



Società Autostrada Tirrenica p.A.
GRUPPO AUTOSTRADALE PER L'ITALIA S.p.A.

AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA
LOTTO 5B

TRATTO: FONTEBLANDA–ANSEDONIA

PROGETTO DEFINITIVO

INFRASTRUTTURA STRATEGICA DI PREMINENTE INTERESSE NAZIONALE LE CUI PROCEDURE DI APPROVAZIONE SONO REGOLATE DALL' ART. 161 DEL D.LGS. 163/2006

AU – CORPO AUTOSTRADALE

IDROLOGIA E IDRAULICA
SISTEMA DI DRENAGGIO CORPO AUTOSTRADALE
Relazione Idrologico – Idraulica

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Alessandro Alfì Ord. Ingg. Milano N. 20015 COORDINATORE GENERALE APS	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE SVILUPPO INFRASTRUTTURE
--	--	---

RIFERIMENTO ELABORATO				DATA:		REVISIONE								
—	DIRETTORIO		FILE		GIUGNO 2011	n.	data							
	codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo										
—	1	2	1	2	1	4	0	2	IDR	100	—	—		
					SCALA:									

ingegneria europea	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
	ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Luisa Bazzicalupo – O.I. Roma N.22685
CONSULENZA A CURA DI :	IL RESPONSABILE UFFICIO/UNITA'	Ing. Maurizio Torresi – O.I. Milano N. 16492

RESPONSABILE DI COMMESSA Ing. Giambattista Brancaccio Ord. Ingg. Roma N. 15710 COORDINATORE OPERATIVO DI PROGETTO	VISTO DEL COMMITTENTE 	VISTO DEL CONCEDENTE
--	----------------------------------	---------------------------------

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. IDROLOGIA	3
2.1. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO	6
3. REQUISITI PRESTAZIONALI.....	8
4. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....	9
5. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO.....	11
5.1. METODOLOGIA DI CALCOLO – ANALISI DEI RISULTATI	11
5.1.1. <i>Embrici</i>	12
5.1.2. <i>Canaletta con griglia</i>	13
5.1.3. <i>Cunetta triangolare CT2</i>	15
5.1.4. <i>Cunetta triangolare CT1</i>	16
5.1.5. <i>Collettori circolari in PeaD e PP</i>	18
5.1.6. <i>Fossi di guardia inerbiti</i>	21
5.1.7. <i>Fossi di guardia rivestiti</i>	22
5.1.8. <i>Fossi filtro-biofiltro</i>	23
6. PRESIDI IDRAULICI	25
6.1. MANUFATTO SEDIMENTATORE E DISOLEATORE	28
6.2. VASCHE DI TRATTAMENTO PER SEDIMENTAZIONE E DISOLEAZIONE	ERRORE. IL
SEGNALIBRO NON È DEFINITO.	
7. VASCHE A DISPERSIONE	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.
8. VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD	29

1. Premessa

L'intervento in esame, che è inserito nel più ampio progetto di collegamento dello svincolo di Rosignano e quello di Civitavecchia lungo la direttrice autostradale A12, ha come obiettivo l'adeguamento a sezione autostradale della S.S.1 Aurelia dal Km 160+254,31 al Km 136+653,333 per una estensione di circa 22,9 km.

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

Nell'area in esame sono presenti delle zone di interesse ambientale, considerate ad alta vulnerabilità, di conseguenza nel progetto si prevedono degli accorgimenti per trattare quali –quantitativamente l'acqua meteorica dilavante la piattaforma autostradale. In questi tratti le acque di piattaforma verranno quindi interamente convogliate nei presidi idraulici, sistema di drenaggio chiuso, prima di essere immesse nei ricettori finali.

Nei tratti che non attraversano zone ad alta vulnerabilità, il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali, sistema di drenaggio aperto.

In particolare le zone caratterizzate da un sistema di drenaggio chiuso della piattaforma autostradale vanno dall'inizio intervento alla progressiva 0+900 e dalla progressiva 10+000 alla progressiva 21+260. L'acqua di piattaforma in questi tratti verrà convogliata in un sistema chiuso ed indirizzata a fossi filtro o a bacini di controllo (sedimentazione e biofiltrazione), dotati di appositi manufatti con lama disoleatrice.

2. Idrologia

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.

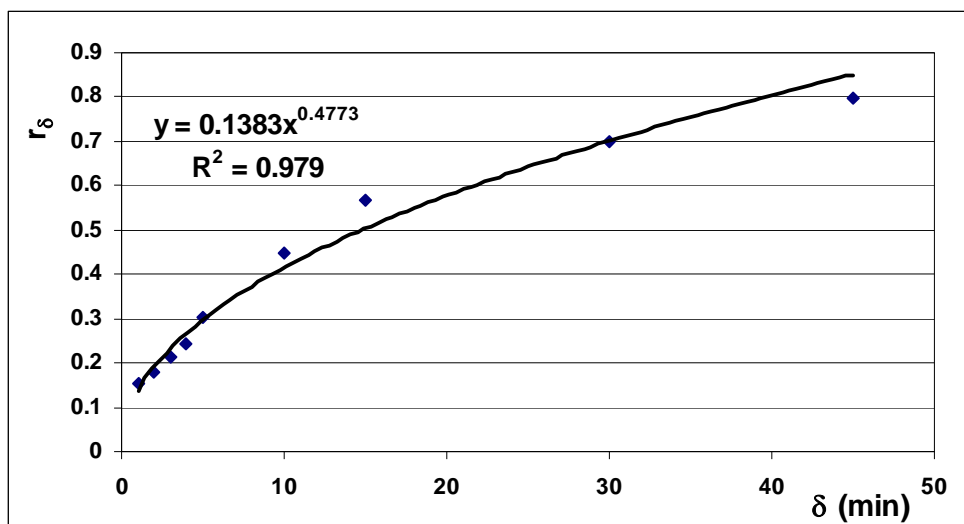
In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti r_d fra le altezze di pioggia di durata d inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento 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 durate 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
$r_\delta = h_{\delta m} / h_{1m}$	0.155	0.178	0.215	0.241	0.304	0.449	0.568	0.7	0.799

