



Società Autostrada Tirrenica p.A.

GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA

LOTTO 4

TRATTO: GROSSETO SUD – FONTEBLANDA

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE

AU-CORPO AUTOSTRADALE

IDROLOGIA E IDRAULICA

SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE

Relazione idrologico idraulica del sistema di drenaggio autostradale

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Paolo De Paoli
Ord. Ingg. Pavia N. 1739

RESPONSABILE UFFICIO IDR

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Alessandro Alfì
Ord. Ingg. Milano N. 20015

CAPO PROGETTO

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Massimiliano Giacobbi
Ord. Ingg. Milano N. 20746

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA:	REVISIONE	
	DIRETTORIO			FILE					n.	data
—	codice	commessa	N.Prog.	unita'	ufficio argomento	n. progressivo	OTTBRE 2016			
—	1	2	1	4	10	---	IDR100			
							SCALA: ----			

 gruppo Atlantia	COORDINATORE GENERALE INIZIATIVA SAT Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746 CAPO COMMESSA	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	CONSULENZA A CURA DI :	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	
		IL RESPONSABILE UNITA':	

	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--------------------------------------	---

SOMMARIO

1	PREMESSA	2
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	3
3	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO.....	6
3.1	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	6
4	DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO.....	11
4.1	METODOLOGIA DI CALCOLO – ANALISI DEI RISULTATI	11
4.1.1	<i>Embrici</i>	<i>12</i>
4.1.2	<i>Canaletta con griglia</i>	<i>13</i>
4.1.3	<i>Cunetta triangolare CT2.....</i>	<i>14</i>
4.1.4	<i>Cunetta triangolare CT1.....</i>	<i>16</i>
4.1.5	<i>Collettori circolari in PeaD e PP.....</i>	<i>18</i>
4.1.6	<i>Fossi di guardia rivestiti.....</i>	<i>23</i>
4.1.7	<i>Fossi filtro-biofiltro.....</i>	<i>25</i>
5	TRATTAMENTO DELLE PORTATE AUTOSTRADALI.....	27
5.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	27
5.2	FOSSI FILTRO.....	27
5.3	MANUFATTO SEDIMENTATORE E DISOLEATORE	28
6	VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD.....	30

1 PREMESSA

L'intervento in esame, che è inserito nel più ampio progetto di collegamento dello svincolo di Rosignano a quello di Civitavecchia lungo la direttrice autostradale A12, ha come obiettivo l'adeguamento a sezione autostradale della S.S.1 Aurelia dal Km 177+088.79 al Km 160+254.31, per un'estensione di circa 16.5 km.

In particolare, la presente relazione tratta del drenaggio di piattaforma, affrontando i problemi idraulici legati alle opere di raccolta, trasporto e recapito delle acque meteoriche che insistono direttamente sulla piattaforma autostradale, sulla piattaforma delle complanari al tratto autostradale, sulle rampe di accesso e uscita degli svincoli, e delle acque esterne non canalizzate che possono interessare il corpo stradale.

Nel tratto in esame, il sistema di drenaggio sarà di tipo chiuso, ossia sarà inserito un presidio idraulico che effettuerà un trattamento quali-quantitativo delle acque di piattaforma, prima dell'immissione nel corso d'acqua. Il tipo di trattamento predisposto dipende dalla sensibilità ambientale del recettore finale e dal tipo di impatto generato dall'infrastruttura. In linea generale, il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei corpi idrici recettori finali, tramite Fossi Filtro. Fanno eccezione le acque provenienti dalle aree di esazione "Grosseto Sud" al km. -1+3400.000 e "Fonteblanda" al km. 16+050.000, zone in cui lo stazionamento prolungato dei veicoli genera un carico inquinante molto impattante. Tali zone saranno dotate di appositi impianti di trattamento dotati di dissabbiatore e disoleatore che effettueranno un trattamento quali-quantitativo delle acque di piattaforma, prima dell'immissione nel corso d'acqua.

Si fa inoltre presente che nel caso del Fosso Rispecchia, vista la presenza di un pozzo idropotabile nelle vicinanze del corso d'acqua, si è scelto di evitare di scaricare al suo interno le acque drenate dalla piattaforma stradale.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

La raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche dalla piattaforma stradale sono realizzati mediante un sistema di embrici, fossi di guardia, cunette triangolari e canalette grigliate, il tutto integrato da una rete di collettori aventi diametro variabile in funzione delle esigenze.

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici prima dello scarico nei corpi idrici recettori è denominato "sistema chiuso", in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle esterne, garantendo così la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente e accidentale.

Viceversa, il sistema di drenaggio in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente all'interno dei recettori finali è denominato "sistema aperto".

Nei sistemi aperti, in particolare, sono state previste varie tipologie di raccolta e canalizzazione delle acque.

Nei tratti in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate e allontanate dalla sede stradale mediante una sezione defluente costituita dal cordolo a lato piattaforma e dalla piattaforma stessa. Le acque raccolte sono poi convogliate verso il primo embrice disponibile con modalità variabile in funzione della livelletta stradale, dalla quale dipende anche l'interasse fra un embrice e l'altro. Questi embrici recapitano poi nei fossi di guardia posti al piede della scarpata.

I fossi di guardia presentano sezione trapezia e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato, sia quando è in trincea. Nel primo caso questi fossi, posti al piede della scarpata, servono a raccogliere le acque che scendono dal rilevato e a convogliarle verso il recapito finale più vicino; in presenza di tratti in trincea, sono utilizzati invece per intercettare e raccogliere le acque provenienti dal versante soprastante la carreggiata,

evitando così che vadano a interessare quest'ultima. I fossi di guardia per i tratti con piattaforma autostradale in rilevato sono generalmente realizzati in terra, tranne nei casi in cui la loro pendenza longitudinale sia molto elevata, situazione che richiede l'utilizzo di fossi rivestiti in CLS per evitare che la forte velocità dell'acqua possa erodere il fondo. In presenza di un sistema di drenaggio di tipo aperto, l'acqua proveniente dalla piattaforma autostradale è indirizzata direttamente al fosso al piede del rilevato tramite il sistema di embrici descritto precedentemente; inoltre, nel punto di scarico dell'embrice risulta necessario rivestire il fosso in CLS per evitare fenomeni di tipo erosivo. I fossi di guardia rivestiti in CLS vengono invece sempre utilizzati nei tratti in cui la piattaforma autostradale si presenti in trincea.

Nei tratti con sviluppo in trincea o sotto i muri di controripa, l'acqua della carreggiata viene raccolta da una cunetta alla francese a sezione triangolare posta a bordo strada, convogliata nell'apposito tubo sottostante per mezzo di una serie di pozzetti grigliati disposti a interasse variabile lungo lo sviluppo della cunetta stessa e poi conferita nei fossi di guardia. In questo caso la cunetta, oltre a ricevere le acque provenienti dalla piattaforma autostradale, raccoglie anche quelle provenienti dalla scarpata soprastante, per una fascia variabile in funzione della naturale inclinazione del bacino dominante e dell'ubicazione delle canalizzazioni di protezione presenti a monte. In particolare, lungo l'asse principale autostradale è stata utilizzata una cunetta denominata CT2, che ha una larghezza lorda pari a 103 cm. Diversamente, nelle viabilità interferite e lungo le complanari viene utilizzata una cunetta triangolare di dimensioni ridotte, detta CT1, che presenta una larghezza lorda pari a 76 cm.

