



Società Autostrada Tirrenica p.A.

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

**AUTOSTRADA (A12) : ROSIGNANO – CIVITAVECCHIA  
LOTTO 5A**

**TRATTO: ANSEDONIA – PESCIA ROMANA**

**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 del  
sistema di drenaggio autostradale**

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

RIFERIMENTO ELABORATO					DATA: FEBBRAIO 2011		REVISIONE	
DIRETTORIO		FILE					n.	data
—		codice commessa	N.Prog.	unita'	n. progressivo			
—		12121403		IDR	100--			
					SCALA:		—	

 <b>ingegneria europea</b>		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

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

**SOMMARIO**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. DESCRIZIONE DELLE OPERE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO.....</b>	<b>6</b>
3.1. IDROLOGIA.....	6
<b>4. DETERMINAZIONE DELLA CAPACITA' DI SMALTIMENTO .....</b>	<b>11</b>
4.1. METODOLOGIA DI CALCOLO – ANALISI DEI RISULTATI .....	12
4.1.2. <i>Canaletta con griglia</i> .....	13
4.1.3. <i>Cunetta triangolare CT2</i> .....	15
4.1.4. <i>Cunetta triangolare CT1</i> .....	17
4.1.5. <i>Collettori circolari in PeaD e PP</i> .....	19
4.1.6. <i>Fossi di guardia inerbiti</i> .....	25
4.1.7. <i>Fossi di guardia rivestiti</i> .....	27
4.1.8. <i>Fossi filtro-biofiltro</i> .....	29
<b>5. PRESIDI IDRAULICI .....</b>	<b>31</b>
5.1. MANUFATTO SEDIMENTATORE E DISOLEATORE .....	31
5.2. VASCHE DI TRATTAMENTO PER SEDIMENTAZIONE E DISOLEAZIONE .....	32
<b>6. VASCHE A DISPERSIONE .....</b>	<b>35</b>
<b>7. VERIFICHE STATICHE DEI COLLETTORI IN PEAD .....</b>	<b>38</b>

## 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 122+367,59 al Km 136+653,333 per una estensione di circa 14.3km.

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 accesso e uscita degli svincoli, e delle acque esterne non canalizzate che possono interessare il corpo stradale.

Nel tratto in esame il recapito delle acque di piattaforma avviene direttamente nei ricettori finali eccetto per le acque provenienti dall'area di esazione "Capalbio" al km. 10+400.000. Pertanto, l'area di esazione nel tratto autostradale sarà dotata di sistema di drenaggio chiuso, ossia sarà inserito un presidio idraulico che effettuerà un trattamento qualitativo delle acque di piattaforma, prima dell'immissione nel corso d'acqua.

## 2. 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 e di canalette grigliate, 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 "sistemi aperti", in particolare, sono state previste le seguenti tipologie:

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 vengono poi convogliate verso il primo embrice disponibile con modalità variabili in funzione delle livellette stradale

Gli embrici 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 scendono dal rilevato stesso e a convogliarle verso il recapito finale più vicino. Questi fossi sono generalmente in terra (F11 ed F12), 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.

In presenza di sistema di drenaggio aperto, l'acqua della piattaforma autostradale è indirizzata direttamente al fosso al piede del rilevato tramite embrici. Nel punto di scarico dell'embrice si deve quindi rivestire il fosso in CLS per evitare l'erosione.

Nei tratti con sviluppo in trincea o sotto i muri di controripa l'acqua della carreggiata viene raccolta dalla cunetta alla francese a sezione triangolare e convogliata nell'apposito tubo sottostante per mezzo di pozzetti grigliati disposti ad interasse variabile lungo lo sviluppo della cunetta. Anche in questo caso la cunetta, 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 denominata CT1 che ha una larghezza lordo 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 con le due carreggiate autostradali quasi complanari, la raccolta e lo smaltimento delle acque meteoriche avviene in corrispondenza dello spartitraffico mediante una canaletta grigliata (CG) coadiuvata da un collettore dedicato in cui recapita in corrispondenza dei pozzetti posti ad interasse variabile.

La stessa canaletta grigliata è utilizzata per la raccolta e smaltimento acque nei tratti con muri di sostegno e 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 un fosso rivestito per la raccolta delle acque meteoriche nel tratto racchiuso. Mentre nell'area interclusa tra la carreggiata autostradale e quella complanare è stata inserita come sistema di raccolta e smaltimento una canaletta in c.a. a sezione rettangolare 60x100cm.

In un tratto breve, dalla pr.0+314.700 alla pr. 0+434.700 in corrispondenza del muro di controripa in destra, è stata inserita una canaletta in c.a. di sezione rettangolare 50x50cm.