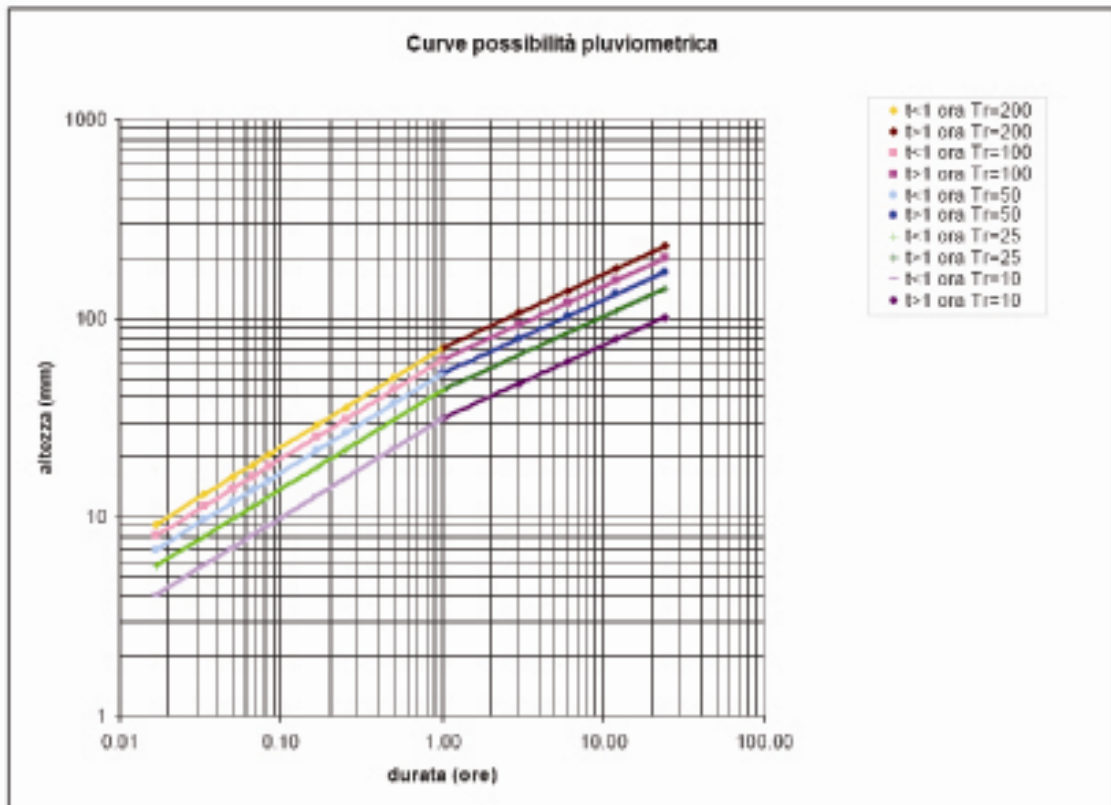
Effettuando un'interpolazione dei punti, con una legge di tipo potenziale, si sono ricavati i valori del coefficiente correttivo da introdurre nella valutazione delle piogge critiche di durata inferiore all'ora.

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



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 nella 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				
	<i>t</i> ≥ 1 ora		<i>t</i> < 1 ora	
<i>Tr</i>	<i>a</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>n</i>
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

2.1. Determinazione delle portate di progetto

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

- elementi di raccolta del drenaggio della piattaforma autostradale (canalette, cunette, caditoie e embrici) Tr 25 anni;
- elementi di convogliamento delle acque (fossi e collettori) Tr 50 anni;
- recapiti delle acque (corsi d'acqua naturali, cavi/fossi irrigui, sottosuolo e presidi idraulici) Tr100 anni;

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 ad una durata della precipitazione pari al tempo di corrivazione t_c e dipendente dal tempo di ritorno Tr

Il coefficiente C è un parametro minore dell'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, 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.

3. 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.

4. Descrizione delle opere

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

Il sistema di drenaggio che prevede il convogliamento dell'acqua di piattaforma ai presidi idraulici è denominato "sistema chiuso", in quanto permette di ottenere una separazione delle acque meteoriche ricadenti sulla piattaforma stradale da quelle esterne e garantisce la salvaguardia nei confronti dell'inquinamento corrente ed accidentale. Viceversa il sistema in cui il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali è denominato "sistema aperto".