Nei tratti in curva con le due carreggiate autostradali quasi complanari, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene in corrispondenza dello spartitraffico mediante una canaletta grigliata (CGR) coadiuvata da un collettore dedicato, in cui recapita in corrispondenza di pozzetti posti a interasse variabile.

La stessa canaletta grigliata è utilizzata per la raccolta e lo smaltimento delle acque nei tratti con muri di sostegno e con sezione in rilevato in presenza di sistema "chiuso", in modo tale da poter intercettare le acque di piattaforma.

Nell'area interclusa tra la carreggiata autostradale e quella complanare è previsto invece come sistema di raccolta e smaltimento l'utilizzo di una canaletta rettangolare in c.a. di dimensioni 60x100 cm.

Il sistema di drenaggio della piattaforma in viadotto è invece dotato di caditoie a bocchettone disposte a interasse variabile: l'acqua raccolta viene poi convogliata all'interno di tubazioni suborizzontali correnti in PRFV staffate all'impalcato e trasportata fino al punto di recapito previsto. Tale sistema, nel caso in esame, è stato utilizzato per raccogliere le acque in corrispondenza del nuovo ponte da realizzarsi sul Fosso Rispecchia, in modo tale da impedire lo sversamento delle stesse all'interno del corso d'acqua, come spiegato nel capitolo precedente.

Infine, nel caso del "sistema chiuso" rappresentato dalle aree di esazione è previsto che, prima del recapito finale, le acque meteoriche vengano trattate tramite opportuni manufatti di sedimentazione e disoleazione.

3 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO

La determinazione delle portate è stata eseguita assumendo i seguenti tempi di ritorno:

- opere deputate al drenaggio della piattaforma principale (canalette, cunette, caditoie ed embrici), Tr 25 anni;
- opere deputate al convogliamento delle acque (fossi e collettori), Tr 50 anni;
- opere deputate al recapito delle acque (corsi d'acqua naturali, cavi/fossi irrigui, sottosuolo e presidi idraulici), Tr 100 anni;

Per la determinazione delle portate di progetto è stato fatto riferimento a quanto riportato nel paragrafo successivo.

3.1 Curve di possibilità pluviometrica

Le curve di possibilità pluviometrica facenti riferimento al tratto di autostrada in oggetto sono state calcolate con il procedimento di seguito descritto.

L'elaborazione delle curve di pioggia è stata effettuata sulla base dei contenuti della pubblicazione CNR – GNDCI – VAPI, "Sintesi del rapporto regionale per i compartimenti di Bologna, Pisa, Roma e zona emiliana del bacino del Po".

Nella progettazione dei sistemi di drenaggio è necessario far riferimento agli eventi meteorici di breve durata: nel caso specifico essi sono commisurati al tempo di risposta relativamente breve (in genere largamente inferiore all'ora) dei bacini e sottobacini in cui la superficie drenata è stata suddivisa.

Pertanto, partendo dalle curve di possibilità pluviometrica ottenute per $t > 1$ h, è stato necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (AAVV, Sistemi di fognatura, Manuale di progettazione, 1997, ed. HOEPLI), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti rd fra le altezze di pioggia di durata d inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo

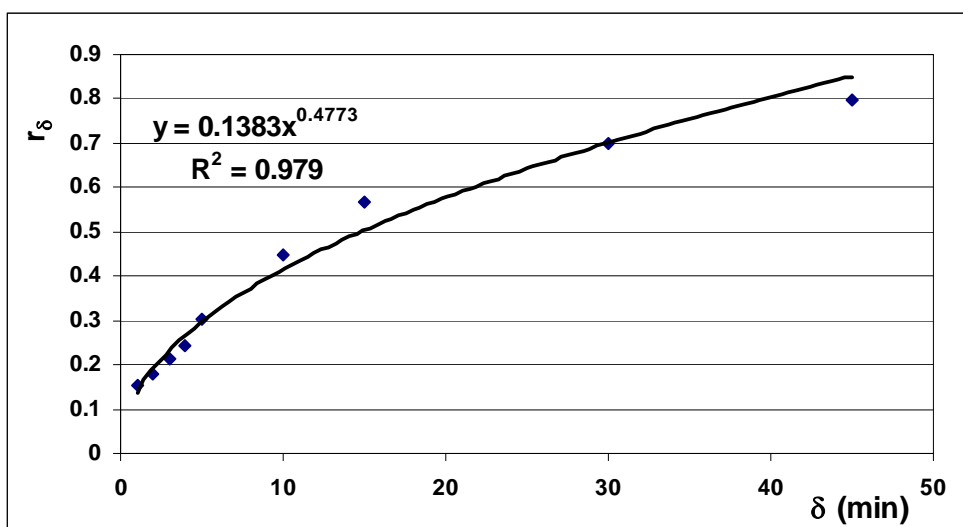
fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni, sono stati calcolati i rapporti r_d dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria h_1 .

Visto che i tempi di corrivazione caratterizzanti i bacini analizzati risultano estremamente contenuti (nettamente inferiori all'ora) e che le curve di possibilità pluviometrica sono state ottenute mediante l'elaborazione delle piogge intense aventi durata superiore o uguale all'ora, nei successivi calcoli sono stati utilizzati i seguenti rapporti tra la massima altezza di precipitazione di durata δ e la massima altezza oraria.

δ (minuti)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r_d = h_{\delta m} / h_{1m}$	0.155	0.178	0.215	0.241	0.304	0.449	0.568	0.7	0.799

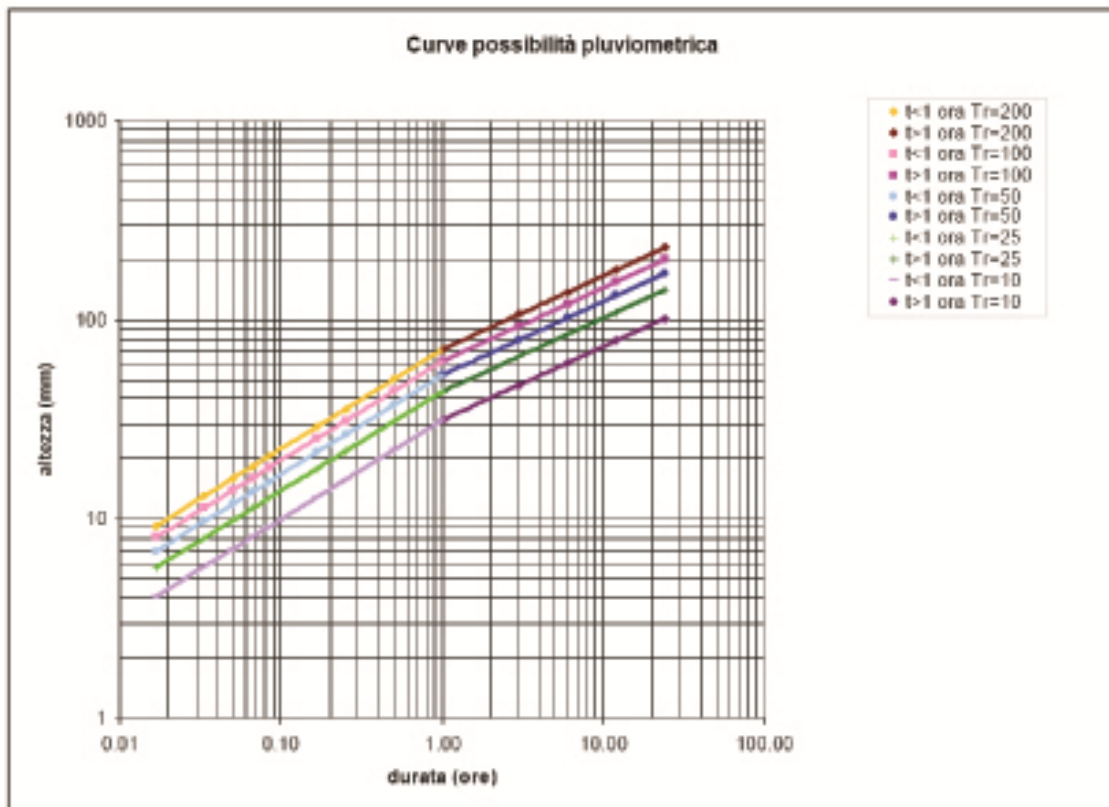
Effettuando un'interpolazione dei punti con una legge di tipo potenziale, si sono ricavati i valori del coefficiente correttivo da introdurre nella valutazione delle piogge critiche di durata inferiore all'ora.