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, nel "sistema chiuso" (area di esazione) prima del recapito finale le acque meteoriche verranno 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 e embrici) Tr 25 anni;
- opere deputate al convogliamento delle acque (fossi e collettori) Tr 50 anni;
- opere al recapito delle acque (corsi d'acqua naturali, cavi/fossi irrigui, sottosuolo e presidi idraulici) Tr100 anni;

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

#### 3.1. IDROLOGIA

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  $r_d$  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  $h_1$ .

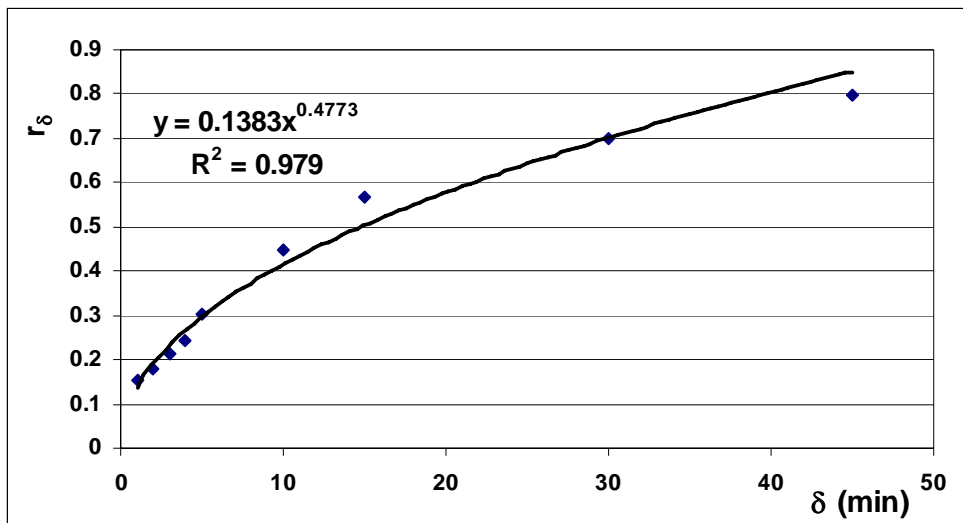
Visto che i tempi di corrivazione caratterizzanti i bacini analizzati risultano estremamente contenuti (nettamente inferiori all'ora) e che le curve di possibilità pluviometrica sono state ottenute mediante l'elaborazione delle piogge intense aventi durate superiore o uguale all'ora, nei successivi calcoli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

$\delta$ (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.

