

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

MANDATARIA:

MANDANTE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI, TRATTA NAPOLI-CANCELLO,
IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE,
NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014**
RELAZIONE

NV - VIABILITÀ

NV11 – NUOVO VIABILITÀ km 14+317

Relazione idraulica smaltimento acque di piattaforma

APPALTATORE	PROGETTAZIONE
DIRETTORE TECNICO Ing. M. PANISI	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. A. CHECCHI

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV SCALA:

I	F	1	M	0	0	E	Z	Z	R	I	N	V	1	1	0	2	0	0	1	A	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	TRAPANESE	14/06/18	MARTUSCELLI	15/06/18	PIAZZA	15/06/18	MARTUSCELLI	
									30/06/18

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 2 di 40

1	<i>PREMESSA</i>	3
2	<i>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</i>	5
3	<i>ANALISI IDROLOGICA</i>	7
4	<i>METODOLOGIA DI CALCOLO</i>	11
4.1	IL METODO DELL'INVASO.....	11
4.1.1	<i>Sezioni chiuse</i>	14
4.1.2	<i>Sezioni aperte</i>	16
4.2	IL METODO CINEMATICO	18
5	<i>COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO STRADALE</i>	22
5.1	FOSSI DISPERDENTI	22
5.2	TRINCEE DISPERDENTI	26
5.3	CONDOTTE DI DRENAGGIO STRADALE	29
5.4	CADITOIE STRADALI.....	32
5.4.1	<i>Lunghezza della caditoia ed efficienza</i>	33
6	<i>DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO</i>	37
6.1	DRENAGGIO STRADALE SULLE VIABILITÀ IN PROGETTO	37
7	<i>RISULTATI</i>	38
7.1	RISULTATI DEL DIMENSIONAMENTO.....	38
8	<i>APPENDICE 1: VERIFICA DEI FOSSI DISPERDENTI</i>	40

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001		REV. A

1 **PREMESSA**

Scopo della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei manufatti atti al collettamento ed allo smaltimento delle acque di piattaforma delle nuove viabilità in progetto, in particolare per la viabilità di codice NV11.

La strada è classificata come Strada Locale Urbana, di categoria E ai sensi dell'art. 2 del Codice della Strada (D. Lgs. 285/92 e suoi aggiornamenti successivi). Si tratta cioè di strade a carreggiata unica con due corsie, banchine pavimentate e marciapiedi.

Il progetto, che si sviluppa nel comune di Acerra (NA), riguarda la realizzazione di una nuova viabilità che colleghi la SP 498 con l'attuale Via Calignano, coprendo una distanza di circa 1100 m (cfr. Figura 1).

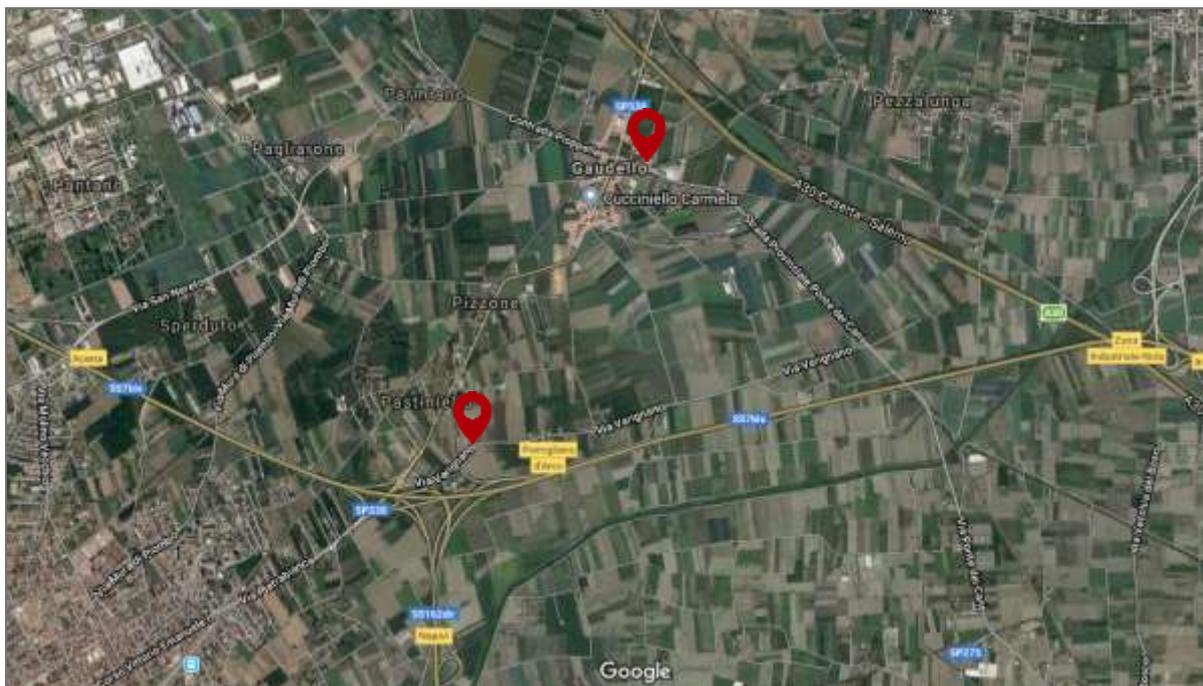


Figura 1: Inquadramento territoriale

Nel seguito, dopo aver riportato le normative di riferimento adottate, si riporta:

- Inquadramento dell'area in cui ricade il tracciato stradale;
- Definizione degli eventi pluviometrici critici considerati per il dimensionamento dei manufatti;

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 4 di 40

- Criteri utilizzati per il dimensionamento dei manufatti;
- Dimensionamento idraulico dei manufatti;
- Verifiche.

La fase di progettazione è stata svolta sulla base delle prescrizioni del Manuale di progettazione RFI/Italferr in riferimento alla portata di progetto (tempo di ritorno pari a 25 e 100 anni) ed al metodo di calcolo per il dimensionamento del sistema di drenaggio (metodo del volume d'invaso). La progettazione fa inoltre riferimento al Piano di bacino stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, dal Piano di Gestione Rischio Alluvioni (Direttiva 2007 /60/CE - D.Lgs n.49/201 O) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, dal D.M. 1401 del 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e dalla successiva Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 contenente le istruzioni per l'applicazione delle Norme stesse.

Il tronco in progetto della nuova linea ferroviaria si sviluppa per circa 13,7 km, partendo dalla località Gaudello, in direzione sud, circonda lungo il limite sud l'abitato di Acerra deviando verso ovest e rimanendo all'esterno del tracciato della SS 162 e successivamente riprende la direzione sud seguendo il tracciato della Al fino all'altezza della loc. Murillo Fatigati.

I bacini idrografici interessati, pertanto, sono quello del canale dei Regi Lagni e di un affluente del canale principale, il Lago dello Spirito Santo. Quest'ultimo nella toponomastica della zona di ritrova anche con il nome di Fosso Carmignano.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 5 di 40

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Per la definizione geometrico-funzionale della viabilità sono state adottate le disposizioni legislative di seguito elencate.

- D. L.vo 30/04/1992 n. 285: "Nuovo codice della strada";
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada";
- D.M. 05/11/2001: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- D.M. 22/04/2004: "Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante «Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade»";
- D.M. 19/04/2006: "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali";
- D.M. 18/02/1992: "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D.M. 03/06/1998: "Istruzioni tecniche sulla progettazione, omologazione ed impiego delle barriere di sicurezza stradale";
- D.M. 21/06/2004: "Aggiornamento delle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21/07/201 O: "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- Direttiva Ministero LL.PP. 24.10.2000: "Direttiva sulla corretta ed uniforme applicazione delle norme del Codice della Strada in materia di segnaletica e criteri per l'installazione e la manutenzione";
- CNR - Bollettino Ufficiale - Norme Tecniche - Anno XXIX - N.178: "Catalogo delle pavimentazioni stradali".

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A. <u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	<p align="center">LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO</p> <p align="center">IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014</p>												
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.													
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>PAGINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1M</td> <td>0.0.E.ZZ</td> <td>RI</td> <td>NV.11.0.2.001</td> <td>A</td> <td>6 di 40</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA	IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.11.0.2.001	A	6 di 40
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA								
IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.11.0.2.001	A	6 di 40								

- D.P.C.M. 23.03.1990, "Atto di indirizzo e coordinamento ai fini della elaborazione e della adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183";
- legge 253/1990, "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989, n. 183";
- D.P .R. 07 .O 1.1992, "Atto di indirizzo e coordinamento per determinare i criteri di integrazione e di coordinamento tra le attività conoscitive dello Stato, delle autorità di bacino e delle Regioni per la redazione dei piani di bacino";
- D.P .R. 18 Luglio del 1995, "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- legge 3 agosto 1998, n. 267 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 180/1998 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- D.P.C.M. 29 settembre 1998 "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del DL 180/1998";
- legge 365/2000, "Conversione in legge, con modificazioni, del DL 279/2000, recante misure urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato in materia di protezione civile nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000" (decreto Soverato);
- direttiva 2007 /60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni;
- D. Lgs. 23 49/2010, "Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla predisposizione dei piani di gestione dei rischi di alluvioni"

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 7 di 40

3 ANALISI IDROLOGICA

Per la definizione delle portate transitanti nei sistemi di drenaggio si utilizza il metodo dell'invaso, a partire dalla curva di possibilità pluviometrica relativa ad un tempo di ritorno pari a 100 anni per la piattaforma ferroviaria e a 25 anni per la piattaforma stradale (come da prescrizioni del manuale RFI/Italferr).

Questa analisi utilizza la legge di probabilità pluviometrica adottata dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale, che esprime l'intensità di pioggia per assegnato tempo di ritorno e assegnata durata come:

$$I_d(d, T, z) = \frac{I_0}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^{(C+D \cdot z)}} \cdot K_T \quad (1)$$

dove d_c rappresenta la durata di pioggia definita critica, d è la durata di pioggia di riferimento, z è la quota media di bacino oggetto di studio e K_T è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno T . I tre parametri I_0 , C e D da adottare, variano a seconda della zona idrologicamente omogenea in cui si trova il bacino, così come riportato nella Tabella 1:

Tabella 1 : Parametri della legge di probabilità pluviometrica.

