

AUTOSTRADA (A1) : MILANO-NAPOLI

TRATTO: FIRENZE SUD - INCISA VALDARNO

STABILIZZAZIONE VERSANTE IN LOCALITA' FORNACE DI TROGHI
(AREA PISCINALE)

PROGETTO DEFINITIVO

<h1>AUTOSTRADA</h1>
<h1>IDRAULICA</h1>
<p>Relazione idrologica e idraulica - Sistema di drenaggio corpo autostradale</p>

VERIFICA a cura di:	RIESAME a cura di:	VALIDAZIONE INTERNA a cura di:
IL PROGETTISTA SPECIALISTICO Ing. Paolo De Paoli Ord. Ingg. Pavia N. 1739 T.L. IDRAULICA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Enrica Bontempi Ord. Ingg. Roma n. 39356	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola Ord. Ingg. Milano n. A26796 T.A. STRADE

RIFERIMENTO PROGETTO			CODICE IDENTIFICATIVO				RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	-
T1157	0000	PD	AU	IDR	00000	00000	R	IDR	0005	00	SCALA -

	ENGINEERING COORDINATOR:	REVISIONE		
	Ing. Enrica Bontempi Ord. Ingg. Roma n. 39356	n.	Descrizione	Data
	SUPPORTO SPECIALISTICO:	00	Prima emissione	LUGLIO 2024

RIF. ORIGINE										
CODIFICA ASPI	Codice Commessa	Fase	Origine	Disciplina	W B S	Tipo	Progressivo	Classe	Status	Rev.
	0G099-PD-TECN-IDR-00000-REL-000002							1	APD	00

<p>VISTO DEL COMMITTENTE</p>  <p>IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Luca Giacomini</p>	<p>VISTO DEL CONCEDENTE</p>  <p>Ministero delle infrastrutture e dei trasporti</p>
--	---

Sommario

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	3
2.1	NORMATIVA NAZIONALE	3
2.2	NORMATIVA REGIONALE.....	6
2.3	AUTORITÀ DI BACINO.....	8
3	IDROLOGIA.....	9
4	SISTEMA DI DRENAGGIO DEL CORPO STRADALE	13
4.1	REQUISITI PRESTAZIONALI.....	13
4.2	SCHEMA DI DRENAGGIO	13
4.3	METODOLOGIA PROGETTUALE.....	14
4.3.1	<i>Dimensionamento degli elementi di raccolta.....</i>	<i>15</i>
4.3.2	<i>Dimensionamento degli elementi di convogliamento</i>	<i>16</i>
4.4	ELEMENTI DI RACCOLTA	16
4.4.1	<i>Caditoie grigliate</i>	<i>16</i>
4.5	ELEMENTI DI CONVOGLIAMENTO	17
4.5.1	<i>Collettori circolari in PEAD e PP.....</i>	<i>17</i>
4.5.2	<i>Tombini circolari.....</i>	<i>19</i>
4.5.3	<i>Fossi di guardia e canalette rettangolari.....</i>	<i>20</i>
4.6	PRESIDI IDRAULICI.....	22
4.6.1	<i>Sedimentatori-disoleatori.....</i>	<i>22</i>
4.7	RECUPERO DELLE AREE IMPERMEABILIZZATE	23
5	VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD	24
6	PORTATE SCARICATE AI SINGOLI RECAPITI.....	29
7	DIMENSIONAMENTI IDRAULICI.....	30
7.1	DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI	30

1 Premessa

La presente relazione idrologica ed idraulica si inquadra nell'ambito delle lavorazioni per l'ampliamento alla terza corsia dell'autostrada A1 Firenze Sud - incisa, lotto 2B, nel tratto collinare posto più a Sud della nuova galleria San Donato, in località Fornace di Troghi (area Piscinale), nel comune di Rignano sull'Arno (FI). Gli esatti confini delle aree oggetto d'intervento sono altresì riportati nelle planimetrie di progetto.

Lo studio si inquadra nell'ambito della Perizia di Variante che interessa le opere di sostegno del versante poste a margine della zona di ampliamento autostradale.

La perizia si è resa necessaria a seguito degli spostamenti osservati sul versante posto a monte di un'opera di controripa in corso di realizzazione, tali per cui, a valle delle osservazioni e analisi effettuate, si renderebbe necessario un significativo rinforzo dell'opera di sostegno.

La progettazione è stata indirizzata verso una soluzione che prevede la realizzazione di una galleria artificiale eseguita con il metodo "Milano".

Data la sensibilità ambientale dei luoghi attraversati dall'autostrada, si è utilizzato un sistema di drenaggio di tipo "chiuso" su tutto il tratto. L'acqua di piattaforma è raccolta e incanalata in collettori che, prima di immetterla nei recapiti naturali, la portano ai presidi idraulici dove è sottoposta ad un trattamento di disoleazione e sedimentazione. In questo modo si riesce a tenere separate le acque di piattaforma da quelle esterne, garantendo la salvaguardia dall'inquinamento dovuto al dilavamento della piattaforma e da quello provocato da eventuali sversamenti accidentali.

2 Inquadramento normativo

In questo capitolo vengono descritti i principali riferimenti normativi e gli strumenti di pianificazione e di tutela presenti sul territorio, a scala nazionale e regionale, al fine di fornire un quadro esaustivo della normativa vigente nel campo idrologico-idraulico, ambientale e di difesa del suolo, in modo da verificare la compatibilità degli interventi di ampliamento della sede autostradale previsti con le prescrizioni dei suddetti strumenti di legge.

2.1 Normativa nazionale

Di seguito vengono riportate le principali leggi nazionali in materia ambientale e di difesa del suolo, accompagnate da un breve stralcio descrittivo.

RD 25/07/1904 n° 523

Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie.

Regio Decreto Legislativo 30/12/1923, n° 3267

Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani. La legge introduce il vincolo idrogeologico.

DPR 15/01/1972 n° 8

Trasferimento alle Regioni a statuto ordinario delle funzioni amministrative statali in materia di urbanistica e di viabilità, acquedotti e lavori pubblici di interesse regionale e dei relativi personali ed uffici.

L. 64/74

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

L. 319/76 (Legge Merli)

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.

La legge sancisce l'obbligo per le Regioni di elaborare il Piano di risanamento delle acque.

DPR 24/7/1977 n° 616

Trasferimento delle funzioni statali alle Regioni.

L. 431/85 (Legge Galasso)

Conversione in legge con modificazioni del decreto legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

L. 183/89

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo. Scopo della legge è la difesa del suolo, il risanamento delle acque, la fruizione e la gestione del patrimonio idrico per gli usi di razionale sviluppo economico e sociale, la tutela degli aspetti ambientali ad essi connessi (art. 1 comma 1).

Vengono inoltre individuate le attività di pianificazione, di programmazione e di attuazione (art. 3); vengono istituiti il Comitato Nazionale per la difesa del suolo (art. 6) e l'Autorità di Bacino (art. 12). Vengono individuati i bacini idrografici di rilievo nazionale, interregionale e regionale (artt. 13, 14, 15, 16) e date le prime indicazioni per la redazione dei Piani di Bacino (artt. 17, 18, 19).

L. 142/90

Ordinamento delle autonomie locali.

DL 04-12-1993 n° 496

Disposizioni urgenti sulla riorganizzazione dei controlli ambientali e istituzione della Agenzia nazionale per la protezione dell'ambiente. (Convertito con modificazioni dalla L. 61/94).

L. 36/94 (Legge Galli)

Disposizioni in materia di risorse idriche.

DPR 14/4/94

Atto di indirizzo e coordinamento in ordine alle procedure ed ai criteri per la delimitazione dei bacini idrografici di rilievo nazionale ed interregionale, di cui alla legge 18 maggio 1989, N. 183.

DPR 18/7/95

Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei Piani di Bacino.

DPCM 4/3/96

Disposizioni in materia di risorse idriche (direttive di attuazione della Legge Galli).

Decreto Legislativo 31/3/1998, n° 112

Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

DPCM 29/9/98

Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1989, N. 180. Il decreto indica i criteri di individuazione e

perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (punto 2) e gli indirizzi per la definizione delle norme di salvaguardia (punto 3).

L. 267/98 (Legge Sarno)

Conversione in legge del DL 180/98 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania. La legge impone alle Autorità di Bacino nazionali e interregionali la redazione dei Piani Stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico e le misure di prevenzione per le aree a rischio (art. 1).

DL 152/99

La normativa nazionale, in materia di controllo dell'inquinamento prodotto dal dilavamento della piattaforma autostradale, si riferisce al Decreto legislativo 11 maggio 1999 n°152 "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole".

