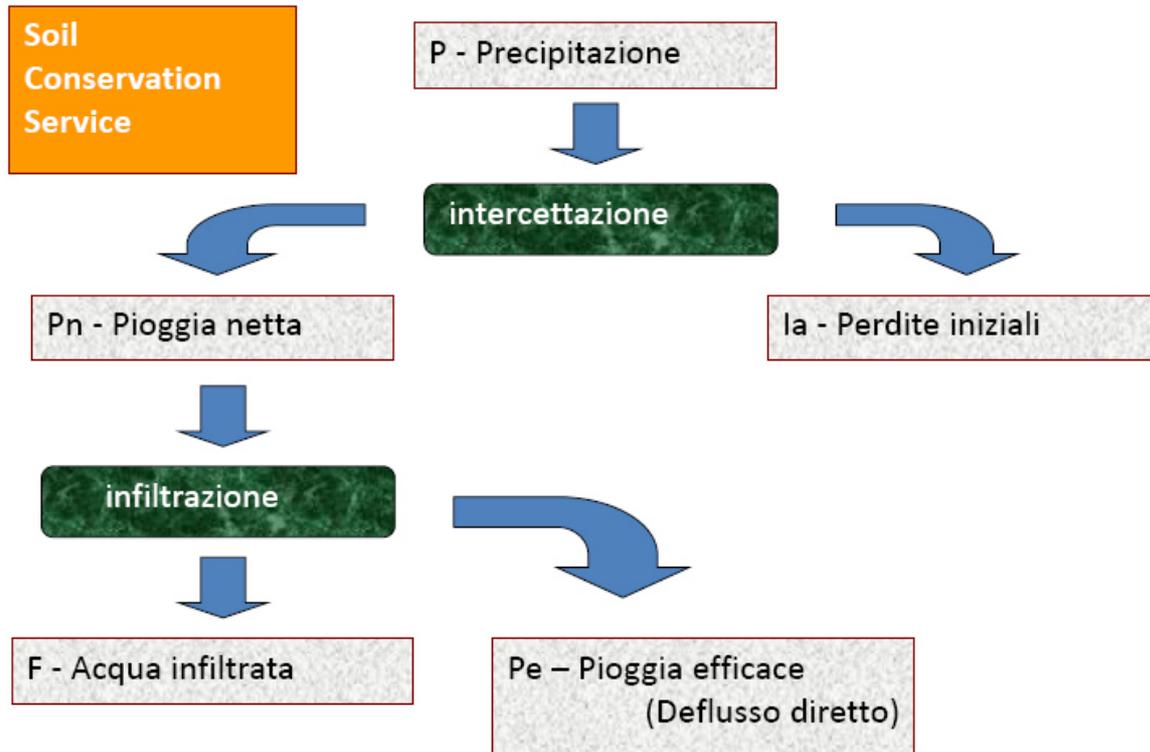


Figura 4.3 Determinazione pioggia netta da precipitazione

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					
		A	B	C	D	
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 4.4 Valori dei coefficienti CN(II)

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

#### 4.5 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  $T = 200$  anni.

Sono inoltre state effettuate verifiche con tempi di ritorno di 30 e 500 anni per valutare il rischio di esondazioni per le opere.

Il valore di 200 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  $T=200$  anni si ha  $P_{ns}=86\%$ .

#### 4.6 Tempo di corrivazione

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

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

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 al bacino dell'interferenza Il.01.

Tabella di calcolo portata di progetto																												
Identificativo	calcolo tempo di corrivazione				calcolo intensità di pioggia									calolo pioggia efficace							calcolo portata di progetto							
Interferenza	L	Disl	p	τ	t	T	a	b	K <sub>T</sub>	a	n	m <sub>c</sub>	h <sub>i,T</sub>	i	Area bassa permeabilità		Area alta permeabilità		CN (I)	CN(II)	S	la	P <sub>e</sub>	S <sub>dec</sub>	Q	T.S.	Q <sub>p</sub>	
	[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]		[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m <sup>3</sup> /s]	%	[m <sup>3</sup> /s]	
il.01	2.331,18	71	0,030	29,24	0,49	200	0,9040	-0,4007	4,39	24,70	0,2560	20,55	90,19	185,07	90,19	30%	86,00	70%	61,00	68,50	83,49	50,23	10,05	49,27	1,91697	53,834	10	59,22

Tabella 5.4 dati di calcolo verifiche idrauliche

**4.7 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:

$$Q = \chi \Omega \sqrt{Ri_f} \tag{1}$$

essendo:

□ : sezione in metri quadrati ;

R : raggio idraulico in metri ;

if: pendenza del ramo;

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

$$\chi = K_s R^{1/6} \tag{2}$$

essendo:

– □ 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 :

$$Q = K_s R^{2/3} i_f^{1/2} \Omega \tag{3}$$

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.