AREA OMOGENEA	$M(I_0)$	d_c	C	$D \cdot 10^5$
C1	68.81	0.2842	0.7580	-14.5
C2	123.96	0.0956	0.7310	-14.4
C3	86.07	0.1980	0.7580	-2.4
C4	77.10	0.3661	0.7995	3.6077
C5	85.00	0.3034	0.7621	9.6554
C6	83.80	0.3312	0.7031	7.7381

T	10	20	50	100
K_T	1.63	2.03	2.61	3.07

L'intera area di intervento ricade per la parte nord nella regione idrologicamente omogenea "C3 - pedemontana" (tav. 448020) e per la parte più a sud nell'area "C2 - entroterra" (tav. 448010 e 448050), come dimostrato di seguito dove è riportato l'inquadrimento dell'area di intervento sul reticolo CTR 1:10.000 (cfr. Figura 2):

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001		REV. A

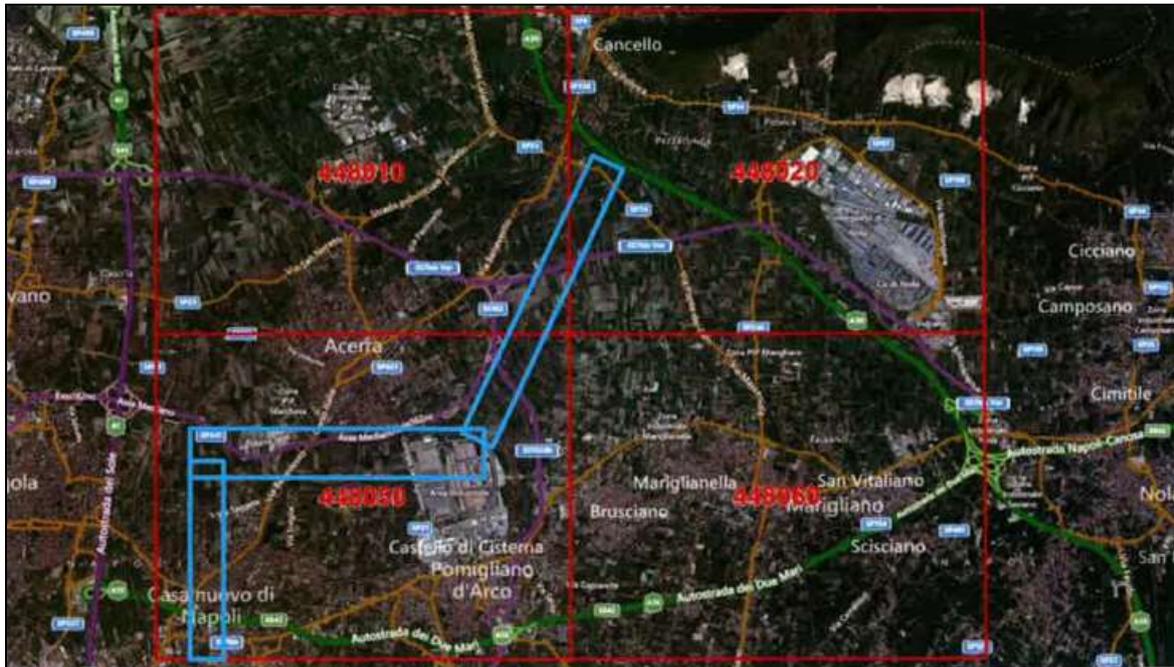


Figura 2 : l'inquadramento dell'area di intervento sul reticolo CTR 1:10.000

Utilizzando quindi questi parametri e queste formulazioni sono state calcolate le intensità di pioggia in funzione delle diverse durate dell'evento, per i tempi di ritorno di 25 e 100 anni; la quota media z di riferimento per la zona è stata presa pari a 30 m slm.

I risultati sono riportati nella tabella sottostante; una volta ottenuta l'intensità e conoscendo la durata dell'evento siamo in grado di ottenere anche la relativa altezza di pioggia.

Tabella 2 : Intensità e altezze di pioggia per la zona omogenea C2 - Tr25 e Tr100

Zona C2	Durate di pioggia						
	5	10	15	20	30	45	60
Tr25							
Intensità	169.6	128.1	104.6	89.2	70.1	54.2	44.8
H pioggia	14.1	21.3	26.1	29.7	35.0	40.6	44.8
	Durate di pioggia						
Tr100							
Intensità	240.0	181.2	147.9	126.2	99.1	76.6	63.3
H pioggia	20.0	30.2	37.0	42.1	49.6	57.5	63.3

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 9 di 40	

Tabella 3 : Intensità e altezze di pioggia per la zona omogenea C3- Tr25 e Tr100

Zona C3	Durate di pioggia						
Tr25	5	10	15	20	30	45	60
Intensità	143.1	117.5	100.5	88.3	71.8	56.9	47.7
H pioggia	11.9	19.6	25.1	29.4	35.9	42.7	47.7
	Durate di pioggia						
Tr100	5	10	15	20	30	45	60
Intensità	202.4	166.3	142.2	124.9	101.6	80.5	67.4
H pioggia	16.9	27.7	35.6	41.7	50.8	60.4	67.4

Come si evince dalle tabelle sono state utilizzate piogge con durate pari a o inferiori all'ora, in quanto le aree afferenti della piattaforma ferroviaria e stradale sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di pochi minuti.

Queste altezze di pioggia sono state poi rappresentate in un diagramma bilogarithmico rappresentato in Figura 3 per l'area omogenea C2; in ascissa è riportato il logaritmo della durata di pioggia e in ordinata il logaritmo della relativa altezza:

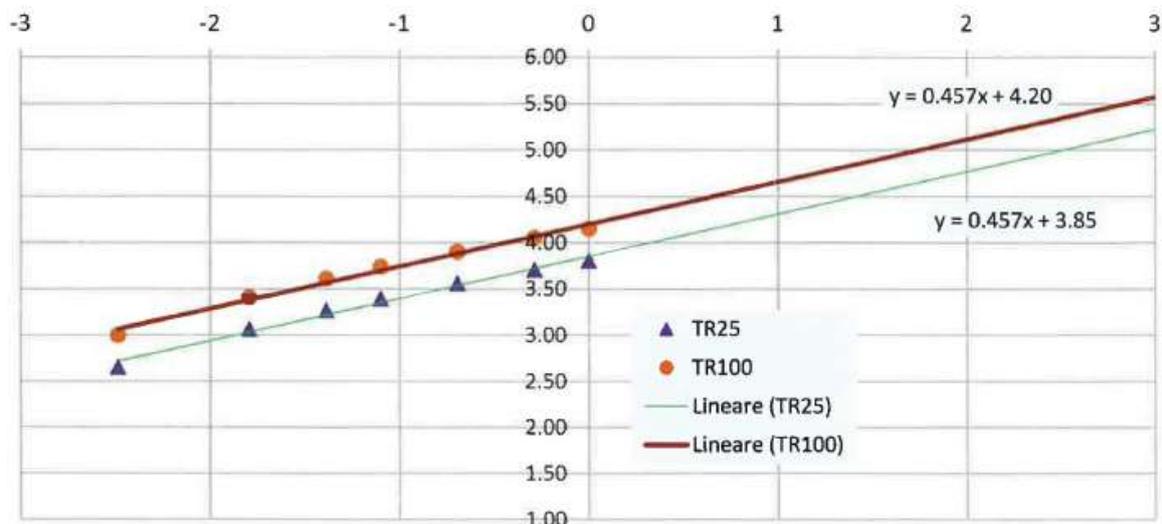


Figura 3 : Curva biparametrica sul piano bilogarithmico per l'area omogenea C2

Sul piano bilogarithmico i dati riportati possono essere interpolati da una retta di tipo lineare avente le seguenti equazioni:

- TR 25: $y=0.457x+3.85$
- TR 100: $y=0.457x+4.20$

Si ottengono così delle curve di possibilità pluviometrica pari a:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. PAGINA A 10 di 40

- TR25: $h = 47.16 \cdot t_p^{0.458}$
- TR100: $h = 66.65 \cdot t_p^{0.457}$

Lo stesso procedimento è stato svolto per l'area omogenea C3 e i risultati ottenuti sono i seguenti:

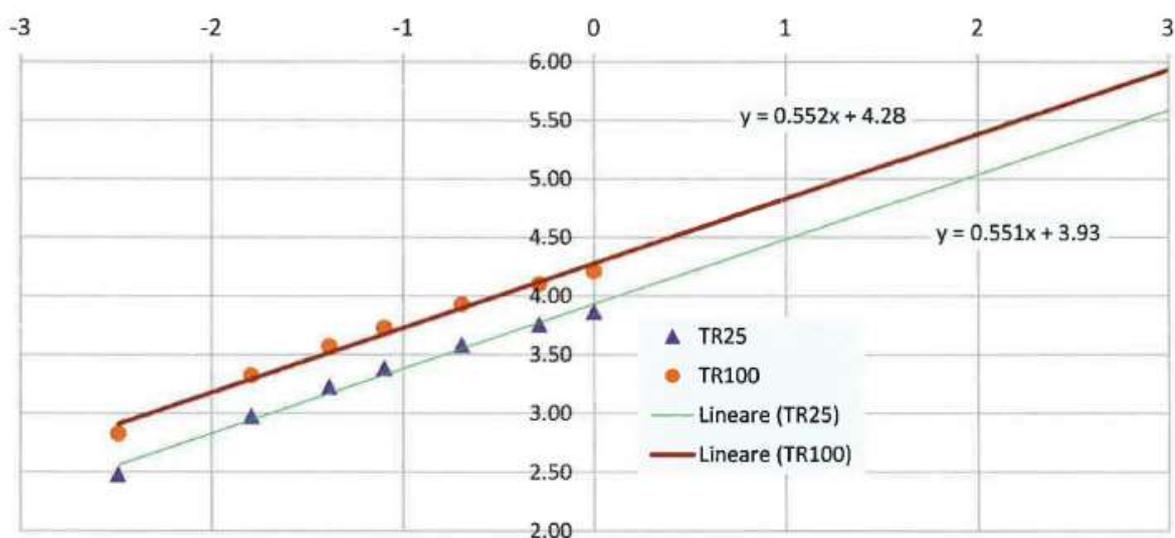


Figura 4 : Curva biparametrica sul piano bilogarithmico per l'area omogenea C3

- TR 25: $y=0.552x+4.28$
- TR 100: $y=0.551x+3.93$

Si ottengono così delle curve di possibilità pluviometrica pari a:

- TR 25: $h = 51.04 \cdot t_p^{0.551}$
- TR 100: $h = 72.21 \cdot t_p^{0.552}$

La viabilità in esame, NV11, ricade nella zona idrologicamente omogenea C3.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO								
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 11 di 40			

4 METODOLOGIA DI CALCOLO

La verifica idraulica di condotte, canalette e fossi di guardia per lo smaltimento delle acque di piattaforma è stata condotta mediante il metodo dell'invaso a fronte dell'elevata affidabilità e della vasta diffusione di tale approccio semplificato.