DL 258/00

Disposizioni correttive e integrative del DL 152/99. In linea generale le acque meteoriche e di dilavamento non sono considerate "scarico" ai sensi dell'art. 1.

L. 365/00 (Legge Soverato)

Conversione in legge del DL 279/00 recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della Regione Calabria danneggiate dalle calamità di settembre e ottobre 2000. La legge individua gli interventi per le aree a rischio idrogeologico e in materia di protezione civile (art. 1); individua la procedura per l'adozione dei progetti di Piano Stralcio (art. 1-bis); prevede un'attività straordinaria di polizia idraulica e di controllo sul territorio (art. 2).

DL 152/06

riprende integralmente il 258/00.
 Ha riorganizzato le Autorità di bacino introducendo i distretti idrografici. Tale Decreto legislativo disciplina, in attuazione della legge 15 dicembre 2004, n. 308, la difesa del suolo e la lotta alla desertificazione, la tutela delle acque dall'inquinamento e la gestione delle risorse idriche. Istituisce i distretti idrografici nei quali sarà istituita l'Autorità di bacino distrettuale, che va a sostituire la o le Autorità di Bacino previste dalla legge n. 183/1989. In forza del recente d.lgs 8 novembre 2006, n. 284, nelle more della costituzione dei distretti idrografici di cui al Titolo II della Parte terza del d.lgs. 152/2006 e della revisione della relativa disciplina legislativa con un decreto legislativo correttivo, le Autorità di Bacino di cui alla legge 18 maggio 1989, n. 183, sono prorogate fino alla data di entrata in vigore del decreto correttivo che, ai sensi dell'articolo 1, comma 6, della legge n. 308 del 2004, definisca la relativa

disciplina. Fino alla data di entrata in vigore del decreto legislativo correttivo di cui al comma 2-bis dell'articolo 170 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, come inserito dal comma 3, sono fatti salvi gli atti posti in essere dalle Autorità di Bacino dal 30 aprile 2006.

Inoltre l'articolo 113 del medesimo Decreto legislativo, stabilisce, in materia di controllo dell'inquinamento prodotto dal dilavamento delle acque meteoriche, che “..le regioni disciplinano:..b) i casi in cui può essere richiesto che le immissioni delle acque di dilavamento ...siano sottoposte a particolari prescrizioni..”, art. 113 comma 1, e che “... i casi in cui può essere richiesto.. siano convogliate e opportunamente trattate.. in relazione alle attività svolte, vi sia il rischio di dilavamento da superfici impermeabili scoperte di sostanze pericolose..”, art. 113 comma 3.

Decreto n. 131 del 16/06/2008

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante i criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici (tipizzazione, individuazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni) per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante: "Norme in materia ambientale", predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 4, dello stesso decreto. (GU n. 187 del 11/08/2008 - Suppl. Ordinario n. 189)

Decreto n. 56 del 14/04/2009

Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare - Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del Decreto Legislativo n. 152 del 3/04/2006 recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del decreto legislativo medesimo” (GU n.124 del 30/05/2009 - Suppl. Ordinario n. 83)

DM 17/01/2018

"Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" Le nuove norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Nel paragrafo 5.1.7.4, denominato “Smaltimento dei liquidi provenienti dall'impalcato”, si prescrive che: “... il progetto del ponte deve essere corredato dallo schema delle opere di convogliamento e di scarico. Per opere di particolare importanza, o per la natura dell'opera stessa o per la natura dell'ambiente circostante, si deve prevedere la realizzazione di un apposito impianto di depurazione e/o decantazione.”

2.2 Normativa regionale

Legge Regionale 81/94

Disposizioni in materia di risorse idriche. La Regione Toscana, in attuazione della legge Galli ha emanato tale legge con la finalità di recupero e mantenimento della risorsa idrica.

D.C.R.T. 12/2000

Pone l'obbligo di realizzare volumi che vadano a compensare l'incremento di superficie impermeabilizzata.

L.R. 3 gennaio 2005, n.1 e suo successivo regolamento attuativo (Decreto del Presidente della Giunta Regionale del 27/04/2007, n.26/R pubblicato nel Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 11 del 07/05/2007)

Normativa rivolta ai pianificatori del territorio (Comuni), in cui vengono definite le aree a pericolosità idraulica.

Delibera Consiglio Regionale 25 gennaio 2005 n. 6

Approvazione del Piano Tutela acque.

Legge Regionale 31 maggio 2006 n.20

Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, pubblicata sul B.U.R. Toscana n. 17 del 7 giugno 2006.

In attuazione al D.lgs 152/2006, ha per oggetto la tutela delle acque, tra cui, art.1, comma 1 c), le acque meteoriche e di lavaggio delle aree esterne di cui all'art. 113 del decreto legislativo citato. L'art. 2 definisce:

f) acque meteoriche dilavanti non contaminate (AMDNC): acque meteoriche dilavanti derivanti da superfici impermeabili non adibite allo svolgimento di attività produttive, ossia: le strade pubbliche e private, i piazzali di sosta e di movimentazione di automezzi, parcheggi e similari, anche di aree industriali, dove non vengono svolte attività che possono oggettivamente comportare il rischio di trascinarsi di sostanze pericolose o di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali; sono AMDNC anche le acque individuate ai sensi dell'articolo 8, comma 8;

n) aree pubbliche: le strade, come definite dall'articolo 2 del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285 (Nuovo codice della strada), come modificato dal decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e le relative pertinenze anche destinate alla sosta o movimentazione dei veicoli, che non siano parte di insediamenti o stabilimenti;

L'art. 8 Scarico di acque di prima pioggia e di acque meteoriche dilavanti contaminate, comma 2:

Lo scarico di AMPP derivanti dalle aree pubbliche fuori dalla pubblica fognatura è ammesso e non necessita di autorizzazione allo scarico. Devono essere previsti idonei trattamenti delle AMPP, ove necessari al raggiungimento e/o al mantenimento degli obiettivi di qualità, per le autostrade e le strade extraurbane principali di nuova realizzazione e nel caso di loro adeguamenti straordinari.

Regolamento regionale 17 dicembre 2012 n. 76/R

Regolamento di attuazione della legge regionale 31 maggio 2006 n. 20, che disciplina le acque meteoriche dilavanti.

L'art 38 dispone:

“1. La gestione delle AMD deve perseguire:

a) la prevenzione del trasporto di sostanze solide sospese e della contaminazione di inquinanti, con particolare riferimento alle sostanze di cui all'allegato 1, tabella 1/A al decreto legislativo.”

L'art.39 definisce:

1. Ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera e) della legge regionale, le attività che presentano oggettivo rischio di trascinarsi, nelle acque meteoriche, di sostanze pericolose o di sostanze in grado di determinare effettivi pregiudizi ambientali sono:

a) le attività produttive indicate nell'allegato 5, tabella 5 del presente regolamento, disciplinate dall'articolo 43, salvo che sia dimostrata l'esistenza di una delle seguenti condizioni :

1) le lavorazioni caratterizzanti il ciclo produttivo sono svolte completamente sotto coperture e le altre attività connesse al ciclo produttivo effettuate sui piazzali si svolgono in modo tale da non dar luogo a dilavamento di sostanze pericolose;

2) le attività sono dotate di sistemi di raccolta delle AMC atti a non generare scarichi.”

Nell'allegato 5 non si fa riferimento alle acque di dilavamento delle superfici stradali/autostradali.

2.3 Autorità di Bacino

L'autorità di bacino competente per territorio è l'Autorità di Bacino del Fiume Arno, istituita, come per altri bacini idrografici di rilievo nazionale, con la legge 183/89 "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo", (art.12). La normativa di riferimento è il PGRA che tra le altre cose delimita le fasce di esondazione e gli interventi possibili in ciascuna fascia.

3 Idrologia

La determinazione delle altezze e delle intensità critiche di progetto per le varie durate ed i differenti tempi di ritorno, utilizzate nel dimensionamento del sistema di drenaggio della piattaforma, sono derivate dall'analisi condotta a partire dalle osservazioni sui pluviometri.

La curva di possibilità climatica o pluviometrica è stata espressa con la relazione:

$$i = a t^{(n-1)}$$

dove:

i è l'intensità di pioggia espressa in mm/h ;

a è l'altezza di pioggia oraria ed è funzione del tempo di ritorno dell'evento considerato.

Nello studio idrologico è stata utilizzata la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel per le altezze di pioggia, che ben si presta alla regolarizzazione di serie empiriche di valori estremi.

Questa elaborazione è stata applicata a tutte le stazioni analizzate, con riferimento ai tempi di ritorno di 10, 25, 50, 100 e 200 anni.

