



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

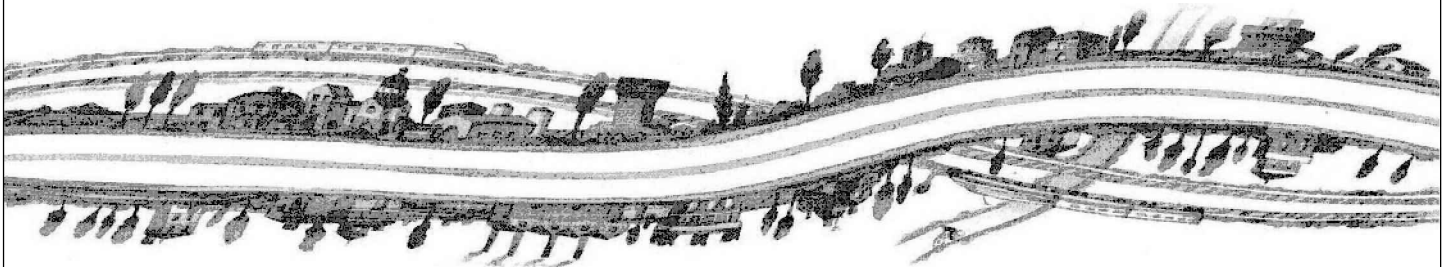
**ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI  
DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)**

PROGETTAZIONE STRADALE

VIABILITA' INTERFERITA

V18 - SOTTOVIA PISTA CICLABILE ALLA PK 18+837

RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA DEL TRACCIATO ED IDRAULICA



IL PROGETTISTA

**Alpina S.p.A.**  
Dott. Ing. Marco Bonfanti  
Ordine Ingegneri di Milano  
n. A/23384

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio-Emilia n° 945



IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

*G. Pattuzzi*

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	17.04.2012	EMISSIONE				Ing. Magagnino	Ing. Bonfanti	Ing. Salsi		
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE		
IDENTIFICAZIONE ELABORATO										DATA: <b>MAGGIO 2012</b>
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
1695	PD	0	V18	VCS18	0	SD	RT	01	A	



## INDICE

1. INQUADRAMENTO DELL'OPERA .....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	5
4. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	6
5. SISTEMA DI DRENAGGIO .....	9
5.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore .....	9
5.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora.....	11
5.3. Dimensionamento delle canalette a griglia.....	12

## 1. INQUADRAMENTO DELL'OPERA

---

L'opera V10 Sottovia della viabilità podereale, si colloca nell'ambito dei lavori inerenti l'autostrada regionale Cispadana collegamento autostradale di connessione tra il casello di Reggiolo Rolo sull'A22 al Casello di Ferrara Sud sull'A13, alla progressiva chilometrica 15+264,92 dell'asse autostradale.