Per il dimensionamento delle componenti del sistema di drenaggio stradale è possibile anche utilizzare il metodo cinematico che consente di determinare la portata di piena relativa al bacino a monte della componente analizzata.

4.1 IL METODO DELL'INVASO

Tale metodo tratta il problema del moto vario in maniera semplificata: assegna all'equazione del moto la semplice forma del moto uniforme ed assume come equazione di continuità quella detta "dei serbatoi" per simulare, concettualmente, l'effetto d'invaso.

Tale metodologia sfrutta per il calcolo delle portate le capacità d'invaso della rete. Le ipotesi alla base del metodo sono stazionarietà e linearità, che comportano l'invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti.

In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento delle condotte avvenga in modo sincrono e che nessun canale determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte. Il metodo si fonda sull'equazione di continuità.

La superficie scolante S sia solcata da un collettore avente sezione d'area A e pendenza i (Figura 5).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A
				PAGINA 12 di 40		

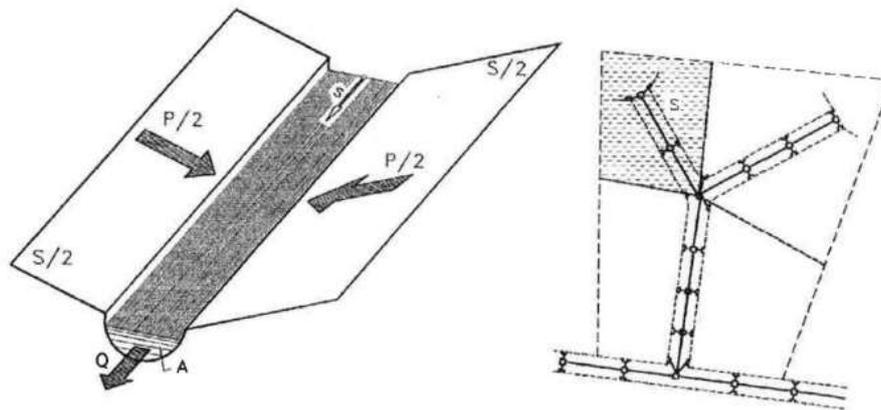


Figura 5 : Schema per il calcolo delle portate con il metodo dell'invaso.

La condizione di continuità si esprime scrivendo:

$$p - Q = \frac{dV}{dt} \quad (2)$$

dove:

- $p = j \varphi S$ è la cosiddetta portata di afflusso meteorico efficace ai fini del ruscellamento superficiale in cui j è l'intensità di pioggia, φ è il coefficiente d'afflusso e S è l'area del bacino sotteso. In particolare $j = a \cdot \tau^{n-1}$ è l'intensità di pioggia costante sulla durata τ della precipitazione;
- V è il volume invasato a monte della sezione di chiusura;
- Q è la portata transitante nella sezione di chiusura.

L'integrazione dell'equazione di continuità e del moto fornisce una relazione tra Q ed t ed in particolare permette di calcolare il tempo di riempimento t_r del collettore, cioè il tempo necessario per passare da $Q=0$ a $Q=Q_0$, essendo Q_0 il valore della portata massima che il canale può smaltire. Sulla base del confronto tra τ e t_r si può fare una verifica delle dimensioni del canale, risultando:

- insufficiente se $t_r < \tau$;
- corretto se $t_r \geq \tau$.

Se si assume che il fenomeno di trasformazione di piogge in portate possa considerarsi in lenta evoluzione nel tempo e nello spazio, il moto vario può essere descritto da una successione di stati di moto uniforme. L'equazione del moto è data, allora, dalla nota espressione di Gauckler-Strickler:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 13 di 40

$$v = K_s \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

dove:

- K_s = coefficiente di attrito di Gauckler-Strickler;
- R_H = raggio idraulico;
- i = pendenza del canale.

Dall'identità $Q=A \cdot v$ si ottiene poi la scala delle portate:

$$Q = c \cdot A^\alpha \quad (4)$$

Tale equazione insieme con quella di continuità descrive il processo di riempimento e di svuotamento di un serbatoio ideale controllato da una speciale luce di scarico che trae dal moto uniforme la sua legge di deflusso.

Per poter procedere all'integrazione, occorre esprimere il volume V in funzione della variabile Q . Il problema è trattato assumendo che il volume V sia linearmente legato all'area A della sezione bagnata, come d'altronde impone l'ipotesi del moto uniforme. Si assume cioè, con un certo errore nel confronto con la realtà, che il volume d'invaso sia concentrato unicamente nel collettore e non sulla superficie scolante.

In queste ipotesi, detti V_0 e A_0 rispettivamente il volume massimo e la massima area, si può scrivere:

$$\frac{V}{V_0} = \frac{A}{A_0} \quad (5)$$

Inoltre, dalla scala delle portate ottenuta, si ha:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{A}{A_0} \right)^\alpha \quad (6)$$

Da cui si ottiene:

$$V = V_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (7)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 14 di 40

Andando ad inserire quest'espressione nell'equazione di continuità si ottiene l'espressione integrabile:

$$dt = \frac{v_0}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \frac{Q^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{p-Q} dQ \quad (8)$$

4.1.1 Sezioni chiuse

Per le sezioni chiuse è ammissibile una relazione lineare fra volume e portata, assumendo $\alpha=1.0$ (Figura 6).

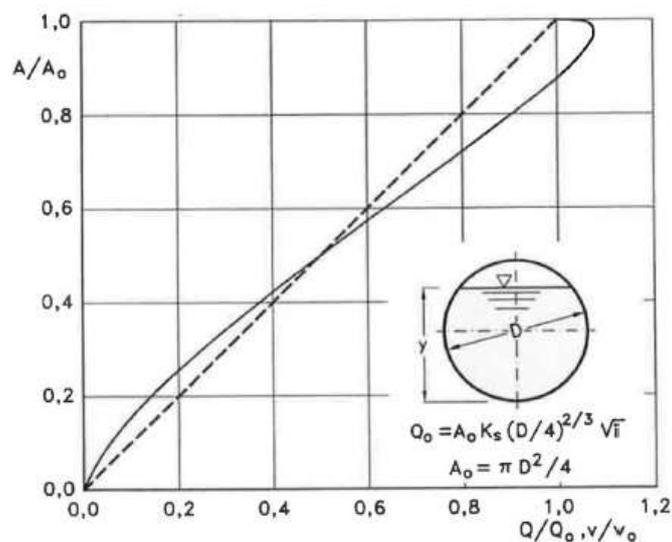


Figura 6 : Andamento della portata in funzione della sezione liquida della condotta.

Quindi l'Equazione (8), avendo fatto la classica definizione:

$$dt = \frac{v_0}{Q_0} \cdot \frac{dQ}{p-Q} \quad (9)$$

Posto p costante, l'equazione integrata nell'intervallo $t_2 - t_1$ dà:

$$t_2 - t_1 = \frac{v_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p-Q_1}{p-Q_2} \quad (10)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 15 di 40

Per $t_I=0$ e $Q_I=0$, si ha il tempo di riempimento t_r necessario, a partire dalle condizioni di condotta vuota, per raggiungere il valore massimo Q_0 :

$$t_r = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{p}{p-Q_2} = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \quad (11)$$

Con:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0} \quad (12)$$

Nota la relazione $h = a \cdot \tau^n$ per una prefissata intensità $j = a \cdot \tau^{n-1}$, si ha:

$$\varepsilon = \frac{p}{Q_0} = \frac{j \varphi S}{Q_0} = \varphi \frac{S a \tau^{n-1}}{Q_0} \rightarrow \tau = \left(\frac{\varepsilon Q_0}{\varphi S a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (13)$$

La condizione $t_r = \tau$ dà modo di ottenere:

$$V_0 = Q_0 \left(\frac{\varepsilon Q_0}{\varphi S a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \cdot \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{-1} \quad (14)$$

Ed anche, ricordando che $u = Q_0/S$,

$$V_0 = \frac{S}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \cdot u \cdot \left(\frac{\varepsilon u}{\varphi a} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (15)$$

dalla quale, definito $v_0 = V_0/S$ come volume specifico si ha:

$$u = \varepsilon^{\frac{-1}{n}} \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \frac{\varphi a^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{(1-n)}{n}}} \quad (16)$$

La condizione $du/d\varepsilon=0$ consente di calcolare il valore di $\varepsilon=p/Q_0$ relativo all'evento che sollecita, noto l'esponente n , in maggior misura la rete. Si ottiene:

$$n = 1 + (\varepsilon - 1) \cdot \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \quad (17)$$

da cui può dedursi, con un'approssimazione sufficiente nell'intervallo 0.25 - 0.50 dei valori di n , il desiderato valore di ε :

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 16 di 40

$$\varepsilon = 3.94 - 8.21n + 6.23n^2 + \dots \quad (18)$$

Esprimendo v_0 in m^3/ha , S in ha , a in mm/ora , e u in $l/s ha$ si ha:

$$u = 10^{\frac{1}{n}} \cdot 0.278 \varepsilon^{-\frac{1}{n}} \cdot \left(\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{\varphi a^{\frac{1}{n}}}{v_0^{\frac{1}{n}}} \quad (19)$$

Raggruppando con la posizione:

$$K_c = \left(\frac{10\varphi a}{\varepsilon-3.6^n} \right)^{\frac{1}{1-n}} \cdot \frac{1}{\ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}} \quad (20)$$

le grandezze legate al carattere climatico del luogo (a e n), direttamente e nel parametro ε , e allo stato della superficie scolante (φ), l'equazione diventa:

$$u = \left(\frac{K_c}{v_0} \right)^{\frac{1-n}{n}} \quad (21)$$

L'equazione, per l'evidenza accordata al volume specifico v_0 , si presta principalmente allo svolgimento pratico del calcolo.