Sono state considerate tre stazioni pluviometriche: Firenze Ximeniano, Firenze Idrografico ed Antella.

A ciascuna stazione pluviografica e per ciascun tempo di ritorno risulta pertanto associata una curva di possibilità climatica per eventi di pioggia di durata da 0 a 24 ore.

Nella seguente tabella si riportano, per ogni stazione, le curve di possibilità climatica.

Tabella 2.1 – Curve di possibilità climatica di progetto

Stazione	$T_r = 10$ anni	$T_r = 25$ anni	$T_r = 50$ anni	$T_r = 100$ anni	$T_r = 200$ anni
Antella	$t < 1$ h	$h = 46.20 \cdot t^{0.50}$	$h = 51.18 \cdot t^{0.52}$	$h = 56.11 \cdot t^{0.53}$	$h = 61.04 \cdot t^{0.54}$
	$t > 1$ h	$h = 39.49 \cdot t^{0.30}$	$h = 51.18 \cdot t^{0.31}$	$h = 56.11 \cdot t^{0.31}$	$h = 61.04 \cdot t^{0.31}$
Firenze Ximeniano	$t < 1$ h	$h = 52.20 \cdot t^{0.51}$	$h = 58.51 \cdot t^{0.52}$	$h = 64.78 \cdot t^{0.53}$	$h = 71.022 \cdot t^{0.54}$
	$t > 1$ h	$h = 43.69 \cdot t^{0.23}$	$h = 58.51 \cdot t^{0.23}$	$h = 64.78 \cdot t^{0.23}$	$h = 71.022 \cdot t^{0.23}$
Firenze Idrografico	$t < 1$ h	$h = 34.90 \cdot t^{0.42}$	$h = 38.14 \cdot t^{0.44}$	$h = 41.36 \cdot t^{0.46}$	$h = 44.574 \cdot t^{0.47}$
	$t > 1$ h	$h = 30.55 \cdot t^{0.33}$	$h = 38.14 \cdot t^{0.36}$	$h = 41.36 \cdot t^{0.37}$	$h = 44.574 \cdot t^{0.37}$

Data l'ubicazione plano-altimetrica del tratto di autostrada in progetto, si è ritenuto che la curva estrapolata che meglio rappresenta il clima degli eventi piovosi estremi sia quella relativa alla stazione di **Antella**.

Tale stazione, infatti, è prossima alla zona in esame ed inoltre la sua quota (170 m slm) rappresenta bene la quota media del progetto. Il dimensionamento degli elementi marginali, l'interasse degli scarichi ed il diametro delle tubazioni sono stati quindi calcolati a partire da questo input progettuale.

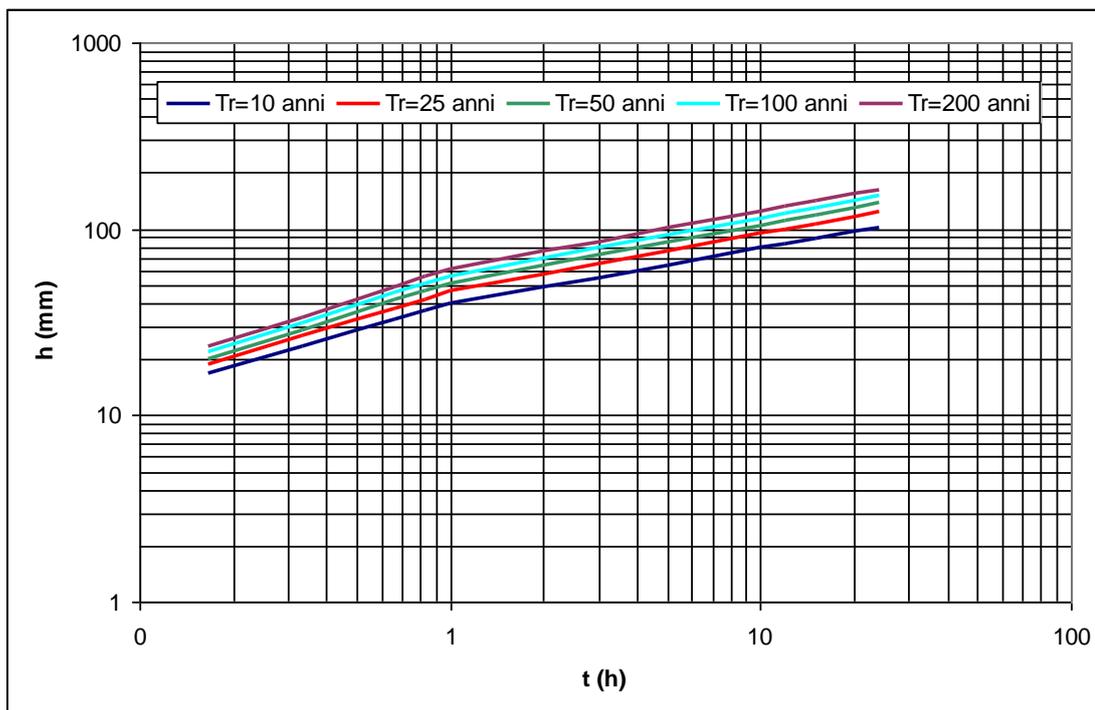


Figura 2.1 – Altezze di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento alla stazione di Antella

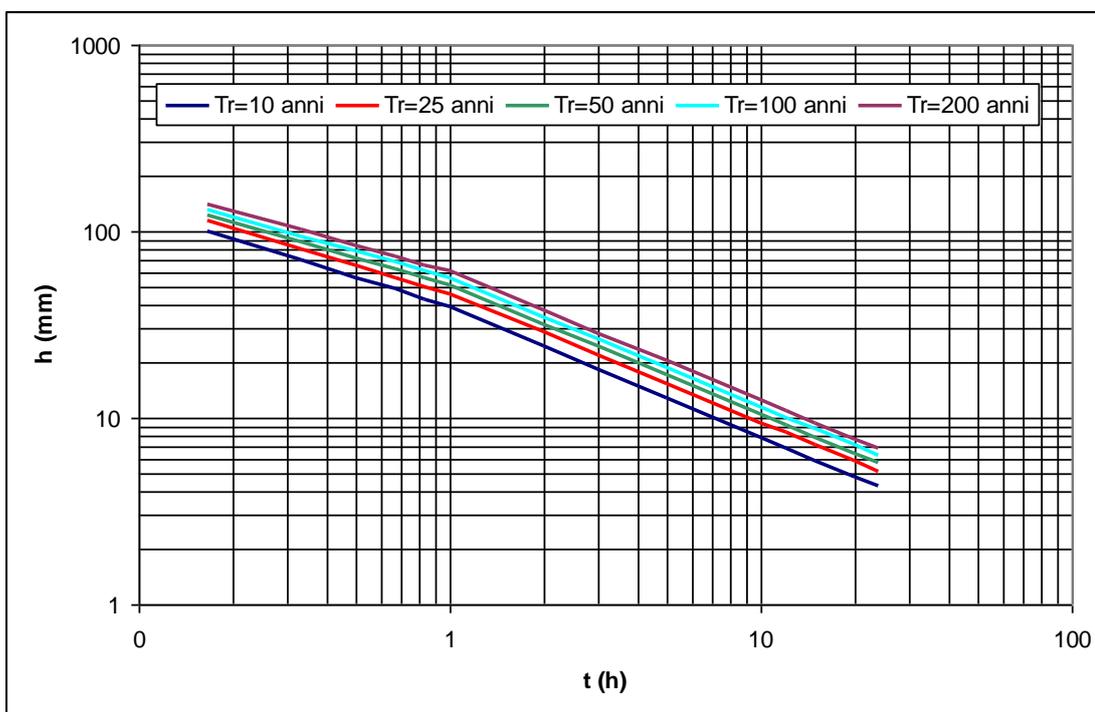


Figura 2.2 – Intensità di pioggia in funzione del tempo di ritorno e della durata dell'evento alla stazione di Antella

Nelle figure 2.1 e 2.2 sono riportati gli andamenti delle altezze e delle intensità di precipitazione assunte per il progetto con i vari tempi di ritorno. Inoltre nelle seguenti tabelle sono riportati, per completezza, i dati di partenza per la stazione di Antella ricavati dagli annali del S.I. (compartimento di Pisa) e i risultati delle relative elaborazioni statistiche.