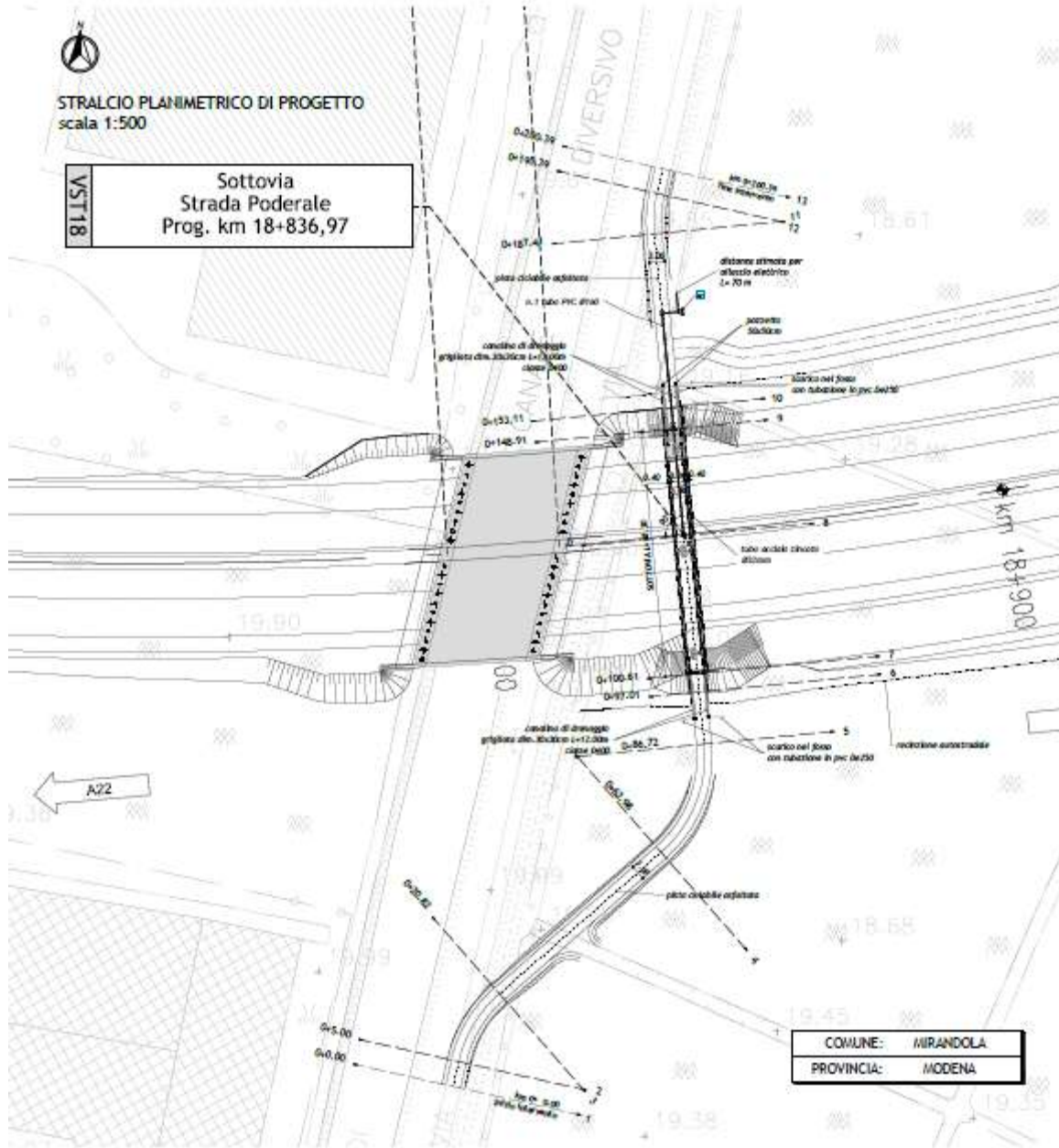
La zona interessata dall'opera, planimetricamente, si colloca nel territorio del comune di Mirandola, in provincia di Modena.

In tale zona, l'asse autostradale è caratterizzato geometricamente da un rettilinea con pendenza trasversale della piattaforma stradale del 2.50%.verso l'esterno della carreggiata su entrambe le carreggiate. Nord e Sud La quota autostradale in asse è 24.25m slm.

Il tracciato stradale del sottovia ha un andamento planimetrico quasi perpendicolare all'asse autostradale (angolo fra asse sottovia e asse autostradale = 84°), altimetricamente il sottovia in oggetto è collegato su entrambi i lati nord e sud al piano stradale della viabilità podereale esistente che viene localmente deviata per favorire l'attraversamento dell'autostrada con un angolo vicino all'angolo retto minimizzando la lunghezza del sottovia.

L'intervento in esame inteso come opera coordinata, ha quindi lo scopo di garantire la continuità alla strada podereale bianca, anche dopo la costruzione dell'autostrada. Tale manufatto di tipologia tombino scatolare è ubicato al di sotto del piano viabile dell'autostrada e sarà raccordato come anticipato precedentemente alla viabilità esistente su entrambi i lati.

## PLANIMETRIA DI INQUADRAMENTO



## 2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

---

3. I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore elencate nell'elaborato PD\_0\_0000\_0000\_GE\_KT\_01 - ELENCO NORMATIVE DI RIFERIMENTO.

## 4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il tracciato stradale in esame, il cui caposaldo iniziale è posto a sud dell'asse autostradale sulla pista ciclabile esistente che viene deviata in un breve tratto. Il tracciato presenta una rettilineo di 5,00 m quindi una curva a destra di raggio 25 m, un altro rettilineo di 42,18, una curva verso sinistra di raggio 25,00m, un rettilineo di 100,68m su cui è realizzato il sottovia, una curva verso destra di raggio 25 m, un rettilineo di 5,00 m, con cui ci si raccorda alla viabilità originale.