$$r_d = 0.1383d^{0.4773}$$



I valori sopra riportati sono stati elaborati sulla base di registrazioni effettuate al pluviografo di Milano Monvisio, su un campione di 17 anni (Piga E. Salis M. Passoni G. 1990 – “Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell’area metropolitana di Milano” – Città Studi, Milano).

Di seguito si riporta il calcolo effettuato per i diversi tempi di ritorno; le LSPP sono state calcolate imponendo la continuità sull’ora. Le curve di possibilità climatica sono riportate nelle tabella e figura seguenti per i diversi periodi di ritorno.



In particolare vengono forniti i parametri della curva di possibilità pluviometrica con i relativi coefficienti di crescita:

$$h(\delta) = a \cdot \delta^n$$

Curve di possibilità pluviometrica				
	$t \geq 1$ ora		$t < 1$ ora	
T_r	a	n	a	n
200	71	0.37	71	0.50
100	62	0.37	62	0.50
50	53	0.37	53	0.50
25	44	0.37	44	0.50
10	31	0.37	31	0.50

Per il calcolo delle portate è stato utilizzato il metodo razionale:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3600000}$$

dove:

Q è la portata massima espressa in mc/s;

A è la superficie del bacino in mq;

C è il coefficiente di deflusso;

i è l'altezza di precipitazione (mm/h) corrispondente a una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione t_c e dipendente dal tempo di ritorno T_r .

Il coefficiente C è un parametro inferiore all'unità tramite il quale si tiene globalmente conto del complesso delle perdite del bacino (infiltrazione nel terreno, ritenzione nelle depressioni superficiali) a causa delle quali la portata al colmo è minore della portata di pioggia.

Questo è stato determinato operando la media pesata dei coefficienti attribuiti a ciascuna tipologia di superficie che costituisce ciascun bacino.

Il tempo di corrivazione in ore di ciascun bacino relativo a ciascuna sezione di calcolo è stato stimato mediante la seguente formulazione:

$$t_c = t_a + \frac{L}{v \cdot 3600}$$

dove t_a è il tempo di accesso posto pari a 0.05 o a 0.08 ore a seconda dei casi, L è la lunghezza dell'asta principale in m e v è la velocità di percorrenza all'interno dell'elemento di smaltimento preso in esame.

4 DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DI SMALTIMENTO DEGLI ELEMENTI DI DRENAGGIO

La definizione della capacità di smaltimento di ciascuna opera è stata effettuata mediante l'espressione di Chezy:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

nella quale:

Q (m³/s) è la portata;

A (m²) è l'area della sezione utile di deflusso;

R (m) è il raggio idraulico;

i (-) è la pendenza del canale.

Per quel che riguarda il coefficiente χ , è stata adottata l'espressione di Gauckler - Strickler:

$$\chi = (K_s) \cdot R^{1/6}$$

dove K_s rappresenta la scabrezza del canale, posta pari a 70 per superficie in cls e a 80 per superficie in PP e PEAD.

4.1 METODOLOGIA DI CALCOLO – ANALISI DEI RISULTATI

Mediante le formulazioni sopra descritte, procedendo con un calcolo iterativo, è stato possibile definire gli sviluppi massimi di sufficienza in funzione della pendenza longitudinale di ciascuna opera.

4.1.1 Embrici

La raccolta delle acque in rilevato è affidata alle canalizzazioni di embrici posti sulle scarpate del rilevato che scaricano le acque raccolte verso i fossi di guardia posti al piede dello stesso. Per la determinazione degli interassi degli embrici è stata calcolata la lunghezza massima di sufficienza in funzione della pendenza longitudinale del canale di bordo triangolare che si forma tra la piattaforma e il cordolo. Fissando una larghezza massima impegnata dal canale di bordo pari a 1.5 m e una pendenza trasversale del 2.5%, dal calcolo si ottiene quanto segue.

EMBRICI										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	Ks Gaukler-Strickler	tirante idrico	Qmax smaltibile
	m	m	ore	ore	mq		mm/h		m	mc/s
0.001	12.0	7	0.050	0.063	89	1.00	174.75	70	0.030	0.004
0.002	12.0	11	0.050	0.063	126	1.00	174.75	70	0.030	0.006
0.003	12.0	13	0.050	0.063	155	1.00	174.75	70	0.030	0.007
0.004	12.0	15	0.050	0.063	178	1.00	174.75	70	0.030	0.009
0.005	12.0	17	0.050	0.063	199	1.00	174.75	70	0.030	0.010
0.006	12.0	18	0.050	0.063	219	1.00	174.75	70	0.030	0.011
0.007	12.0	20	0.050	0.063	236	1.00	174.75	70	0.030	0.011
0.008	12.0	21	0.050	0.063	252	1.00	174.75	70	0.030	0.012
0.009	12.0	22	0.050	0.063	268	1.00	174.75	70	0.030	0.013
0.010	12.0	24	0.050	0.063	282	1.00	174.75	70	0.030	0.014
0.011	12.0	25	0.050	0.063	296	1.00	174.75	70	0.030	0.014
0.012	12.0	26	0.050	0.063	309	1.00	174.75	70	0.030	0.015
0.013	12.0	27	0.050	0.063	322	1.00	174.75	70	0.030	0.016
0.014	12.0	28	0.050	0.063	334	1.00	174.74	70	0.030	0.016

L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 7 m mentre quello massimo pari a 20 m, a prescindere dalla pendenza longitudinale.

Per il calcolo dell'efficienza dell'embrice è opportuno riferirsi a risultati sperimentali. In particolare è stata utilizzata la formulazione ottenuta da Mcghee T. J. (1991) Water Supply and Sewerage, McGraw - Hill. La portata Q intercettata da un'apertura di

lunghezza L , con tirante idrico h e depressione a , può essere ricavata dalla seguente relazione:

$$Q = L \cdot 0.39 / h \cdot [(a + h)^{5/2} - a^{5/2}]$$

Nel nostro caso, essendo h pari a 0.10 m, a pari a 0.03 m ed L pari a 1.2 m si ottiene una portata pari a 27 l/s e quindi compatibile con le portate precedentemente calcolate.