Tabella 2.2 – Stazione pluviografica di Antella: precipitazioni brevi ed intense

Stazione pluviometrica Antella (piogge di breve durata e notevole intensità)									
Anno	Altezza di precipitazione (mm)								
	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
1951	14.6	14.6	17.0	25.0	32.0	51.0	65.0	93.4	94.4
1952				26.4	28.2	28.8	29.4	36.2	42.0
1953		22.0			28.0	64.0	70.4	71.0	71.0
1954			32.8		35.0	35.0	35.0	38.8	63.0
1955			17.0		22.0	37.6	40.4	55.6	66.2
1956			10.6		16.6	23.0	29.4	34.4	49.0
1957			21.0						
1958				16.0	20.0	55.0	62.6	62.8	62.8
1959		18.0			20.8	31.4	31.4	38.8	39.8
1960				30.0	45.0	92.0	107.0	117.8	117.8
1961				38.6	40.0	46.4	48.2	48.2	66.8
1962	12.0				13.6	16.8	25.0	33.8	40.4
1963					35.2	42.0	42.4	48.6	50.0
1964		20.0			30.0	62.4	62.8	62.8	79.2
1965	11.0				20.0	38.8	41.6	46.0	51.4
1966	17.0			22.0	29.0	42.4	51.6	99.8	164.8
1967	17.0				25.0	27.6	53.8	61.0	81.0
1968									
1969				25.0	39.6	47.6	60.6	68.6	74.8
1970	17.4				21.4	31.8	31.8	31.8	55.0
1971	12.0				15.0	23.6	31.0	46.0	47.4
1972		10.2			22.4	28.4	29.2	30.2	40.4
1973			26.4		38.6	50.6	53.4	77.4	92.2
1974									
1975		13.2			23.0	24.4	35.0	46.8	50.0
1976									
1977			16.4		22.0	22.0	22.0	27.6	28.0
1978		9.8			19.4	33.0	50.6	59.2	66.6
1979		10.8			27.2	29.8	40.6	61.6	61.8
1980	12.2				38.2	60.8	74.0	95.0	98.8
1981		14.6			17.6	33.0	41.8	54.2	68.9
1982	15.2				24.2	26.0	34.6	47.6	49.8
1983		12.0			18.0	23.2	29.0	50.0	60.4
1984	15.2				25.8	28.2	30.4	34.8	43.8
1985	14.0				39.0	39.0	39.2	43.0	43.2
1986	10.8	11.4	12.0	13.2	16.8	35.2	56.8	60.6	82.4
1987	13.0	14.8	16.6	20.4	31.6	43.6	44.6	48.6	69.2
1988	9.6	12.5	15.5	19.9	24.8	52.7	53.2	53.2	53.2
1989	10.3	13.5	14.8	17.5	33.2	58.2	58.2	59.2	61.1
1990	11.4		13.6	15.8	26.0	50.6	61.4	61.4	68.2
1991	10.8		12.4	14.2	18.8	38.8	68.0	72.2	81.8
1992	11.4		12.8	14.0	18.0	37.8	45.8	60.0	66.4
1993									
h media	13.1	14.1	17.1	21.3	26.3	39.8	47.0	56.3	65.9
dev. std	2.48	3.65	6.06	7.20	8.15	15.16	17.21	20.26	24.98

Tabella 2.3 – Stazione pluviografica di Antella: elaborazioni statistiche
 curva dei massimi valori di tipo I (Gumbel)

Parametri della curva di probabilità di Gumbel:									
	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
alfa	0.52	0.35	0.21	0.18	0.16	0.08	0.07	0.06	0.05
u	11.94	12.47	14.37	18.08	22.72	33.06	39.37	47.25	54.75
Altezze di pioggia calcolate con la Gumbel									
	10'	15'	20'	30'	1h	3h	6h	12h	24h
Tr	0.17	0.25	0.33	0.50	1.00	3.00	6.00	12.00	24.00
10	16.30	18.88	25.00	30.71	37.01	59.64	69.56	82.78	98.57
25	18.14	21.58	29.48	36.03	43.03	70.84	82.27	97.76	117.03
50	19.50	23.58	32.81	39.98	47.49	79.15	91.71	108.86	130.72
100	20.85	25.57	36.10	43.89	51.93	87.40	101.07	119.89	144.32
200	22.20	27.55	39.39	47.80	56.34	95.61	110.40	130.87	157.86
500	23.97	30.16	43.73	52.95	62.17	106.46	122.71	145.37	175.73
Valori estremi per ogni intervallo									
min	9.60	9.80	10.60	13.20	13.60	16.80	22.00	27.60	28.00
max	17.40	22.00	32.80	38.60	45.00	92.00	107.00	117.80	164.80

4 Sistema di drenaggio del corpo stradale

4.1 Requisiti prestazionali

Le soluzioni per lo smaltimento delle acque meteoriche ricadenti sulla pavimentazione autostradale dipendono dalle diverse situazioni ed esigenze che si incontrano nello studio della rete drenante e devono soddisfare due requisiti fondamentali:

- garantire, ai fini della sicurezza degli utenti in caso di forti precipitazioni, un immediato smaltimento delle acque meteoriche evitando il formarsi di ristagni sulla pavimentazione autostradale; questo si ottiene assegnando alla pavimentazione un'adeguata pendenza trasversale e predisponendo un adeguato sistema di raccolta integrato negli elementi marginali e centrali rispetto alle carreggiate;
- convogliare, ove necessario, tutte le acque raccolte dalla piattaforma ai punti di recapito presidiati, separandole dalle acque esterne che possono essere portate a recapito senza nessun tipo di trattamento;
- garantire, ove richiesto dalla normativa vigente, un sistema di trattamento quali-quantitativo delle acque prima della loro immissione nel ricettore finale.

4.2 Schema di drenaggio

Il sistema di drenaggio deve consentire la raccolta delle acque meteoriche cadute sulla superficie stradale e sulle superfici ad essa afferenti ed il loro trasferimento fino al recapito, quest'ultimo costituito da rami di qualsivoglia ordine della rete idrografica naturale o artificiale, purché compatibili dal punto di vista quali-quantitativo. Prima del trasferimento al recapito naturale può essere previsto (disposizioni normative, prescrizioni in fase approvativa, specifiche situazioni puntuali) il convogliamento delle acque in punti di controllo, ossia presidi idraulici, per effettuarne un trattamento quali-quantitativo.

Il ciclo completo, dalla precipitazione che ricade sulla piattaforma al deflusso negli elementi di raccolta, al trasferimento al ricettore finale è schematizzato nella seguente figura.

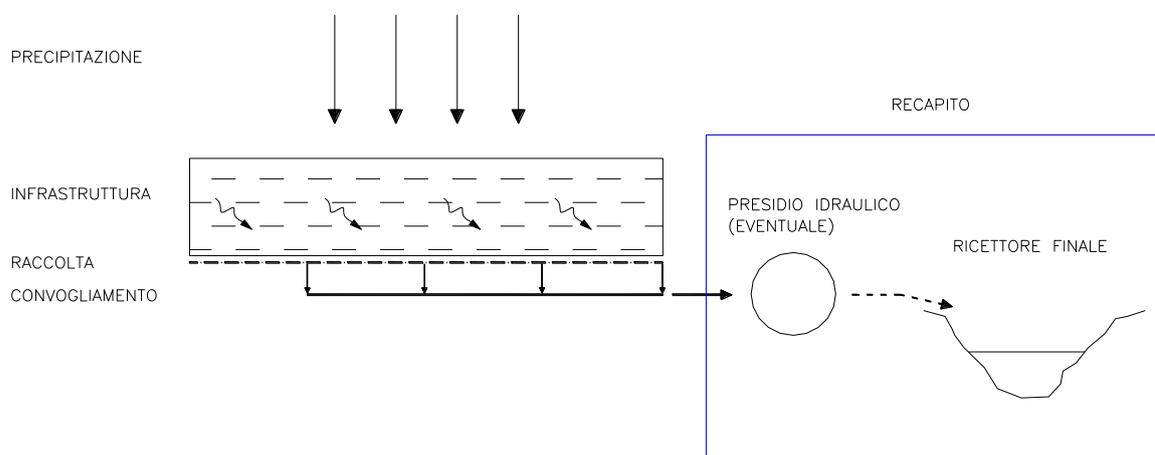


Figura 4.1 - Ciclo idrologico dalla precipitazione al deflusso nel ricettore finale

Si è utilizzato un sistema di drenaggio di tipo “chiuso” che prevede:

- la raccolta delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale in modo separato rispetto alle acque esterne che vengono indirizzate direttamente al recapito,
- il convogliamento delle acque di piattaforma tramite collettori o tramite fossi di guardia al piede opportunamente impermeabilizzati in modo che l’acqua non s’infiltri nel terreno (fossi rivestiti in CLS o fossi filtro con fondo impermeabilizzato),
- un presidio idraulico prima dello scarico nel ricettore finale.