Il profilo longitudinale del tracciato stradale, presenta una prima livelletta di pendenza pari a 0,398% raccordata all'altimetria della viabilità esistente seguita da un raccordo verticale di raggio R=250m, da una seconda livelletta di pendenza pari a -3.474%, da un raccordo di raggio R=250 m da una terza livelletta di pendenza pari a 0.5%, da un quarto raccordo verticale di raggio R=250m, da una quinta livelletta di pendenza pari a -0.5%, da un quinto raccordo verticale di raggio R=250m, e da una sesta livelletta di pendenza pari a 4.087%, da una sesto raccordo di raggio R=250 m e da una settima livelletta di pendenza - 0.399% che si raccorda all'altimetria della viabilità esistente.

Il sottopassaggio all'autostrada con tombino scatolare avviene con la terza e la quarta livelletta, circa in mezzzeria del tombino si ha il punto di massimo ed ha quota 19.69m slm.

La strada pista ciclabile ha una larghezza di 3 m all'interno del sottopassaggio (muri ad "U" + scatolare) e nel tratto in variante prima di rientrare sulla sua sede originale. Gli elementi marginali della viabilità sono costituiti da due arginelli di 75 cm ed un rivestimento di terreno vegetale di spessore 40 cm.

La strada ha una pavimentazione costituita da uno strato di binder di spessore 10 cm e da uno strato di misto granulare stabilizzato dello spessore di 15 cm la cui superficie è impregnata da emulsione bituminosa posato su un rilevato realizzato di spessore medio 20 cm realizzato con terre stabilizzate a calce. Alla base del rilevato è previsto uno scotico dello spessore di 20 cm.

Il tombino scatolare presenta una lunghezza complessiva di 48.30 m le dimensioni interne sono in retto pari a 3.00x3.10m, con uno spessore della soletta superiore pari a 0.40 m, della soletta inferiore pari a 0.40 m e dei piedritti laterali pari a 0.40m.

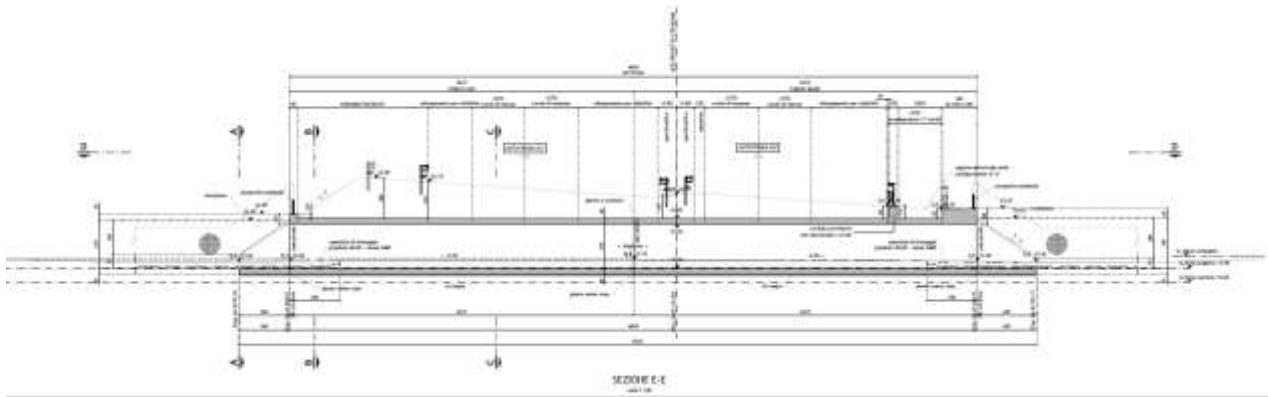
Il franco altimetrico minimo è di 2.50m (in mezzzeria del tombino); il ricoprimento, ovvero la distanza tra la quota del piano stradale autostradale nella configurazione con piattaforma a 3 corsie più emergenza e l'estradosso della soletta superiore, è variabile da un massimo di 2.80 m sul ciglio destro, ad un minimo di 0.66 m sul ciglio sinistro, in corrispondenza dell'asse autostradale il ricoprimento è pari a 1.63 m.

Fanno parte dell'intervento in oggetto anche i tratti con muri ad u collegati allo stesso manufatto, che presentano nel lato nord uno sviluppo complessivo in asse pari a 4.20m, e nel lato sud in asse pari a 3.60m.