4.1.2 Sezioni aperte

Per le sezioni aperte è ammissibile una relazione lineare fra volume e portata, assumendo $\alpha=1.5$. Quindi l'equazione precedente, avendo fatto la classica definizione:

$$z = \frac{Q}{p} \quad (22)$$

integrata tra t_1 e q_1 , effettuando uno sviluppo in serie della funzione z (variabile tra 0 e 0,98):

$$t_2 - t_1 = \frac{v_0 p^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{\alpha Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \int_{z_1}^{z_2} \frac{z^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{1-z} dz = \frac{v_0 p^{\frac{1-\alpha}{\alpha}}}{Q_0^{\frac{1}{\alpha}}} \cdot \left[z_2^{\frac{1}{\alpha}} \zeta_{\alpha}(z_2) - z_1^{\frac{1}{\alpha}} \zeta_{\alpha}(z_1) \right] \quad (23)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 17 di 40

avendo posto:

$$\zeta_{\alpha}(z) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^k}{k\alpha+1} \quad (24)$$

serie sicuramente convergente per $z < 1$.

In particolare, per $t_1=0$, $z_1=0$ (cioè $Q_1=0$) e $z_2 = Q_0/p$, si ottiene il tempo di riempimento t_r :

$$t_r = \frac{V_0}{p} \cdot \left(\frac{p}{Q_0}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \cdot z^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \zeta_{\alpha}(z) = \frac{V_0}{p} \cdot \zeta_{\alpha}(z) = \frac{V_0}{Q_0} \cdot \zeta_{\alpha}(z) \quad (25)$$

I valori della funzione $\zeta_{\alpha}(z)$ sono stati riassunti in Tabella 4 al variare di α :

Tabella 4 : Valori di $\zeta_{\alpha}(z)$ in funzione di α .

z	$\zeta_1(z)$	$\zeta_{1,25}(z)$	$\zeta_{1,5}(z)$	$\zeta_{1,75}(z)$	$\zeta_2(z)$
0	1	1	1	1	1
0,10	1,0536	1,0475	1,0427	1,0388	1,0355
0,20	1,1157	1,1023	1,0917	1,0831	1,0760
0,30	1,1889	1,1665	1,1489	1,1347	1,1230
0,40	1,2770	1,2435	1,2171	1,1960	1,1787
0,50	1,3862	1,3379	1,3006	1,2708	1,2464
0,60	1,5271	1,4589	1,4068	1,3655	1,3318
0,70	1,7198	1,6231	1,5499	1,4924	1,4460
0,75	1,8482	1,7317	1,6440	1,5756	1,5205
0,80	2,0116	1,8690	1,7627	1,6800	1,6138
0,84	2,1814	2,0109	1,8847	1,7871	1,7093
0,87	2,3447	2,1468	2,0011	1,8889	1,7998
0,90	2,5579	2,3231	2,1516	2,0203	1,9164
0,92	2,7447	2,4769	2,2824	2,1342	2,0172
0,94	2,9922	2,6798	2,4545	2,2836	2,1493
0,96	3,3518	2,9733	2,7024	2,4983	2,3387
0,98	3,9895	3,4903	3,1375	2,8738	2,6691

Dall' equazione sopra ricavata, imponendo la condizione critica per cui il tempo di pioggia sia uguale al tempo di riempimento ($\tau=t_r$), si deduce, con semplici passaggi, l'espressione del coefficiente idrometrico:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. PAGINA A 18 di 40

$$u = \frac{Q_0}{S} = z[\zeta_\alpha(z)]^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{(\varphi\alpha)^{\frac{1}{n}}}{v_0 \frac{(1-n)}{n}} \quad (26)$$

avendo assunto come volume specifico $v_0=V_0/S$ cioè il volume d'invaso dell'intero sistema, pari alla somma del volume contenuto nei collettori e diffuso sulla superficie scolante (fossi minori, avvallamenti, ecc ..), immaginato distribuito sull'intera superficie del bacino.

Si può allora determinare, con la condizione $du/dz=0$ (essendo z l'unica variabile), quale sia il valore di z (dipendente dall'intensità di precipitazione) che rende massimo il coefficiente udometrico u . Lo svolgimento dei passaggi porta ad una espressione implicita di z di non agevole manipolazione. Alcuni calcoli offrono la possibilità di dare, con un'approssimazione più che soddisfacente, la seguente forma alla funzione di z :

$$z[\zeta_\alpha(z)]^{\frac{n-1}{n}} = (\lambda_1\alpha + \lambda_2)n \quad (27)$$

e di fornire, quindi, un'espressione semplificata dell'equazione che definisce il coefficiente udometrico. Esprimendo $[a]=\text{metri}\cdot\text{giorni}^{-n}$ e $[v_0]=\text{metri}$, e il coefficiente udometrico $[u]=\text{litri}/\text{secondo}\cdot\text{ettaro}$, l'equazione che definisce il coefficiente udometrico diventa:

$$u = (26\alpha + 66)n \cdot \frac{(\varphi\alpha)^{\frac{1}{n}}}{v_0 \frac{(1-n)}{n}} \quad (28)$$

4.2 IL METODO CINEMATICO

La schematizzazione alla base del metodo si basa su tre ipotesi fondamentali:

1. la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
2. la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
3. il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

La portata di piena, in funzione del tempo di ritorno, è pari a:

$$Q = 278 \frac{\varphi S h}{\tau_c} = 278 \varphi S i \quad (29)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A
				PAGINA 19 di 40		

In cui:

- Q portata di piena (m³/sec);
- ϕ coefficiente di deflusso, assunto pari a 0.90 per le superfici pavimentate, come da indicazioni del manuale di progettazione RFI/Italferr;
- h altezza di pioggia (m) per una precipitazione di durata pari al tempo di corrivazione;
- i intensità di pioggia (m/ore);
- S area del bacino (km²);
- τ_c tempo di corrivazione (ore), da individuare.

Il valore di h rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione τ_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo τ_c solo una parte del bacino S contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella Figura 7 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assume la forma triangolare.

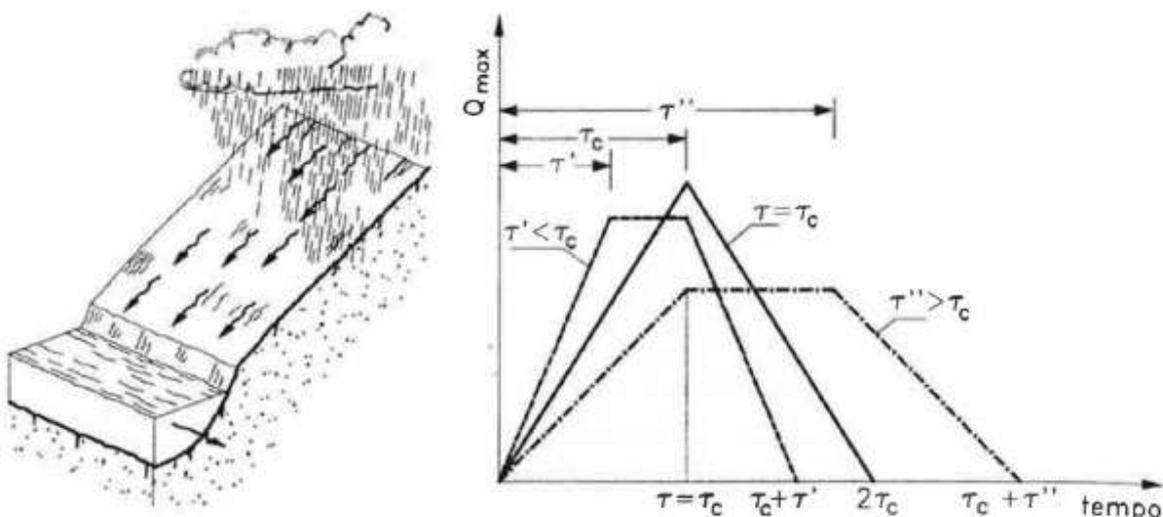


Figura 7 : Metodo cinematico, idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 20 di 40

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Il tempo di corrivazione τ_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete di drenaggio fino alla sezione di chiusura considerata. In particolare, dopo aver individuato la rete di drenaggio sottesa dalla sezione di chiusura ed aver delimitato i sottobacini contribuenti in ogni ramo della rete, per determinare il tempo di concentrazione τ_c si fa riferimento alla somma:

$$\tau_c = \tau_a + \tau_r \quad (30)$$

ove τ_a è il tempo d'accesso alla rete relativo al sottobacino drenato dalla condotta posta all'estremità di monte del percorso idraulico più lungo, e τ_r è il tempo di rete.

Il tempo di residenza in rete τ_r , è dato dalla somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria. Pertanto il tempo di rete sarà dato dall'espressione:

$$\tau_r = \sum_i \frac{L_i}{V_i} \quad (31)$$

La piattaforma stradale è schematizzabile come una superficie scolante piana. Dunque per il calcolo del tempo d'accesso alla rete si fa riferimento alla formulazione di Wooding, che ha fornito la soluzione esatta delle equazioni che regolano il deflusso su una superficie scolante interessata da pioggia netta di intensità costante nel tempo e nello spazio (i costante), partendo da condizioni iniziali di superficie asciutta e non interessata da immissioni nella sua sezione iniziale.

La schematizzazione del deflusso su una superficie piana prevede i seguenti parametri: la lunghezza L_0 , la pendenza s_0 , la velocità media della portata U , il tirante idrico h e la portata defluente per unità di ampiezza (Figura 8).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A
				PAGINA 21 di 40		

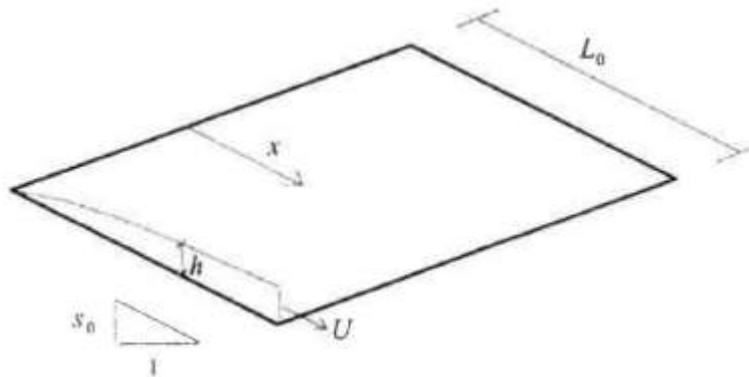


Figura 8 : Schema di superficie piana scolante.