Gli elementi utilizzati per il sistema di drenaggio possono essere suddivisi in base alla loro funzione; in particolare si ha:

Funzione	Componente	Tipologia	T _R progetto
Raccolta	elementi idraulici marginali	embrici caditoie canalette grigliate cunette triangolari	25 anni
Convogliamento	canalizzazioni	fossi di guardia collettori	50 anni
Recapito	ricettori diretti o presidiati	corsi d’acqua naturali cavi/fossi irrigui sottosuolo presidi idraulici	50 anni

Come si vede dalla tabella precedente, a seconda della funzione del sistema di drenaggio, si utilizza un tempo di ritorno diverso per il dimensionamento dello stesso. Per il dimensionamento del sistema di drenaggio delle viabilità secondarie si utilizza un tempo di ritorno di 10 anni.

L’elemento di drenaggio da inserire sull’infrastruttura dipende strettamente dal tipo di sezione su cui è posto. Questi si possono suddividere in due macro categorie: sezione corrente dell’infrastruttura e sezioni singolari (aree di servizio, di esazione, ecc.).

La sezione corrente dell’infrastruttura si divide a sua volta, per caratteri costruttivi, in:

- sezione in rilevato;
- sezione in trincea;
- sezione in viadotto;
- sezione in galleria artificiale o naturale.

Un’importante componente del sistema di drenaggio delle acque meteoriche è costituita dal controllo qualitativo. Per la tutela dei corpi idrici superficiali sono previsti disoleatori/sedimentatori.

4.3 Metodologia progettuale

La metodologia di dimensionamento idraulico si differenzia se stiamo considerando gli elementi di raccolta o quelli di convogliamento.

4.3.1 Dimensionamento degli elementi di raccolta

La raccolta dell'acqua di piattaforma può essere effettuata con elementi continui, longitudinali alla carreggiata, o discontinui ad interassi dimensionati per soddisfare in modo corretto la loro funzione che è quella di limitare i tiranti idrici sulle pavimentazioni a valori compatibili con la loro transitabilità, per garantire la dovuta sicurezza del sistema infrastruttura.

Il dimensionamento avviene in maniera diversa se si stanno considerando gli elementi di raccolta continui (longitudinali alla carreggiata) o quelli discontinui (elementi puntuali).

Nel primo caso si dimensionano gli interassi dei pozzetti di scarico calcolando la portata massima smaltibile e la massima portata defluente dalla falda piana (superficie autostradale scolante) per unità di lunghezza.

Quest'ultima è data dalla formula:

$$q_0 = \varphi b i = \varphi b a t^{n-1}$$

con b larghezza della falda, φ coefficiente di deflusso ed i intensità di pioggia.

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate e pari a 0.5 per le trincee ed i rilevati.

In base alla teoria dell'onda cinematica si ha che la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Trascurando il tempo di percorrenza dell'elemento da dimensionare si ha che il tempo di corrivazione è pari al tempo di afflusso da una falda piana che è dato dalla seguente formula:

$$t_a = t_c = 3.26(1.1 - \varphi) \frac{L_{eff}^{0.5}}{j^{1/3}}$$

dove:

$j = \sqrt{j_l^2 + j_t^2}$ pendenza della strada lungo la linea di corrente (j_l pendenza longitudinale; j_t pendenza trasversale);

$L_{eff} = b \left[1 + \left(\frac{j_l}{j_t} \right)^2 \right]^{1/2}$ lunghezza del percorso dell'acqua prima di raggiungere le canalizzazioni a lato della carreggiata.

Si è comunque imposto un tempo di corrivazione minimo pari a 3 minuti poiché per tempi molto brevi la curva dell'intensità di pioggia a due parametri tende all'infinito, fornendo quindi dati non realistici.

Il rapporto tra la massima portata convogliabile nell'elemento e la massima portata defluente per unità di larghezza definisce l'interasse massimo tra i pozzetti di scarico.

Il dimensionamento dell'interasse degli elementi puntuali si ottiene facendo il rapporto tra la portata massima transitante in un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo, e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).

4.3.2 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento è fatto facendo il confronto tra la portata transitante e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (dato dalla formula vista nel paragrafo precedente) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

l_i = lunghezza del tronco i -esimo;

v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{\mathfrak{R} j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$k = 1/n$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$\mathfrak{R} = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per il dimensionamento dei fossi di guardia si è adottato un tempo di corrivazione fisso pari a 15 minuti.

4.4 Elementi di raccolta

4.4.1 Caditoie grigliate

Le caditoie grigliate sono costituite da tratti di canalette grigliate di lunghezza pari ad un metro con un discendente DN160 che scarica nel collettore sottostante. Per dimensionare il passo delle caditoie è stata fatta una doppia verifica. La prima è analoga a quella degli embrici che viene riportata più avanti; in pratica si determina il passo massimo delle caditoie in modo che l'ingombro del pavimentato da parte dell'acqua arrivi al massimo a 3 m (corsia di emergenza). La seconda verifica invece riguarda il discendente, cioè la portata captata dalla caditoia deve essere inferiore a quella che il discendente è in

grado di smaltire. Come passo delle caditoie si è posto il minore dei due, imponendo comunque un masso massimo pari a 20 m, non ritenendosi prudente superare tale valore.

I pozzetti di ispezione devono essere posti ad interasse pari a 50 m.

Le caditoie grigliate vengono utilizzate solo per il drenaggio marginale; non vengono invece utilizzate in mezzzeria sull'autostrada a causa della modesta larghezza della banchina. Inoltre le caditoie non vengono utilizzate nei tratti con debole pendenza longitudinale (inferiore allo 0,5%).

La seguente tabella riporta gli interassi massimi utilizzati per la caditoia grigliata in funzione della pendenza longitudinale della strada.

	Pendenza longitudinale <i>i</i>		
	0,5 - 1 %	1 - 2 %	> 2 %
Interasse massimo (m)	10	15	20

4.5 Elementi di convogliamento

4.5.1 Collettori circolari in PEAD e PP

Quando gli elementi di raccolta raggiungono il riempimento massimo, essi scaricano nei collettori sottostanti. Per quanto riguarda l'autostrada vengono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8 kN/m^2 conformi alla norma UNI 10968 (Pr EN 13476-1) per i tubi che viaggiano longitudinalmente alla viabilità, mentre collettori in PP (Polipropilene) SN 16 kN/m^2 secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno (riportato nella tabella 4.1), che risulta identico per le due tipologie di tubi visti in precedenza, ed un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0,0125.

Nel dimensionamento dei collettori si è utilizzata la pendenza stradale. Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore è in contropendenza rispetto alla livelletta stradale si è posta una pendenza minima dello 0,20% e una velocità minima di 0,5 m/s per consentire una velocità minima dell'acqua che sia in grado di portare via eventuali sedimenti accumulatisi nel tempo.

Tabella 4.1: Diametri interni dei collettori in PEAD SN 8 kN/m^2 e in PP SN 16 kN/m^2

DN	Spessore	Raggio interno
(mm)	(mm)	(mm)
400	26.5	173.5
500	33.5	216.5
630	47.5	267.5
800	61	339

Per evitare che i collettori vadano in pressione, si è considerato un riempimento massimo dell'80% con la portata di progetto avente tempo di ritorno di 50 anni.

Nelle figure 4.5 e 4.6 sono riportate le portate massime smaltibili dai collettori in PEAD ed in PP considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