4.1.2 Canaletta con griglia

La canaletta con griglia viene utilizzata per raccogliere l'acqua di piattaforma nelle seguenti situazioni:

- lungo il margine esterno nel caso in cui si sia in rilevato in presenza di barriere fonoassorbenti;
- lungo lo spartitraffico autostradale in curva;
- lungo il margine esterno in presenza di sistema di drenaggio di tipo "chiuso".

Lo scarico della canaletta grigliata al collettore sottostante avviene tramite un discendente DN160 sempre in PEAD. La canaletta è prefabbricata e realizzata in PEAD. Per le dimensioni della canaletta si rimanda alle tavole dei particolari idraulici.

Per il dimensionamento si è posto un riempimento massimo di 20 cm sui 25 totali (80%). Con tale riempimento si ha che:

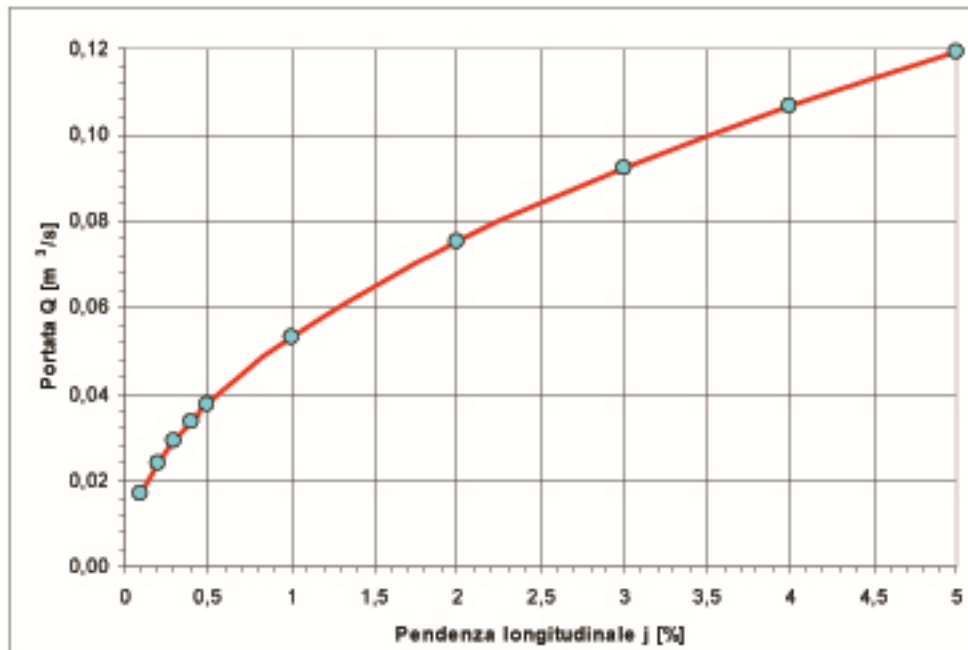
$$A=0.396 \text{ mq}$$

$$C=0.5744 \text{ m}$$

La portata massima transitante nella canaletta grigliata è stata calcolata con la formula di Chézy, avendo posto come parametro di Strickler il valore di 80 ($n = 0.0125$).

Si ottiene quindi una portata specifica pari a: $Q_{sp}=0.5326 \text{ mc/sec}$.

Il tratto massimo di autostrada che la canaletta riesce a drenare è quindi dato dal rapporto tra la massima portata smaltibile (riportata in figura sottostante in funzione della pendenza longitudinale) e la massima portata defluente dalla falda piana per unità di larghezza (q_0).



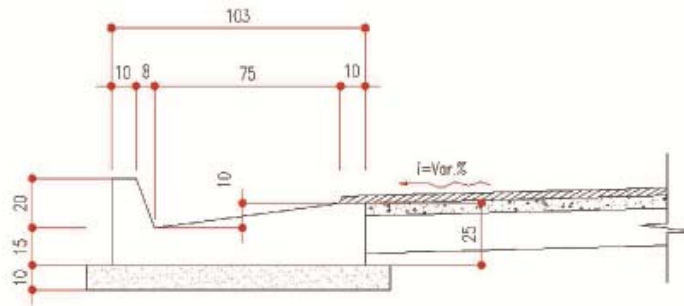
La portata massima che può portare il discendente può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

$$Q = Cq \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

essendo $Cq=0.6$, A l'area del discendente e h il carico sulla sezione contratta. Considerando h pari a 20 cm, si ottiene che il discendente DN160, avente diametro interno pari a 137 mm, è in grado di smaltire una portata pari a 17.5 l/s. Si è quindi posto l'interesse dei discendenti in modo tale che questo valore non venga superato. Per quanto riguarda l'autostrada si ha che b è pari a 12 m. L'interesse massimo dei discendenti si è posto (per facilitare le future manutenzioni) pari a 10 m, da cui deriva una portata massima di 5.68 l/s, avendo considerato un tempo di corrivazione di 4 minuti.

4.1.3 Cunetta triangolare CT2

Sono state analizzate le cunette degli assi principali ($L=103$). Esse hanno dimensioni illustrate nella figura sottostante.



Le ipotesi poste a base del calcolo sono le seguenti:

- la superficie contribuyente è costituita dalla piattaforma (13.30 m) più una fascia di 10 m di scarpata;
- il tirante idrico massimo è stato fissato pari a 0.10 m.

CUNETTA L=103

pendenza	b m	L max m	ta ore	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	Qmax smaltibile mc/s
0.001	23.3	26	0.050	0.072	603	0.83	164.24	60	0.10	0.023
0.002	23.3	37	0.050	0.072	853	0.83	164.24	60	0.10	0.032
0.003	23.3	45	0.050	0.072	1,045	0.83	164.24	60	0.10	0.039
0.004	23.3	52	0.050	0.072	1,206	0.83	164.24	60	0.10	0.046
0.005	23.3	58	0.050	0.072	1,348	0.83	164.24	60	0.10	0.051
0.006	23.3	63	0.050	0.072	1,477	0.83	164.24	60	0.10	0.056
0.008	23.3	73	0.050	0.072	1,706	0.83	164.24	60	0.10	0.064
0.009	23.3	78	0.050	0.072	1,809	0.83	164.24	60	0.10	0.068
0.010	23.3	82	0.050	0.072	1,907	0.83	164.24	60	0.10	0.072
0.015	23.3	100	0.050	0.072	2,336	0.83	164.24	60	0.10	0.088
0.020	23.3	116	0.050	0.072	2,697	0.83	164.24	60	0.10	0.102
0.025	23.3	129	0.050	0.072	3,015	0.83	164.24	60	0.10	0.114
0.030	23.3	142	0.050	0.072	3,303	0.83	164.24	60	0.10	0.125
0.035	23.3	153	0.050	0.072	3,568	0.83	164.24	60	0.10	0.135
0.040	23.3	164	0.050	0.072	3,814	0.83	164.24	60	0.10	0.144

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che la cunetta è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a seconda della pendenza longitudinale. Per lunghezze superiori è necessario l'ausilio del sottostante collettore. L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 25 m mentre l'interasse massimo pari a 50 m, a prescindere dalla pendenza longitudinale, al fine di consentire le future operazioni di manutenzione.