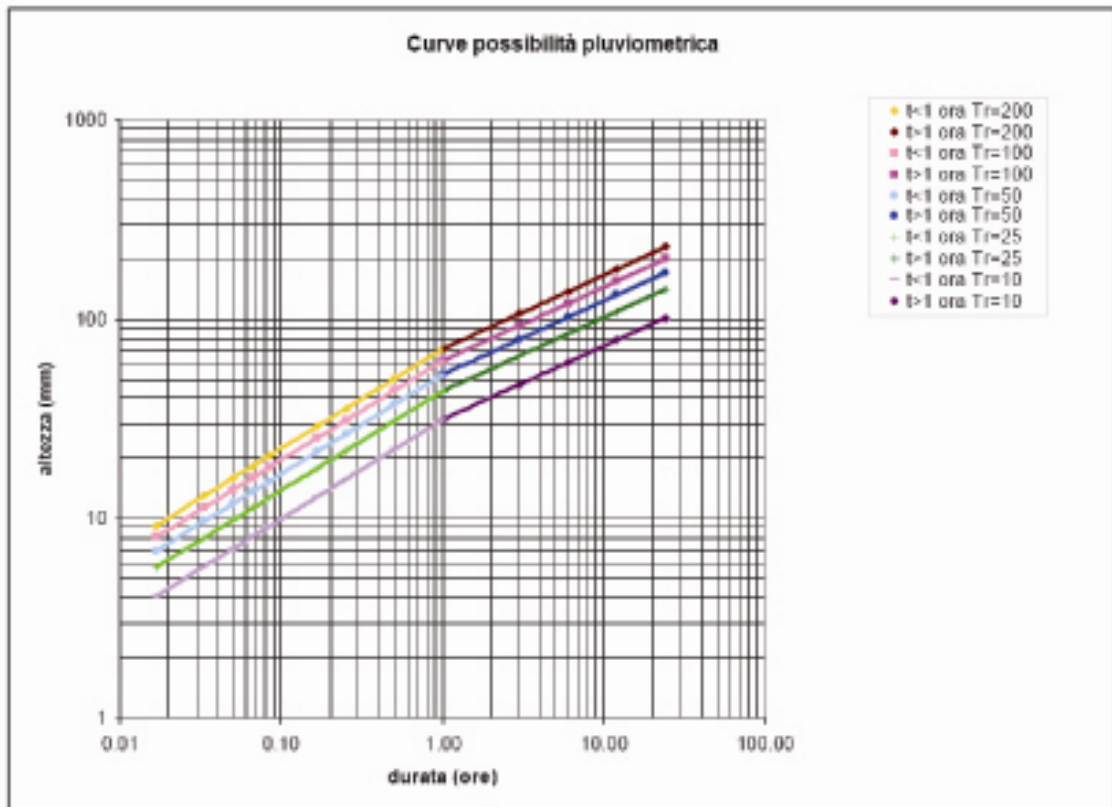
$$r_d = 0.1383d^{0.4773}$$





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.

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

<b>Curve di possibilità pluviometrica</b>				
	<b>t &gt;= 1 ora</b>		<b>t &lt; 1 ora</b>	
<b>Tr</b>	<b>a</b>	<b>n</b>	<b>a</b>	<b>n</b>
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 ad 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 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 posto pari a 0,05 o a 0,08 ore a secondo 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

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 (m<sup>3</sup>/s) è la portata;

A (m<sup>2</sup>) 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  $\chi$  è stata adottata l'espressione di Gauckler - Strickler:

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

dove K<sub>s</sub> rappresenta la scabrezza del canale posta pari a 70 per superficie in cls ed 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 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 1.5m ed una pendenza trasversale del 2,5% dal calcolo si ottiene quanto segue.

EMBRICI										
pendenza	b	L max	ta	tc	Atotale	coefficiente	intensità di	Ks	tirante	Qmax
	m	m	ore	ore	m <sup>2</sup>	di deflusso	pioggia	Gauckler- Strickler	idrico	smaltibile
							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 7m mentre l'interasse massimo pari a 20m, 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 1.2m si ottiene una portata pari a 27L/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 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:

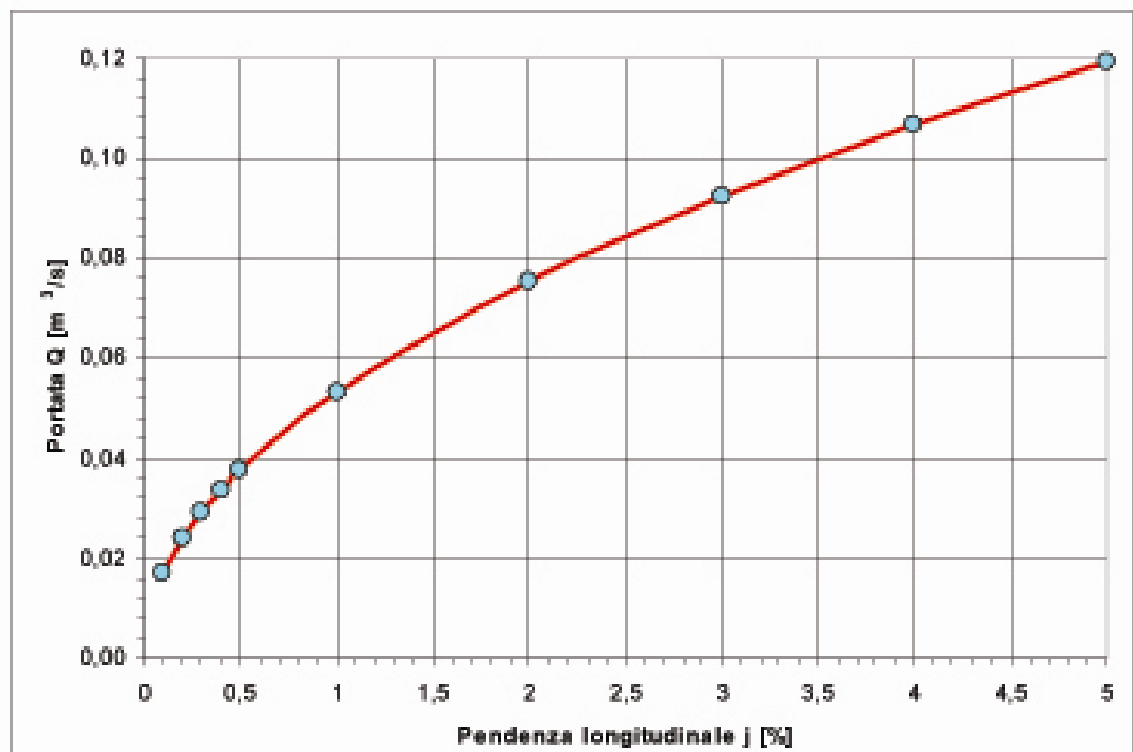
$$A=0.396mq$$

$$C=0.5744m$$

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:

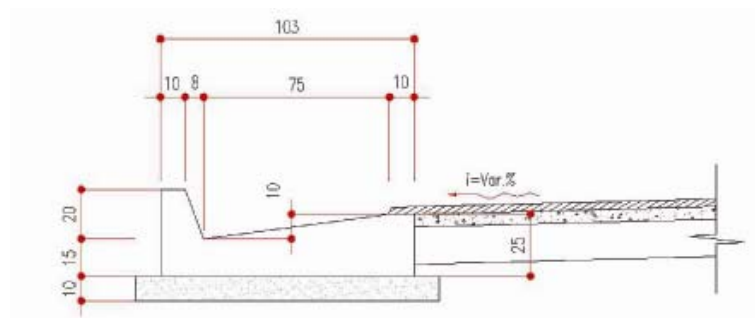
$$Q = Cq \cdot A \cdot \sqrt{2gh}$$

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



## CUNETTA L=103

pendenza	b m	L max m	ta ore	tc ore	A totale 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 secondo della pendenza longitudinale. Per lunghezze superiori è necessario l'ausilio del sottostante collettore. L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 25m mentre l'interasse massimo pari a 50m, a prescindere dalla pendenza longitudinale. al fine di consentire le future operazioni di manutenzione.

Per il calcolo dell'efficienza della caduta libera 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:

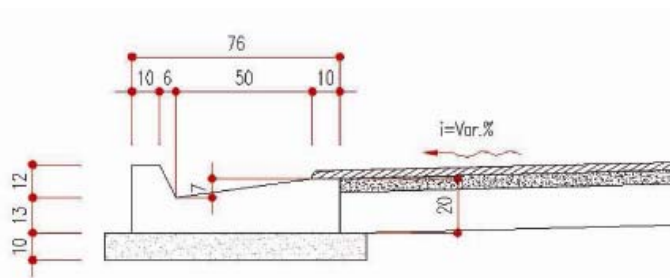
$$Q = 0,417 \cdot L \cdot h^2 \cdot g^{0,5} \cdot \left( h - \frac{W}{tg \vartheta} \right)^{-0,5}$$

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  $\theta$  è l'angolo tra piattaforma e la verticale.

Essendo la caditoia  $0,85 \times 0,85$ ,  $h$  pari a  $0,10$ , dal calcolo si ottiene una portata di  $56$  L/s che è 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 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.

## 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 secondo della pendenza longitudinale. Per lunghezze superiori è necessario l'ausilio del sottostante collettore. L'interasse minimo assegnato è stato fissato pari a 25m mentre l'interasse massimo pari a 50m, 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:

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

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  $\theta$  è l'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 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/m<sup>2</sup> 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 (mm)	Spessore (mm)	Raggio interno (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 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.

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

**DN 400 - PIATTAFORMA b=12**

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	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 Gaukler- 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	A totale 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	A totale 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	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

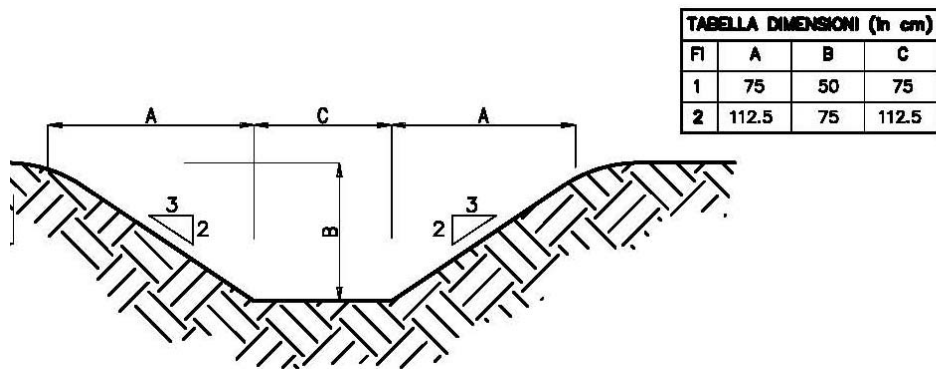
pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	D diametro m	Ks Gaukler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	23.3	405	0.05	0.178	9,448	0.83	125.78	0.68	80	0.54	80%	0.273
0.002	23.3	573	0.05	0.178	13,361	0.83	125.78	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 utilizzata 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 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.