Nei tratti in cui il corpo stradale si sviluppa in rilevato, le acque meteoriche vengono canalizzate ed allontanate dalla sede stradale mediante la sezione defluente costituita dal cordolo a lato piattaforma e la piattaforma stessa. Le acque raccolte sono convogliate negli embrici. Tali elementi, sono disposti ad interasse variabile e recapitano nel fosso di guardia posto al piede della scarpata.

I fossi di guardia sono di forma trapezia e vengono utilizzati sia quando la sezione stradale è in rilevato sia quando è in trincea. Nel primo caso il fosso è posto al piede del rilevato e serve a raccogliere le acque che defluiscono dal rilevato stesso e a convogliarle verso il recapito finale più vicino. Questi fossi sono generalmente in terra (FI1 ed FI2, FF quando sono presidi idraulici), tranne nei casi in cui la loro pendenza longitudinale sia molto elevata, nel qual caso si utilizzano fossi rivestiti per evitare che la forte velocità dell'acqua possa erodere il fondo. Inoltre il fosso viene rivestito in CLS nel punto di scarico dell'embrice.

Nei tratti con sviluppo in trincea o sotto i muri di controripa l'acqua della carreggiata viene raccolta dalla cunetta triangolare (CT) e convogliata, ove necessario, nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti grigliati disposti ad interasse variabile lungo lo sviluppo della cunetta. La cunetta triangolare, oltre a ricevere le acque provenienti dalla piattaforma, raccoglie anche le acque provenienti dalla scarpata per una fascia variabile in funzione della naturale inclinazione del bacino dominante e dell'ubicazione delle canalizzazioni di protezione presenti a monte.

Lungo l'asse principale autostradale è stata utilizzata una cunetta triangolare CT2 che ha una larghezza totale pari a 103 cm.

Diversamente nelle viabilità interferite viene utilizzata una cunetta triangolare di dimensioni ridotte, detta CT1 che ha una larghezza lorda pari a 76 cm.

Nei tratti in curva, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene in corrispondenza dello spartitraffico mediante una canaletta con griglia (CG) con sottostante un collettore in cui recapita in corrispondenza dei pozzetti posti ad interasse variabile.

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

In curva, laddove tra le carreggiate autostradali risultano presenti degli allargamenti per visibilità, è stato inserito, nel tratto racchiuso, un fosso rivestito per la raccolta delle acque meteoriche. Mentre nell'area interclusa tra la carreggiata autostradale e la complanare è stata inserita come sistema di raccolta e smaltimento una canaletta in c.a. a sezione rettangolare 60x100cm.

Il sistema di drenaggio della piattaforma in viadotto è dotato di caditoie a bocchettone disposte ad interasse variabile. L'acqua raccolta viene poi convogliata all'interno di tubazioni suborizzontali correnti in acciaio staffate all'impalcato che la trasporteranno fino al punto di recapito previsto.

In fine, nei tratti di "sistema chiuso" prima del recapito finale le acque meteoriche verranno convogliate nei presidi idraulici.

5. Determinazione della capacità di smaltimento

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:

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

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

5.1. 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.

5.1.1. Embrici

La raccolta delle acque in rilevato è affidata alle canalizzazioni di embrici poste sulle scarpate del rilevato che scaricano le acque raccolte verso i fossi di guardia posti al piede del rilevato. 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 ed il cordolo. Fissando una larghezza massima impegnata dal canale di bordo pari a 2 m ed una pendenza trasversale del 2,5% dal calcolo si ottiene quanto segue.

Carreggiata sud

Inizio [km]	fine [km]	Lungh. [m]	Interasse [m]
0	195	195	15
195	420	225	15
420	700	280	5
700	920	220	20
920	1180	260	20
1180	1450	270	10
1785	1900	115	20
2070	2190	120	20
2700	3010	310	20
3750	3900	150	20
3900	4045	145	20
4260	4395	135	20
4590	4960	370	20
7150	7570	420	15
8720	9010	290	10
9350	9620	270	20
9985	10260	275	5
13170	13808	638	20
16320	16800	480	5
17140	17235	95	10
17960	18050	90	20

Carreggiata nord

Inizio [km]	fine [km]	Lungh. [m]	Interasse [m]
0	337	337	10
337	708	371	15
708	756	48	20
920	1100	180	20
1100	1450	350	10
1450	1785	335	20
3470	3600	130	20

Inizio [km]	fine [km]	Lungh. [m]	Interasse [m]
4260	4450	190	20
4450	4590	140	10
4960	5705	745	10
6095	7580	1485	10
8125	8450	325	10
8450	8514	64	15
8514	8720	206	20
8720	8850	130	5
8850	9010	160	20
9350	9450	100	20
9620	9885	265	20
9985	10426	441	5
10600	10900	300	5
11320	11700	380	5
12520	12860	340	20
12940	13170	230	20
16285	16750	465	10
17580	18240	660	10

L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 10 m mentre l'interasse 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:

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

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

5.1.2. 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 è 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:

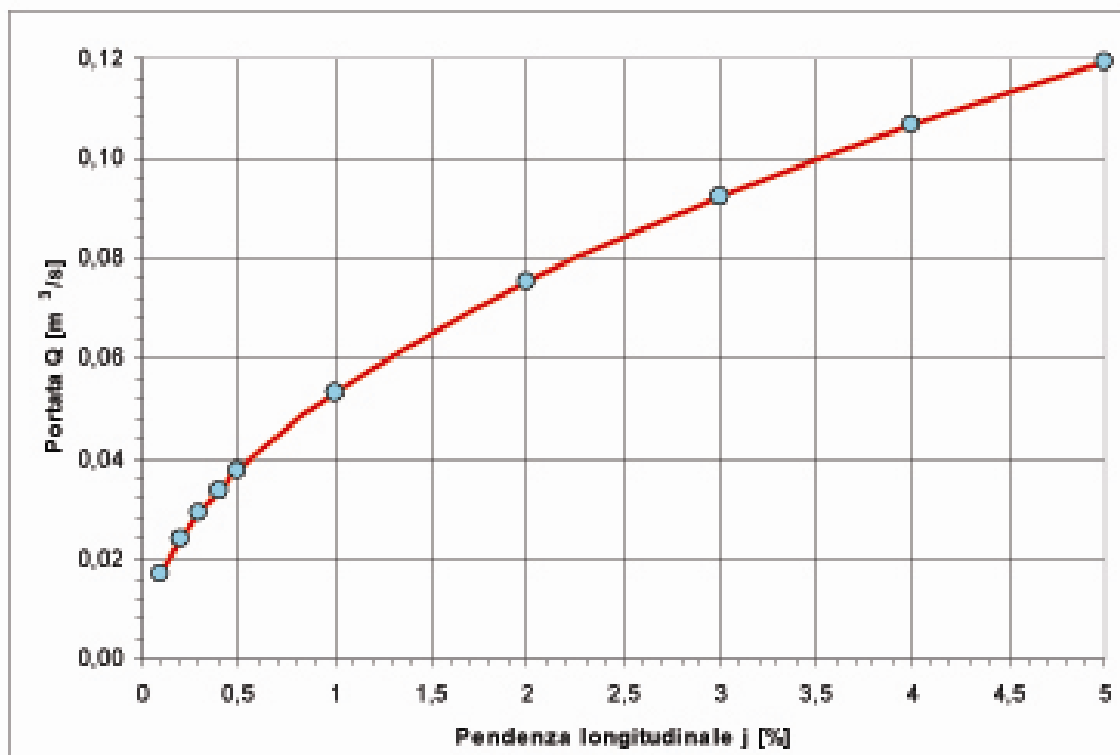
$$A=0.396mq$$

$$C=0.5744m$$

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: $Q_{sp}=0.5326 mc/sec$.

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).



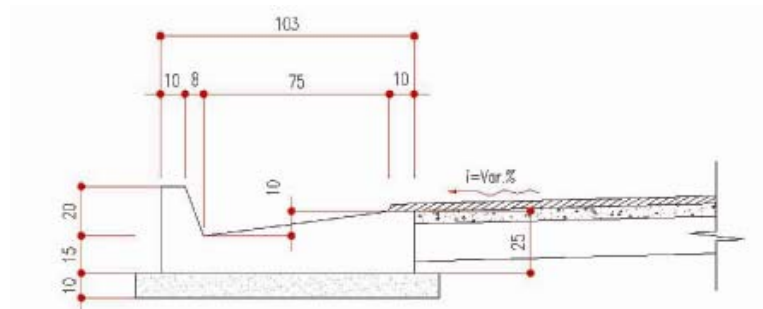
La portata massima che può portare il discendente può essere calcolata con la formula del funzionamento sotto battente:

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

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'interasse dei discendenti in modo che questo valore non venga superato. Per quanto riguarda l'autostrada si ha che b è pari a 12 m. L'interasse massimo dei discendenti si è posto pari a 25 m, da cui deriva una portata massima di 14.2 l/s, avendo considerato un tempo di corrvazione di 4 minuti.

5.1.3. 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 (13.30m) più una fascia di 10m di scarpata;
- il tirante idrico massimo è stato fissato pari a 0.10m.

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che la cunetta è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a secondo della pendenza longitudinale. Per lunghezze superiori è necessario l'ausilio del sottostante collettore. L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 14 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:

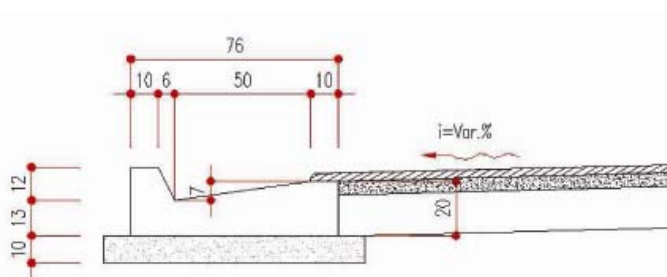
$$Q = 0,417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0,5} \cdot \left(h - \frac{W}{tg \vartheta} \right)^{-0,5}$$

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

Essendo la caditoia 0,85x0,85, h pari a 0.10, dal calcolo si ottiene una portata di 56 l/s che è compatibile con i valori presenti nel tratto in esame.