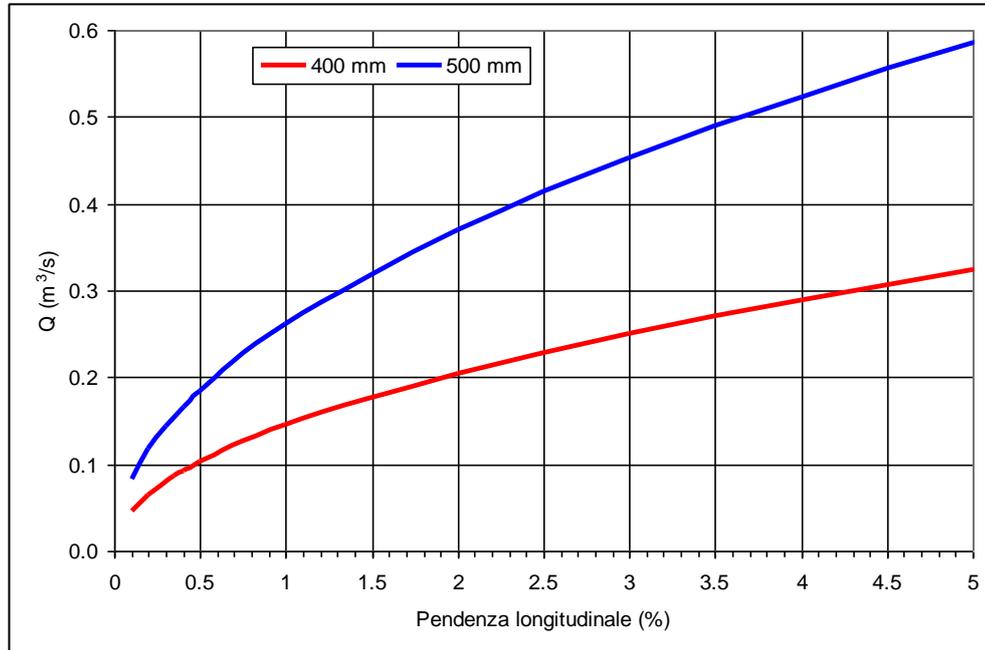


Figura 4.5 – Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 400 e 500 mm

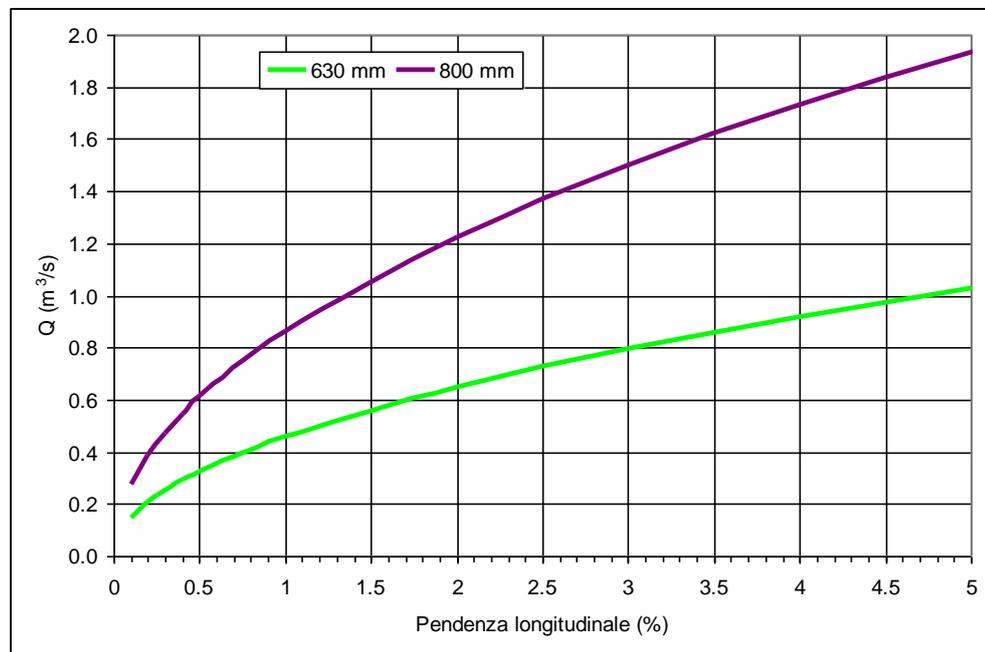


Figura 4.6 – Portata massima transitante per collettori circolari in PEAD e PP di diametro 630 e 800 mm

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore, si è posto pari a circa 50 m l'interasse tra due pozzetti.

4.5.2 Tombini circolari

I prolungamenti dei tombini circolari ed i nuovi tombini verranno realizzati in CLS utilizzando conci prefabbricati in CLS armato.

Il dimensionamento dei tombini autostradali è stato fatto in moto permanente ed è riportato nella relazione relativa alle interferenze idrografiche, mentre il dimensionamento dei tombini delle viabilità secondarie è stato fatto assumendo come coefficiente di scabrezza di Manning 0,0167 e considerando un riempimento massimo dell'80%.

Nelle figure 4.7 e 4.8 sono riportate le portate massime smaltibili da questi collettori considerando il riempimento massimo detto in precedenza.

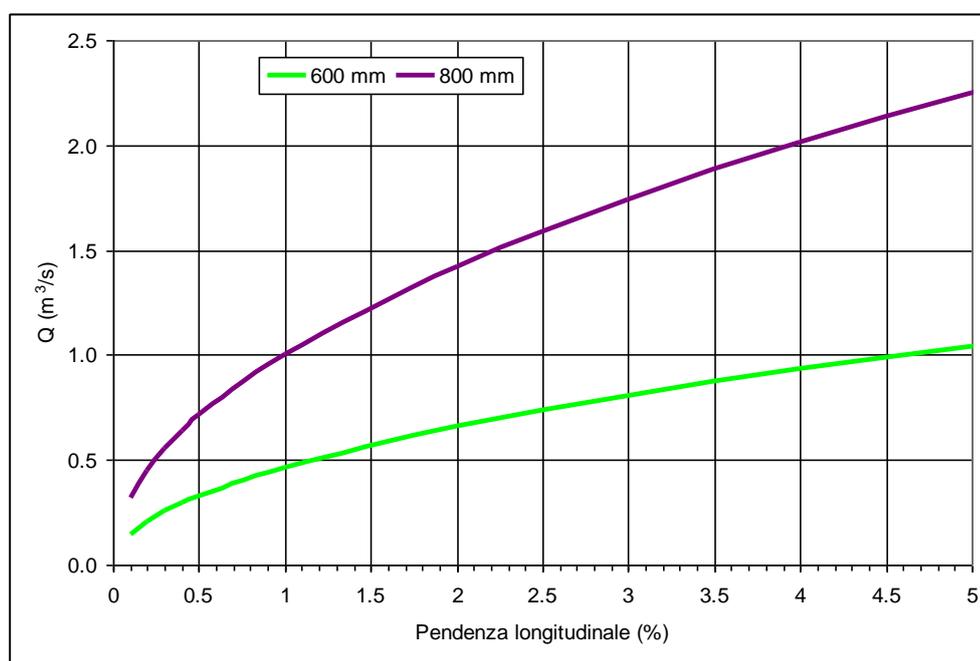


Figura 4.7 – Portata massima transitante per collettori circolari in CLS e CAV di diametro 600 e 800 mm

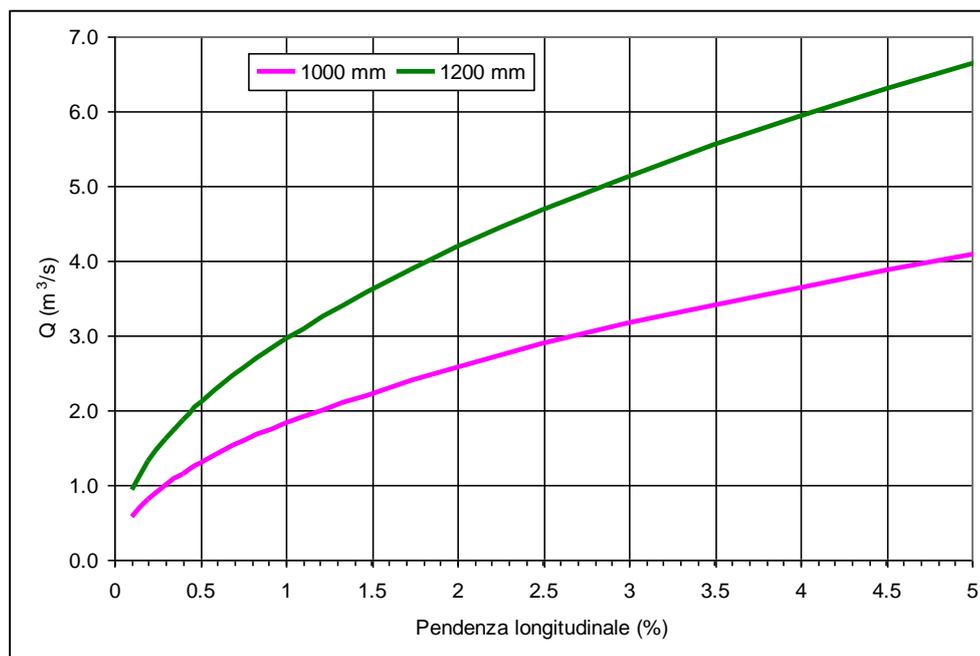


Figura 4.8 – Portata massima transitante per collettori circolari in CLS e CAV di diametro 1000 e 1200 mm

4.5.3 Fossi di guardia e canalette rettangolari

I fossi di guardia sono di forma trapezia e sono stati utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato sia quando è in trincea. Quando l'autostrada è in rilevato, il fosso è posto al piede e serve a raccogliere le acque che scendono dal rilevato stesso e a convogliarle verso il recapito finale più vicino. Solitamente in questo caso si utilizzano fossi in terra (FI1 ed FI2), ma poiché nel tratto autostradale in esame le pendenze del terreno sono sempre molto elevate (>1%), si sono utilizzati fossi di guardia rivestiti (FR0, FR1 ed FR2) per evitare che la forte velocità dell'acqua possa eroderne il fondo. Nel caso di sezione in trincea, con versante diretto verso la trincea stessa o ad essa parallelo, il fosso di guardia è sempre rivestito (FR1 ed FR2) ed è posto in sommità alla trincea stessa. La sua funzione è quindi quella di raccogliere l'acqua che viene dal versante sovrastante, onde evitare che questa scenda lungo la trincea erodendola o che possa addirittura arrivare sulla piattaforma stradale. Nel caso in cui la sezione sia in trincea con versante diretto verso il senso opposto, non si è messo alcun fosso di guardia in testa.