Per il calcolo dell'efficienza della caditoia possono essere utilmente utilizzati i risultati ottenuti dalla John Hopkins University, in parte riportati da Stephenson [Stephenson, 1981 Developments in Water Science, 14 – Stormwater Hydrology and Drainage]. Essi fanno riferimento alla teoria delle correnti a caduta libera, la cui validità fu provata anche con salti muniti di barre longitudinali. Nel caso di derivazione totale si ha:

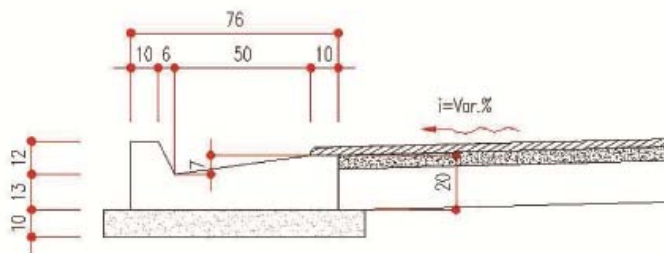
$$Q = 0,417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0,5} \cdot \left(h - \frac{W}{tg \vartheta} \right)^{-0,5}$$

in cui L è la lunghezza della caditoia, g è l'accelerazione di gravità, W è la larghezza della caditoia, h è il carico idraulico e θ è l'angolo tra la piattaforma e la verticale.

Essendo la caditoia 0.85x0.85 m e h pari a 0.10 m, dal calcolo si ottiene una portata di 56 l/s che risulta compatibile con i valori precedentemente calcolati.

4.1.4 Cunetta triangolare CT1

Sono state analizzate le cunette per le viabilità interferite ($L=76$). Esse hanno dimensioni illustrate nella figura sottostante.



Le ipotesi poste a base del calcolo sono le seguenti:

- la superficie contribuente è costituita dalla piattaforma (8.0 m) più una fascia di 8.0 m di scarpata;
- il tirante idrico massimo è stato fissato pari a 0.07 m.

CUNETTA L=76										
pendenza	b m	L max m	ta ore	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	Qmax smaltibile mc/s
0.002	16.0	25	0.050	0.067	396	0.80	169.58	60	0.07	0.015
0.003	16.0	30	0.050	0.067	485	0.80	169.58	60	0.07	0.018
0.004	16.0	35	0.050	0.067	561	0.80	169.58	60	0.07	0.021
0.005	16.0	39	0.050	0.067	627	0.80	169.58	60	0.07	0.024
0.006	16.0	43	0.050	0.067	687	0.80	169.58	60	0.07	0.026
0.008	16.0	50	0.050	0.067	793	0.80	169.58	60	0.07	0.030
0.009	16.0	53	0.050	0.067	841	0.80	169.58	60	0.07	0.032
0.010	16.0	55	0.050	0.067	886	0.80	169.58	60	0.07	0.033
0.015	16.0	68	0.050	0.067	1,086	0.80	169.58	60	0.07	0.041
0.020	16.0	78	0.050	0.067	1,253	0.80	169.58	60	0.07	0.047
0.025	16.0	88	0.050	0.067	1,401	0.80	169.58	60	0.07	0.053
0.030	16.0	96	0.050	0.067	1,535	0.80	169.58	60	0.07	0.058
0.035	16.0	104	0.050	0.067	1,658	0.80	169.58	60	0.07	0.062
0.040	16.0	111	0.050	0.067	1,773	0.80	169.58	60	0.07	0.067

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che la cunetta è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a seconda della pendenza longitudinale. Per lunghezze superiori è necessario l'ausilio del sottostante collettore. L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 25 m mentre l'interasse massimo pari a 50 m, a prescindere dalla pendenza longitudinale, al fine di consentire le future operazioni di manutenzione.

Per il calcolo dell'efficienza della caditoia possono essere utilmente utilizzati i risultati ottenuti dalla John Hopkins University, in parte riportati da Stephenson [Stephenson, 1981 Develpments in Water Science, 14 – Stomwater Hydrology and Drainage]. Essi fanno riferimento alla teoria delle correnti a caduta libera, la cui validità fu provata anche con salti muniti di barre longitudinali. Nel caso di derivazione totale si ha:

$$Q = 0,417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0,5} \cdot \left(h - \frac{W}{tg \vartheta} \right)^{-0,5}$$

in cui L è la lunghezza della caditoia, g è l'accelerazione di gravità, W è la larghezza della caditoia, h è il carico idraulico e θ è l'angolo tra la piattaforma e la verticale.

Essendo la caditoia 0.50x0.50 m e h pari a 0.07 m, dal calcolo si ottiene una portata di 34 l/s, che risulta compatibile con i valori precedentemente calcolati.

4.1.5 Collettori circolari in PeaD e PP

I collettori utilizzati sono in PeaD o PP. Per quanto riguarda l'autostrada, vengono utilizzati dei collettori in PEAD (Polietilene ad alta densità) SN 8 kN/mq 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/m² secondo EN ISO 9969, conformi alla norma UNI 10968, per gli attraversamenti trasversali.

Per il dimensionamento si è considerato il diametro interno come da tabella sottostante:

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
1000	74	426
1200	85	515

Le ipotesi poste alla base del calcolo sono le seguenti:

- la superficie contribuente è costituita dalla piattaforma più una fascia di 10 m di scarpata;
- il riempimento massimo fissato è dell'80%;
- portata di progetto avente tempo di ritorno pari a 50 anni;

Per i tratti molto pianeggianti e nel caso in cui il collettore sia 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.

Si riportano di seguito degli abachi riassuntivi calcolati sulla base delle ipotesi e delle metodologie precedentemente descritte.

DN 400 - PIATTAFORMA b=12												
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	D	Ks	tirante idrico	grado di riempimento	Qmax smaltibile
	m	m		ore	mq		mm/h	m	Gauckler-Strickler	m	%	mc/s
0.001	12.0	77	0.05	0.088	922	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.046
0.002	12.0	109	0.05	0.088	1,304	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.065
0.003	12.0	133	0.05	0.088	1,597	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.079
0.004	12.0	154	0.05	0.088	1,845	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.092
0.005	12.0	172	0.05	0.088	2,062	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.102
0.006	12.0	188	0.05	0.088	2,259	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.112
0.007	12.0	203	0.05	0.088	2,440	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.121
0.008	12.0	217	0.05	0.088	2,609	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.130
0.009	12.0	231	0.05	0.088	2,767	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.137
0.010	12.0	243	0.05	0.088	2,916	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.145
0.015	12.0	298	0.05	0.088	3,572	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.177
0.020	12.0	344	0.05	0.088	4,124	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.205
0.025	12.0	384	0.05	0.088	4,611	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.229
0.030	12.0	421	0.05	0.088	5,051	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.251
0.035	12.0	455	0.05	0.088	5,456	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.271
0.040	12.0	486	0.05	0.088	5,833	1.00	178.88	0.35	80	0.28	80%	0.290

DN 400 - PIATTAFORMA b=13.30 TRINCEA

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	23.3	43	0.05	0.071	1,002	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.046
0.002	23.3	61	0.05	0.071	1,418	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.065
0.003	23.3	75	0.05	0.071	1,736	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.079
0.004	23.3	86	0.05	0.071	2,005	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.092
0.005	23.3	96	0.05	0.071	2,241	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.102
0.006	23.3	105	0.05	0.071	2,455	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.112
0.007	23.3	114	0.05	0.071	2,652	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.121
0.008	23.3	122	0.05	0.071	2,835	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.130
0.009	23.3	129	0.05	0.071	3,007	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.137
0.010	23.3	136	0.05	0.071	3,170	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.145
0.015	23.3	167	0.05	0.071	3,882	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.177
0.020	23.3	192	0.05	0.071	4,483	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.205
0.025	23.3	215	0.05	0.071	5,012	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.229
0.030	23.3	236	0.05	0.071	5,490	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.251
0.035	23.3	255	0.05	0.071	5,930	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.271
0.040	23.3	272	0.05	0.071	6,340	0.83	198.70	0.35	80	0.28	80%	0.290