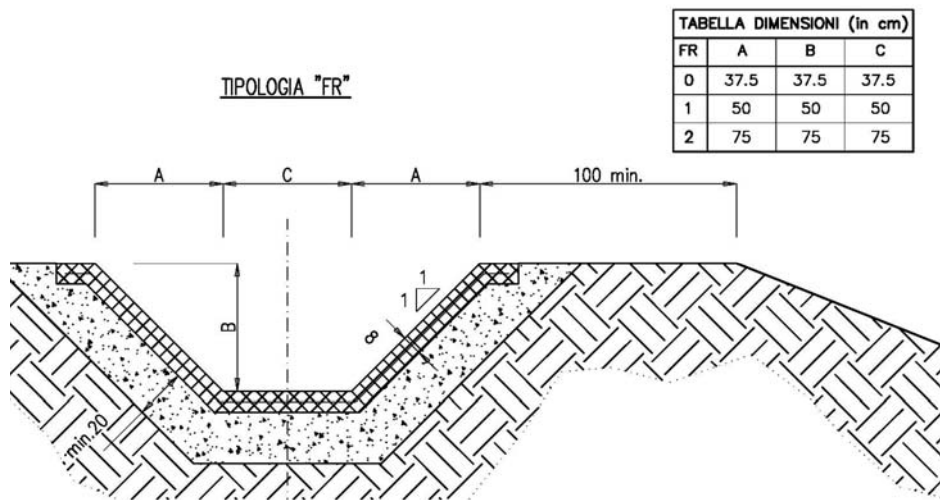
FOSSO TIPO FI1 75X75X75

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	dimensione m	Ks Gauckler- Strickler	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile mc/s
0.001	60.0	278	0.050	0.238	16,704	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.222
0.002	60.0	394	0.050	0.238	23,623	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.313
0.003	60.0	482	0.050	0.238	28,932	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.384
0.004	60.0	557	0.050	0.238	33,408	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.443
0.005	60.0	623	0.050	0.238	37,352	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.495
0.006	60.0	682	0.050	0.238	40,917	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.543
0.007	60.0	737	0.050	0.238	44,195	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.586
0.008	60.0	787	0.050	0.238	47,246	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.627
0.009	60.0	835	0.050	0.238	50,112	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.665
0.010	60.0	880	0.050	0.238	52,823	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.701
0.015	60.0	1,078	0.050	0.238	64,695	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.858
0.020	60.0	1,245	0.050	0.238	74,703	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	0.991
0.025	60.0	1,392	0.050	0.238	83,521	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	1.108
0.030	60.0	1,525	0.050	0.238	91,492	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	1.214
0.035	60.0	1,647	0.050	0.238	98,823	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	1.311
0.040	60.0	1,761	0.050	0.238	105,646	0.44	108.53	0.75	33	0.40	80%	1.401

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.

#### 4.1.7. 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 contribuente 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.

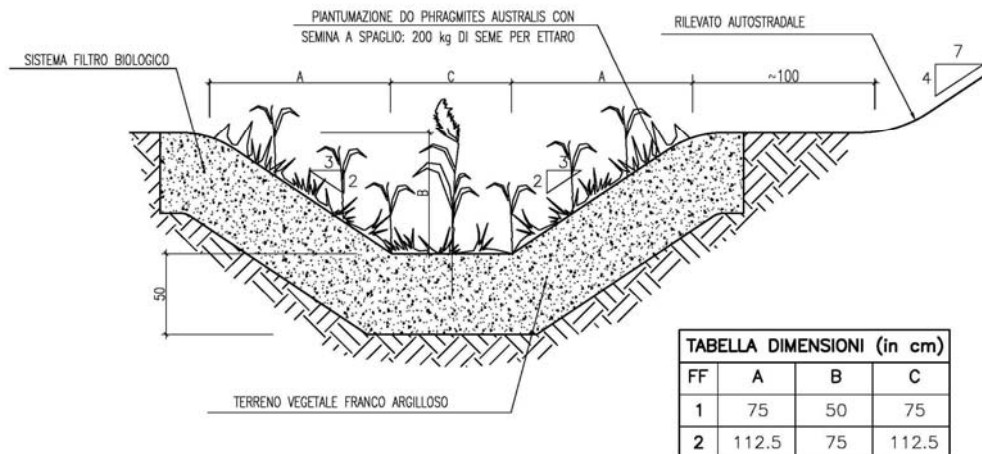
FOSSO TIPO FR1 50X50X50

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	Atotale mq	coefficiente di deflusso	intensità di pioggia mm/h	dimensione m	<i>Ks Gaukler- Strickler</i>	tirante idrico m	grado di riempimento %	Qmax smaltibile 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 secondo della pendenza longitudinale, dopodichè viene utilizzato in fosso FR2.