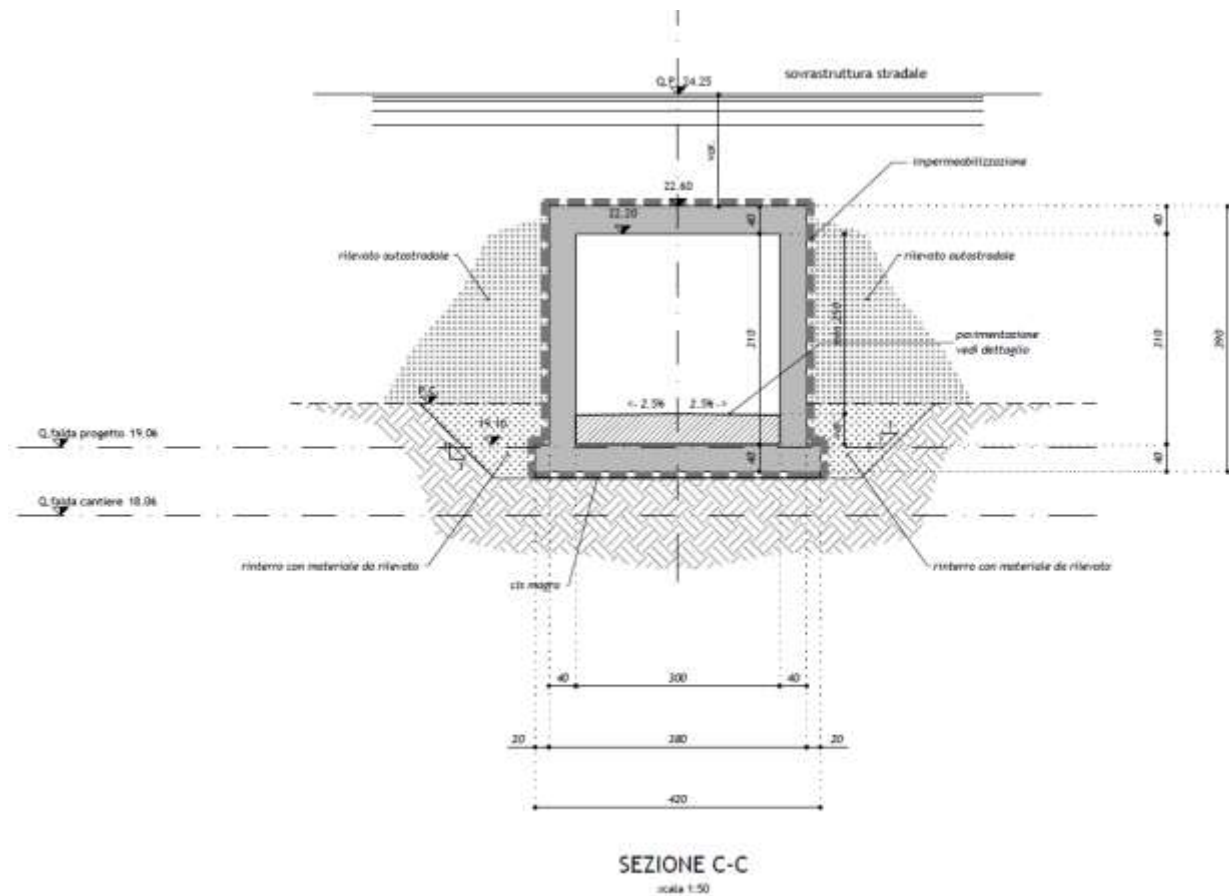
Lo scolo delle acque avviene tramite una canaletta grigliata 30x30 che parte da ogni estremità da circa 6 m all'interno del tratto scatolare verso l'esterno fino a scaricare lateralmente nei fossi laterali esistenti un volta oltrepassata la recinzione autostradale.

Per il sottovia ciclabile è previsto l'impianto di illuminazione costituito da n. 3 proiettori a parete della potenza di 100 w ognuno.