DN 500 - PIATTAFORMA b=12.00

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	12.0	161	0.05	0.118	1,932	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.083
0.002	12.0	228	0.05	0.118	2,733	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.117
0.003	12.0	279	0.05	0.118	3,347	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.143
0.004	12.0	322	0.05	0.118	3,864	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.165
0.005	12.0	360	0.05	0.118	4,321	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.185
0.006	12.0	394	0.05	0.118	4,733	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.203
0.007	12.0	426	0.05	0.118	5,112	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.219
0.008	12.0	455	0.05	0.118	5,465	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.234
0.009	12.0	483	0.05	0.118	5,797	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.248
0.010	12.0	509	0.05	0.118	6,110	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.262
0.015	12.0	624	0.05	0.118	7,483	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.320
0.020	12.0	720	0.05	0.118	8,641	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.370
0.025	12.0	805	0.05	0.118	9,661	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.414
0.030	12.0	882	0.05	0.118	10,583	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.453
0.035	12.0	953	0.05	0.118	11,431	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.489
0.040	12.0	1,018	0.05	0.118	12,220	1.00	154.10	0.43	80	0.35	80%	0.523

DN 500 - PIATTAFORMA b=13.30 TRINCEA

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gauckler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	23.3	85	0.05	0.086	1,992	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.083
0.002	23.3	121	0.05	0.086	2,817	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.117
0.003	23.3	148	0.05	0.086	3,450	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.143
0.004	23.3	171	0.05	0.086	3,984	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.165
0.005	23.3	191	0.05	0.086	4,454	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.185
0.006	23.3	209	0.05	0.086	4,879	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.203
0.007	23.3	226	0.05	0.086	5,270	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.219
0.008	23.3	242	0.05	0.086	5,634	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.234
0.009	23.3	256	0.05	0.086	5,976	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.248
0.010	23.3	270	0.05	0.086	6,299	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.262
0.015	23.3	331	0.05	0.086	7,715	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.320
0.020	23.3	382	0.05	0.086	8,908	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.370
0.025	23.3	427	0.05	0.086	9,960	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.414
0.030	23.3	468	0.05	0.086	10,910	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.453
0.035	23.3	506	0.05	0.086	11,784	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.489
0.040	23.3	541	0.05	0.086	12,598	0.83	180.46	0.43	80	0.35	80%	0.523

DN 630 - PIATTAFORMA b=12,00

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gauckler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	12.0	347	0.05	0.178	4,164	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.145
0.002	12.0	491	0.05	0.178	5,889	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.206
0.003	12.0	601	0.05	0.178	7,213	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.252
0.004	12.0	694	0.05	0.178	8,329	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.291
0.005	12.0	776	0.05	0.178	9,312	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.325
0.006	12.0	850	0.05	0.178	10,201	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.356
0.007	12.0	918	0.05	0.178	11,018	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.385
0.008	12.0	982	0.05	0.178	11,779	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.411
0.009	12.0	1,041	0.05	0.178	12,493	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.436
0.010	12.0	1,097	0.05	0.178	13,169	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.460
0.015	12.0	1,344	0.05	0.178	16,129	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.563
0.020	12.0	1,552	0.05	0.178	18,624	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.650
0.025	12.0	1,735	0.05	0.178	20,822	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.727
0.030	12.0	1,901	0.05	0.178	22,809	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.796
0.035	12.0	2,053	0.05	0.178	24,637	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.860
0.040	12.0	2,195	0.05	0.178	26,338	1.00	125.68	0.54	80	0.43	80%	0.919

DN 630 - PIATTAFORMA b=13.30 TRINCEA

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	23.3	172	0.05	0.113	4,016	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.145
0.002	23.3	244	0.05	0.113	5,680	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.206
0.003	23.3	299	0.05	0.113	6,957	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.252
0.004	23.3	345	0.05	0.113	8,033	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.291
0.005	23.3	385	0.05	0.113	8,981	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.325
0.006	23.3	422	0.05	0.113	9,838	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.356
0.007	23.3	456	0.05	0.113	10,626	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.385
0.008	23.3	488	0.05	0.113	11,360	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.411
0.009	23.3	517	0.05	0.113	12,049	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.436
0.010	23.3	545	0.05	0.113	12,701	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.460
0.015	23.3	668	0.05	0.113	15,555	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.563
0.020	23.3	771	0.05	0.113	17,962	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.650
0.025	23.3	862	0.05	0.113	20,082	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.727
0.030	23.3	944	0.05	0.113	21,999	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.796
0.035	23.3	1,020	0.05	0.113	23,761	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.860
0.040	23.3	1,090	0.05	0.113	25,402	0.83	157.32	0.54	80	0.43	80%	0.919

DN 800 - PIATTAFORMA b=12,00

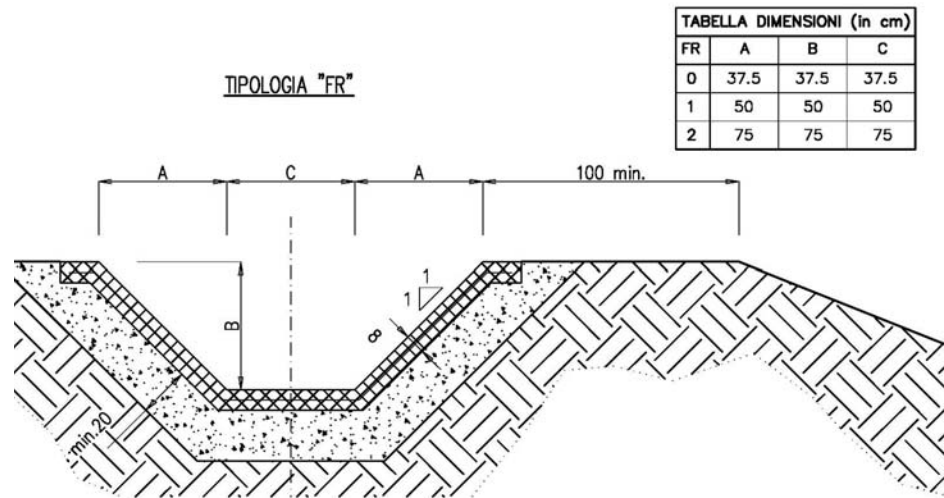
pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	12.0	405	0.05	0.178	4,866	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.273
0.002	12.0	573	0.05	0.178	6,881	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.387
0.003	12.0	702	0.05	0.178	8,428	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.474
0.004	12.0	811	0.05	0.178	9,732	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.547
0.005	12.0	907	0.05	0.178	10,880	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.611
0.006	12.0	993	0.05	0.178	11,919	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.670
0.007	12.0	1,073	0.05	0.178	12,874	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.723
0.008	12.0	1,147	0.05	0.178	13,763	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.773
0.009	12.0	1,216	0.05	0.178	14,598	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.820
0.010	12.0	1,282	0.05	0.178	15,387	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.865
0.015	12.0	1,570	0.05	0.178	18,845	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.059
0.020	12.0	1,813	0.05	0.178	21,761	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.223
0.025	12.0	2,027	0.05	0.178	24,329	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.367
0.030	12.0	2,221	0.05	0.178	26,651	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.498
0.035	12.0	2,399	0.05	0.178	28,787	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.618
0.040	12.0	2,565	0.05	0.178	30,774	1.61	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.729