Secondo Wooding, il tempo di accesso viene definito in questo modo:

$$t_{PC} = \left(\frac{L_0}{\alpha a^{m-1}} \right)^{\frac{1}{n(m-1)+1}} \quad (32)$$

In cui i parametri α e m sono definiti come:

$$\alpha = K_s \cdot s_0^{\frac{1}{2}} m \quad (33)$$

$$m = 2\alpha = K_s \cdot s_0^{\frac{1}{2}} \quad (34)$$

dove K_s è il coefficiente di Gauckler Strickler, definito a seconda della superficie secondo i valori della Tabella 2.

Tabella 5 : Parametri di resistenza per deflusso superficiale.

SUPERFICIE	MOTO LAMINARE K_0	MOTO TURBOLENTO K_s [$m^{1/3}/s$]
Cemento o asfalto	24 + 108	70 + 100
Sabbia	30 + 120	60 + 100
Ghiaia	90 + 400	30 + 80
Argilla o Limo	100 + 500	30 + 80
Vegetazione sparsa	1000 + 4000	20 + 70
Prato con erba bassa	3000 + 10000	5 + 10
Terreno incolto	7000 + 40000	2 + 5

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 22 di 40

5 COMPONENTI DEL SISTEMA DI DRENAGGIO STRADALE

5.1 FOSSI DISPERDENTI

In alcune delle zone interessate dalla realizzazione della nuova linea ferroviaria non è stato possibile individuare un corpo idrico superficiale da poter utilizzare come recapito delle acque di piattaforma; per questo motivo nelle aree poste in un contesto territoriale di campagna il drenaggio degli afflussi meteorici viene svolto da un sistema costituito da embrici (o da sistemi caditoie-condotte, nel caso in cui fossero presenti dei marciapiedi) i quali scaricano in fossi di guardia disperdenti. I fossi disperdenti che ricevono i volumi meteorici sono dimensionati per garantire la laminazione temporanea e la dispersione dei volumi; tali fossi non hanno un recapito in un corpo idrico superficiale, sono pensati in piano, cioè senza pendenza longitudinale e di conseguenza sono stati dimensionati in modo tale da garantire l'invaso temporaneo e la dispersione di tutti i volumi in arrivo.

Il fosso disperdente è rivestito da uno strato di 0.3 m di ghiaia avvolta in uno strato di geotessuto in modo tale che sia facilitata la dispersione nel suolo dei volumi meteorici in arrivo.

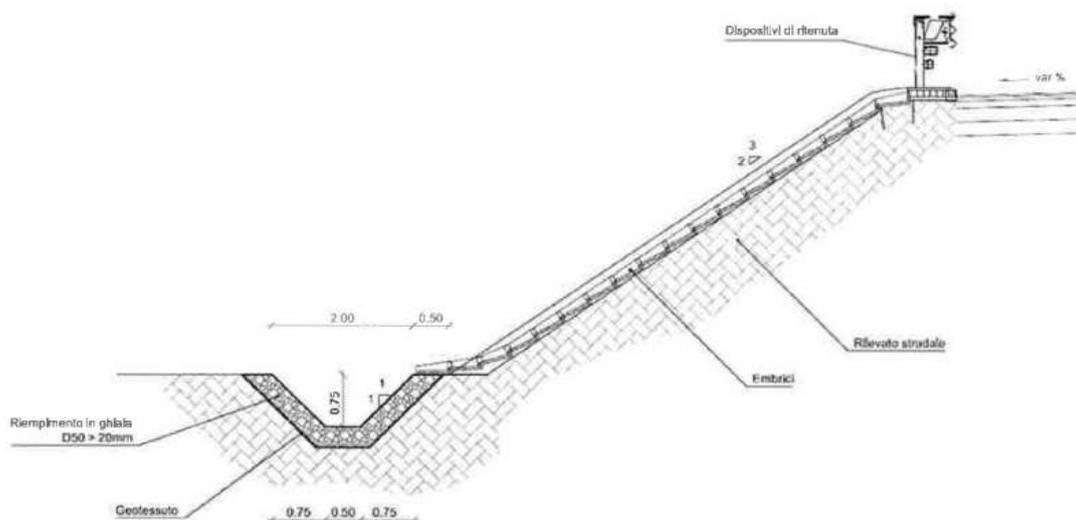


Figura 9 : Sistema di drenaggio stradale, embrice e fosso di guardia.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A
				PAGINA 23 di 40		

La portata dispersa dai fossi per infiltrazione è stata stimata con riferimento allo schema di moto filtrante riportato in Figura 10

che quantifica la portata dispersa per un fosso di lunghezza unitaria con la seguente formula:

$$q = \left(\frac{B}{H} + C \right) \cdot K \cdot H \quad (35)$$

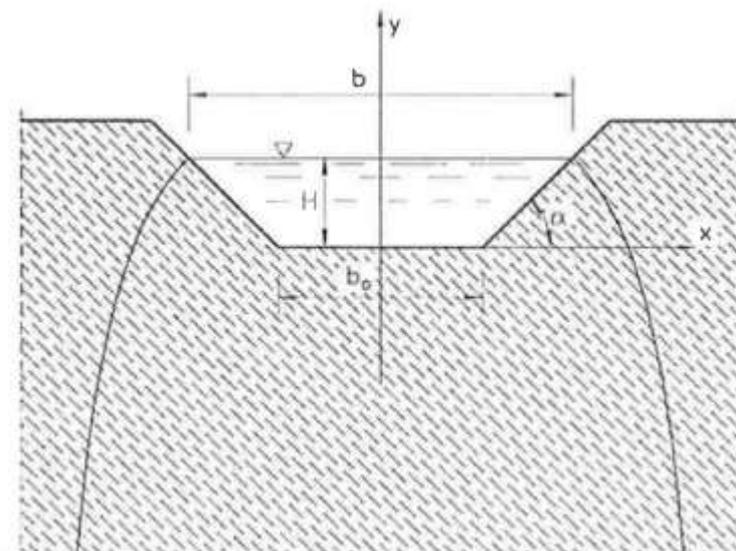


Figura 10 : Schema del funzionamento del fosso disperdente.

Dove:

- b_0 larghezza di fondo del fosso;
- H l'altezza utile;
- n pendenza delle scarpate;
- K coefficiente di filtrazione;
- C coefficiente che misura il contributo della formazione della portata dovuta all'infiltrazione sulle sponde, stimata con una relazione monomia del tipo $C = a(b/H)^m$, in cui a ed m , al variare di n sono visibili nella tabella sottostante:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
	IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.11.0.2.001	A	24 di 40

Tabella 6 : valori di a ed m al variare di n

scarpa n	a	m	$\frac{b}{H}$
1/1	1,584	0,375	2
3/2	1,332	0,380	3
2/1	1,009	0,448	4

Dai risultati disponibili dalle indagini geologiche, la permeabilità dei territori interessati dal presente progetto può variare molto e dunque è stato valutato caso per caso quale valore del coefficiente di permeabilità adottare.

La dimensione dei diversi fossi drenanti è stata calcolata tenendo conto sia della loro capacità disperdente che della capacità d'invaso. I volumi di invaso sono calcolati sottraendo al volume in arrivo, determinato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica, le portate disperse nel sottosuolo. Il calcolo del volume di laminazione ΔV necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S, al variare del tempo di pioggia t_p (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$\Delta V(t_p) = V_e(t_p) - V_u(t_p) \quad (36)$$

con:

$$V_e = a \cdot t_p^n \cdot \varphi \cdot S \quad (37)$$

valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso. Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_u), è stato effettuato seguendo lo schema riportato nel paragrafo precedente associandogli un'efficienza pari al 50% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine:

$$V_u = \eta \cdot \left(\frac{B}{H} + C \right) \cdot K \cdot H \cdot L \cdot t_p \quad \text{con } \eta = 50\% \quad (38)$$

Sono stati dunque adottati i seguenti valori:

- S massima superficie afferente al singolo fosso, intesa sia come superficie della piattaforma sia come superficie esterna.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 25 di 40

- a coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un T_R pari a 100 anni (mm/ore^n);
- n coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un T_R pari a 100 anni;

Per laminare e disperdere il volume meteorico in ingresso al fosso, calcolato con i dati sopra riportati, è stato dimensionato un fosso disperdente trapezoidale, con sponde aventi pendenza 1 su 1, avente sezione variabile, con pendenza longitudinale nulla; di seguito si riportano le dimensioni standard adottate:

Tabella 7 : dimensioni delle sezioni tipologiche dei fossi disperdenti del drenaggio di piattaforma

CODICE FOSSO	TIPO SEZIONE	Base minore b_0 (cm)	Base maggiore B (cm)	Altezza H_r (cm)
FT1	Sezione trapezia sponde 1/1	50	150	50
FT2	Sezione trapezia sponde 1/1	70	210	70
FT3	Sezione trapezia sponde 1/1	100	300	100
FT4	Sezione trapezia sponde 1/1	120	360	120

Il fosso disperdente deve essere in grado di ricevere e mantenere al suo interno i volumi in arrivo per svolgere la sua funzione di laminazione e dispersione della portata. Di conseguenza, nei casi in cui vi sia una certa pendenza longitudinale del terreno e quindi del fosso, è necessario ostacolare l'ingresso del deflusso delle portate al suo interno e contrastare la riduzione dell'invaso dovuta alle pendenze longitudinali del fosso di guardia. A questo fine si prevede di realizzare degli opportuni setti di ripartizione in terra da posizionare all'interno del fosso di guardia in modo da garantire il necessario volume di invaso.