## **5 VERIFICA INTERFERENZE IDRAULICHE**

### **5.1 Risoluzione interferenze**

Per l'interferenza II.01 è stato condotto il calcolo di verifica del canale esistente come detto. Le ulteriori interferenze individuate sono dovute al passaggio del cavidotto per il collegamento con la stazione di consegna.

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

Nella tavola allegata 06.A "Planimetrie delle interferenze" è riportata l'individuazione delle interferenze rilevate con il reticolo idrografico per tutte le opere previste in progetto.

Nella tavola allegata 03.E "Particolari risoluzione interferenze cavidotti" sono riportate le tipologie di opere che saranno realizzate per risolvere le interferenze.

I passaggi dei cavi AT di progetto avverranno in subalveo, garantendo una distanza minima tra il letto dell'impluvio e l'estradosso del cavo di 2.00 m, oppure, quando possibile all'interno della sede stradale o collocati su canaletta sui manufatti esistenti facendo in modo che non interferiscano con la sezione idraulica di scolo.

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

Nella tabella seguente si riporta l'elenco delle interferenze idrauliche del progetto con l'indicazione per ognuna del particolare di riferimento per la risoluzione.

Elenco interferenze							
Indicativo interferenza	Comune	Foglio	Particella adiacente	Contrada	Denominazione	Particolare risoluzione interferenza	Opera interferente
il.01	Melfi	20	647	Colabella	Canale	np	Canale
i.04	Melfi	20	392-395	Colabella	Canale	04	Alveo canale
i.06	Melfi	20	267-399	Colabella	Canale	03	Tombino su strada sterrata (Strada Vicinale per Tàrtaro)
i.07	Melfi	20	401-400-57	Colabella	Canale	04	Tombino su strada sterrata (Strada Vicinale per Tàrtaro)
i.09	Melfi	46	89	Colabella	Canale	03	Tombino su strada sterrata (Strada Vicinale per Tàrtaro)
i.10	Melfi	19 46	120-44 15- 123-161	Colabella	Affluente T. Olivento	01	Tombino su strada sterrata (Strada Vicinale per Tàrtaro)
i.11	Melfi	19 45 46	268 325 69-100	Colabella	Affluente T. Olivento	01	Tombino su strada provinciale n.124
i.12	Melfi	18 19 45	239 264 36-325-1104	Colabella	Affluente F. Ofanto	03	Tombino su strada provinciale n.124
i.13	Melfi	18 45	237 16	Colabella	Affluente T. Olivento	03	Tombino su strada provinciale n.124
i.14	Melfi	18 45	237-294 6-7	Colabella	Affluente T. Olivento	03	Tombino su strada provinciale n.124
i.15	Melfi	17 18 36	233 45 26-142	Colabella	Affluente F. Ofanto	03	Tombino su strada provinciale n.124
i.16	Melfi	17 36	222-772 93-245	Serra dei Canonici	Affluente F. Ofanto	03	Tombino su strada provinciale n.124
i.17	Melfi	17 36	210 154	Serra dei Canonici	Canale	02	Tombino su strada provinciale n.124
i.18	Melfi	16 36	217-230 1-210	Serra dei Canonici	Affluente F. Ofanto	03	Tombino su strada provinciale n.124

Tabella 5.1 Elenco interferenze idrauliche del progetto con indicazione particolare di risoluzione

Per la verifica dell'interferenza idraulica II.01 si è condotto il calcolo di verifica del canale esistente secondo le teorie indicate nei paragrafi precedenti. Il calcolo dimostra che per tempi di ritorno di 200 anni non si prevedono esondazioni del canale. Si è inoltre verificato lo stesso canale per tempi di ritorno di 30 e 500 anni, verificando l'assenza di esondazioni.

Le aree di progetto quindi rispettano il principio di "sicurezza idraulica" come definito dall'art. 36 del PAI.

Nella tabella seguente si riportano i calcoli eseguiti.

Verifica idraulica delle sezioni di interferenza																									
Identificativo	Comune	Foglio	Particelle	Contrada	Denominazione	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base-De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>0</sub>	Riempimento	verifica
interferenza			adiacenti						m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m	m	m/s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s		
il.01	Melfi	20	42-27-289-287-285-484	Colabella	Canale	Canale	Trapezia	terra	3,50	2,20	1,00	60	1,0%	2,20	7,90	12,540	1,41	9,72	1,29	62,60	7,06	88,49	25,47	0,27	Verifica
il.01	Melfi	20	42-27-289-287-285-484	Colabella	Canale	Canale	Trapezia	terra	3,50	2,20	1,00	60	1,0%	2,20	7,90	12,540	1,41	9,72	1,29	62,60	7,06	88,49	59,22	0,64	Verifica
il.01	Melfi	20	42-27-289-287-285-484	Colabella	Canale	Canale	Trapezia	terra	3,50	2,20	1,00	60	1,0%	2,20	7,90	12,540	1,41	9,72	1,29	62,60	7,06	88,49	76,99	0,83	Verifica

Tabella 5.2 Calcolo di verifica interferenza II.01

## 6 PROGETTO DELLE OPERE IDRAULICHE

### 6.1 Cunette di scarico acque piovane

L'acqua pluviale scolante sulle strade 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 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 stata effettuata 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.