#### 4.1.8. Fossi filtro-biofiltro

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



I fossi FF2 sono impiegati come fossi di guardia quando recapitano nelle vasche in terra a dispersione rispettivamente alla pr. 0+812.00 e alla pr.3+180.00, e nel tratto compreso dalla pr.3+470 alla pr. 7+942 in quanto il tratto dove i fossi di guardia recapitano sono compresi all'interno di un'area sensibile.

Diversamente i fossi FF1 sono utilizzati nei tratti sopradetti qual'ora vengano utilizzati per raccogliere le acque dalla piattaforma della viabilità secondaria.

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.

**FOSSO TIPO FF1 75X50X75**

pendenza	b m	L max m	ta	tc ore	A totale 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	A totale 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. Presidi idraulici

Il sistema di drenaggio dei tratti dell'autostrada definiti critici è stato progettato in modo che la raccolta delle acque avvenga, attraverso la predisposizione di un sistema chiuso, in punti controllati e localizzati, dove possa essere sottoposta a trattamenti di sedimentazione e disoleazione. A tale scopo sono preposte delle vasche di prima pioggia, che svolgono un'azione di presidio idraulico sanitario ad evitare che le acque di lavaggio delle piattaforme stradali, usualmente cariche di sostanze inquinanti, raggiungano i sistemi naturali by-passando la fase di depurazione nel terreno e delle vasche di disoleazione dove tali acque vengono sottoposte a trattamenti di depurazione prima di raggiungere il corpo recettore.

Tutto questo è stato studiato per i casi di sversamento accidentale sulla piattaforma stradale di liquidi infiammabili o altamente inquinanti in modo da effettuare il convogliamento degli stessi nelle vasche predisposte, e la loro trattenuta in un arco temporale congruente con l'avvio delle operazioni di messa in sicurezza.

Nel capitolo successivo viene descritto il disoleatore utilizzato per il trattamento di depurazione e le relative modalità di funzionamento.

Essi vengono utilizzati nell'area più sensibile dal punto di vista ambientale, ossia nella barriera di esazione "Capalbio" al km. 10+400.00.

### 5.1. *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 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 l'acqua di piattaforma proveniente dalla barriera di esazione "Capalbio".

## **5.2. Vasche di trattamento per sedimentazione e disoleazione**

In corrispondenza del tratto sensibile sono state poste n°4 vasche di trattamento al fine di trattare le acque provenienti dalla piattaforma autostradale prima di recapitarle nel corpo idrico ricettore.

Tale presidio consiste sostanzialmente in una vasca di decantazione e di un manufatto disoleatore costituito da un setto in grado di intercettare gli olii.

Esse sono collocate:

- Pk 3+750 in carreggiata SUD
- Pk 4+225 in carreggiata NORD
- Pk 7+450 in carreggiata NORD
- Pk 7+550 in carreggiata SUD

Si riporta di seguito il calcolo di verifica e dimensionamento della vasca di sedimentazione e flottazione olii:

Portata in ingresso massima =  $Q_{max}=2.46$  mc/sec. Con un  $Tr=50$ anni.

$H_{max}=0.5m$  ;  $H_{min}=0.35m$ ;

$B=7m$ ;  $L=47m$

$V_d=q_{max}/(H_{min}*b)=1.0m/sec$

La lunghezza del dissabbiatore, secondo la teoria sperimentale di Camp assume la formula :

$$L_d = \delta \cdot H_{max} \cdot \frac{V_d}{V_s}$$

dove :

$L_d$  = Lunghezza del dissabbiatore [m]

$H_{max}$  = Livello idrico massimo nel dissabbiatore [m]

$V_d$  = Velocità della corrente nel dissabbiatore [m/s]

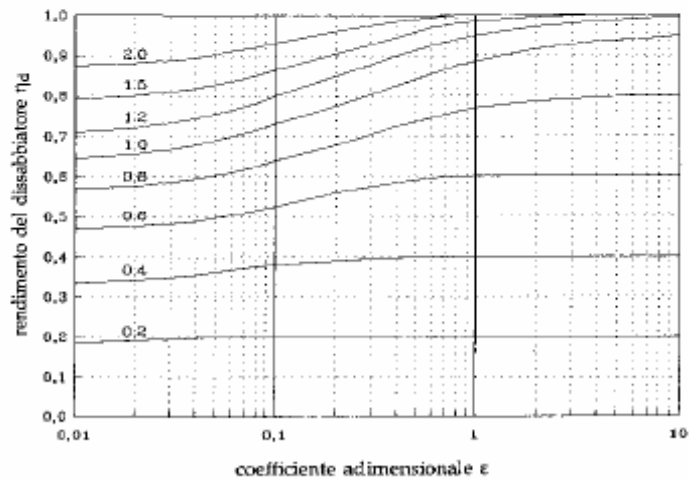
$V_s$  = Velocità di sedimentazione della praticella [m/s]

$\delta$  = Coefficiente correttivo che tiene conto delle turbolenze di imbocco e di sbocco e della sedimentazione in condizione dinamiche.