## SEZIONE LONGITUDINALE

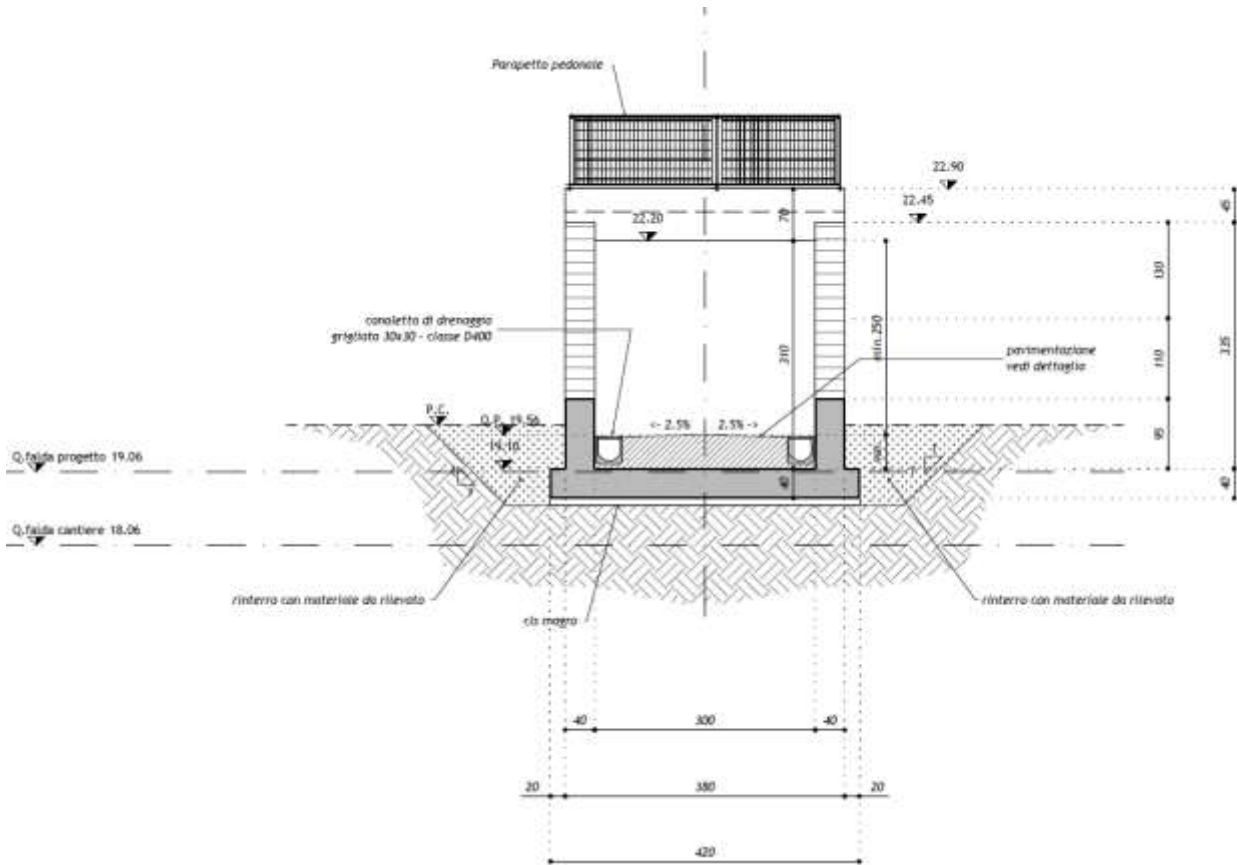


## SEZIONE TRASVERSALE SCATOLARE





## SEZIONE TERMINALE DEI MURI AD U



## 5. SISTEMA DI DRENAGGIO

Il sistema di smaltimento dell'opera in oggetto è essenzialmente costituito da due canaline di drenaggio poste all'estremità della pavimentazione stradale a ridosso dei piedritti dell'elemento scatolare su entrambi gli imbocchi del sottovia stesso. La canalina in progetto si estende per un tratto all'interno del manufatto al fine di poter garantire il drenaggio di eventuale contributo meteorico non diretto.

Il proporzionamento del sistema di smaltimento ha preso le mosse dallo studio idrologico applicato all'area in oggetto; tale studio ha previsto l'indagine sul regime delle piogge di breve durata e forte intensità per un Tempo di Ritorno di 20 anni, in tutti i pluviometri situati nelle vicinanze della viabilità, finalizzata alla definizione delle curve di possibilità pluviometrica e dei relativi ietogrammi di progetto.

Lo studio è stato suddiviso in due parti ciascuna influenzata dalla durata di pioggia:

1. verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata >1 ora. Rientrano tra questi i sistemi di raccolta che svolgono anche la funzione laminativa, funzione questa che non è stata necessaria prevedere per l'intervento in oggetto in quanto non si considerano influenti i contributi meteorici imputabili al tratto di nuova pavimentazione.
2. verifica dei manufatti di raccolta e smaltimento sollecitata da eventi di pioggia di durata <1 ora. rientrano tra questi manufatti le caditoie e i collettori che necessariamente debbono scaricare prima possibile le acque defluite.