Per la valutazione del volume di invaso disponibile viene quindi mediata l'area bagnata tra due setti di ripartizione, cioè tra la sezione terminale del fosso (fosso pieno) e la sezione iniziale dello stesso; così facendo è possibile determinare il volume di invaso al variare della pendenza e dell'interasse dei setti (Figura 11).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 26 di 40

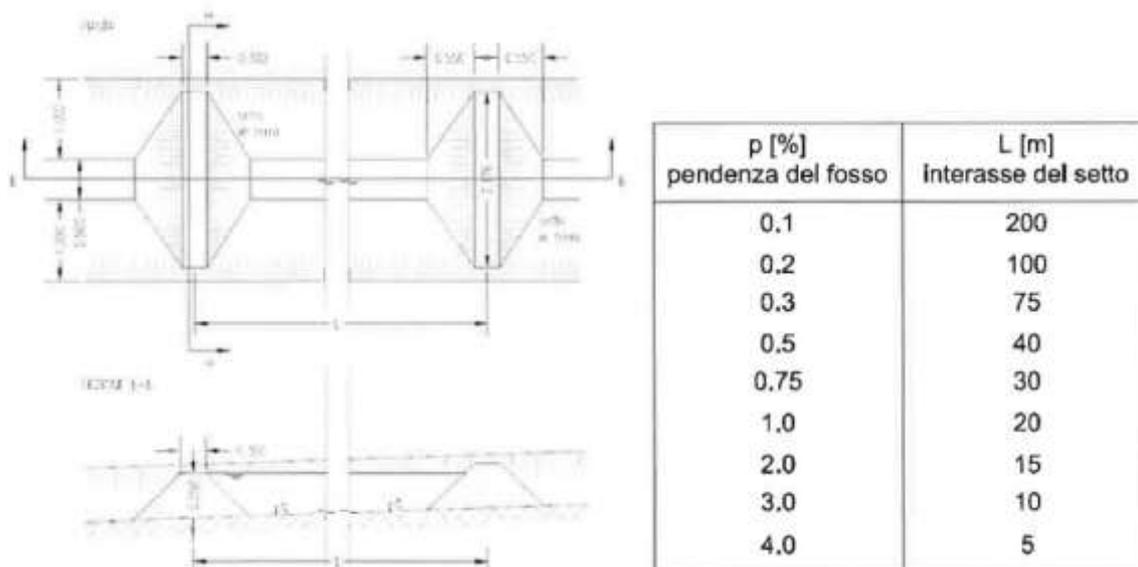


Figura 11 : Setti lungo i fossi disperdenti.

Si ritiene opportuno controllare periodicamente (ogni sei mesi o in concomitanza di eventi meteorici eccezionali) i fossi disperdenti. Dal punto di vista manutentivo va tagliata periodicamente la vegetazione, in modo da mantenerne l'altezza fra 10 e 20 cm, vanno inoltre rimossi gli eventuali sedimenti e sanati eventuali fenomeni erosivi.

5.2 TRINCEE DISPERDENTI

Dove non è stato possibile individuare un corpo idrico superficiale come recapito per le acque di piattaforma e dove la pendenza abbastanza elevata del terreno esistente non permetteva la realizzazione di fossi disperdenti, è stata creata una trincea disperdente al fine di immagazzinare le acque meteoriche e disperderle poi nel sottosuolo.

Le trincee previste sono realizzate con moduli parallelepipedi in materiale plastico con volume di ritegno pari al 90% del volume totale. I moduli sono componibili per realizzare la trincea delle volute dimensioni; sono inoltre carrabili per ricoprimenti minimi di 1.0 m e vengono avvolti esternamente con geotessile per evitare il trasferimento del materiale all'interno della trincea. Il rinterro viene effettuato con materiale di elevate capacità drenanti ben costipato (ghiaia, ghiaietto).

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 27 di 40

La portata dispersa dalla trincea per infiltrazione è stata stimata con riferimento allo schema di moto filtrante che quantifica la portata dispersa attraverso una superficie effettiva calcolata secondo la seguente formula:

$$q = K \cdot j \cdot A' = K \cdot j \cdot (L \cdot B + 2(L + B)H) \quad (39)$$

Dove:

- A' area efficace;
- H l'altezza utile;
- J gradiente idraulico pari a 1/1;
- K coefficiente di filtrazione;
- L lunghezza trincea;
- B larghezza trincea;



APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. PAGINA
		IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.11.0.2.001	A 28 di 40

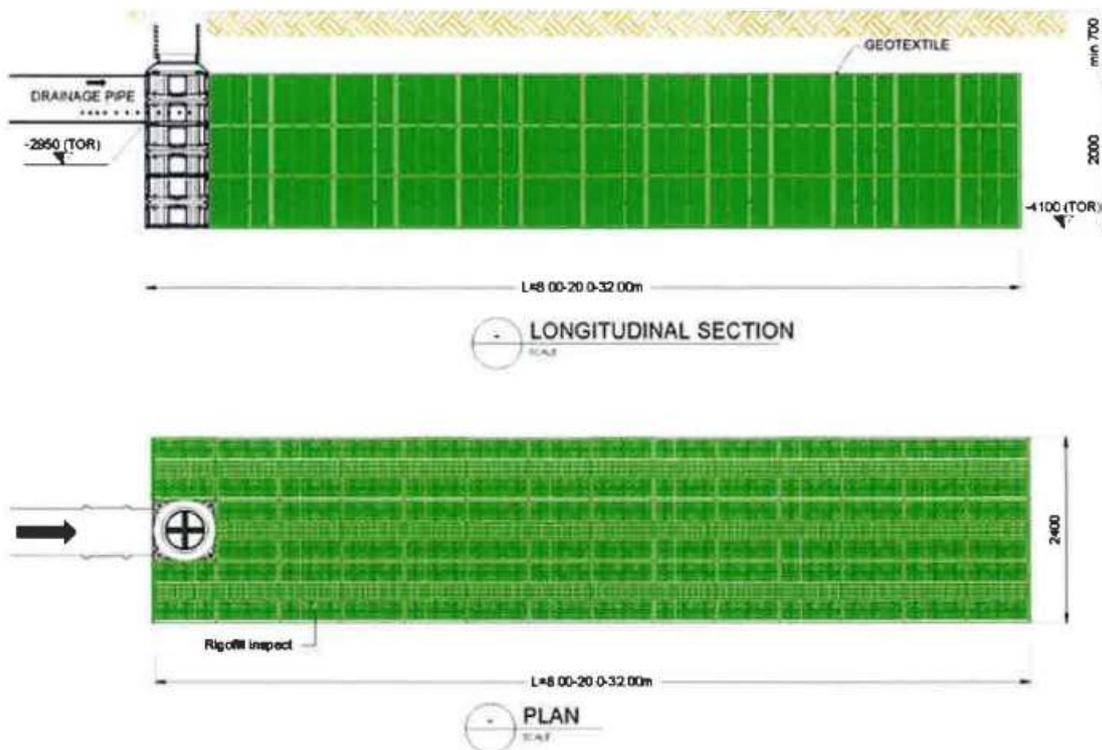


Figura 12 : Tipologico di trincea drenante con moduli in materiale plastico

Dai risultati disponibili dalle indagini geologiche, la permeabilità dei territori interessati dal presente progetto può variare molto e dunque è stato valutato caso per caso quale valore del coefficiente di permeabilità adottare. La dimensione delle diverse trincee drenanti è stata calcolata tenendo conto sia della loro capacità disperdente che della capacità d'invaso. I volumi di invaso sono calcolati sottraendo al volume in arrivo, determinato a partire dalle curve di possibilità pluviometrica, le portate disperse nel sottosuolo.

Il calcolo del volume di laminazione ΔV necessario per laminare la portata in arrivo dalla piattaforma è effettuato risolvendo, con riferimento ad un bacino scolante con superficie S , al variare del tempo di pioggia t_p (espresso in ore), l'equazione di bilancio dei volumi, ossia:

$$\Delta V(t_p) = V_e(t_p) - V_u(t_p) \quad (40)$$

con:

$$V_e = a \cdot t_p^n \cdot \varphi \cdot S \quad (41)$$

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014					
<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.		PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	PAGINA
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		IF1M	0.0.E.ZZ	RI	NV.11.0.2.001	A	29 di 40

valida nell'ipotesi semplificativa che inizi la dispersione contestualmente all'inizio dell'evento piovoso. Il calcolo dell'andamento temporale dei volumi drenati nel sottosuolo a dispersione (V_u), è stato effettuato seguendo lo schema riportato nel paragrafo precedente associandogli un'efficienza pari al 50% per tenere conto del suo funzionamento a lungo termine:

$$V_u = \eta \cdot K \cdot j \cdot (L \cdot B + 2(L + B)H) \cdot t_p \quad \text{con } \eta = 50\% \quad (42)$$

Sono stati dunque adottati i seguenti valori:

- S massima superficie afferente al singolo fosso, intesa sia come superficie della piattaforma sia come superficie esterna.
- a coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un T_R pari a 100 anni (mm/ore^{-n});
- n coefficiente della curva di possibilità pluviometrica per un T_R pari a 100 anni;

5.3 CONDOTTE DI DRENAGGIO STRADALE

I collettori che ricevono i contributi meteorici dalle caditoie poste a bordo strada sono delle condotte in PEAD di diametro variabile da un minimo di DN 300 ad un massimo di DN 500 con rigidità anulare SN 8 (8 kN/m²). In generale saranno posati sotto la banchina. Gli spessori di ricoprimento minimi per le condotte sono pari ad 1 m. Per tutte le condotte è previsto un rinfiacco in ghiaietto.

I collettori sono ispezionabili mediante pozzetti d'ispezione disposti con un interasse massimo pari a 25 m. L'interasse può essere ridotto in particolari casi, ad esempio, in corrispondenza di curve planimetriche particolarmente accentuate nelle quali si è ritenuto opportuno disporre i pozzetti d'ispezione con un interasse inferiore onde evitare di posare le condotte con una curvatura incompatibile con le loro caratteristiche strutturali con conseguente riduzione della tenuta idraulica.

Il dimensionamento idraulico delle condotte di drenaggio delle acque di piattaforma stradale è stato eseguito mediante il metodo del volume d'invaso precedentemente esposto.

La metodologia seguita ha previsto l'individuazione dei parametri caratteristici della curva di possibilità pluviometrica per tempi di pioggia inferiori all'ora, in quanto le aree afferenti della piattaforma ferroviaria sono caratterizzate da tempi di risposta dell'ordine di qualche minuto. La determinazione delle portate all'interno di ciascun tratto è stata eseguita

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. PAGINA A 30 di 40

imponendo per il coefficiente udometrico, in favore di sicurezza, un tempo di riempimento della singola canaletta pari al tempo di pioggia ($t_r = t_p$).

Note la pendenza e le dimensioni delle condotte di drenaggio è stato calcolato il tirante idrico che si instaura all'interno delle canalette in condizioni di moto uniforme.