5.1.4. Cunetta triangolare CT1

Sono state analizzate le cunette per le viabilità interferite. Esse hanno dimensioni illustrate nella figura sottostante.



Le ipotesi poste a base del calcolo sono le seguenti:

Relazione idrologica e idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 16 di 36
IDR100.doc	

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

La lunghezza massima di sufficienza rappresenta la lunghezza massima di bacino che la cunetta è in grado di smaltire, nelle condizioni ipotizzate, a secondo 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 – 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 angolo tra piattaforma e la verticale.

Essendo la caditoia 0,50x0,50, h pari a 0.07, dal calcolo si ottiene una portata di 34 l/s che è compatibile con i valori presenti nel tratto in esame.

5.1.5. Canaletta rettangolare

Si riportano, di seguito, i risultati delle analisi di calcolo per l'elemento di raccolta e convogliamento rettangolare.

Relazione idrologica e idraulica del sistema di drenaggio	Pagina 17 di 36
IDR100.doc	

Carreggiata nord

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i_l (%)	t_a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	Bxh [m ²]	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
0	700	700	0.2	14.5	107.7	0.25	0.6X1	0.38	0.48	1.09
700	900	200	2	5.7	171.9	0.11	0.6X1	0.10	0.12	1.90
900	1100	200	2	5.7	171.8	0.12	0.6X1	0.10	0.12	2.07
1100	1415	315	0.32	8.5	141.0	0.15	0.6X1	0.22	0.27	1.14
6100	8000	1900	0.06	47.9	59.3	0.37	0.6X1	0.86	1.08	0.72
10426	10600	174	0.1	8.4	141.5	0.64	0.6X1	0.22	0.27	4.86
10600	11320	720	0.1	18.6	95.2	0.75	0.6X1	0.35	0.44	3.57
11320	12520	1200	0.1	27.1	78.9	0.82	0.6X1	0.48	0.60	2.85
13895	15000	1105	0.1	25.3	81.7	0.86	0.6X1	0.58	0.73	2.45
15000	16600	1600	0.1	28.3	77.2	0.38	0.6X1	0.63	0.79	1.01
16600	18000	1400	0.1	33.5	70.9	0.35	0.6X1	0.31	0.39	1.86
20260	20450	190	1	6.0	167.8	0.11	0.6X1	0.12	0.15	1.58

Carreggiata sud

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i_l (%)	t_a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	Bxh [m ²]	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
0	600	600	0.2	13.28	112.65	0.22	0.6X1	0.35	0.44	1.05
920	1100	180	1	5.91	168.87	0.10	0.6X1	0.11	0.14	1.50
1100	1415	315	0.3	8.59	140.06	0.15	0.6X1	0.22	0.28	1.14
3470	3550	80	2.2	4.69	189.62	0.06	0.6X1	0.06	0.07	1.56
3550	3600	50	2.2	5.26	179.01	0.03	0.6X1	0.04	0.05	1.28
3600	3900	300	2.2	4.68	189.76	0.17	0.6X1	0.12	0.15	2.39
4395	4960	565	0.4	9.97	130.02	0.24	0.6X1	0.29	0.36	1.40
4960	5705	745	0.06	22.82	85.94	0.21	0.6X1	0.54	0.68	0.65
5705	6095	390	0.06	14.43	108.07	0.14	0.6X1	0.39	0.49	0.60
6095	7150	1055	0.06	29.91	75.06	0.26	0.6X1	0.65	0.81	0.68
7570	8345	775	0.06	23.21	85.22	0.22	0.6X1	0.56	0.70	0.65
10400	11400	1000	0.1	25.78	80.86	0.28	0.6X1	0.54	0.68	0.86
11400	12520	1120	0.1	25.44	81.39	0.30	0.6X1	0.60	0.75	0.84
15400	17500	2100	0.4	20.37	90.97	0.58	0.6X1	0.57	0.72	1.70
18600	19400	800	0.1	20.04	91.70	0.24	0.6X1	0.49	0.61	0.83
19800	19920	120	0.1	14.08	109.40	0.06	0.6X1	0.18	0.23	0.60
20200	19920	280	0.1	10.53	126.52	0.12	0.6X1	0.28	0.35	0.70
20200	20500	300	1	6.80	157.47	0.16	0.6X1	0.15	0.19	1.73
20500	20850	350	2	5.45	175.92	0.21	0.6X1	0.14	0.18	2.39
20750	21100	350	2	6.32	163.30	0.11	0.6X1	0.10	0.12	1.98
21100	21300	200	0.1	9.75	131.45	0.38	0.6X1	0.87	1.09	0.72

5.1.6. 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
<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>	<i>(mm)</i>
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 a base del calcolo sono le seguenti:

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

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 utilizzata degli scivoli gradonati in calcestruzzo. Questi sono realizzati sul rilevato e permettono di dissipare il carico attraverso una successione di salti.

Si riportano, nelle tabelle seguenti, i diametri dei collettori inseriti al di sotto dei diversi elementi di raccolta.