DN 800 - PIATTAFORMA b=13.30 TRINCEA													
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	D	<i>Ks</i>	tirante idrico	grado di riempimento	Qmax	
	m	m		ore	mq		mm/h	diametro m	Gauckler-Strickler	m	%	mc/s	
0.001	23.3	405	0.05	0.178	9,448	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.273	
0.002	23.3	573	0.05	0.178	13,361	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.387	
0.003	23.3	702	0.05	0.178	16,364	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.474	
0.004	23.3	811	0.05	0.178	18,896	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.547	
0.005	23.3	907	0.05	0.178	21,126	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.611	
0.006	23.3	993	0.05	0.178	23,143	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.670	
0.007	23.3	1,073	0.05	0.178	24,997	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.723	
0.008	23.3	1,147	0.05	0.178	26,723	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.773	
0.009	23.3	1,216	0.05	0.178	28,344	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.820	
0.010	23.3	1,282	0.05	0.178	29,877	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.865	
0.015	23.3	1,570	0.05	0.178	36,592	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.059	
0.020	23.3	1,813	0.05	0.178	42,252	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.223	
0.025	23.3	2,027	0.05	0.178	47,240	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.367	
0.030	23.3	2,221	0.05	0.178	51,748	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.498	
0.035	23.3	2,399	0.05	0.178	55,895	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.618	
0.040	23.3	2,565	0.05	0.178	59,754	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	1.729	

Per consentire un'agevole manutenzione e pulizia dei tratti di collettore, si è posto pari a 50 m l'interasse massimo tra due pozzetti. Quando il dislivello di quota tra il collettore di piattaforma e il fosso al piede è elevato, si sono utilizzati degli scivoli gradonati in calcestruzzo. Questi sono realizzati sul rilevato e permettono di dissipare il carico attraverso una successione di salti.

4.1.6 Fossi di guardia rivestiti

Sono state previste 2 tipologie FR1 (50x50x50) e FR2 (75x75x75) come da figura sottostante.



Le ipotesi di base per calcolo sono le seguenti:

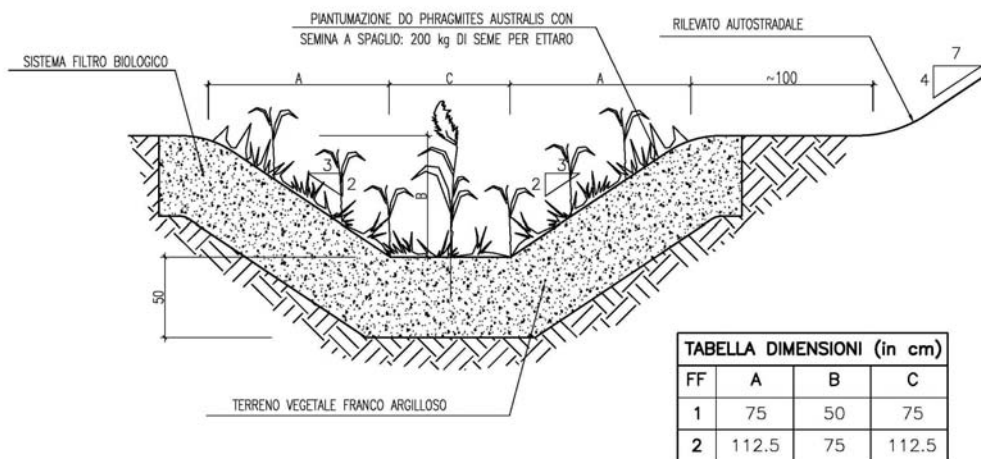
- la superficie contribuyente è costituita da una fascia larga mediamente 60 m costituita in parte dalla piattaforma e in parte dal terreno naturale;
- il grado di riempimento massimo è stato fissato pari all'80%;
- tempo di ritorno di 50 anni.

FOSSO TIPO FR1 50X50X50												
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia	dimensione	<i>Ks</i>	firante idrico	grado di riempimento	Qmax smaltibile
	m	m		ore	mq		mm/h	m	<i>Gauckler-Strickler</i>	m	%	mc/s
0.050	60.0	1,754	0.050	0.149	105,267	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	1.764
0.060	60.0	1,922	0.050	0.149	115,315	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	1.932
0.070	60.0	2,076	0.050	0.149	124,554	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.087
0.080	60.0	2,219	0.050	0.149	133,154	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.231
0.090	60.0	2,354	0.050	0.149	141,231	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.366
0.100	60.0	2,481	0.050	0.149	148,870	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.494
0.110	60.0	2,602	0.050	0.149	156,137	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.616
0.120	60.0	2,718	0.050	0.149	163,079	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.732
0.130	60.0	2,829	0.050	0.149	169,738	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.844
0.140	60.0	2,936	0.050	0.149	176,146	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	2.951
0.150	60.0	3,039	0.050	0.149	182,328	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.055
0.160	60.0	3,138	0.050	0.149	188,308	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.155
0.170	60.0	3,235	0.050	0.149	194,103	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.252
0.180	60.0	3,329	0.050	0.149	199,731	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.346
0.190	60.0	3,420	0.050	0.149	205,204	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.438
0.200	60.0	3,509	0.050	0.149	210,535	0.44	137.09	0.50	60	0.40	80%	3.528

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che il fosso è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a seconda della pendenza longitudinale, dopodichè viene utilizzato il fosso FR2.

4.1.7 Fossi filtro-biofiltro

Sono state previste 2 tipologie FF1 (75x50x75) e FF2 (112.5x75x112.5) come da figura sottostante.



Le ipotesi di base per calcolo sono le seguenti:

- la superficie contribuente è costituita da una fascia larga mediamente 60 m costituita in parte dalla piattaforma e in parte dal terreno naturale;
- il grado di riempimento massimo è stato fissato pari all'80%;
- tempo di ritorno di 50 anni.