Il recapito ultimo per le canaline di drenaggio in questione risultano essere i fossi di guardia esistenti della strada podereale che sarà ricucita.

### 5.1. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia da 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 6, 12 e 24 ore

Per la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia in funzione del tempo di ritorno (TR), si fa riferimento alla legge probabilistica che meglio si adatta al campione di dati utilizzato.

Nel caso delle stazioni pluviometriche in esame, la determinazione della relazione fra altezza (h) e durata (t) dell'evento di pioggia, in funzione del Tempo di Ritorno (TR), è stata ottenuta tramite la legge probabilistica di Gumbel, stimandone i parametri  $a(T)$  ed  $n(T)$ , al fine di ottenere la curva di possibilità pluviometrica nella forma:

$$h = a(T)t^{n(T)}$$

5.1

L'elaborazione statistica ha portato alla definizione delle curve di possibilità climatica, dove l'altezza di pioggia espressa in millimetri è rappresentata dall'espressione:

$$h = n - \frac{\ln \left( -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right)}{a}$$

5.2

dove:

TR = tempo di ritorno

$$n = Y - \bar{Y}_N \cdot S_Y / S_N$$

$$a = S_N / S_Y$$

YN = media della variabile ridotta

SN = deviazione standard della variabile ridotta

Y = media aritmetica delle massime altezze di pioggia osservate

Sy = scarto quadratico medio delle massime altezze di pioggia osservate.

Il valore assunto dai parametri Sx e Sn è funzione del numero di osservazioni a disposizione; tali valori sono riportati nella tabella sottostante.

**TABELLA 5.1– VALORI DEI PARAMETRI (YN) E SN SECONDO GUMBELL**

N	Media ridotta $\bar{Y}_N$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5034	0,5070	0,5100	0,5128	0,5154	0,5177	0,5198	0,5217
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5282	0,5296	0,5309	0,5321	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5302	0,5317	0,5330	0,5340	0,5349	0,5356	0,5363	0,5369	0,5374	0,5379
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5472	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5532	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5571	0,5573	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5584
90	0,5586	0,5588	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5605	0,5606	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611
N	Deviazione standard ridotta $S_N$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1,0010	1,0148	1,0270	1,0378	1,0476	1,0564	1,0644	1,0717	1,0785	1,0847
20	1,0904	1,0958	1,1008	1,1055	1,1098	1,1140	1,1178	1,1215	1,1250	1,1283
30	1,1314	1,1344	1,1372	1,1399	1,1425	1,1449	1,1472	1,1496	1,1518	1,1538
40	1,1559	1,1578	1,1597	1,1614	1,1632	1,1649	1,1665	1,1680	1,1695	1,1710
50	1,1724	1,1738	1,1752	1,1765	1,1777	1,1789	1,1801	1,1813	1,1824	1,1835
60	1,1846	1,1856	1,1866	1,1876	1,1886	1,1895	1,1904	1,1913	1,1922	1,1931
70	1,1939	1,1947	1,1955	1,1963	1,1971	1,1978	1,1986	1,1993	1,2000	1,2007
80	1,2014	1,2020	1,2027	1,2033	1,2039	1,2045	1,2052	1,2057	1,2063	1,2069
90	1,2075	1,2080	1,2086	1,2091	1,2096	1,2101	1,2106	1,2111	1,2116	1,2121
100	1,2126	1,2130	1,2135	1,2139	1,2144	1,2148	1,2153	1,2157	1,2161	1,2165

Per stimare la CPP rappresentativa dell'area in questione si è proceduto nel seguente modo: si sono prese in esame le 3 stazioni pluviometriche prossime all'infrastruttura stradale, associando ad ognuna di esse un peso, calcolato con il metodo dell'inverso della distanza, si ricavano le intensità di pioggia per assegnato TR all'interno di ogni singolo tratto.

Il metodo dell'inverso delle distanze si basa sull'ipotesi che in ciascun punto del bacino la precipitazione possa essere stimata sulla base di tutte le precipitazioni misurate, attribuendo ad esse un peso pari all'inverso della distanza tra il punto e la stazione pluviometrica. Frequentemente si fa riferimento alla distanza al quadrato.