Il dimensionamento idraulico è soddisfatto se le configurazioni geometriche scelte sono tali da consentire lo smaltimento delle portate afferenti con un grado di riempimento massimo dell' 80%.

Nell'applicazione del metodo dell'invaso viene definito il coefficiente udometrico:

$$u = \frac{Q_M}{S} = z [\zeta_\alpha(z)]^{\frac{n-1}{n}} \cdot \frac{(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\frac{1-n}{n}}} \quad (43)$$

- u [$l \text{ s}^{-1} \text{ ha}^{-1}$] = coefficiente udometrico
- w [m] = W_M/S = invaso specifico (W_M volume invasato dal sistema bacino-rete a monte della sezione di chiusura, S area del bacino)
- a [$m \text{ h}^{-n}$] e n [-] = coefficienti della curva di possibilità pluviometrica
- φ [-] = coefficiente di afflusso medio

in particolare vengono utilizzati i seguenti parametri:

- Volume specifico piccoli invasi per la piattaforma $W_0 = 0.003 \text{ m}$;
- Coefficiente di afflusso per la piattaforma $\varphi_p = 0.9$;
- Coefficiente di afflusso per le aree permeabili $\varphi = 0.4$;
- Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler del PEAD $K_s = 80 \text{ s/m}^{1/3}$;
- Larghezza piattaforma L (variabile in base alla categoria della strada);

La portata lungo la canaletta viene quindi calcolata moltiplicando il coefficiente udometrico per la superficie del bacino afferente alle varie sezioni prese in esame.

Determinata la portata defluente, il tirante idrico che s'instaura all'interno delle condotte è calcolato mediante l'equazione del moto uniforme secondo *Gauckler-Strickler*:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (44)$$

dove:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 31 di 40

- K_s coefficiente di scabrezza secondo *Gauckler-Strickler* ($m^{-1/3}s$);
- A area bagnata (m^2);
- R_h raggio idraulico (m);
- i pendenza del fondo.

Nota il tirante idrico si può verificare il grado di riempimento ed il franco di sicurezza.

Per la valutazione del volume invasato W_M dal sistema bacino-rete a monte della sezione da dimensionare (compreso anche il volume del collettore in progetto):

$$W_M = w_0 S + \sum_i W_i + W_l \quad (45)$$

La sommatoria $\sum_i W_i$ è estesa a tutti i collettori i (già dimensionati) a monte del collettore l da dimensionare.

- w_0 = volume specifico (ovvero per unità di superficie) dei piccoli invasi e del velo idrico superficiale.
- $W_i = L_i A_i$ = volume invasato nel collettore i -esimo (L_i è la lunghezza del collettore, A_i l'area bagnata quando vi defluisce la portata di progetto Q_{Mi} già calcolata per il collettore i)
- $W_l = L_l A_l$ = volume invasato nel collettore l in progetto; da determinare per tentativi (L_l è la lunghezza nota del collettore in progetto, A_l l'area bagnata incognita, da determinare per tentativi)

La procedura iterativa è descritta di seguito:

1. Fissato il tempo di ritorno T si determinano i coefficienti a , n della curva di possibilità climatica: $i(\tau) = a \cdot \tau^{n-1}$.
2. Si stima il coefficiente di afflusso ϕ , calcolato come media pesata sulle aree permeabili e impermeabili.
3. Si fissa un valore di tentativo per il volume d'invaso W_l del collettore da dimensionare: ad esempio si può predimensionare il collettore, ipotizzare un valore del tirante idrico (o del diametro), e quindi un'area bagnata $A_l \rightarrow W_l = L_l A_l$.
4. Si fissa il volume specifico w_0 dei piccoli invasi e si calcola con la (44) il volume invasato W_M nel sistema bacino-rete a monte della sezione in progetto, e finalmente l'invaso specifico $w = W_M/A$.
5. Si calcola il coefficiente udometrico u con la (43) (o con l'equazione 21), quindi la massima portata al colmo $Q_M = u \cdot S$. Si dimensiona la tratta per la portata Q_M , e si

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 32 di 40

calcola il volume W_1 invasato. Il dimensionamento è terminato se questo W_1 è pari al volume assunto al punto 3. In caso contrario, si assume quest'ultimo valore per W_1 e si reitera il calcolo dal punto 4.

In Appendice 1: verifica dei fossi disperdenti si riportano i risultati del dimensionamento.

Affinchè le condotte siano verificate, deve risultare che, trattandosi di sole fognature per acque bianche:

- le velocità massime siano inferiori di 5 m/s;
- il grado di riempimento sia inferiore all'80%;

5.4 CADITOIE STRADALI

Le precipitazioni che insistono sulle nuove piattaforme stradali, dei tratti in trincea, saranno raccolte da pozzetti caditoia con griglia in ghisa carrabile delle dimensioni in pianta di 50x50 cm e convogliate alla rete di drenaggio. La cunetta laterale di scolo sarà ricavata direttamente sulla banchina stradale.

Il calcolo di dimensionamento e verifica dell'interasse delle caditoie è eseguito in modo tale da garantire che la precipitazione con tempo di ritorno di 25 anni riesca a defluire nel collettore fognario, evitando il ristagno dei deflussi sulla piattaforma.

Il procedimento adottato si basa sulla procedura esposta nel Paragrafo 4.1.2, per il dimensionamento delle sezioni aperte con metodo dell'invaso. Il dimensionamento viene effettuato con un periodo di ritorno di 25 anni. Sull'ipotesi che il tempo critico sia pari al tempo di riempimento della sezione della cunetta, viene pertanto ricavato il valore del coefficiente udometrico u (Equazione (28)), e quindi la portata, sapendo che $Q_{max}=u/S$.

In funzione della larghezza della banchina B , della pendenza trasversale J della stessa e di quella longitudinale i della strada è quindi possibile ricavare le caratteristiche idrauliche della cunetta di raccolta a bordo strada secondo lo schema riportato di seguito.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 33 di 40

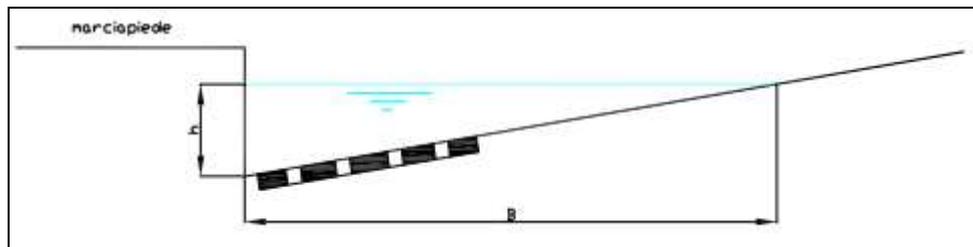


Figura 13 : Schema della cunetta stradale

In base alla formula di Gauckler-Strickler, assumendo un coefficiente di scabrezza K_s di 80 $m^{1/3}/s$ per la pavimentazione asfaltata, è possibile determinare la portata massima smaltibile dalla cunetta:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (46)$$

Considerando che la base B della cunetta interessa tutta la banchina, che la pendenza trasversale sia del 2.5% (3.7% massimo in curva), e nota la pendenza longitudinale del tratto di strada in esame si possono facilmente determinare i valori di velocità e portata tramite le seguenti relazioni:

$$v = 0.63 \cdot K_s \cdot J^{\frac{2}{3}} \cdot B^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (47)$$

$$Q = 0.315 \cdot K_s \cdot J^{\frac{5}{3}} \cdot B^{\frac{5}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (48)$$

Valide nell'ipotesi che $J < 10\%$.

5.4.1 Lunghezza della caditoia ed efficienza

Il problema relativo al calcolo della lunghezza "L" da assegnare alla caditoia per poter assicurare il drenaggio della portata "Q" è stato affrontato nell'ipotesi di moto gradualmente vario con portata decrescente e con energia specifica costante lungo il percorso sulla grata, ipotizzando inoltre che la stessa abbia aperture orizzontali rispetto al senso del moto nella cunetta stradale. In tali ipotesi, assumendo una grata piana di larghezza "l" con un carico "y", l'equazione del moto può scriversi nella forma:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014				
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 34 di 40	

$$H = y + \frac{Q^2}{2g l^2 y^2} = cost \quad (49)$$

dalla quale, posto $q = Q / l$ e sapendo che:

$$q = y \cdot \sqrt{2g \cdot (H - y)y} \quad (50)$$

si deduce l'espressione che consente di determinare, per $y = 0$, la lunghezza "L" da assegnare alla grata:

$$\frac{L}{H} = \frac{1}{2 \cdot C \cdot p} \cdot \left[\text{sen}^{-1} \sqrt{\frac{y_0}{H} + 3} \cdot \sqrt{\frac{y_0}{H} \cdot \left(1 - \frac{y_0}{H}\right)} \right] \quad (51)$$

in cui:

- H = energia specifica sulla grata;
- y_0 = battente idrico nella sezione iniziale di ingresso alla grata;
- C = coeff. di contrazione (assunto pari a 0,50);
- p = frazione efficace dell'area della griglia, rapporto tra la superficie totale delle fessure e la superficie complessiva della grata, assunto pari a 0.6.