Cunetta triangolare - CT2

carreggiata nord

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	φ (m ²)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
2230	2190	40	0.3	4.7	189.7	0.0		-	-	-
3470	2700	770	2.1	19.8	92.3	0.09	500	0.2	0.3	0.6
16920	16750	170	0.3	7.3	151.6	0.13	500	0.3	0.3	0.8
17200	16920	280	0.5	9.6	132.6	0.16	500	0.3	0.4	0.9
17580	17200	380	0.6	11.6	120.3	0.15	500	0.3	0.4	0.9
18604	18240	364	0.6	11.3	122.0	0.09	500	0.2	0.3	0.7
18775	18604	171	0.5	7.4	151.2	0.08	400	0.2	0.3	0.6
18604	18750	146	0.0	6.8	156.9	0.13	500	0.2	0.3	1.0
19020	18750	270	0.0	9.4	134.1	0.23	630	0.4	0.5	1.0
19350	19020	330	0.3	10.6	126.1	0.10	400	0.2	0.2	1.1
21020	20820	200	2.2	8.1	143.9	0.08	400	0.2	0.3	0.7
21170	21020	150	1.3	7.0	155.1	0.05	400	0.2	0.3	0.4
21260	21170	90	0.7	5.7	171.6	0.10	500	0.3	0.3	0.7
21260	21470	210	0.4	8.2	143.7	0.32	630	0.3	0.4	1.5
21470	22650	1180	0.8	28.0	77.6	0.25	500	0.3	0.3	1.6

carreggiata sud

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	φ (m ²)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
2070	1900	170	2.6	7.6	149.1	0.2	630	0.3	0.4	0.9
2600	2190	410	0.5	12.2	117.3	0.2	500	0.3	0.4	1.1
17700	17235	465	0.5	13.4	112.3	0.1	400	0.1	0.2	1.0
22270	22918	648	0.8	17.1	99.2	0.2	500	0.3	0.4	0.9

Canaletta con griglia

carreggiata nord

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i _i (%)	t _a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	φ (m ²)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
1785	2190	405	2.60	5.23	179.59	3.03	500	0.23	0.53	3.03
2230	2700	470	0.40	8.45	141.25	1.44	630	0.35	0.65	1.44
3600	3800	200	2.20	4.80	187.39	2.34	400	0.19	0.55	2.34
3800	4045	245	1.80	5.82	170.23	2.25	500	0.19	0.44	2.25
4590	4960	370	0.20	9.24	135.03	1.04	630	0.36	0.67	1.04
5705	6095	390	0.20	10.11	129.09	1.04	630	0.36	0.68	1.04
7580	7950	370	0.20	9.54	132.90	1.04	630	0.36	0.66	1.03
7950	8040	90	0.20	5.64	172.85	0.75	400	0.24	0.69	0.74
8040	8125	85	0.20	5.71	171.82	0.77	400	0.22	0.63	0.77
9450	9620	170	0.50	5.16	180.65	1.31	500	0.23	0.52	1.31
13170	13350	180	2.00	3.86	208.95	2.33	400	0.14	0.67	2.87
13350	13895	545	2.00	6.16	165.37	2.87	500	0.29	0.67	2.87
19550	19920	370	0.20	8.93	137.38	1.04	630	0.36	0.68	1.04
20450	20820	370	2.00	5.31	178.24	2.68	500	0.24	0.55	2.68
22600	22920	320	0.50	6.55	160.43	1.50	630	0.27	0.50	1.51

carreggiata sud

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i_l (%)	t_a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	ϕ (m ²)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
1420	1790	370	2.6	5.29	178.43	2.94	500	0.22	0.51	3.00
2950	3470	520	2.4	4.41	195.44	2.60	400	0.20	0.62	3.05
3950	4700	750	2.0	4.19	200.58	2.03	400	0.18	0.56	2.97
8345	8700	355	0.2	8.72	139.05	1.04	630	0.36	0.66	1.04
9620	9985	365	0.2	8.81	138.31	1.05	630	0.36	0.67	1.05
12520	13170	650	1.8	6.79	157.54	2.86	630	0.28	0.52	2.87
13808	13950	142	0.2	6.61	159.72	0.86	500	0.25	0.58	0.86
13950	14420	470	0.2	11.23	122.49	1.06	630	0.40	0.75	1.06
14420	14700	280	0.2	8.58	140.17	0.99	630	0.31	0.58	0.97
18050	18600	550	1.0	8.10	144.27	1.21	630	0.31	0.55	2.22
21400	22270	870	1.0	9.13	135.86	2.37	630	0.37	0.69	2.37

5.1.7. Collettori circolari acciaio

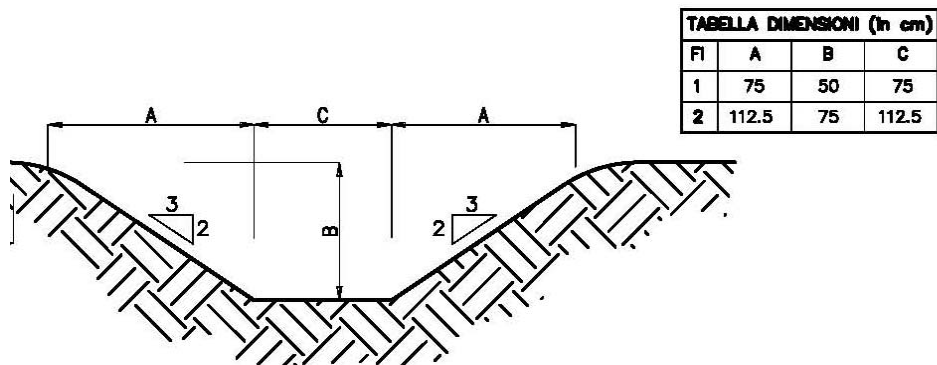
Nei tratti in viadotto l'elemento di raccolta è costituito da caditoie a bocchettone disposte ad interasse variabile. L'acqua raccolta viene poi convogliata all'interno di tubazioni correnti in acciaio staffate all'impalcato che la trasporteranno fino al punto di recapito previsto.