Le canalette rettangolari (CR1, CR2 e CR3) sono state utilizzate in testa ai muri di controripa e sulle banche delle trincee in modo da ridurre l'apporto di acqua di versante raccolta dal drenaggio di piattaforma.

Entrambi gli elementi sono stati dimensionati con la pioggia avente tempo di ritorno pari a 50 anni e considerando un tempo di corrivazione pari a 15 minuti, data la loro limitata estensione. Poiché la Formula di Chezy non fornisce valori affidabili per pendenze elevate, nei calcoli cautelativamente si è posta una pendenza massima del 5%.

Per quanto riguarda il dimensionamento si è considerato un riempimento massimo ammissibile dell'80%. I coefficienti di scabrezza di Manning utilizzati sono stati 0.0300 per i fossi in terra e 0.0167 per i fossi rivestiti.

Nelle seguenti figure sono riportate le portate massime smaltibili dai fossi di guardia (si riportano per completezza anche quelli relativi ai fossi inerbiti, anche se non utilizzati) e dalle canalette rettangolari. Per le dimensioni dei fossi e delle canalette si rimanda agli elaborati grafici.

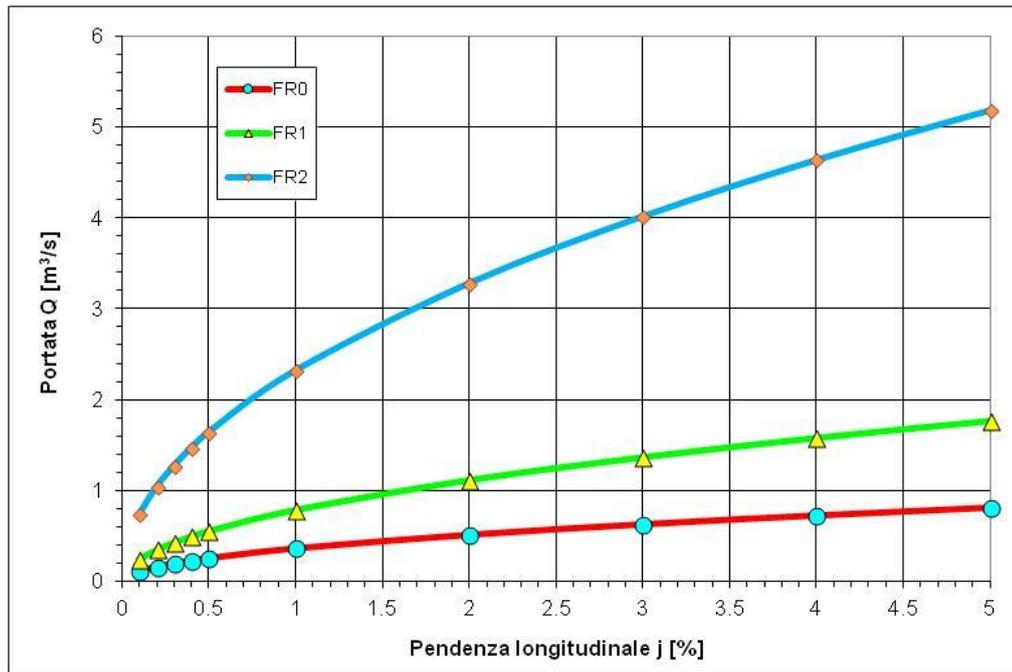


Figura 4.9 – Portata massima transitante per i fossi di guardia rivestiti (FR0, FR1 ed FR2)

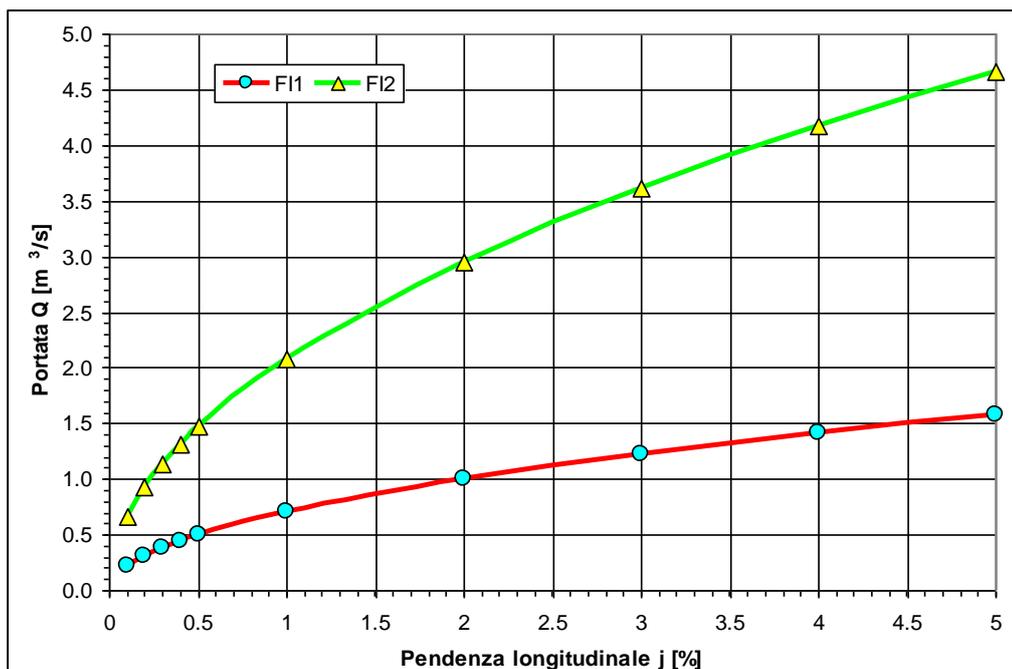


Figura 4.10 – Portata massima transitante per i fossi di guardia inerbiti (F1 ed F2)

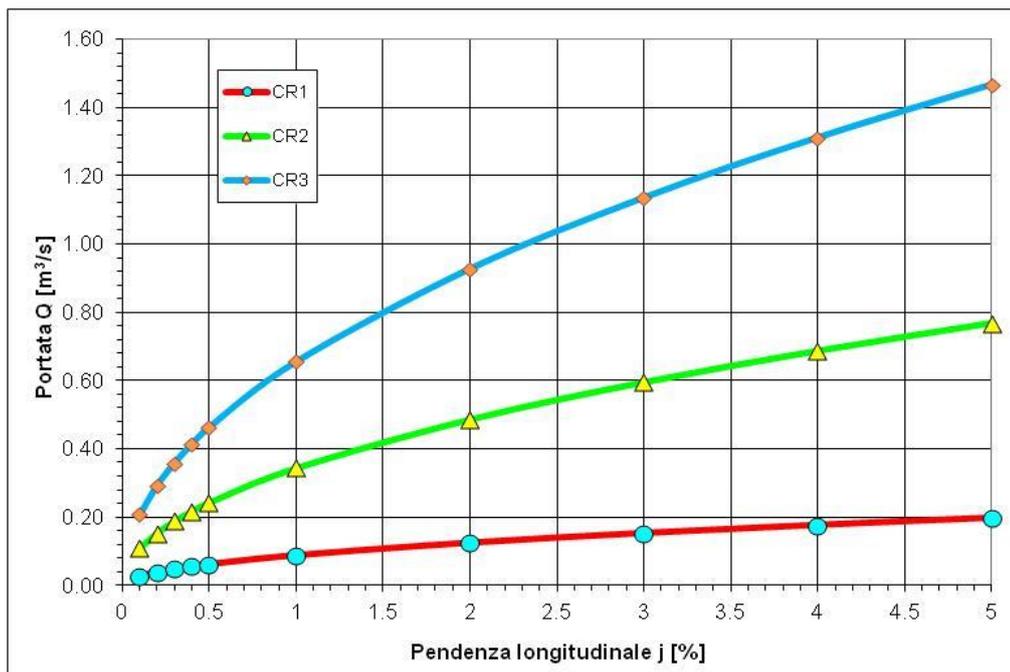


Figura 4.11 – Portata massima transitante per canalette rettangolari (CR1, CR2 e CR3)

4.6 Presidi idraulici

I presidi idraulici hanno lo scopo di annullare gli impatti inquinanti dell'autostrada sull'ambiente circostante. Le acque raccolte dalla piattaforma stradale, prima di essere immesse nei recapiti naturali, subiscono un trattamento di separazione di fanghi ed oli.