Esso è funzione del rendimento di rimozione delle particelle  $\eta_d$  e del coefficiente  $s$  secondo i valori tabellati nella fig. 1.

$$\delta = \frac{V_s \cdot H_{max}}{n \cdot V_d \cdot \sqrt{g}}$$

$n$  = Coefficiente di scabrezza di Manning [ $s/m^{1/3}$ ].



Per  $n = 0,011$  [ $s/m^{1/3}$ ]  $s = 148,5864$   $\eta_d = 0,95$

$\delta = 1,00$

Pertanto la lunghezza minima della vasca deve essere pari a

$$L_d=21.9m$$

A favore di sicurezza, è stato posta ciascuna vasca di lunghezza pari a 47m.

## 6. Vasche a dispersione

Per lo smaltimento delle acque meteoriche provenienti dai fossi di guardia nel tratto in cui per problemi di quote altimetriche non è possibile recapitare direttamente in un corpo idrico recettore, sono state inserite n° 2 vasche a dispersione rispettivamente alla pr. 0+812.00 e alla pr.3+180.00.

Il dimensionamento delle suddette vasche a dispersione sono state effettuate mediante il seguente procedimento:

Il bilancio tra la portata uscente dalla rete e la portata infiltrata nel terreno è stato espresso mediante la seguente equazione di continuità.

$$(Q_p - Q_f) \cdot \Delta t = \Delta W$$

dove  $Q_p$  è la portata in arrivo dai fossi di guardia FI1 coincidente con la portata in ingresso alla vasca,  $Q_f$  è la portata infiltrata nel terreno,  $\Delta t$  è l'intervallo di tempo,  $\Delta W$  è il volume invasato nel mezzo filtrante durante l'intervallo di tempo  $\Delta t$ .

Il volume che affluisce nella vasca in funzione del tempo è dato da:

$$V_{affl} = Q_p \cdot \Delta t = h A$$

con  $h$  altezza di pioggia ed  $A$  area ridotta drenata.

L'altezza di pioggia [m/h], è data da: 
$$h = \frac{a}{1000} t^n$$

Considerando costante la portata in uscita ( $Q_f$ ), che è pari alla permeabilità ( $k$ ) per la superficie del bacino ( $S$ ), si ha che il volume defluito risulta essere:

$$V_{defl} = Q_f \cdot \Delta t = k S t = q t$$

dove K è la permeabilità del terreno o coefficiente di permeabilità a cui si è dato il valore cautelativo pari a 0.000015m/s

Il volume all'interno della vasca in funzione del tempo è quindi dato dalla differenza tra il

$$V_{affl} - V_{defl} = h A - q t = A \frac{a}{1000} t^n - q t = V$$

volume affluito e quello defluito:

Per determinare la durata dell'evento meteorico che massimizza il volume da invasare, basta porre a 0 la derivata, fatta in funzione del tempo, della funzione precedente. Si ottiene quindi:

$$A \frac{a n}{1000} t^{n-1} - q = 0$$

Esplicitando la precedente in funzione del tempo si ha:

$$t^* = \left( \frac{1000 q}{A a n} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad [\text{ore}]$$

Il massimo del volume da invasare è dato quindi da:  $V_{\max} = A \frac{a}{1000} (t^*)^n - q t^*$

La determinazione delle portate è stata eseguita assumendo un tempo di ritorno pari a 50anni.

VASCA A DISPERSIONE	k	Sup bacino	a	n	Qu	t*	V <sub>max</sub>
	<i>m/h</i>	<i>mq</i>			<i>mc/h</i>	<i>h</i>	<i>mc</i>
<b>1</b>	0.054	230000	53	0.5	12420	0.240826	<b>2991</b>
<b>2</b>	0.054	252000	53	0.5	13608	0.240826	<b>3277</b>

Pertanto il volume massimo di invaso per la vasca n°1 è pari a 3000mc, mentre per la n°2 è pari a 3300mc.