Note queste quantità si può procedere a determinare l'efficienza della caduta, pari al rapporto fra la portata intercettata Q_1 e quella proveniente da monte Q.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 35 di 40

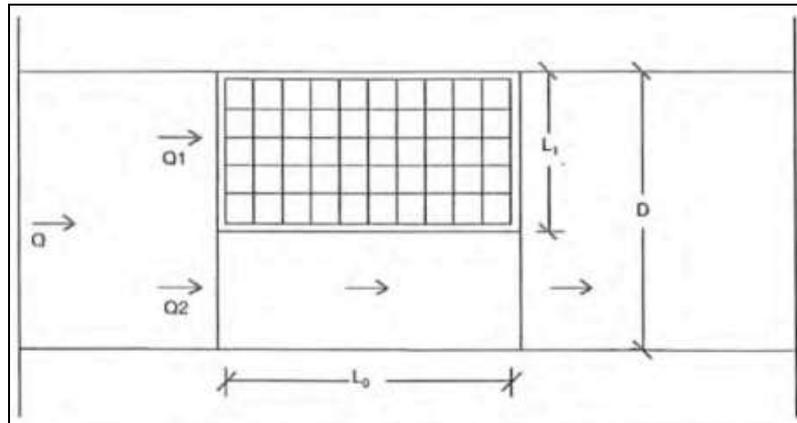


Figura 14 : schema di deflusso in prossimità di una coditoia

L'efficienza dipende, oltre che dalle dimensioni e dal tipo di bocca che controlla l'afflusso, dal valore della portata Q e da quello delle pendenze longitudinali e trasversali della strada. Indicando con L la larghezza della grata, ipotizzando che la portata Q_1 fluente nella sezione L affluisca alla caditoia e quella Q_2 , fluente nella sezione $D-L$ prosegua a valle, l'applicazione dell'Equazione (51) porta alla seguente definizione dell'efficienza:

$$E_0 = \frac{Q_1}{Q} = 1 - \frac{Q_2}{Q} = 1 - \left(1 - \frac{L}{D}\right)^{\frac{8}{3}} \quad (52)$$

Che fornisce la frazione della portata Q che viene captata dalla caditoia, alla condizione che questa sia in grado di poterla derivare. La capacità di derivazione viene fatta dipendere dalla velocità v con la quale l'acqua perviene alla caditoia, si indica infatti un valore limite, v_0 , oltre il quale la portata Q_1 non viene captata tutta. Questo valore limite dipende dalla lunghezza L della grata e dalla sua configurazione, allora:

- Per grate a barre normali alla direzione della corrente: $v_0 = 1.86L^{0.79} \quad (53)$

- Per grate a barre parallele alla direzione della corrente: $v_0 = 2.54L^{0.51} \quad (54)$

Indicata con Q_1^* (frazione di Q_1) la portata frontale intercettata dalla grata, accanto all'efficienza della caditoia data da $E_1 = Q_1^*/Q$, si definisce efficienza o rendimento della grata R_1 il rapporto $R_1 = Q_1^*/Q_1$ ed è $R_1=1$ quando la frazione Q_1 defluente nella larghezza L è integralmente catturata dalla grata. Questo accade quando la velocità v è minore o uguale alla v_0 secondo la relazione sperimentale seguente:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.		<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		ROCKSOIL S.p.A.		
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica		PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A
				PAGINA 36 di 40		

$$R_1 = \frac{Q_1^*}{Q_1} = 1 - 0.3(v - v_0) \quad (55)$$

Ovviamente con $R_1=1$ e $Q_1=Q_1^*$ per $v \leq v_0$. La portata laterale Q_2 che sfugge alla cattura, data anch'essa come rapporto a Q , è allora fornita dalla semplice formula:

$$\frac{Q_2}{Q} = 1 - E_0 \quad (56)$$

Anche una parte della portata laterale può essere intercettata in funzione dei valori della velocità v e della lunghezza L . indicata con Q_2^* la portata derivata, il rendimento R_2 rispetto a Q_2 è dato dalla relazione empirica:

$$R_2 = \frac{Q_2^*}{Q_2} = \left(1 + \frac{0.83 v^{1.8}}{JL^{2.3}}\right)^{-1} \quad (57)$$

L'efficienza totale della grata allora è data da:

$$E = \frac{Q_1^* + Q_2^*}{Q} = R_1 E_0 + R_2 (1 - E_0) \quad (58)$$

Per un'efficienza maggiore del 80% la griglia è idonea a captare le acque defluenti dalla piattaforma.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014						
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 37 di 40
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica								

6 DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI DRENAGGIO

6.1 DRENAGGIO STRADALE SULLE VIABILITÀ IN PROGETTO

Nella Tabella sottostante si riassumono i tipi di drenaggio di piattaforma stradale disposti sulle viabilità in progetto riferita al corpo d'opera **NV11**.

Tabella 8 : Drenaggio di piattaforma stradale sulle viabilità in progetto

Viabilità	Sistema di drenaggio	Recapito
VIA GAUDELLO KM 15+100 (NV11)	Caditoie grigliate	FOSSI DISPERDENTI

La viabilità NV11 si sviluppa, per la maggior parte del tracciato, in rilevato. Essendo una stada di tipo urbana sono previsti marciapiedi di 1,50 m ai lati della strada, che impediscono la realizzazione di embrici scaricanti direttamente nei recapiti finali. Per tale motivo è stato necessario adoperare dei piccoli sistemi caditoie - condotte che, direttamente dal pozzetto della caditoia (posizionata in corrispondenza delle cunette stradali), scaricano nei fossi al lato della strada, attraversando il rilevato trasversalmente.

Non essendoci un recapito in cui scaricare le acque di drenaggio di piattaforma, si è fatto riferimento a fossi disperdenti posizionati lungo i due lati del tracciato stradale.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO				
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	ROCKSOIL S.p.A.	IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014			
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001	REV. A	PAGINA 38 di 40

7 RISULTATI

7.1 RISULTATI DEL DIMENSIONAMENTO

Per la viabilità in progetto le cunette sono ricavate direttamente nelle banchine. Il tracciato è caratterizzato da basse pendenze longitudinali come di seguito riportato.

Tabella 9: andamento delle pendenze longitudinali

pk		i%
0+000.00	0+075.00	3.0
0+075.00	0+325.00	-0.25
0+325.00	0+540.67	0.25
0+540.67	0+725.00	-0.25
0+725.00	0+954.00	0.25
0+954.00	1+081.50	-0.34

Il tracciato è caratterizzato dagli elementi di seguito riportati.

Tabella 10: suddivisione del tracciato

pk		descrizione
0+000.00	0+877.14	rettifilo
0+877.14	1+030.87	curva
1+030.87	1+081.50	rettifilo

Il calcolo delle portate idrologiche afferenti alle singole caditoie è stato effettuato con riferimento alla procedura del metodo dell'invaso per sezioni aperte, come precedentemente illustrato nel Paragrafo 4.1.2. Da queste si è potuto dimensionare l'interasse delle caditoie, verificando che con quell'interasse la portata defluente in cunetta fosse maggiore della portata affluente dalla carreggiata.

Per il tratto in curva, particolarmente critico, si è supposto un interasse delle caditoie di 10 m. In corrispondenza del margine stradale il tirante è stato determinato con le seguenti relazioni:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i} \quad (59)$$

Essendo:

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO IF1M	LOTTO 0.0.E.ZZ
	CODIFICA RI	DOCUMENTO NV.11.0.2.001
	REV. A	PAGINA 39 di 40

$$A \approx \frac{b \cdot h}{2} \quad (60)$$

$$R \approx \frac{b \cdot j}{2} \quad (61)$$

Allora:

$$h = \frac{Q}{K_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}} \cdot \frac{2}{b} \quad (62)$$

ricavando così il valore del tirante idrico in cunetta. Con un interasse di 10 m, nel tratto in curva, il tirante idrico assume un valore di 2.8 cm, valore compatibile con la geometria del margine stradale di progetto.

In rettilineo le caditoie sono poste con un interasse di 15 m. In tali condizioni, in corrispondenza del margine stradale, il tirante assume il valore di 1.38 cm, valore compatibile con la geometria del margine stradale di progetto.

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva:

pk	tipo	dimensioni [cm]	interasse [m]
0+000.00 0+877.14	caditoie grigliate	50x50	15
0+877.14 1+030.87	caditoie grigliate	50x50	10
1+030.87 1+081.50	caditoie grigliate	50x50	15

In merito alle tubazioni di scarico delle caditoie si è verificato che il diametro imposto ($\geq \varnothing 250$) e che la pendenza del tratto, fossero tali da garantire un grado di riempimento del 70% ed una velocità maggiore di 0.5 m/s, evitando eventuali fenomeni di intasamento della condotta.

Dove il rilevato non garantisce lo scarico diretto delle caditoie nei fossi disperdenti si è provveduto ad allontanare tali acque con reti di drenaggio locali.

In tutti i casi le caditoie sono risultate idonee a captare la portata in arrivo, con un'efficienza superiore all'80%.

In Appendice 1: verifica dei fossi disperdenti, sono riportate le tabelle di verifica dei recapiti.

APPALTATORE: <u>Mandatario:</u> SALINI IMPREGILO S.p.A.	<u>Mandante:</u> ASTALDI S.p.A.	LINEA FERROVIARIA NAPOLI - BARI TRATTA NAPOLI-CANCELLO IN VARIANTE TRA LE PK 0+000 E PK 15+585, INCLUSE LE OPERE ACCESSORIE, NELL'AMBITO DEGLI INTERVENTI DI CUI AL D.L. 133/2014, CONVERTITO IN LEGGE 164 / 2014
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A.	<u>Mandante:</u> SYSTRA-SOTECNI S.p.A. ROCKSOIL S.p.A.	
PROGETTO ESECUTIVO Relazione tecnica	PROGETTO LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. PAGINA IF1M 0.0.E.ZZ RI NV.11.0.2.001 A 40 di 40	

8 APPENDICE 1: VERIFICA DEI FOSSI DISPERDENTI

Nuova viabilità NV11.

Tabella 11 : Tabella dei risultati della verifica della rete di condotte della viabilità in esame

codice fosso	sez. tipo	dimensioni [m] b0 ÷ B x H	L [m]	K [m/s]	ΣS_{perm} [m ²]	ΣS_{imp} [m ²]	Φ_{medio}	V _{necessario} [m ³]	V _{tot} [m ³]	H/H _T [%]
FD_01	FT1	0.50÷1.50x0.50	236	8.30E-05	637	1348	0.7	16.61	118	0.6
FD_02	FT1	0.50÷1.50x0.50	68	8.30E-05	239	374	0.7	5.26	34	0.6
FD_03	FT1	0.50÷1.50x0.50	58	8.30E-05	225	319	0.7	4.62	29	0.6
FD_04	FT1	0.50÷1.50x0.50	691	8.30E-05	1959	3798	0.7	53.20	345.25	0.6
FD_05	FT1	0.50÷1.50x0.50	35	8.30E-05	67	193	0.8	1.77	17.5	0.6
FD_06	FT1	0.50÷1.50x0.50	42	8.30E-05	163	231	0.7	2.81	21	0.6
FD_07	FT1	0.50÷1.50x0.50	597	8.30E-05	2333	3284	0.7	47.61	298.5	0.6
FD_08	FT1	0.50÷1.50x0.50	167	8.30E-05	608	919	0.7	13.04	83.5	0.6
FD_09	FT1	0.50÷1.50x0.50	178	8.30E-05	951	1947	0.7	26.93	89	0.6
FD_10	FT1	0.50÷1.50x0.50	122	8.30E-05	385	938	0.8	11.74	61	0.6