Indicato con k il generico elemento della griglia, essendo  $k = 1, \dots, K$ , il peso  $w_{ki}$  del pluviometro i nella maglia k risulta:

$$w_{ki} = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\sum_{j=1, M} \frac{1}{d_j^2}}$$

5.3

dove  $d_j$  indica la distanza tra l'elemento della griglia ed il pluviometro i ed M è il numero complessivo di pluviometri considerati.

Si riportano di seguito, per il TR20 anni le tabelle riassuntive dei valori dei parametri delle CPP per i diversi tratti della viabilità in questione.

TABELLA 5.2 PARAMETRI DELLE CPP PER DURATE DI PIOGGIA SUPERIORI ALL'ORA

$\alpha$	46.035
n	0.175

## 5.2. Metodologia di ricostruzione delle curve di possibilità pluviometrica per intensità di pioggia inferiori a 1 ora

Per la verifica dei sistemi di raccolta, per i quali la risposta al deflusso è immediata, si deve necessariamente calcolare la sollecitazione più gravosa durante eventi di pioggia intensi e di durata inferiore ad 1 ora.

Il calcolo dei parametri delle CPP per durate inferiori all'ora è stato effettuato mediante la formula di Bell a partire dalle CPP per durate superiori all'ora.

$$\frac{h_{d,T}}{h_{60,T}} = 0.54d^{0.25} - 0.5$$

5.4

Con essa è possibile calcolare la pioggia di durata  $d < 60$  minuti e tempo di ritorno T, in funzione del valore  $h_{60,T}$  fornito dalla CPP relativa allo stesso periodo di ritorno.

I risultati ottenuti sono riportati nella sottostante tabella.

TABELLA 5.3 PARAMETRI DELLE CPP PER DURATE DI PIOGGIA INFERIORI ALL'ORA

<b>a</b>	<b>48.024</b>
<b>n</b>	<b>0.469</b>

### 5.3. Dimensionamento delle canalette a griglia

Il drenaggio delle acque di piattaforma in progetto, come detto, viene effettuato mediante canalette grigliate longitudinali 30x30 cm posizionate in banchina in corrispondenza degli imbocchi del manufatto. Le canalette scaricheranno nel primo recapito utile costituito dal fosso di guardia a lato della viabilità.

La scelta delle dimensioni delle canalette viene effettuata in modo tale che la portata meteorica in arrivo alle griglie sia minore di quella effettivamente smaltibile dalle canalette stesse.

Per il calcolo della portata drenata viene utilizzata la ben nota formula razionale, mentre per la valutazione della portata smaltibile dalle canalette vien utilizzata la formula di Gauckler –Strickler:

**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Il valore del coefficiente di scabrezza assunto è  $K_s=65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per il calcestruzzo usurato.

Fissati un coefficiente di scabrezza  $K_s$  e una pendenza longitudinale  $i$ , si è in grado, con la formula precedente, di determinare la geometria e il grado di riempimento che danno luogo ad una portata  $Q$  pari a quella massima di progetto.

Ogni canalina in progetto sarà posta in opera secondo una livelletta di progetto pari a  $i=0.5\%$  che garantisce uno smaltimento di una portata al colmo pari a circa 90 l/s con una velocità di circa 1 m/s, valore questo risulta essere largamente superiore alla portata meteorica afferente dal bacino di interesse, costituito da metà carreggiata in asfalto di larghezza pari a 1.5 m per una lunghezza media di circa 15 m e coeff. di afflusso  $\phi=0.9$ , in grado di scaricare nella canalina una portata al colmo pari a 1,1 l/s; la tipologia di drenaggio "lineare", completa poi le caratteristiche di adeguatezza del sistema di allontanamento dei deflussi scelto in ragione di una sua remota possibilità di ostruzione. Le canalette di drenaggio scaricheranno poi nei fossi di guardia posti lungo il lato est della ciclabile, opportunamente riprofilati per tenere in conto del raccordo con il nuovo tracciato in progetto. I fossi in terra con sezione 0,5x0,5 e pendenza delle sponde 1/1 avranno pendenza pari a 0,2% che con una scabrezza  $K_s= 20 \text{ [m}^{1/3}/\text{s]}$  risultano in grado di vettoriare con un grado di riempimento del 70% una portata di 91 l/s, tali fossi saranno resi impermeabili mediante la stesa di un materassino bentonitico a tutela della risorsa idrica sotterranea.