## 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*.

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>400</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>0.700</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.60</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea larga</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.732</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>4.800</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.5</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>90.114</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>54.068</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>58.868</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>11.64</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.910</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			



<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
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	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	$B =$	0.700	m
Altezza sull'estradosso	$H =$	3.00	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	$\gamma_t =$	20	$kN/m^3$
Angolo di attrito interno	$\varphi =$	35	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	$\mu =$	0.70	
Angolo di supporto	$2\alpha =$	0	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	$E_t =$	14000	$kN/m^2$
Altezza della falda sulla tubazione	$h =$	0	m
Peso specifico sommerso del riempimento	$\gamma' =$	16.4	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea stretta</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	$K_a =$	0.271	
Coeff. di carico statico	$\chi =$	2.117	
Carico idrostatico	$Q_{idr} =$	0.000	$kN/m$
<b>Carico statico</b>	$Q_{st} =$	<b>11.855</b>	$kN/m$
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	$P =$	100	$kN/ruota$
Coeff. dinamico	$\omega =$	1.1	
Tensione dinamica	$\sigma_z =$	16.734	$kN/m^2$
<b>Carico dinamico</b>	$Q_d =$	<b>7.363</b>	$kN/m$
<b>Carico totale</b>	$Q =$	<b>19.218</b>	$kN/m$
Coeff. di sottofondo	$K =$	0.121	
Coeff. di deformazione differita	$F =$	1.5	
<b>Deformazione assoluta</b>	$\Delta d =$	3.80	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	$\delta =$	<b>0.950</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>500</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>0.800</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.60</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfianco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea larga</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.653</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>6.000</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.5</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>90.114</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>67.585</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>73.585</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>14.55</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.910</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>500</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>0.800</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfianco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea stretta</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>2.000</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>16.001</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>9.204</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>25.205</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>4.98</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>0.997</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>630</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.000</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.60</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfianco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>	<b>Trincea larga</b>		
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.537</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>7.560</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)	<b>HT60</b>		
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.5</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>90.114</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>85.158</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>92.718</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>18.33</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.910</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>630</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.000</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>3.00</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfianco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea stretta</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>1.791</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>22.567</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.1</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>16.734</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>11.597</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>34.164</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>6.75</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>1.072</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			

<b>Verifica secondo Marston-Spangler</b>			
<b>Dati dimensionali del Tubo</b>			
Diametro	<b>DN =</b>	<b>800</b>	mm
Rigidezza circonferenziale (EN ISO 9969)	<b>SN =</b>	<b>8</b>	kN/m <sup>2</sup>
Modulo di elasticità	<b>E<sub>m</sub> =</b>	<b>150000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Tipo di parete	<b>Corrugato</b>		
<b>Dati dello scavo</b>			
Larghezza	<b>B =</b>	<b>1.100</b>	m
Altezza sull'estradosso	<b>H =</b>	<b>0.60</b>	m
Tipologia del terreno indisturbato	<b>Terreno misto compatto</b>		
Tipologia del terreno di rinfilanco	<b>Terreno misto compatto</b>		
Peso specifico rinterro	<b>γ<sub>t</sub> =</b>	<b>20</b>	kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito interno	<b>φ =</b>	<b>35</b>	°
Coeff. di attrito rinterro/pareti	<b>μ =</b>	<b>0.70</b>	°
Angolo di supporto	<b>2α =</b>	<b>0</b>	°
Tipo di compattazione	<b>Alta</b>		
Modulo di elasticità terreno	<b>E<sub>t</sub> =</b>	<b>14000</b>	kN/m <sup>2</sup>
Altezza della falda sulla tubazione	<b>h =</b>	<b>0</b>	m
Peso specifico sommerso del riempimento	<b>γ' =</b>	<b>16.4</b>	
<b>Verifica tipo di trincea (UNI 7517)</b>			
<b>Trincea larga</b>			
<b>Determinazione carico statico</b>			
Coeff. di spinta attiva	<b>K<sub>a</sub> =</b>	<b>0.271</b>	
Coeff. di carico statico	<b>χ =</b>	<b>0.493</b>	
Carico idrostatico	<b>Q<sub>idr</sub> =</b>	<b>0.000</b>	kN/m
<b>Carico statico</b>	<b>Q<sub>st</sub> =</b>	<b>9.600</b>	kN/m
<b>Determinazione carico dinamico</b>			
<b>HT60</b>			
Tipologia di traffico (DIN 1072)			
Carico per ruota	<b>P =</b>	<b>100</b>	kN/ruota
Coeff. dinamico	<b>ω =</b>	<b>1.5</b>	
Tensione dinamica	<b>σ<sub>z</sub> =</b>	<b>90.114</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Carico dinamico</b>	<b>Q<sub>d</sub> =</b>	<b>108.137</b>	kN/m
<b>Carico totale</b>	<b>Q =</b>	<b>117.737</b>	kN/m
Coeff. di sottofondo	<b>K =</b>	<b>0.121</b>	
Coeff. di deformazione differita	<b>F =</b>	<b>1.5</b>	
<b>Deformazione assoluta</b>	<b>Δd =</b>	<b>23.28</b>	mm
<b>Deformazione relativa %</b>	<b>δ =</b>	<b>2.910</b>	%
<b>Tubazione verificata</b>			