Nord/sud

PK inizio	PK fine	Lungh. (m)	i_l (%)	t_a (min)	i (mm/h)	Q (m ³ /s)	ϕ (m ²)	h	Riemp. (%)	Vel. (m/s)
920	930	10	0.0	3.9	173.4	1.988	400	0.2	0.46	1.986565
4180	4040	140	1.8	5.2	180.5	1.506	400	0.1	0.31	1.521909
4200	4260	60	1.8	4.7	190.1	2.2	400	0.2	0.51	2.208487
4180	4260	80	1.8	4.8	187.9	2.2	400	0.2	0.51	2.208487
9180	9000	180	2.0	5.4	176.9	1.722	400	0.1	0.35	1.708994

5.1.8. Fossi di guardia inerbiti

Sono state previste 2 tipologie FI1(75x50x75), FI2(112.5x60x112.5) come da figura sottostante:



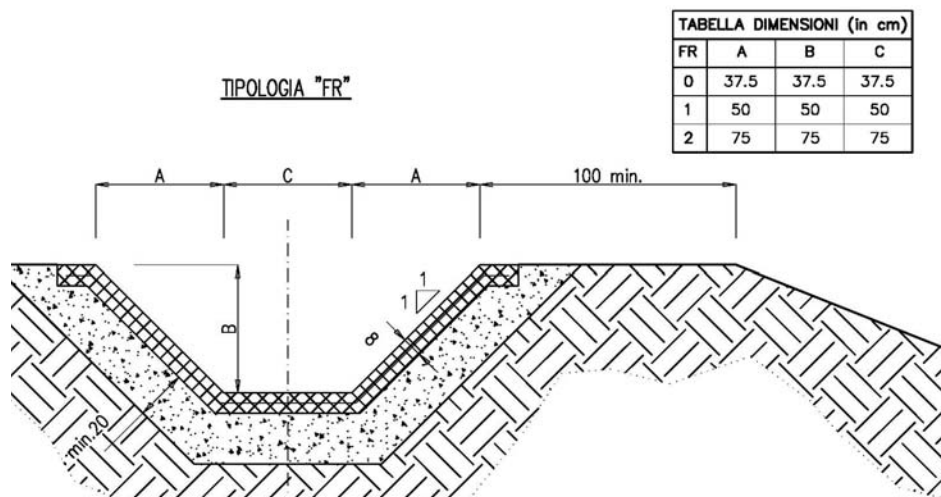
Le ipotesi di base per calcolo sono le seguenti:

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

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, dopodichè viene utilizzato in fosso FI2.

5.1.9. Fossi di guardia rivestiti

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



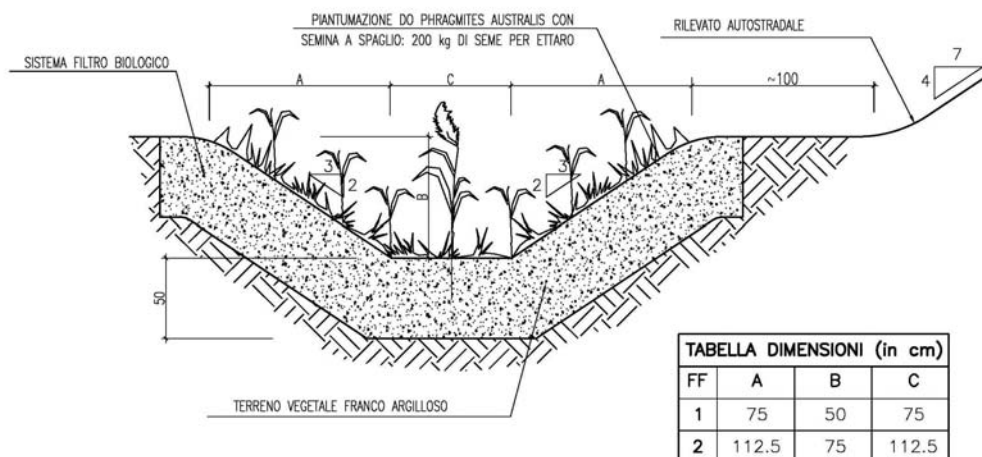
Le ipotesi di base per calcolo sono le seguenti:

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

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, dopodichè viene utilizzato in fosso FR2.

5.1.10. Fossi filtro-biofiltro

Sono state previste 2 tipologie FF1(75x50x75), FF2(112.5x75x112.5) 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 parte dal terreno naturale;
- il grado di riempimento massimo è stato fissato pari al 80%
- tempo di ritorno di 50 anni.

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.