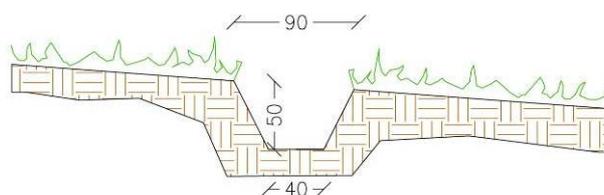


Figura 6.1 cunetta tipo C1

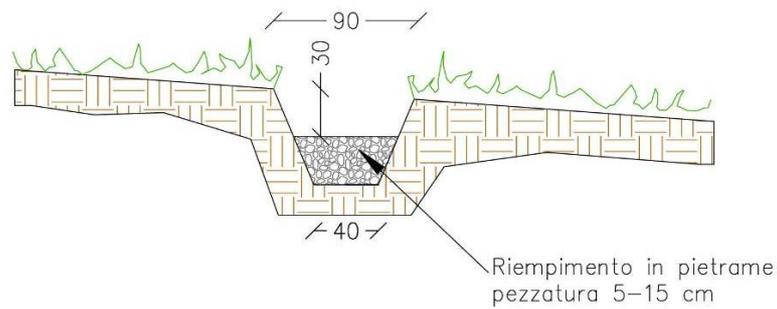


Figura 6.2 cunetta tipo C2

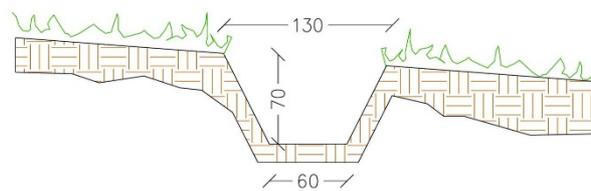


Figura 6.3 cunetta tipo C3

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 %.

I calcoli sono stati sviluppati per tempo di ritorno di 200 anni.

Si riporta di seguito la tabella di dimensionamento idraulico in cui sono individuate le aree dei bacini serviti e le pendenze medie delle cunette. In fase esecutiva si procederà alla individuazione planimetrica delle cunette e al loro dimensionamento caso per caso.

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	Q <sub>p</sub>	verifica
cunetta	Ha			m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>	fondo	m	m	mq		m	m	m	m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /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

## 6.2 Tombini attraversamento idraulico acque piovane

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 in PEAD Corrugato e avranno una pendenza minima del 2.00 % .

Il calcolo è stato condotto per tubazioni di diametro (Dn) di 630 mm (Tipo T-01), DN 800 mm (T-02) e DN 1000 mm (T-03).

I suddetti tombini saranno impiegati per i seguenti bacini serviti:

Tipo T-01 bacini fino a 3.000 mq;

Tipo T-02 bacini fino a 7.000 mq;

Tipo T-02 bacini fino a 20.000 mq;

Le verifiche sono riportate nella tabella seguente.

Tabella di calcolo 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 <sub>T</sub>	a	n	m <sub>c</sub>	H <sub>T,T</sub>	i	P	Area bassa permeabilità		Area alta permeabilità		CN (II)	CN(III)	S	Ia	P <sub>e</sub>	S <sub>bac</sub>	Q	T.S.	Q <sub>p</sub>
[m]	[m]	[-]	[minuti]	[h]	[anni]			[-]	[mm]	[-]	[-]	[mm]	[mm/h]	[mm]	[%]	CN	[%]	CN			[mm]	[mm]	[mm]	[kmq]	[m <sup>3</sup> /s]	%	[m <sup>3</sup> /s]	
T-01	100,00	10	0,100	1,64	0,03	200	0,9040	-0,4007	4,39	24,70	0,2560	9,83	43,13	1579,49	43,13	50%	81,00	50%	51,00	66,00	81,87	56,26	11,25	11,53	0,00300	0,352	11	0,39
T-02	200,00	20	0,100	2,79	0,05	200	0,9040	-0,4007	4,39	24,70	0,2560	11,26	49,44	1061,85	49,44	50%	82,00	50%	52,00	67,00	82,52	53,79	10,76	16,18	0,00700	0,676	12	0,76
T-03	500,00	40	0,080	6,16	0,10	200	0,9040	-0,4007	4,39	24,70	0,2560	13,79	60,54	589,29	60,54	50%	83,00	50%	53,00	68,00	83,17	51,40	10,28	24,85	0,02000	1,344	13	1,52

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base- De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>p</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	m	m	m	m	m	m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /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	0,39	0,55	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	0,76	0,56	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	1,52	0,62	Verifica

Tabella 6.1 Calcolo di progetto tombini

Al fine della determinazione degli effetti della realizzazione dell'opera sul deflusso delle acque piovane sui luoghi si è provveduto al calcolo delle sezioni investigate per i tempi di ritorno di 30, e 500 anni.