FOSSO TIPO FF1 75X50X75

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	dimensione m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	47.0	97	0.050	0.185	4,565	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.088
0.002	47.0	137	0.050	0.185	6,456	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.124
0.003	47.0	168	0.050	0.185	7,907	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.152
0.004	47.0	194	0.050	0.185	9,130	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.175
0.005	47.0	217	0.050	0.185	10,207	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.196
0.006	47.0	238	0.050	0.185	11,182	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.215
0.007	47.0	257	0.050	0.185	12,077	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.232
0.008	47.0	275	0.050	0.185	12,911	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.248
0.009	47.0	291	0.050	0.185	13,695	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.263
0.010	47.0	307	0.050	0.185	14,435	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.277
0.015	47.0	376	0.050	0.185	17,680	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.340
0.020	47.0	434	0.050	0.185	20,415	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.392
0.025	47.0	486	0.050	0.185	22,824	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.438
0.030	47.0	532	0.050	0.185	25,003	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.480
0.035	47.0	575	0.050	0.185	27,006	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.519
0.040	47.0	614	0.050	0.185	28,871	0.56	123.09	0.75	17	0.40	80%	0.554

FOSSO TIPO FF2 1.125x.750x1.125

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	dimensione m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	60.0	515	0.050	0.596	30,922	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.259
0.002	60.0	729	0.050	0.596	43,730	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.367
0.003	60.0	893	0.050	0.596	53,558	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.449
0.004	60.0	1,031	0.050	0.596	61,844	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.519
0.005	60.0	1,152	0.050	0.596	69,144	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.580
0.006	60.0	1,262	0.050	0.596	75,743	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.635
0.007	60.0	1,364	0.050	0.596	81,812	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.686
0.008	60.0	1,458	0.050	0.596	87,460	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.734
0.009	60.0	1,546	0.050	0.596	92,766	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.778
0.010	60.0	1,630	0.050	0.596	97,784	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	0.820
0.015	60.0	1,996	0.050	0.596	119,760	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.005
0.020	60.0	2,305	0.050	0.596	138,287	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.160
0.025	60.0	2,577	0.050	0.596	154,610	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.297
0.030	60.0	2,823	0.050	0.596	169,366	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.421
0.035	60.0	3,049	0.050	0.596	182,937	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.534
0.040	60.0	3,259	0.050	0.596	195,567	0.44	68.63	0.75	17	0.40	80%	1.640

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che il fosso è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a secondo della pendenza longitudinale.

5 TRATTAMENTO DELLE PORTATE AUTOSTRADALI

5.1 Normativa di riferimento

La normativa di riferimento in materia è la Legge Regione Toscana n.20 del 31/05/2006 “Norme per la tutela delle acque dall’inquinamento”.

L’articolo 8 di tale legge intende normare lo Scarico di acque di prima pioggia e di acque meteoriche dilavanti contaminate. Il comma 2 specifica quanto segue:

Lo scarico di AMPP (Acque Meteoriche di Prima Pioggia) 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.

Sulla base di quanto contenuto nella L.R. 20/2006 si è pertanto adottato un sistema di drenaggio di tipo chiuso per tutto il lotto in esame. Il tipo di presidio idraulico adottato varia in funzione della vulnerabilità del recapito individuato e della presenza di zone singolari del tracciato ove è maggiore la concentrazione di inquinanti sulla piattaforma.

Le tipologie di presidio idraulico previste nel progetto sono

- Fossi filtro, per il rilascio nel reticolo naturale delle portate provenienti dall’asse autostradale
- Manufatto disoleatore, per il trattamento delle acque provenienti dai piazzali di esazione

5.2 Fossi Filtro

I fossi filtro, le cui caratteristiche geometriche sono state descritte nel capitolo precedente, sono fossi inerbiti con particolari specie erbacee che favoriscono la sedimentazione, l’invaso e il trattamento delle acque di dilavamento. La copertura inerbita ha lo scopo di rallentare il flusso dell’acqua ed intercettare gli inquinanti che essa contiene. Il sistema consente un’efficace rimozione dei solidi sospesi, degli idrocarburi e risulta parzialmente efficace sulle sostanze disciolte. I principi di rimozione che intervengono in un biofiltro sono i seguenti:

- adsorbimento;
- bioassorbimento;
- sedimentazione;
- filtrazione.

Il ruolo della copertura vegetale è fondamentale per l'efficienza dei sistemi di biofiltrazione, in generale, le specie erbacee devono rispondere ai seguenti requisiti:

- adattarsi a condizioni di sommersione (con conseguente scarsa disponibilità di ossigeno nella zona radicale) e di aridità;
- ridurre sensibilmente il volume di acqua infiltrata, attraverso l'assorbimento radicale e la traspirazione fogliare;
- resistere all'inquinamento;
- favorire l'abbattimento di elementi tossici come metalli pesanti attraverso l'assorbimento;
- stabilizzare il substrato, prevenendone l'intasamento, attraverso lo sviluppo delle radici negli spazi vuoti;
- facilitare l'attecchimento e avere ridotta necessità di manutenzione.

L'efficienza dei biofiltri dipende da diversi fattori quali le condizioni climatiche, permeabilità e tipo di suolo, estensione dell'area servita, tipo e densità della vegetazione. Inoltre si deve provvedere ad azioni sistematiche (almeno una volta all'anno) di pulizia e di spurgo per evitare, da un lato l'interrimento e la conseguente riduzione della capacità di invaso, dall'altro che i materiali colloidali sedimentando sul fondo riducano la permeabilità e quindi l'efficienza drenante del fosso stesso.

In particolare per quanto riguarda i fossi biofiltranti si deve provvedere almeno ogni 10 anni alla completa asportazione e ripristino della copertura vegetale, destinando il materiale asportato alle discariche controllate.

5.3 *Manufatto sedimentatore e disoleatore*

Tale presidio consiste sostanzialmente in una vasca di decantazione e una di separazione di idrocarburi e consente, per coalescenza, il trattamento delle acque di dilavamento. Tali

manufatti sono prefabbricati, conformi alle norme UNI EN 858-1:2004 e UNI EN 858-2:2004 e costituiti da vasche poste in serie. La prima è un pozzetto derivatore e ha la funzione di derivare la portata in eccesso, non trattabile, e di mandarla a recapito. Il secondo pozzetto è un separatore fanghi e permette di separare, per sedimentazione, le particelle solide. Il terzo pozzetto contiene un separatore di olii a coalescenza ed è dotato di un sistema di sicurezza realizzato con un galleggiante, tale da interrompere il deflusso delle acque quando il livello dell'olio supera il limite massimo previsto. Tutti i bacini sono prefabbricati e realizzati in c.a.v. con pareti interne impermeabilizzate in resina e dotati di coperchi di tipo carrabile in c.a.v. muniti di botole per ispezione, conformi alle norme UNI EN124.

I disoleatori/sedimentatori sono utilizzati per trattare le acque di piattaforma provenienti dalle aree di esazione "Fonteblanda" e "Grosseto Sud".

6 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 sono state 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 rinfianco	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			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
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)			
Trincea stretta			
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			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
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 rinfianco	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 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 stretta			
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			
HT60			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
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			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	630	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 =	1.000	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	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 =	0.537	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	7.560	kN/m
Determinazione carico dinamico			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
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 =	85.158	kN/m
Carico totale	Q =	92.718	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	18.33	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	630	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 =	1.000	m
Altezza sull'estradosso	H =	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	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 stretta		
Determinazione carico statico			
Coeff. di spinta attiva	K_a =	0.271	
Coeff. di carico statico	χ =	1.791	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	22.567	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 =	11.597	kN/m
Carico totale	Q =	34.164	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	6.75	mm
Deformazione relativa %	δ =	1.072	%
Tubazione verificata			

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diametro	DN =	800	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 =	1.100	m
Altezza sull'estradosso	H =	0.60	m
Tipologia del terreno indisturbato	Terreno misto compatto		
Tipologia del terreno di rinfianco	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 =	0.493	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	9.600	kN/m
Determinazione carico dinamico			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	HT60		
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 =	108.137	kN/m
Carico totale	Q =	117.737	kN/m
Coeff. di sottofondo	K =	0.121	
Coeff. di deformazione differita	F =	1.5	
Deformazione assoluta	Δd =	23.28	mm
Deformazione relativa %	δ =	2.910	%
Tubazione verificata			