6. Presidi idraulici

Il sistema di drenaggio dei tratti autostradali che attraversano zone definite ad alta vulnerabilità, è stato progettato in modo che il convogliamento delle acque avvenga, attraverso la predisposizione di un sistema chiuso, in punti controllati e localizzati, dove possa essere sottoposta a trattamenti quali-quantitativi.

Le tipologie di presidio idrauliche inserite nel tratto in esame sono Fossi filtro/biofiltro e bacini di sedimentazione e biofiltrazione.

Nei paragrafi successivo sono descritte nel dettaglio le tipologie di presidio inserite nel tratto in esame.

Nella seguente tabella sono riportate le progressive dei bacini di controllo, sedimentazione e biofiltrazione.

numero	Progressiva [km]	carreggiata
1	10+500	sud
2	11+200	sud
3	12+700	nord
4	14+040	sud
5	16+160	sud
6	16+900	sud
7	18+560	nord
8	18+700	nord
9	19+580	sud
10	20+280	sud

Nella seguente tabella sono riportate le progressive dei tratti autostradali in cui sono affiancati i fossi filtro/biofiltro.

Progressiva [km]	Progressiva [km]	carreggiata
0+000	0+900	sud/nord
10+000	10+400	nord
10+000	10+230	sud
10+550	10+800	nord
13+100	13+380	sud
13+450	13+950	sud
15+400	16+100	sud
18+750	19+075	nord

6.1. Bacino di sedimentazione e biofiltrazione

I presidi idraulici hanno lo scopo di mitigare o meglio annullare gli impatti inquinanti dell'autostrada sull'ambiente circostante. Essi vengono quindi utilizzati nelle zone più sensibili dal punto di vista ambientale. In questo progetto viene utilizzato un bacino di controllo dotato di manufatto di sedimentazione e disoleatore.

Il bacino di controllo permette la laminazione della portata proveniente dalla piattaforma autostradale. Esso è dotato di due diverse sezioni che svolgono funzioni separate.

La prima è dedicata alla sedimentazione e può essere vegetata o rivestita con materiale inerte (pietrame) ed il fondo può essere o meno impermeabilizzato in funzione del livello locale di vulnerabilità dell'acquifero superficiale.

La seconda è destinata alla biofiltrazione. Quest'area dovrà essere vegetata e potrà, in funzione della locale vulnerabilità dell'acquifero superficiale e del livello di giacenza, avere anche funzione di infiltrazione. I meccanismi di rimozione che intervengono sono: adsorbimento, sedimentazione, filtrazione e bioassorbimento.

Dal punto di vista costruttivo il bacino è realizzato in scavo, con profondità rispetto al piano campagna non superiore ai 2.00 m; se l'acquifero presenta un livello di vulnerabilità non compatibile si dovrà provvedere all'impermeabilizzazione del fondo. Le due sezioni da cui è composto il bacino saranno separate da un argine filtrante di inerte grossolano, con la funzione di rallentare il deflusso nel bacino sedimentatore, a monte del quale una canaletta fungerà da elemento collettore dei sedimenti da asportare periodicamente.

Dal bacino l'acqua è indirizzata, nei casi il recapito più vulnerabile, verso un manufatto di sedimentazione e disoleazione tramite un collettore passando attraverso un idoneo regolatore di portata. L'acqua che non si riesce a trattare sfiora su un canale di uscita di troppo pieno. L'uscita è comunque dotata di lama disoleatrice per impedire agli inquinanti più leggeri dell'acqua di arrivare al recapito.

Altrimenti l'acqua è indirizzata ad un manufatto di controllo dotato di griglia ferma rifiuti e di lama disoleatrice.

6.2. Fossi filtro/biofiltro

I biofiltri, posti a lato della piattaforma stradale hanno una duplice funzione: raccolgono le acque, le trasportano ai recapiti finali e consentono il trattamento delle acque di ruscellamento.

Con biofiltri longitudinali si intende un canale inerbito (con fondo sia impermeabile che permeabile) che, correndo parallelo alla sede stradale, raccoglie le acque di smaltimento

della piattaforma e ne consente il trattamento. I fossi filtro sono inerbiti con particolari specie erbacee che realizzano sia la sedimentazione, sia l'invaso sia 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. Tale situazione è legata alla capacità di infiltrazione del suolo e alla quantità di sostanza organica presente, in grado di fissare gli inquinanti prima che raggiungano le acque sotterranee,

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 vaso, 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.

I fossi filtro sono usati esclusivamente nei tratti in rilevato con basse pendenze longitudinali.

6.3. *Manufatto sedimentatore e disoleatore*

Tale presidio consiste sostanzialmente in una vasca di decantazione ed 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 ed ha la funzione di derivare la portata in eccesso, non trattabile, e di mandarla a recapito. Il secondo pozzetto è costituito da 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.

7. 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			
Diámetro	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 rinfilo	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 rinfilo	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			
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 rinfilo	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 =	0.653	
Carico idrostatico	Q_{idr} =	0.000	kN/m
Carico statico	Q_{st} =	6.000	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 =	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 rinfilo	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			
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			

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 rinfilo	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

Verifica secondo Marston-Spangler			
Dati dimensionali del Tubo			
Diámetro	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 rinfilo	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 rinfilo	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 =	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			