Nelle tabelle seguenti si evidenzia che i gradi di riempimenti nelle varie condizioni di verifica sono sempre tali da garantire un deflusso a pelo libero senza nessun pericolo di esondazione nelle aree limitrofe.

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base- De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>p</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	m	m	m	m	m	m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /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	0,11	0,15	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	0,24	0,18	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	0,55	0,23	Verifica

Tabella 6.2 calcoli idraulici per tombino con tempo di ritorno di 30 anni

Verifica idraulica delle sezioni dei tombini																				
Identificativo	Opera interferente	Tipo sezione	Materiale	Base- De	Altezza - Di	Scarpa	Scabrezza	Pendenza	H	Lt	A	P'	P	R	K	V	Qmax	Q <sub>p</sub>	Riempimento	verifica
interferenza				m	m	H/l	m <sup>1/3</sup> s <sup>-1</sup>		m	m	m	m	m	m	m	m/s	mc/s	[m <sup>3</sup> /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	0,56	0,79	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	1,06	0,79	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	2,06	0,83	Verifica

Tabella 6.3 calcoli idraulici per tombino con tempo di ritorno di 500 anni

Al fine di evitare pericoli di erosione in entrata e in uscita dai tombini, ma anche in tutti i casi in cui l'immissione d'acqua nel corpo idrico esistente crei il rischio di scalzamenti e modifiche morfologiche localizzate, si prevede di inserire dei gabbioni in pietrami (materassi tipo RENO o similari) che seguano la

geometria esistente ma che aumentino la resistenza allo scalzamento. La lunghezza dei tratti interessati sarà variabile in funzione del tipo di interazione che si potrà ipotizzare e sarà riportata negli elaborati del progetto esecutivo.

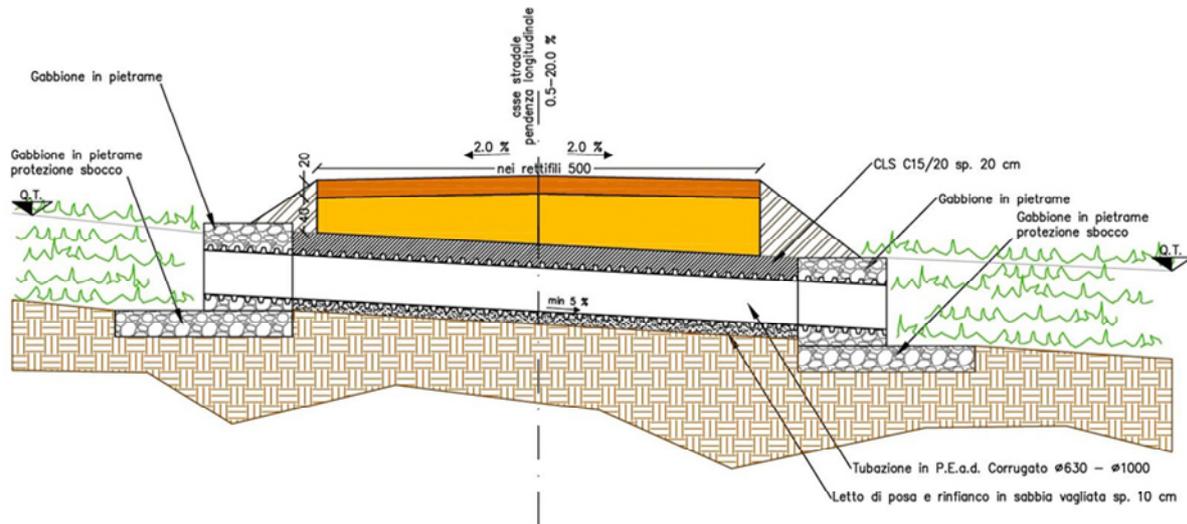


Fig. 6.4 particolare tipo tombini in progetto con opere di protezione

## 7 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 30, 200 e 500 anni per l'interferenza adiacente l'area pannellata. Si è dimostrato che è soddisfatto, per queste aree, il principio della "sicurezza idraulica" come definito dall'art. 36 del PAI.

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 infine progettato e calcolato il sistema delle cunette e dei tombini 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.