4.6.1 Sedimentatori-disoleatori

Per il trattamento delle acque meteoriche si utilizzano dei sedimentatori-disoleatori prefabbricati.

Di seguito si riporta il funzionamento di tali presidi.

L'acqua da trattare confluisce dapprima nel pozzetto deviatore. Da esso una parte è convogliata verso l'impianto di separazione, mentre la restante defluisce dal troppopieno.

Nel separatore fanghi avviene la rimozione del materiale sedimentabile, che si deposita sul fondo della vasca. Una lastra posta in prossimità dell'ingresso, rallentando il flusso in arrivo, facilita il processo di sedimentazione.

Successivamente si ha il passaggio nel separatore oli, in cui la particolare conformazione del tubo in ingresso consente l'uniforme distribuzione del flusso ed il suo ulteriore rallentamento. Le gocce di liquido leggero di dimensioni maggiori, sottoposte alla spinta di gravità, risalgono in superficie e creano uno strato galleggiante di spessore crescente.

Le microparticelle oleose, invece, a causa delle loro piccole dimensioni, vengono adsorbite dal filtro a coalescenza, si ingrossano aggregandosi e, raggiunto un dato spessore, salgono in superficie.

L'impianto è dotato di un dispositivo di sicurezza (galleggiante e posto in apposito cilindro in PEAD), che, essendo tarato sulla densità dell'acqua, scende all'aumentare dello strato d'olio separato in superficie. Al raggiungimento della quantità massima possibile di olio separata, il galleggiante chiude lo

scarico posto sul fondo del separatore, impedendo lo scarico di liquido leggero con l'effluente. Il funzionamento dell'impianto, costituito da pozzetto deviatore e separatore, è analogo a quello sopra esposto.

Per quanto riguarda il separatore fanghi, si è deciso di utilizzare un sedimentatore di capacità di 5000 l. Il dimensionamento del separatore oli avviene in conformità con quanto previsto da norme DIN 1999 ed EN 858. In base a tali norme si ottiene una piovosità pari a 0.0055 l/(s m²).

La grandezza nominale dell'impianto (l/s) si determina moltiplicando il coefficiente di piovosità per la superficie dell'area scolante (assunto un fattore di densità unitario), come da formula seguente:

$$GN \text{ separatore oli} = S \text{ (m}^2\text{)} \times 0.0055 \text{ l/(s m}^2\text{)}$$

Per il tratto oggetto di intervento i disoleatori interessati dalle modifiche sono quelli indicati nella tabella seguente, che risultano verificati con ampio margine di sicurezza.

Asse	Area afferente	Q	GN	PK
	<i>mq</i>	<i>l/s</i>	<i>l/s</i>	
Nord	4595	25.7	50	10201
Nord	8597	48.1	65	10443

4.7 Recupero delle aree impermeabilizzate

La CRT N.12/00 prescrive alcune linee guida per la riduzione dell'impermeabilizzazione superficiale relativamente ai progetti per la realizzazione delle sistemazioni esterne, dei parcheggi, della viabilità, che dovranno essere realizzati privilegiando sistemazioni superficiali che consentano la ritenzione temporanea delle acque e diversificando per quanto possibile il loro scarico in fognatura.

Per ottemperare a tale norma si preveda la realizzazione di invasi artificiali nei casi in cui il coefficiente udometrico della rete di drenaggio della piattaforma superi il valore di 50 l/(s ha). Tale valore risulta rappresentativo di un terreno allo stato naturale con capacità d'invaso di circa 5 mm/m². L'obiettivo degli invasi artificiali è quello quindi di riportare il valore degli scarichi sotto la soglia dei 50 l/(s ha).

Nel progetto in esame, il volume di compenso per l'aumento di impermeabilizzazione si è ottenuto in parte direttamente nell'invaso presente nei collettori di piattaforma ed in parte realizzando delle vasche di adeguato volume. Per maggiori dettagli riguardo al dimensionamento delle opere di compensazione si rimanda al progetto dell'intera tratta della Firenze Sud – Incisa, in quanto il recupero dell'incremento delle aree impermeabili e quello delle aree tolte all'esondazione avviene in tre vasche presenti all'interno della restante parte del lotto, non soggetta a variante.

5 Verifiche statiche dei collettori in Pead

Di seguito vengono riportate delle tabelle di calcolo per la verifica alla deformabilità dei collettori in Pead posti sotto la pavimentazione autostradale. Le verifiche si sono fatte per il ricoprimento minimo (pari a 60 cm) e per un ricoprimento di 3 m.

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.700	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfilanco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.732	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	4.800	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	54.068	kN/m
Carico totale	Q =	58.868	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	11.64	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	400	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.700	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfiaccio	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	2.117	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	11.855	kN/m
Determinazione carico dinamico			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	7.363	kN/m
Carico totale	Q =	19.218	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	3.80	mm
Deformazione relativa %	δ =	0.950	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.800	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfilanco	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Trincea larga			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	0.653	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	6.000	kN/m
Determinazione carico dinamico			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.5	
Tensione dinamica	σ_z =	90.114	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	67.585	kN/m
Carico totale	Q =	73.585	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	14.55	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	500	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	SN =	8	kN/m ²
Modulo di elasticità	E_m =	150000	kN/m ²
Tipo di parete	Corrugato		
Dati dello scavo			
Larghezza	B =	0.800	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfiaccio	Terreno misto compatto		
Peso specifico rinterro	γ_t =	20	kN/m ³
Angolo di attrito interno	φ =	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	μ =	0.70	°
Angolo di supporto	2α =	0	°
Tipo di compattazione	Alta		
Modulo di elasticità terreno	E_t =	14000	kN/m ²
Altezza della falda sulla tubazione	h =	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	γ' =	16.4	
Verifica tipo di trincea (UNI 7517)			
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	2.000	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	16.001	kN/m
Determinazione carico dinamico			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
Carico per ruota	P =	100	kN/ruota
Coeff. dinamico	ω =	1.1	
Tensione dinamica	σ_z =	16.734	kN/m ²
Carico dinamico	Q_d =	9.204	kN/m
Carico totale	Q =	25.205	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	4.98	mm
Deformazione relativa %	δ =	0.997	%
Tubazione verificata			

6 Portate scaricate ai singoli recapiti

Nella seguente tabella si riportano i punti di scarico presenti in corrispondenza del tratto oggetto di intervento con le relative portate. Si fa presente che queste sono state calcolate con i tempi di corrivazione della piattaforma (pochi minuti) e quindi non sono sommabili con le portate di picco dei corsi d'acqua che invece hanno tempi di corrivazione molto più elevati.

Inoltre, si sottolinea che le superfici scolanti afferenti hanno subito una riduzione per via della presenza della nuova galleria artificiale, e per conseguenza anche le portate scaricate nei recettori finali sono diminuite.

Asse	PK	Pozzetto di scarico	Tempo di corrivazione	Portata Tr 50 anni	Area ridotta	Recapito
			<i>minuti</i>	<i>mc/s</i>	<i>mq</i>	
Nord	10201	PN325	4.74	0.29	6859	Op. 2025
Nord	10443	PN340	4.59	0.46	9893	Op. 2027bis Fosso Piscinale

7 Dimensionamenti idraulici

7.1 Dimensionamento dei collettori

Pini	Pfin	Lungh. (m)	Collettore	Area rid. (m ²)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
PS294	PS295	50	400	813	2.8	3.00	215.6	0.049	0.133	30.38	1.71
PS295	PS296	50	400	975	2.8	3.39	203.1	0.055	0.133	32.39	2.28
PS296	PS297	50	400	975	2.8	3.80	192.6	0.052	0.165	31.50	2.65
PS297	PS298	50	500	975	2.8	4.20	183.4	0.050	0.331	30.71	1.22
PS298	PS299	50	400	975	2.8	4.61	175.3	0.047	0.104	30.00	2.26
PS299	PS300	50	400	1445	2.8	4.99	168.9	0.068	0.151	36.17	2.49
PS300	PS301	50	400	2257	2.8	5.32	163.8	0.103	0.199	45.43	3.33
PS301	attr.	43	500	2257	0.5	5.87	156.2	0.098	0.333	51.03	1.46